



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken

Bijlagendocument deel B

Richtlijnen genoemd in de ROK waarvan staat aangegeven dat ze bij RWS GPO verkrijgbaar zijn (voor zover beschikbaar).

Doc. nr. : RTD 1001:2017 Bijlagendocument deel B

Versie : 1.4

Datum : 20 April 2017

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Bijlagendocument deel B

Richtlijnen genoemd in de ROK

waarvan staat aangegeven dat ze bij RWS GPO

verkrijgbaar zijn (voor zover beschikbaar).

versie 1.4 d.d. 20 april 2017

versiebeheer:

versie	Wijzigingen
1.0	Eerste uitgave 30-01-2012 beschikbare documenten
1.1	ROK Bijlagedocument deel A versie 1.1 d.d. 21-05-2012 Uitgave bij 1^e erratum bij ROK versie 1.0 (tot versie 1.1); Bijgevoegde documenten zijn dezelfde en gelijk aan bijlagedocument delen A en B versie 1.0; Wijziging betreffen verbeteringen en aanpassingen in overzichtstabel aan het begin van de bijlagedocumenten A en B: - Aanpassing kolom omschrijving en verwijzing t.a.v. Verkeerskundige Draagconstructies (portalen en uithouders) - Nieuwe code RTD1011 (nog niet beschikbaar) voor wel bijgevoegde NBD00750 “Overgangsconstructies (stootplaten)” aan tabel toegevoegd - RTD1008 (nog niet beschikbaar) “Richtlijnen ontwerp hemelwaterafvoer” aan tabel toegevoegd
1.2	ROK Bijlagedocument deel A versie 1.2 d.d. 01-00-2013 De volgende wijzigingen zijn doorgevoerd (A en B samen): - toegevoegd is RTD1009: Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen kunstwerken; versie 1.0 dd mei 2012 (werd genoemd in versie 1.1 als zijnde in voorbereiding) - vervallen is: RTD1013 Specificatie bliksem en overspannings-beveiliging - opgenomen is een nieuwe versie van RTD1014 Generieke Eisen Elektrotechnische Installaties V3.0 dd 17-12-2012 - Toegevoegd is rapport nr. 22 Regenwaterafvoer, deel 2, afvoergoten en putten (als tijdelijk stuk tot de RTD 1008 Richtlijn ontwerp hemelwaterafvoer, gereed is) - Uit de lijst verwijderd: RTD1016 Voertuigkeringen, leuning, lichtmasten, en schermen op bruggen en viaducten (was nog niet beschikbaar, de verschillende onderwerpen staan in de ROK zelf)
1.3	ROK Bijlagedocumenten versie 1.3 d.d. 02-04-2015 De volgende wijzigingen zijn doorgevoerd (A en B samen): - NBD00100 Eisen handelsproducten is vervangen door RTD 1018 Handelsproducten zoals toegepast in werktuigbouwkundige installaties van kunstwerken - NBD00500 Eisen tandwielkasten, open overbrengingen en boogtandkoppelingen is vervangen door RTD 1019 met gelijke naam - NBD00639 eisen staalkabels is vervangen door RTD 1020 met gelijke naam - NBD00750 Overgangsconstructies (stootplaten) is vervangen door RTD 1011 eisen Stootplaten - NBD10201 Epoxy slijtlagen op staal is vervangen door RTD 1015 Eisen voor kunststof slijtlagen - Meerkeuzematrix voegovergangen is omgezet naar RTD 1007-1 - NBD00400 en 00710 mbt voegovergangen zijn aangepast en samengevoegd tot RTD 1007-2 - RTD 1007-3 Geluidseisen voor voegovergangen, nieuwe versie - RTD 1007-4 Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies, toegevoegd - RTD 1012 Eisen voor brugopleggingen, nieuwe versie - RTD 1002 Hydrofoberen van beton, nieuwe versie - RTD 1022 Richtlijn veiligheidsschermen, nieuwe RTD - Toegevoegd is document Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden 1204875-002-GEO-0008, Deltares, 2012

1.4	ROK Bijlagedocumenten versie 1.4 d.d. 20-04-2017 De volgende wijzigingen zijn doorgevoerd (A en B samen): - NBD00730 Standaarddetails voor betonnen bruggen is vervangen door RTD 1010 Standaarddetails voor betonnen bruggen - Rapport nr. 22 Regenwaterafvoer, deel II: Afvoergoten en putten is vervangen door RTD 1008 Richtlijn Hemelwaterafvoer voor Bruggen en Viaducten. - RTD 1002 Hydrofoberen van beton, nieuwe versie - RTD 1009 Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken, nieuwe versie - RTD 1012 Eisen voor brugopleggingen, nieuwe versie - RTD 1023 Buigslappe voegen, nieuwe RTD

Dit bijlagendocument bestaat uit 2 delen (A en B). In de tabel is aangegeven in welke deel een document zich bevindt.

Norm/document	Omschrijving/verwijzing	Dat.	In Pdf	deel	Opm
RTD 1002	Hydrofoberen van beton, aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2, versie 3, d.d. 20-12-2016	2016	Ja	A	
RTD 1003	Ontwerp van inspectie- en onderhoudsvoorzieningen voor vaste bruggen (nog niet beschikbaar)	Nvt	Nee		1
RTD 1004	Resultaatsbeschrijvingen ontwerpdocumenten (nog niet beschikbaar)	Nvt	Nee		1
RTD 1005	Beste practices ontwerp betonnen bruggen en viaducten (nog niet beschikbaar)	Nvt	Nee		1
RTD 1007-1	Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen, versie 1.0, d.d. 01-04-2013	2013	Ja	A	
RTD 1007-2	Eisen voor voegovergangen, versie 3.0 d.d. 01-12-2014	2014	Ja	A	
RTD 1007-3	Geluideisen voegovergangen, versie 1.0, d.d. 26-03-2013	2013	Ja	A	
RTD 1007-4	Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies, versie 1.0, d.d. 01-04-2013	2013	Ja	A	
RTD 1008	Richtlijn Hemelwaterafvoer voor BRUGGEN EN VIADUCTEN, versie 1.0 d.d. maart 2017	2017	Ja	A	2
RTD 1009	Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken, versie 1.7, d.d. 11-2016	2016	Ja	A	
RTD 1010	Standaarddetails voor betonnen bruggen, versie 1.0, d.d. april 2017	2017	Ja	B	3
RTD 1011	Eisen stootplaten , versie 1.0, d.d. 01-03-2014	2014	Ja	B	
RTD 1012	Eisen voor brugopleggingen, d.d. 21-02-2017	2017	Ja	B	
RTD 1014	Generieke eisen elektrotechnische installaties, versie 3.0, d.d. 17-12-2012	2012	Ja	B	
RTD 1015	Eisen voor kunststofslijtlagen, versie 1.1, d.d. 01-12-2014	2014	Ja	B	
RTD 1018	Eisen Handelsproducten; Handelsproducten zoals toegepast in werktuigkundige installaties van kunstwerken, versie 2.0, d.d. 01-07-2014	2014	Ja	B	
RTD 1019	Eisen tandwielkasten, open overbrengingen en boogtandkoppelingen, versie 2.0, d.d. 01-07-2014	2014	Ja	B	
RTD 1020	Eisen staalkabels: leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en keuringseisen voor staalkabels, versie 2.0, d.d. 01-07-2014	2014	Ja	B	
RTD 1022	Richtlijnen veiligheidsschermen, versie 1.0, d.d. 01-04-2015	2015	Ja	B	
RTD 1023	Buigslappe voegen, versie 1.2, d.d. 24-1-2017	2017	Ja	B	4
NBD06000	Eisen voor hydraulische bewegingswerken	2005	Ja	B	
NBD09799	Eisen kunststoffen: Technische leveringsvoorwaarden voor glijdend belaste kunststoffen in de waterbouw	2001	Ja	B	
NBD10005	Eisen conservering stalen en aluminium onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken	2005	Ja	B	
NBD10300	Eisen technische deklagen (Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage)	2010	Ja	B	
NBD16312(informatief)	Conserveringssysteemblad voor immersiebelasting (Im2)	2011	Ja	B	
NBD16325(informatief)	Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing zonder UV-belasting	2006	Ja	B	
NBD16365(informatief)	Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing met UV-belasting	2006	Ja	B	

Norm/document	Omschrijving/verwijzing	Dat.	In Pdf	deel	Opm
1204875-002-GEO-0008	Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden, Deltares, 2012	2012	Ja	B	
SCON-2007-337-TCE	Code of Practice metaalconservering RWS	2008	Ja	B	
SCON-2008-683-TCE	PSIBouw document SCON-2008-683-TCE, dd 30-10-2008. <i>Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, Voorlopige systeemeisen, incl. bijlage 1A en 1B: De testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw (1A) of onderhoud (1B)</i>	2008	Ja	B	
OGOS-500-TRL	Eisen thermische spuitlagen: Eisendeel	2010	Ja	B	
OGOS-501-TRL	Eisen thermische spuitlagen: Handreiking	2010	Ja	B	
CTO 3L10314254	voorschrift NS d.d. 840807	1984	Ja	B	
Verkeerskundige draagconstructies (Portalen en Uithouders)	Voor de documenten “Componentspecificatie Verkeerskundige draagconstructies (VDC)” en “Verkeerskundige draagconstructies (VDC’s), Beschrijving standaard RWS Verkeerskundige Draagconstructies” incl. bijlagen wordt verwezen naar de site https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/portalen-en-uithouders.aspx		Nee		

Opmerking:

1. Document wordt thans opgesteld. Er bestaat geen vervangend document.
2. Rapport nr. 22 Regenwaterafvoer, deel 2, afvoergoten en putten is vervangen door RTD 1008.
3. NBD00730 Standaarddetails voor betonnen bruggen is vervangen door RTD 1010.
4. RTD 1023 Buigslappe voegen is een nieuwe RTD.

RTD 1010

Standaarddetails voor betonnen bruggen

Datum	11 april 2017
Versie	1.0
Status	definitief



Colofon

Uitgegeven door
Informatie
Telefoon
Mail
Datum
Status
Versienummer

Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Afdeling Bruggen en Viaducten
standaarddetails@rws.nl
11 April 2017
Definitief
1.0

Voorwoord

De eerste bundel met standaarddetails van de voormalige afdeling Bruggenbouw van Rijkswaterstaat Bouwdienst verscheen in 1992. De standaarddetail tekeningen en de bijbehorende tekst gaven standaard oplossingen voor, met name, de onderhoudsgevoelige onderdelen van kunstwerken.

Met de huidige werkwijze ontwerpt Rijkswaterstaat zelf geen kunstwerken meer. Toch blijven de oude Rijkswaterstaat standaarddetails nog altijd een nuttig hulpmiddel voor de ontwerpers van marktpartijen.

De eerste herziende versie van de standaarddetails voor betonnen bruggen (april 2009) was geschikt voor toepassing in de toenmalige contractvormen van Rijkswaterstaat. Met deze nieuwe versie wordt aangesloten op de laatste versie van de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) en overige Rijkswaterstaat Technische Documenten (RTD's).

Ondanks alle pogingen blijft dit document mensenwerk en fouten of onvolkomenheden kunnen niet worden uitgesloten. Opmerkingen of aanvullingen op dit document kunnen gestuurd worden naar een centrale e-mail adres (standaarddetails@rws.nl).

Wijzigingsbeheer		
versie	datum	Wijziging / verklaring
1.0	april 2017	Tekstuele aanpassingen inclusief verwijzingen naar ROK, Eurocodes en RTD's. De volgende tekeningen uit de vorige versie zijn vervallen: SD-HWA-02, SD-LEUN-02, SD-LEUN-04, SD-LUIK-01, SD-LUIK-02, SD-SCHAMP-05, SD-SCHAMP-06, SD-STOOT-02, SD-TALUD-01 Alle overige tekeningen zijn waar nodig herzien en voorzien van een nieuwe tekeningnummer in de reeks RWS-..... RWS-OPLEG-01 en RWS-OPLEG-02 zijn nieuwe tekeningen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1 Gebruik van de Standaarddetails	5
2 Normatieve verwijzingen	6
3 Hemelwaterafvoeren (RWS-HWA)	7
4 Voertuigkeringen en Leuning (RWS-LEUN)	9
5 Opleggingen landhoofden en tussensteunpunten (RWS-OPLEG)	13
6 Schampkanten (RWS-SCHAMP)	15
7 Stootplaten (RWS-STOOT)	18
8 Taludbekleding (RWS-TALUD)	19
9 Voegovergangen (RWS-VOEG)	21
Bijlage Standaarddetail tekeningen	23

1 Gebruik van de Standaarddetails

Met dit Rijkswaterstaat Technisch Document wordt getracht om de kwaliteit van de detaillering van betonnen kunstwerken op peil te houden.

Per hoofdstuk wordt een apart onderdeel van een betonnen kunstwerk behandeld. Bij ieder hoofdstuk zijn eisen opgenomen voor dat onderdeel van het kunstwerk. Na de eisen is, waar mogelijk, relevante achtergrond informatie opgenomen. Achterin dit document zijn een aantal tekening toegevoegd met een "standaard" uitwerking van het onderdeel van het kunstwerk.

De eisen in dit document kunnen overgenomen worden in een technische specificatie van een contract of aangehaald door een verwijzing naar dit document.

Voor projecten van Rijkswaterstaat wordt dit document aangehaald via de ROK.

Voor de verificatie van de eisen is een opdrachtgever vrij om een eigen ontwerp te maken. Bij toepassing van de oplossing weergegeven op de "standaard" tekeningen is een aanvullende verificatie niet nodig.

Ter aansluiting op de systems engineering systematiek zijn de eisen opgesplitst in functionele eisen, ontwerp randvoorwaarden, interne en externe raakvlakken en aspecteisen.

De aspecteisen worden onderscheiden met gebruik van de volgende afkortingen:

<V> = vormgeving,
<B&O> = beheer en onderhoud,
<V&G> = veiligheid en gezondheid,
 = beschikbaarheid / betrouwbaarheid
<T> = toekomstvastheid.

De standaarddetail tekeningen zijn verkleind tot A3 formaat pdf bestanden in dit document maar zijn ook beschikbaar als dwg bestanden.

2 Normatieve verwijzingen

NEN normen	
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011 (nl)	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1990+A1+A1/C2: 2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011
NEN-EN 1991-1-1+C1:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-1 +C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-1+C1:2011
NEN-EN 1991-2+C1: 2015 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
NEN-EN 1991-2+C1: 2011 NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-2+C1: 2011 (nl)
NEN-EN 1317-2: 2010	Afscherpende constructies voor wegen. Deel 2: Prestatieklassen, botsproefbeoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding
NEN-EN 1337-11: 1997	Opleggingen voor bouwkundige en civieltechnische toepassingen - Deel 11: Vervoer, opslag en installatie
NPR-CEN/TS 16949: 2016 (en)	Road restraint system – Pedestrian restraint system – Pedestrian parapets
CROW publicaties	
CROW publicatie 202 (2004)	Veilige inrichting van bermen – Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom
CROW publicatie 298 (2012)	GCW 2012 – Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen
Rijkswaterstaat richtlijnen	
RTD 1001 (2017)	Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK), versie 1.4
RTD 1002 (2016)	Hydrofoberen van beton. Aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2, versie 3
RTD 1007-1 (2013)	Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen (met factsheets), versie 1.0
RTD 1007-2 (2014)	Eisen voor voegovergangen, versie 3.0
RTD 1007-3 (2013)	Geluideisen voegovergangen, versie 1.0
RTD 1007-4 (2013)	Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies, versie 1.0
RTD 1009 (2016)	Asfalt op brugdekken, versie 1.7
RTD 1011 (2014)	Eisen stootplaten, versie 1.0
RTD 1012 (2017)	Eisen voor Brugopleggingen
RTD 1023 (2016)	Richtlijn Buigslappe voegen
NBD 10005 (2005)	Eisen conservering stalen- en aluminium onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken.
Normalisatierapport nr. 22	Regenwaterafvoer (deel II) Afvoergoten en putten.
ROA VIB (2015)	Richtlijnen voor het ontwerpen van Autosnelwegen 2014 – Veilige inrichting van bermen

3 HEMELWATERAFVOEREN (RWS-HWA)

Eisen

- A. De hemelwaterafvoer dient te zorgen voor een beheerste verzameling en afvoer van het hemelwater van het kunstwerk.
- B. Het hemelwater dient te worden afgevoerd achter de landhoofden tenzij er vanuit de berekening van de hemelwaterafvoer tussenafvoeren nodig zijn (b.v. bij grote lengte of breedte van het rijdek, flauwe hellingen enz..).
- C. Bij de afvoer van het hemelwater dient uitspoeling te worden voorkomen.
- D. Onderdelen van de hemelwaterafvoer gelegen in, of onder een rijbaan dienen verkeersbelastingen te kunnen dragen.
- E. De hemelwaterafvoer dient vandalismebestendig te zijn.
- F. De hemelwaterafvoer dient onderhoudsarm te zijn.
- G. De hemelwaterafvoer dient vorstbestendig te zijn.
- H. De hemelwaterafvoer dient eenvoudig onderhoudbaar te zijn. <B&O>
- I. De afvoergoten, putten en afvoerbuizen van de hemelwaterafvoer dienen vervangbaar te zijn. <B&O>
- J. De hemelwaterafvoer dient blijvend te functioneren en dient alle verplaatsingen van het kunstwerk te kunnen volgen.
- K. De roosters (boveninlaat) van de hemelwaterinvoer dienen te allen tijde minimaal gelijk met, of maximaal 20mm lager te liggen dan, het aangrenzende dichte asfalt.
- L. Putdeksels, roosters en overige in het zicht blijvende losse onderdelen van de hemelwaterafvoer dienen vastgezet te zijn. <V&G>

Aanvullende informatie / toelichtingen

Ad A. De afmetingen van de hemelwaterafvoer kunnen worden bepaald met gebruik van "Normalisatierapport nr. 22, Regenwaterafvoer (deel II) Afvoergoten en putten" van Rijkswaterstaat Directie Bruggen.

Ad B. Het gebruik van tussenafvoeren geeft een risico van aantasting van de constructie bij lekkage. Tussenafvoeren zijn niet nodig voor de meeste kunstwerken.

Ad A/B/C. De hemelwaterafvoer bestaat uit twee opvangen, de eerste opvang achter het landhoofd naast de vleugel en een tweede opvang op ca. 5m vanaf de eerste opvang (zie tekeningen RWS-HWA-01). De tweede hemelwateropvang is ter voorkoming van uitspoeling van het talud door hemelwater dat niet door de eerste opvang opgevangen wordt. Er moet rekening worden gehouden met geleiderailconstructies en doorvoer buizen van kabels vanuit de schampkant in het ontwerp en plaatsing van de tweede opvang.

Ad C. De flexigoot kantopsluiting tegen de schampkant is een mengsel van rubberbitumen en steenslag en verzorgt een waterdichte afsluiting van de stortnaad tussen schampkant en rijdek. (Zie ook hoofdstuk 6 schampkanten).

Ad D/I. Verbindingsbuizen gelegen onder de weg moeten gelegd worden in mantelbuizen ter bescherming van de buizen en om vervanging mogelijk te maken zonder schade aan de weg.

Ad E/K. N.a.v. het tegelgooiers incident op de A4 beloofde de minister van verkeer en waterstaat in een brief van 24 maart 2005 aan de tweede kamer dat alle putdeksels op viaducten vastgezet zouden worden en dat losse bestrating vervangen zou worden door asfalt op, en in de nabijheid van, viaducten.

Ad F. De minimale diameter van verbindingsbuizen moet $\varnothing 160$ zijn om dichtslibben te voorkomen.

Ad J. HDPE wordt toegepast voor afvoerbuizen in gebieden waar zettingsverschillen kunnen optreden buiten het kunstwerk omdat het materiaal in staat is om vervormingen op te vangen.

Tekeningen

RWS-HWA-01	versie 1.0	April 2017	Waterafvoer vast aan eindsteunpunt d.m.v. prefab gootconstructie
Toelichting:	Deze oplossing voorkomt dat de hemelwaterafvoer verzakt en dat spleten ontstaan tussen de afvoergoten en de vleugelwanden die kunnen leiden tot lekkage en uitspoeling. De stelspecie laag maakt het mogelijk om de goten op de juiste hoogte te stellen.		

RWS-HWA-02	versie 1.0	April 2017	Waterafvoer bij tussensteunpunt van ter plaatse gestort rijdek (afvoer in tussensteunpunt inwendig)
Toelichting:	De afvoerconstructie is weggewerkt in de pijler t.b.v. esthetica en/of vandalismebestendigheid.		

4 VOERTUIGKERINGEN EN LEUNINGEN (RWS-LEUN)

Eisen

- A. De permanente voertuigkering (geleiderail of barrier, wel of niet in combinatie met een leuning) op een kunstwerk in een autosnelweg dient tenminste te voldoen aan prestatieklasse H2 conform NEN-EN 1317-2 "Afscherpende constructies voor wegen – Deel 2: Prestatieklassen, botsproefbeoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding".
- B. Afscheidingen (leuningen) dienen aanwezig te zijn op de randen van kunstwerken om het naar beneden vallen van personen te voorkomen. De afscheidingen dienen te voldoen aan de eisen in afdeling 2.3 van het Bouwbesluit.
- C. De ruimte tussen een voertuigkering en een leuning op een kunstwerk dient geschikt te zijn voor gebruik als een inspectiepad met een breedte van tenminste 500mm.
- D. De bevestigingen van voertuigkeringen en leuning dienen te voldoen aan de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK).
- E. Leuning en voertuigkeringen dienen de verplaatsing en vervormingen van het kunstwerk te kunnen volgen zonder schade. De detaillering van de leuning en voertuigkeringen ter plaatse van dilatatievoegen dient de verplaatsingen en vervormingen mogelijk te maken.
- F. Leuning en stalen voertuigkeringen dienen geconserveerd te zijn volgens NBD 10005 "Eisen conservering stalen- en aluminium onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken".

- G. Leuning en voertuigkeringen dienen vandalisme bestendig te zijn.
- H. Leuning en voertuigkeringen dienen inspecteerbaar en onderhoudbaar te zijn.
<B&O>

Anvullende informatie / toelichtingen

Voertuigkeringen

Ad A. In "Richtlijnen voor het ontwerpen van Autosnelwegen 2014 – Veilige inrichting van bermen" is vastgesteld dat voertuigkeringen langs autosnelwegen moeten voldoen aan prestatieklasse H2. Op plaatsen waar de gevolgschade van een ongeval met een doorgebroken vrachtwagen onacceptabel hoog is kan het noodzakelijk om een geleideconstructie te plaatsen die voldoet aan de hogere prestatieklasse H4b.

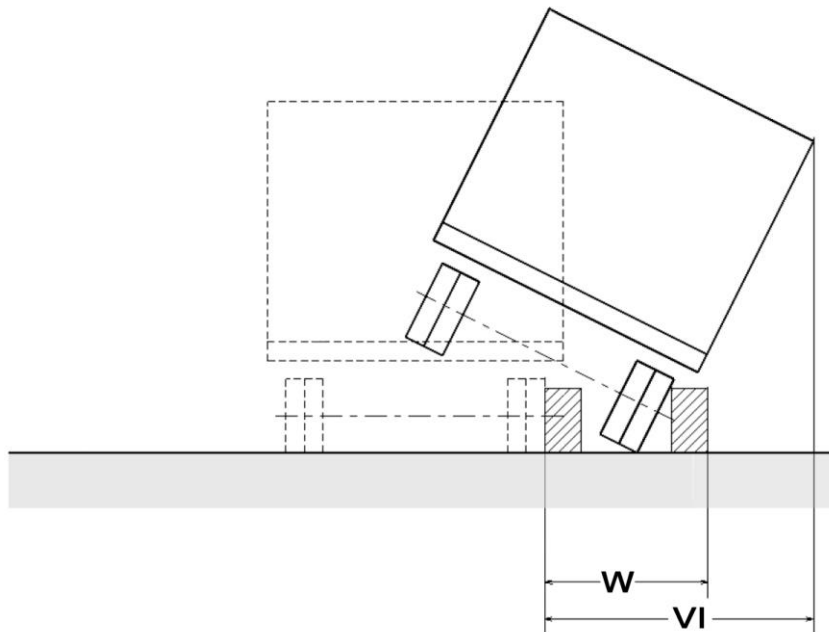
Ad A. Het "Handboek veilige inrichting van bermen Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom" (CROW publicatie 202, november 2004) vult de eisen voor voertuigkeringen aan. In tabel 13 van het handboek wordt H2 prestatieklasse voorgeschreven voor alle viaducten over autosnelwegen en autowegen met uitzondering van viaducten in erftoegangswegen. Prestatieklasse N1 is van toepassing voor erftoegangswegen.

Ad A. In juni 2003 zijn in opdracht van Rijkswaterstaat botsproeven volgens de NEN-EN 1317-2 uitgevoerd voor een opstelling van 2 verschillende geleiderail types, VLP 1R 133-60 L/R en VLP 1DL 133-60 L/R, samen met een standaard drie regelige leuning. Botsproef TB11 (personenwagen) is uitgevoerd met de VLP 1R 133-60 L/R en botsproef TB51 (bus) met de VLP 1DL 133-60 L/R.

De rapportages van de botsproeven tonen aan dat de minder stijve geleiderail VLP 1DL 133-60 L/R en de leuning samen een tweetrapse kering vormen om het zware voertuig te keren (TB51). De stijvere geleiderail, VLP 1R 133-60 L/R, voldoet aan de eisen voor de veiligheid van inzittenden van de personenwagen met impact severity level B.

Ad A. Wanneer een geluidsscherm geplaatst wordt langs de rand van een kunstwerk moet rekening worden gehouden met de risico van vallende delen voor personen en verkeer onder het kunstwerk bij een aanrijding tegen het scherm. Een voertuig kan over de voertuigkering heen hellen bij een aanrijding. In botsproeven conform NEN-EN 1317-2 van juli 2010 wordt naast de werkende breedte (W) ook de vehicle intrusion (VI) vastgelegd – zie figuur hieronder.

N.a.v. de reeds benoemde botsproeven van juni 2003 is door het platform veilige inrichting van bermen besloten om geluidsschermen langs de randen van kunstwerken te beschermen met een stijve geleiderail van type VLP 2R 133-80.



Een geleiderail wordt bij voorkeur toegepast tbv een uniform wegbeeld. Bij gebrek aan ruimte op de rand van een kunstwerk kan eventueel een starre barri r worden toegepast.

Ad A. In samenwerking tussen RWS en Laura metaal is een halve stalen stepbarrier ontwikkeld die toegepast kan worden bij renovatie projecten waar onvoldoende ruimte beschikbaar is om de standaard geleiderail + leuning oplossing toe te passen. In mei 2002 is d.m.v. een botsproef aangetoond dat deze halve stalen stepbarrier voldoet aan prestatieklasse H2. De barri r gedroeg zich als een stijve constructie in de botsproef met een maximale uitbuiging van 0,30m, een werkende breedte van 0,6m en een vehicle intrusion van 1,0m. De werking van deze barri r is echter afhankelijk van de aanwezigheid van een hoge betonnen schamprand (min 150mm boven asfaltniveau) die het grootste deel van de aanrijdkrachten opvangt. Toepassing van deze oplossing is alleen toegestaan op bestaande kunstwerken.

Een versmalde eenzijdig uitgebouwde geleiderail, met breedte 600mm, wordt toegepast als standaard op kunstwerken om de totale breedte van het kunstwerk te beperken. Waar voldoende ruimte beschikbaar is op het dek wordt aanbevolen om deze te vervangen door een standaard tweezijdig uitgebouwde geleiderail, met breedte 800mm.

Leuningen

Ad B. Een verkeersviaduct valt in het Bouwbesluit onder gebruiksfunctie "bouwwerk geen gebouw zijnde".

Ad B. De spijltjesleuning (RWS-LEUN-02) is geschikt voor toepassing langs een fiets- en voetpad die afgeschermd is voor gebruik door motorvoertuigen. De afmetingen van de spijltjesleuning zijn afgeleid van de eisen in het Bouwbesluit voor een afscheiding in vrijwel alle gebruiksfuncties met uitzondering van "bouwwerk geen gebouw zijnde". De hoogte van 1200mm is gekozen om de veiligheid voor fietsers te vergroten en is hoger dan de maat van 1000mm vastgesteld in het Bouwbesluit.

Ad B. Indien het dek hoger is gelegen dan 13m boven het aansluitende terrein, of water, dan moet de hoogte van de leuning minimaal 1200mm zijn (het Bouwbesluit).

Ad B. Een leuning langs een ruiterspad moet aanzienlijk hoger zijn met een voorgestelde hoogte van tenminste 1,8m.

Ad D. De ontwerpbelastingen op een leuning zijn vastgelegd in de NEN-EN 1991-2 + NB en aangevuld door de ROK.

De prestatieklasse van de verzwaarde drieregelige leuning uit de vorige versie van de standaarddetails (RWS-LEUN-02) is nooit vastgesteld middels botsproeven en daardoor vervallen. Er zijn inmiddels meerdere leveranciers van leuningen met prestatieklasse N1 die kunnen worden toegepast langs erftoegangswegen op kunstwerken boven een autosnelweg..

De beëindiging van een leuning mag geen uitstekende delen hebben die gevaarlijk kunnen zijn bij een aanrijding.

Algemeen

Ad C. De Directeur Generaal van Rijkswaterstaat heeft in een brief van 3 februari 1970 de beslissing van RWS bekend gemaakt dat op alle kunstwerken gelegen in autowegen inspectiepaden worden aangebracht indien daar geen parallelweg, fiets- of voetpad aanwezig is. Voor kunstwerken gelegen in niet-autowegen kunnen in het algemeen inspectiepaden achterwege blijven.

Ad F. Na het afslijpen en conserveren van ankers moeten UV bestendige kunststof beschermdoppen toegepast worden in de kleur grijs of de kleur van de leuning.

Het document "Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen 2014 (ROA) - Veilige Inrichting van Bermen" is van toepassing voor voertuigkeringen en leuningen op kunstwerken.

Tekeningen

RWS-LEUN-01	versie 1.0	April 2017	Drieregelig, ronde regel, H = 1000
Toelichting:	Leuning geschikt voor toepassing achter een geleiderail om een tweetrapse H2 kering te vormen.		

RWS-LEUN-02	versie 1.0	April 2017	Spijltjesleuning langs fiets- en/of voetpad, kerende hoogte H = 1200
Toelichting:	De kerende hoogte van de leuning is verhoogd t.o.v. eerdere versies naar 1200mm om de leuning geschikt te maken voor toepassing langs fietspaden.		

RTD 1010:2017

RWS-LEUN-03	versie 1.0	April 2017	Halve stalen stepbarrier op verhoogde schamkant t.b.v. renovatie
Toelichting:	Stepbarrier met H2 keringsniveau geschikt voor gebruik bij renovatie.		

5 OPLEGGINGEN LANDHOOFDEN EN TUSSENSTEUNPUNTEN (RWS - OPLEG)

Eisen

- A. Opleggingen dienen bereikbaar te zijn voor inspectie en eventuele reparatie of vervanging. <B&O>
- B. Steunpunten dienen ruimte te bieden voor de vijzels benodigd bij de vervanging van een oplegging. <B&O>
- C. Opleggingen dienen horizontaal gesteld te zijn.
- D. Contactvlakken boven en onder een oplegging dienen de wrijving te kunnen genereren conform de uitgangspunten van de ontwerpberekening. Indien dit niet mogelijk is dient een verankering toegepast te worden die de horizontale kracht kan opnemen.
- E. Betonnen oppervlakken onder voegovergangen dienen gehydrofobeerd te zijn.
- F. Oplegvlakken van steunpunten dienen hellend af te wateren.
- G. De maximale dikte van de (ongewapende) onder/bovensabelingmortel dient te voldoen aan NEN-EN 1337-11 art 6.6.
- H. De randafstand van (ongewapende) onder/bovensabelingmortel dient minimaal gelijk te zijn aan de toegepaste dikte van de onder/bovensabelingmortel.

Aanvullende informatie / toelichtingen

Zie de ROK en RTD 1012 voor overige eisen aan opleggingen landhoofden en tussensteunpunten.

Ad A. De benodigde vrije ruimte is minimaal 250mm hoog (afstand tussen onderkant dek en bovenkant steunpunt) en 600mm breed (horizontale dagmaat tussen twee opeenvolgende opleggingen).

Ad A. Indien ruime openingen niet wenselijk zijn vanuit de vormgeving dan kan gebruik worden gemaakt van afschermingspanelen of voorzetwanden. Een veilige toegang voor inspectie en onderhoud moet altijd geborgd zijn bv door gebruik te maken van luiken of toegangspoorten. Dit geldt ook voor tandopleggingen.

Ad B. De benodigde vijzels dienen geplaatst te kunnen worden tussen de opleggingen. De locatie van de vijzels en de gevolgen van de vijzelkrachten voor het rijdek en de onderbouw van het kunstwerk dienen meegenomen te worden in het ontwerp.

Ad D. Het oppervlak dient vet- en stofvrij of vrij van andere wrijvingsverlagende vervuiling of aangebrachte substanties zoals curing compounds te zijn. Bij glad afgewerkte betonnen oppervlakken kan het, afhankelijk van de in het ontwerp aangehouden wrijvingscoëfficiënt, nodig zijn om het contactoppervlak op te ruwen door de cementshuid te verwijderen..

Ad E. Dit geldt niet voor betonnen oppervlakken onder buigslappe voegovergangen, die geacht worden waterdicht te zijn.

Tekeningen

RWS-OPLEG-01	versie 1.0	April 2017	Opleggingen dekconstructie kokerligger
Toelichting:			

RWS-OPLEG-02	versie 1.0	April 2017	Opleggingen dekconstructie T-ligger
Toelichting:			

6 SCHAMPKANTEN (RWS-SCHAMP)

Eisen

- A. Zijkanten van rijdekken dienen voorzien te zijn van schampkanten.
- B. Schampkanten dienen vuil op het rijdek te keren. De totale kerende hoogte dient minimaal 200mm te zijn voor verkeersviaducten en 150mm voor fietsviaducten.
- C. Schampkanten dienen hemelwater op het rijdek te keren.
- D. Schampkanten dienen de bevestiging van een leuning en eventuele voertuigkering langs de rand van een rijdek mogelijk te maken.
- E. Schampkanten dienen de ontwerpbelastingen van daarop bevestigde leuningen of voertuigkeringen over te dragen naar het rijdek.
- F. Schampkanten dienen gehydrofobeerd te zijn.
- G. Schampkanten dienen voorzien te zijn van kabeldoorvoeren. <T>
- H. Kabeldoorvoerbuizen dienen aan het uiteinde van het kunstwerk omlaag geleid te zijn zodat de kabels een minimale gronddekking hebben van 500mm. <T/B>
- I. Kabeldoorvoerbuizen dienen glad te zijn aan de binnenzijde en dienen geen bochten groter dan 45 graden te hebben.
- J. Trekputten dienen toegepast te zijn in schampkanten met kabeldoorvoer buizen met een h.o.h. afstand van 30m. Bij kruising van de buizen met voegovergangen dienen trekputten toegepast te zijn binnen 6m van de voegovergang.
- K. De deksels van trekputten dienen waterdicht te zijn.
- L. Trekputten dienen voorzien te zijn van een waterafvoer.

Aanvullende informatie / toelichtingen

Ad B/D. De hoogte van de schampkant wordt deels bepaald door de daarop bevestigde voertuigkering. De bovenkant van de plank van de standaard geleiderail ligt 750mm boven het aansluitende asfalt. Met een standaard geleiderail stijl (lengte 640mm) en circa 25mm ondersabeling van de grondplaat moet de bovenkant van de schampkant 50mm hoger liggen dan het aansluitende asfalt.

Ad C. De schampkant aan de lage kant van het dek vormt samen met de aansluitende asfaltconstructie een goot voor hemelwaterafvoer. Het asfalt tegen de schampkant kan niet goed worden verdicht en wordt ten behoeve van een waterdichte aansluiting vervangen door flexigoot. Zie RTD 1009 "Asfalt op brugdekken" voor meer informatie.

Ad C. Het toepassen van volledig geprefabriceerde schampkanten wordt afgeraden. In het verleden zijn problemen ontstaan door lekkage door de voeg en aantasting van de verankering tussen de schampkanten en het rijdek.

Ad C. De bovenkant van de schampkant moet afwateren richting het rijdek / goot.

Ad E. De ontwerp belastingen op een leuning of voertuigkering zijn vastgelegd in de NEN-EN 1991-2 + NB en aangevuld door de ROK.

Ad E. Schampkanten worden voorzien van praktische langswapening ter voorkoming van krimp scheuren. Bij toepassing van voertuigkering met prestatieklasse H4b of geluidschermen kan het nodig zijn om extra wapening toe te passen tbv de overdracht van belastingen naar het rijdek.

Ad F. Oppervlaktebeschermingssysteem wordt aangebracht om het beton waterwerend te maken en het indringen van dooizouten tegen te gaan met het doel om corrosie van de

wapening te voorkomen. Het toe te passen hydrofobeermiddel moet voldoen aan RTD 1002 "Hydrofoberen van beton. Aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2."

Ad G. Kabeldoorvoeren worden meestal gerealiseerd als buizen ingestort in de schampkant. Op locaties met veel kabels en leidingen is er niet altijd voldoende ruimte in de schampkanten. Er kan dan overwogen worden om de schampkant deels te vervangen door een kabelgoot. Bij een dergelijke oplossing moet aandacht besteed worden aan: de hemelwaterafvoer, bescherming van het brugdek tegen dooizouten, beloopbaarheid van het inspectiepad en de detaillering tpv de voegovergangen.

Ad G. Kabeldoorvoerbuizen worden geplaatst in de schampkanten in plaats van in het rijdek om de volgende redenen:

- opvriezen van water in de buizen en eventuele lekkages leiden niet tot schade aan de hoofddraagconstructie,
- de buizen zijn buiten het zicht en hoeven niet gemonteerd te worden tegen de zijkant van het dek,
- de buizen zijn makkelijk bereikbaar via trekputten in de schampkant.

Ad G. Er worden meer kabeldoorvoerbuizen opgenomen in de schampkanten dan noodzakelijk t.b.v. toekomstige gebruikers.

Ad G. De kabeldoorvoerbuizen moeten worden voorzien van schuifmoffen ter plaatse van dilatatievoegen.

Ad H. De minimale gronddekking van 500mm aan het uiteinde van het kunstwerk is ter bescherming van de kabels.

Ad I. Bij niet gladde binnenkanten en scherpe bochten wordt het vrijwel onmogelijk om kabels door de buizen te trekken.

Een schampkant met variabele breedte is acceptabel zolang de minimale maten op de standaarddetails (inspectiepad breedte minimaal 500mm) gehaald worden. Dit kan bijvoorbeeld noodzakelijk zijn waar de weg in een horizontale boogstraal ligt en het rijdek niet in dezelfde boogstraal wordt gebouwd.

Een prefab schort wordt hoofdzakelijk toegepast uit esthetische overwegingen en de vorm wordt meestal door een architect bepaald. De schort verbergt de stortnaad tussen de schampkant en het rijdek. Door verjonging van de zijkant van het dek en overdimensionering van de schort kunnen oneffenheden en blijvende zeeg in het dek verborgen worden en bij het stellen van de schort kan een strakke lijn gecreëerd worden langs de rand van het dek. Prefab betonnen schorten zorgen voor een robuust, duurzaam detail maar steeds meer kunstwerken worden voorzien van een schort van gebogen metalen plaat of kunststof. Toepassing van een dergelijke holle schort biedt de mogelijkheid om kabeldoorvoerbuizen op te nemen in de holle ruimte van het schort ipv in de schampkant

Het toepassen van een geprefabriceerde schort voorkomt meestal dat een waterhol nodig is langs de rand van het dek.

Waar een lichtmast geplaatst moet worden langs de rand van een kunstwerk moet deze bij voorkeur buiten de leuning geplaatst worden. Hierdoor wordt voorkomen dat; de leuningregel wordt onderbroken, het inspectiepad wordt belemmerd en een verzwaarde voertuigkering geplaatst moet worden ter bescherming van de lichtmast.

RTD 1010:2017

Ad J. Er kan gekozen worden om trekputten weg te laten voor korte kunstwerken (overspanning < 12m). Kabels kunnen dan door de kabeldoorvoer buizen getrokken worden van buiten het kunstwerk.

Ad J. De locatie van de trekputten wordt bepaald rekening houdend met de locatie van leuningstijlen, bevestigingen van prefab randelementen, enz...

Ad L. Een afvoer is nodig om eventueel lekwater en condens af te voeren en moet aangebracht worden op het laagste punt van de trekput.

De deksel van een trekput in een fiets-/ voetpad moet bevestigd worden met verzonken schroeven. Deze hebben als nadeel dat het inbus-gat verstopt raakt. Op niet belopen locaties kan bevestiging met bouten een betere oplossing zijn.

Bij oplevering van het kunstwerk moeten kabeldoorvoerbuizen die niet in gebruik zijn voorzien zijn van een trektouw over de volledige lengte van het kunstwerk.

Tekeningen

RWS-SCHAMP-01	versie 1.0	April 2017	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab. randelement met geleiderailconstructie en leuning)
Toelichting:			
RWS-SCHAMP-02	versie 1.0	April 2017	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab randelement met leuning)
Toelichting:	Constructie geschikt voor toepassing langs fiets- voetpaden.		
RWS-SCHAMP-03	versie 1.0	April 2017	Middenbermconstructies (schampstrook, geleiderailconstructie en roosters)
Toelichting:			
RWS-SCHAMP-04	versie 1.0	April 2017	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab. randelement met geleiderailconstructie en geluidwerend scherm)
Toelichting:	De breedte van het verhoogde gedeelte van de schampkant is afhankelijk van de hoogte en het type geluidsscherm.		
RWS-SCHAMP-05	versie 1.0	April 2017	Voorzieningen kabeldoorvoer in trekput (Dagmaat 750 x 200 en 750 x 300)
Toelichting:	Stalen omranding met deksel te gebruiken in schampkant met één of meerdere kabeldoorvoerbuizen. Bij toepassing van prefab randelementen rekening houden met benodigde bevestiging aan het rijdek bv door toepassing van randelementen met een lengte van 4m.		

7 STOOTPLATEN (RWS-STOOT)

Eisen

- A. Stootplaten dienen te voorkomen dat abrupte hellingen (knikken) en abrupte hoogteverschillen (drempels) ontstaan in het verticale alignement van de weg ter plaatse van de overgang van aardebaan op kunstwerk. <V&G>
- B. Ter plaatse van de overgang van de stootplaten op het landhoofd dienen geen scheuren op te treden in het asfalt. <B&O>
- C. Stootplaten dienen gekoppeld te zijn aan het landhoofd en dienen eventuele verplaatsingen van het landhoofd te kunnen volgen. <V&G>
- D. Stootplaten dienen alle bijbehorende rustende en mobiele belasting te kunnen dragen.

Aanvullende informatie / toelichtingen

De afmetingen, type, wapening, enz. van de stootplaten worden bepaald met gebruik van: RTD 1011 "Eisen stootplaten".

De voegloze overgang (tekening RWS-STOOT-02) is ontwikkeld door de voormalige afdeling bruggenbouw van de Bouwdienst in samenwerking met Ooms Avenhorn. Deze constructie is inmiddels toegepast op meerdere projecten. Wanneer de landhoofden van een kunstwerk constructief verbonden worden met het dek ontstaat er een integraal kunstwerk zonder voegovergangen en opleggingen. Het voorkomen van voegovergangen leidt tot lagere onderhoudskosten aan het kunstwerk en heeft het bijkomende voordeel geluidsarm te zijn. Het nadeel van dit constructie type is dat de vervorming en verplaatsingen van het kunstwerk opgevangen moeten worden in het asfalt en de aardebaan achter het kunstwerk.

De stootplaat verplaatst met het dek mee en is verbonden met het dek middels een trekverbinding (een RVS kabel) die geringe zettingen van de stootplaat toelaat zonder het ontstaan van grote inklemmingskrachten. De asfaltconstructie bij de beëindiging van de stootplaat is opgebouwd uit meerdere lagen van polymeer gemodificeerd asfalt en glasvezel wapening. De rekverspreidende werking van deze asfaltconstructie voorkomt scheurvorming in de asfaltdeklaag. De verwachte levensduur van deze asfaltconstructie is 50 jaar waardoor deze ongestoord kan blijven zitten bij vervanging van de asfaltdeklaag. (NB De keuze om een constructie voegloos uit te voeren moet zorgvuldig gemaakt worden in overleg met de constructeur. Zettingsgevoelige ondergronden, grote deklengtes, scherpe kruisingshoeken en toekomstige aanpassingen kunnen allemaal redenen zijn om een voegloze constructie te vermijden. Meer informatie over het toepassen van de voegloze overgang is beschreven in het artikel "Integraalviaducten met voegloze overgangen in de A73-zuid" in de september 2006 uitgave van het vakblad Cement.)

Tekeningen

RWS-STOOT-01	versie 1.0	April 2017	Stootplaat, ter plaatse gestort of prefab, L = 5000
Toelichting:			

RWS-STOOT-02	versie 1.0	April 2017	Voegloze overgang voor (semi) integrale kunstwerken
Toelichting:			

8 TALUDBEKLEDING (RWS-TALUD)

Eisen

- A. Het talud onder een kunstwerk dient stabiel te zijn. <V>
- B. Het talud dient afgewerkt te zijn met een duurzame dichte bekleding. <B&O>
- C. De taludbekleding dient bestendig te zijn tegen uitspoeling en dient onkruidgroei te belemmeren. <B&O>
- D. De taludbekleding dient rondom opgesloten te zijn. <V&G>
- E. Het aangrenzende talud dient beschermd te zijn om "uitlopen" te voorkomen. <B&O>

Aanvullende informatie / toelichtingen

Ad A. De standaarddetail tekeningen zijn gebaseerd op een doorrijhoogte van 4,60m onder het kunstwerk die leidt tot een taludlengte van circa 8,00m. Indien een grotere taludlengte nodig is (b.v. bij bruggen over grote rivieren) dan kan een grondmechanisch advies nodig zijn om de toelaatbare helling, taludopsluiting, enz. te bepalen.

Ad A/C. De 30cm dikke funderingslaag van gestabiliseerd zand wordt toegepast om de strakke vlakke afwerking van het talud te waarborgen. Verzakkingen en scheuren kunnen ontstaan in taluds zonder funderingslaag. Zulke verzakkingen zijn esthetisch niet aanvaardbaar en kunnen leiden tot instabiliteit van het talud.

Ad A/C. Het gestabiliseerde zand wordt samengesteld met minimaal 125kg cement per kubieke meter zand. Het gestabiliseerde zand wordt vochtig aangebracht en alleen aangebracht over een oppervlakte die dezelfde dag bestraat wordt.

Ad B. De keuze van de taludbekleding wordt vaak gemaakt door een architect als onderdeel van de totale vormgeving van het kunstwerk. De afmetingen van de bestrating kunnen beperkt worden door de Arboregeling. Het volgende is vastgelegd in de Arbocatalogus Bestratingen voor tillen op bouwplaatsen:

- Met de hand tillen moet zoveel mogelijk vermeden worden.
- Het maximale gewicht dat één persoon met de hand mag tillen is 25 kg.
- Het maximale gewicht dat twee personen samen mogen tillen is 50 kg.
- Straatstenen (klinkers) die handmatig worden verwerkt, mogen niet zwaarder zijn dan 4kg per stuk
- Tegels die handmatig worden verwerkt, mogen niet zwaarder zijn dan 9,5kg per stuk

Ad B. Het kan noodzakelijk zijn om de bekleding op maat te zagen bij de aansluiting op het landhoofd.

Ad B. Bij brede kunstwerken met weinig grasgroei onder het dek kan gekozen worden om de berm tussen het talud en de weg te verharderen.

Ad B. Betonzuilen hebben de voorkeur boven tegels en klinkers in de bebouwde kom i.v.m. vandalisme. Indien het talud van een brug onderdeel uitmaakt van een waterkering dan kan het waterschap aanvullende eisen stellen aan de taludbekleding.

Ad B. Na het bestraten van het talud dienen de voegen tussen het bestratingsmateriaal gevuld te worden met een split 2/26 in de kleur van de taludbekleding.

Tekeningen

RWS-TALUD-01	versie 1.0	April 2017	Taludbekleding: tegels, klinkers, basalt betonzuilen e.d.
Toelichting:	De horizontale vlak voor het landhoofd beperkt de noodzaak om de taludbekleding te zagen en kan gebruikt worden als looppad bij inspecties van het landhoofd en de opleggingen.		

9 VOEGOVERGANGEN (RWS-VOEG)

Eisen

- A. Het aantal voegovergangen in een kunstwerk dient beperkt te zijn. Ter plaatse van tussensteunpunten dienen waar mogelijk voegen vermeden te worden: ter plaatse gestorte rijdekken uitvoeren zonder voegen, prefab ligger rijdekken uitvoeren met buigslappe voegen (volgens RWS-VOEG-01) of een momentvaste constructieve doorkoppeling (zogenaamde "natte knoop"). <B&O>
- B. Voegovergangen moeten voldoen aan de eisen in RTD1007-2 en RTD1007-3. <B/V&G>
- C. Buigslappe voegovergangen moeten voldoen aan de eisen in RTD1023.
- D. De detaillering van de betonconstructie ter plaatse van voegovergangen en het ontwerp van de voegovergang zelf moeten zodanig zijn dat vervanging van de voegovergang of onderdelen daarvan mogelijk is, zonder dat schade wordt veroorzaakt aan de onderliggende betonconstructie. <B&O>
- E. Verankerde stalen voegovergangen in nieuwe kunstwerken moeten zodanig zijn ontworpen dat het in het beton verankerde deel van deze voegovergang niet hoeft te worden vervangen en de ontwerplevensduur van het kunstwerk heeft. Het deel van de voegovergang dat onderhevig is aan degradatie moet zonder sloopwerk aan de betonconstructie vervangbaar zijn. <B&O>
- F. De kabeldoorvoerbuizen in de schampkanten dienen onder de voegovergang door te lopen.
- G. Voegovergangen moeten het verticaal alignement van de rijbaan over het kunstwerk volgen. Een aanpassing van het alignement is alleen toegestaan indien hierdoor optredende voegbewegingen de Prestatieverklaring (Declaration of Performance, afgekort DoP) van de voegovergang te boven gaan. In die gevallen moet voor het rijcomfort een geleidelijke overgang in de aansluitende verhardingen en/of constructie worden aangebracht. <V&G>
- H. Bij het ontwerpen van een betonconstructie moet rekening worden gehouden met het verloop van het verticaal alignement van de rijbaan, de dikte van het asfaltpakket, de zeeg in het rijdek en de inbouwhoogte van de voegovergang. Wapening in eventuele uitsparingen ten behoeve van de verankering van de voegovergang moet worden afgestemd op deze inbouwhoogte.
- I. Bij toepassing van voegovergangtypes die volgens de meerkeuzematrix in RTD 1007-1 gevoelig zijn voor lekkage, moet een tweede waterkering onder de voegovergang worden toegepast. Deze waterkering moet zijn geïntegreerd in het kunstwerk en moet onafhankelijk van de voegovergang functioneren. Voor zover noodzakelijk moeten onderdelen van deze waterkering vervangbaar zijn ten tijde van vervanging van (onderdelen van) de voegovergang. Het uitstroompunt van de tweede waterkering moet buiten het kunstwerk liggen. <B&O>

Aanvullende informatie / toelichtingen

Voor het keuzeprocés voor het toe te passen voegovergangconcept kan gebruik gemaakt worden van de RTD 1007-1 "Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen (met factsheets)" of de digitale Meerkeuzematrix van het Platform Voegovergangen & Opleggingen (PVO, www.pveno.nl).

Voor flexibele voegovergangen is de RTD 1007-4 "Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies" opgesteld op basis van RTD1007-2. Hierin zijn de eisen voor flexibele voegovergangen verder afgeleid en zijn verificatiemethoden aangegeven.

Ad A. Voegovergangen initiëren altijd relatief veel onderhoud en hoge onderhoudskosten. Lekkage van voegovergangen is een van de grootste oorzaken van schade aan bestaande kunstwerken. Het lekwater en de meegedragen doozouten kunnen leiden tot chloride aantasting van de wapening in rijdekken en ondersteuningsconstructies, hetgeen op lange termijn tot zeer hoge onderhoudskosten kan leiden. Het langdurig instandhouden van volledig waterdichte voegovergangen vraagt de nodige aandacht. Het is daarom van belang om het aantal voegovergangen te beperken tot een minimum.

Ad C. Het (standaard) detail RWS-VOEG-01 mag alleen toegepast worden indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De voeg verbindt statisch bepaalde rijdekken opgebouwd uit railbalken met druklaag of uit kokerliggers.
- De liggers zijn opgelegd op gewapende rubber oplegblokken.
- De totale ongedilateerde lengte van het dek bedraagt maximaal 150m.
- Constructiehoogte:
 - $h \geq 1/26 L$ voor railbalken met druklaag;
 - $h \geq 1/32 L$ voor kokerliggers;
- Brugbreedte ≥ 9 m;
- Kruisingshoek $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$, waarbij α de hoek is tussen de as van de ondersteuning en de richting van de prefab liggers. De voegwapening ligt in de richting van de liggers en de voegoverspanning geldt loodrecht op de oplegging;
- Betonsterkteklasse prefab $\geq C55/67$;
- Asfaltdikte ≥ 120 mm (ter plaatse van voeg);
- Hoogteligging voegwapening is conform het standaarddetail.

Buigslappe voegen die aan één zijde zijn ingeklemd in bijvoorbeeld een pijlertafel vallen niet binnen het toepassingsgebied.

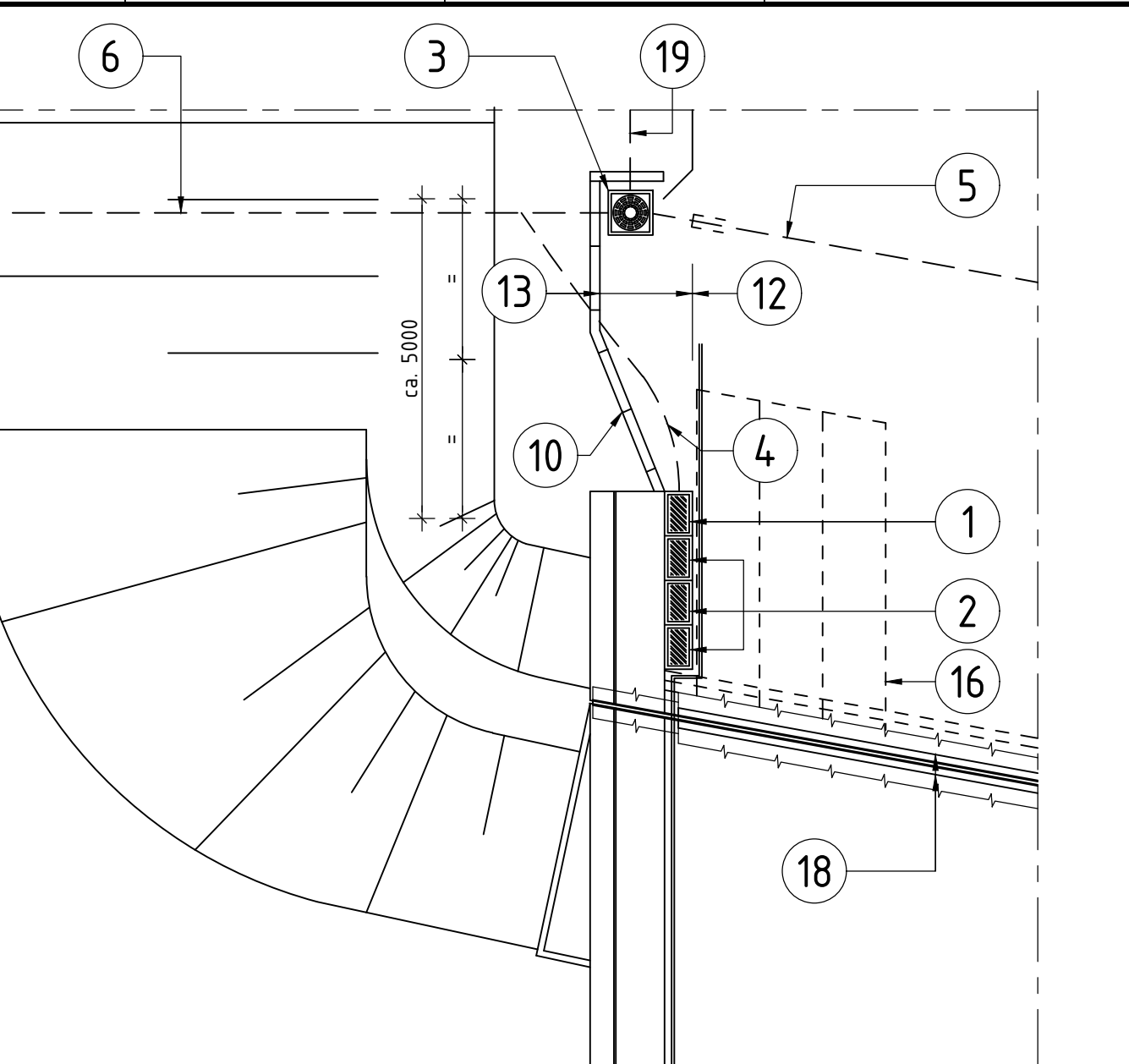
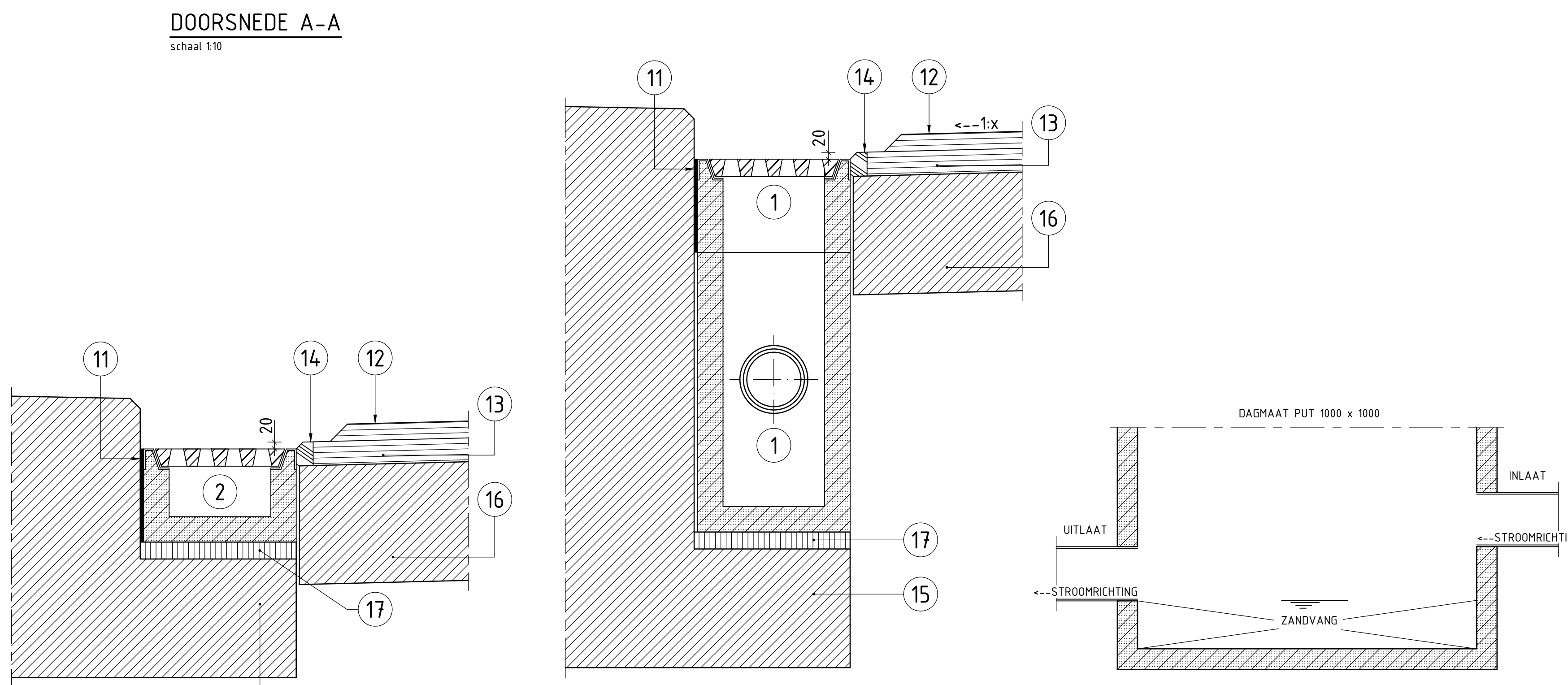
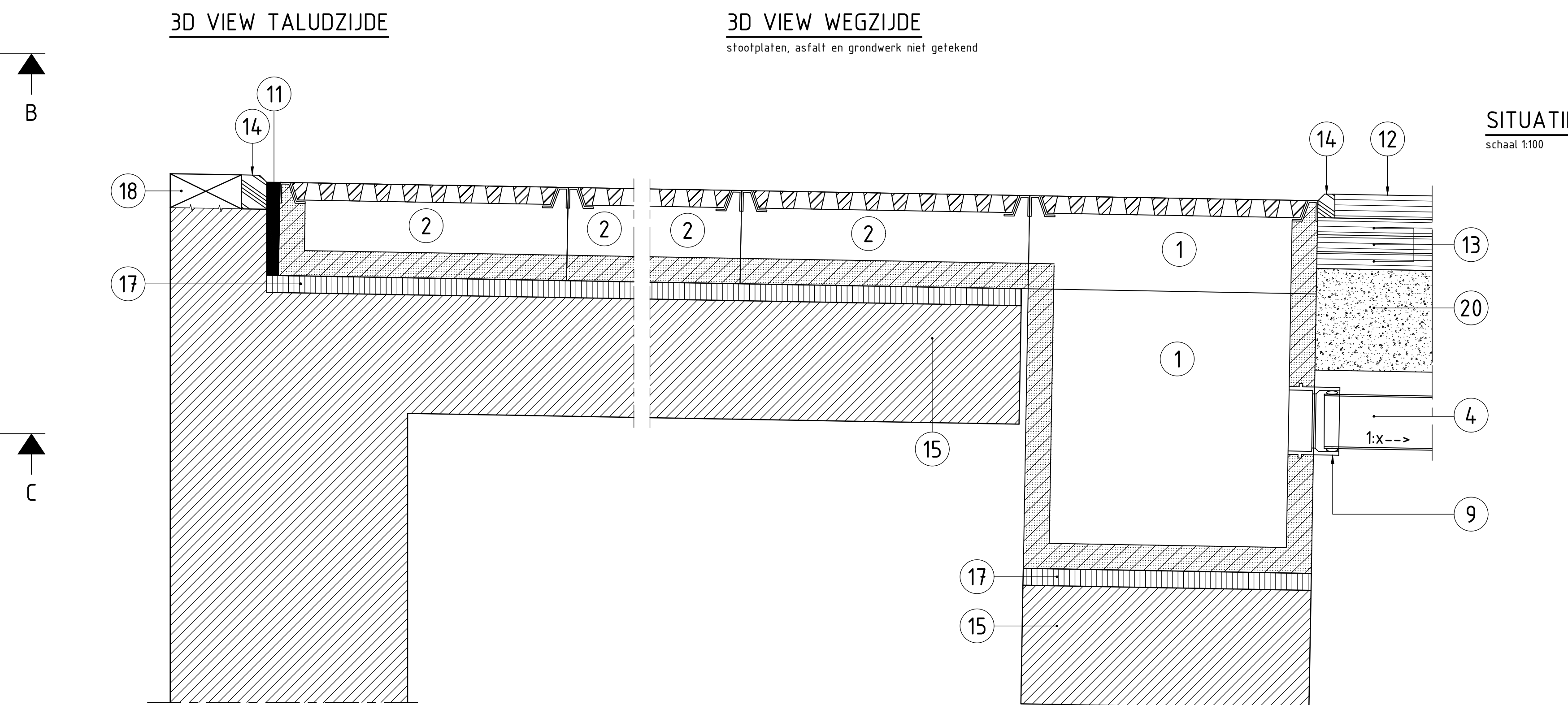
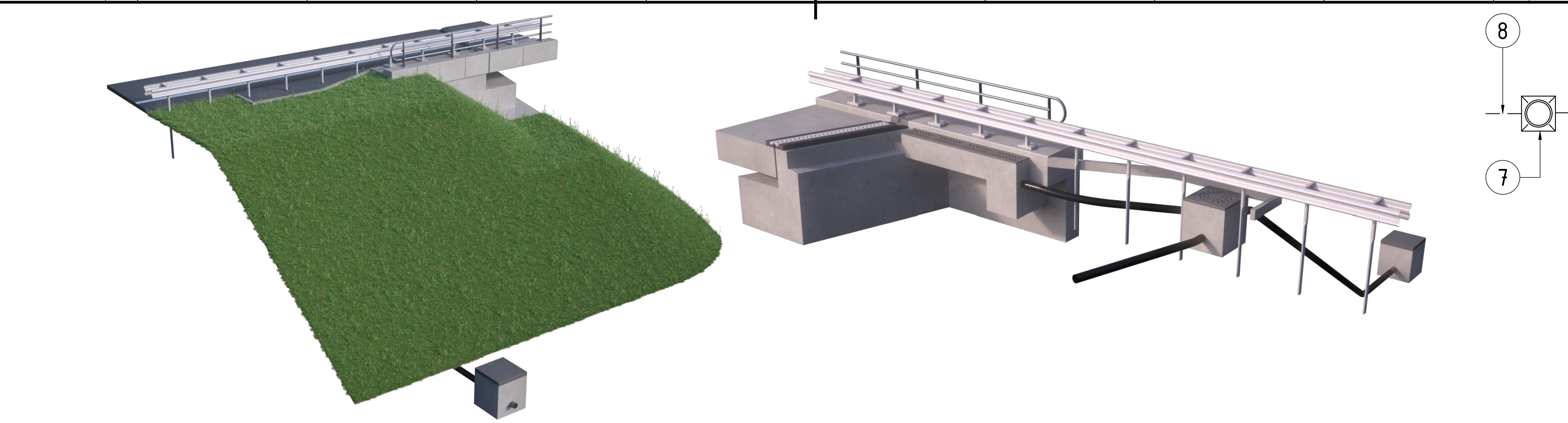
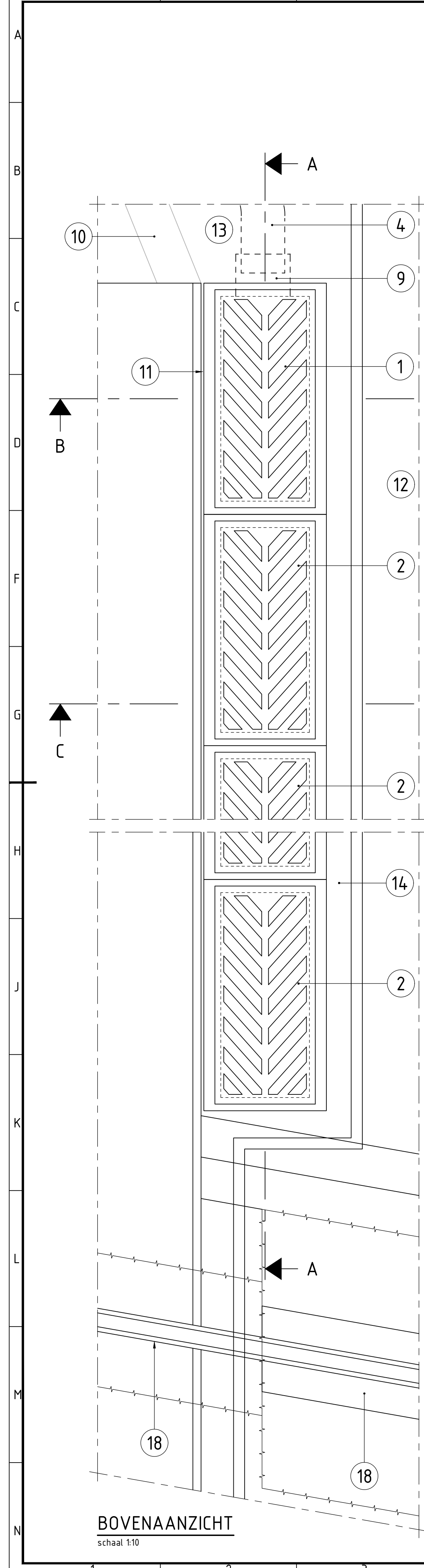
In het geval dat aan één van de bovengenoemde randvoorwaarden niet wordt voldaan, moet de voegconstructie worden berekend volgens de aanwijzingen in RTD 1023 teneinde de juiste afmetingen en de toe te passen wapening vast te stellen.

Tekeningen

RWS-VOEG-01	versie 1.0	April 2017	Buigslappe voeg t.p.v. tussensteunpunt
Toelichting:	De getekende oplossing is die van een buigslappevoeg bij railbalkprofielen met een druklaag en een oplossing bij kokerbalken. De vorm van de wapening Ø12-75 is bij railbalken en kokerbalken identiek. De uit een kokerbalk stekende staven dienen niet voorbij de balkkop te reiken en derhalve is dan in de voeg bijlegwapening vereist.		
RWS-VOEG-02	versie 1.0	April 2017	Staal / rubber sinusvoegprofiel (nieuwbouw)
Toelichting:	Voegovergang voor gebruik bij nieuwe kunstwerken.		
RWS-VOEG-03	versie 1.0	April 2017	Staal / rubber sinusvoegprofiel (renovatie)
Toelichting:	Voegovergang voor gebruik bij renovatie van bestaande kunstwerken.		

Bijlage **STANDAARDEDETAIL TEKENINGEN**

RWS-HWA-01	Waterafvoer vast aan eindsteunpunt d.m.v. prefab gootconstructie
RWS-HWA-02	Waterafvoer bij tussensteunpunt van ter plaatse gestort rijdek (afvoer in tussensteunpunt inwendig)
RWS-LEUN-01	Drieregelig, ronde regel, H = 1000
RWS-LEUN-02	Spijltjesleuning langs fiets- en/of voetpad, kerende hoogte H = 1200
RWS-LEUN-03	Halve stalen stepbarrier op verhoogde schampkant, t.b.v. renovatie
RWS-OPLEG-01	Opleggingen dekconstructie kokerbalken
RWS-OPLEG-02	Opleggingen dekconstructie T-ligger
RWS-SCHAMP-01	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab randelement met geleiderailconstructie en leuning)
RWS-SCHAMP-02	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab randelement met leuning)
RWS-SCHAMP-03	Middenbermconstructies (schampstrook, geleiderailconstructie en roosters)
RWS-SCHAMP-04	Zijbermconstructies (schampstrook en prefab. schort met geleiderailconstructie en geluidwerend scherm)
RWS-SCHAMP-05	Voorzieningen kabeldoorvoer in trekput (dagmaat 750 x 200 en 750 x 300)
RWS-STOOT-01	Stootplaat, ter plaatse gestort, L = 5000
RWS-STOOT-02	Voegloze overgang voor (semi) integrale kunstwerken
RWS-TALUD-01	Taludbekleding: tegels, klinkers, grindbetonzuilen e.d.
RWS-VOEG-01	Buigslappe voeg t.p.v. tussensteunpunt
RWS-VOEG-02	Staal / rubber sinusvoegprofiel (nieuwbouw)
RWS-VOEG-03	Staal / rubber sinusvoegprofiel (renovatie)



VERKLARING:

	gewapend beton		ondersabeling
	gewapend geprefabriceerd beton		doorsnede asfalt
	wegfundering		flexigoot
	gietijzer		

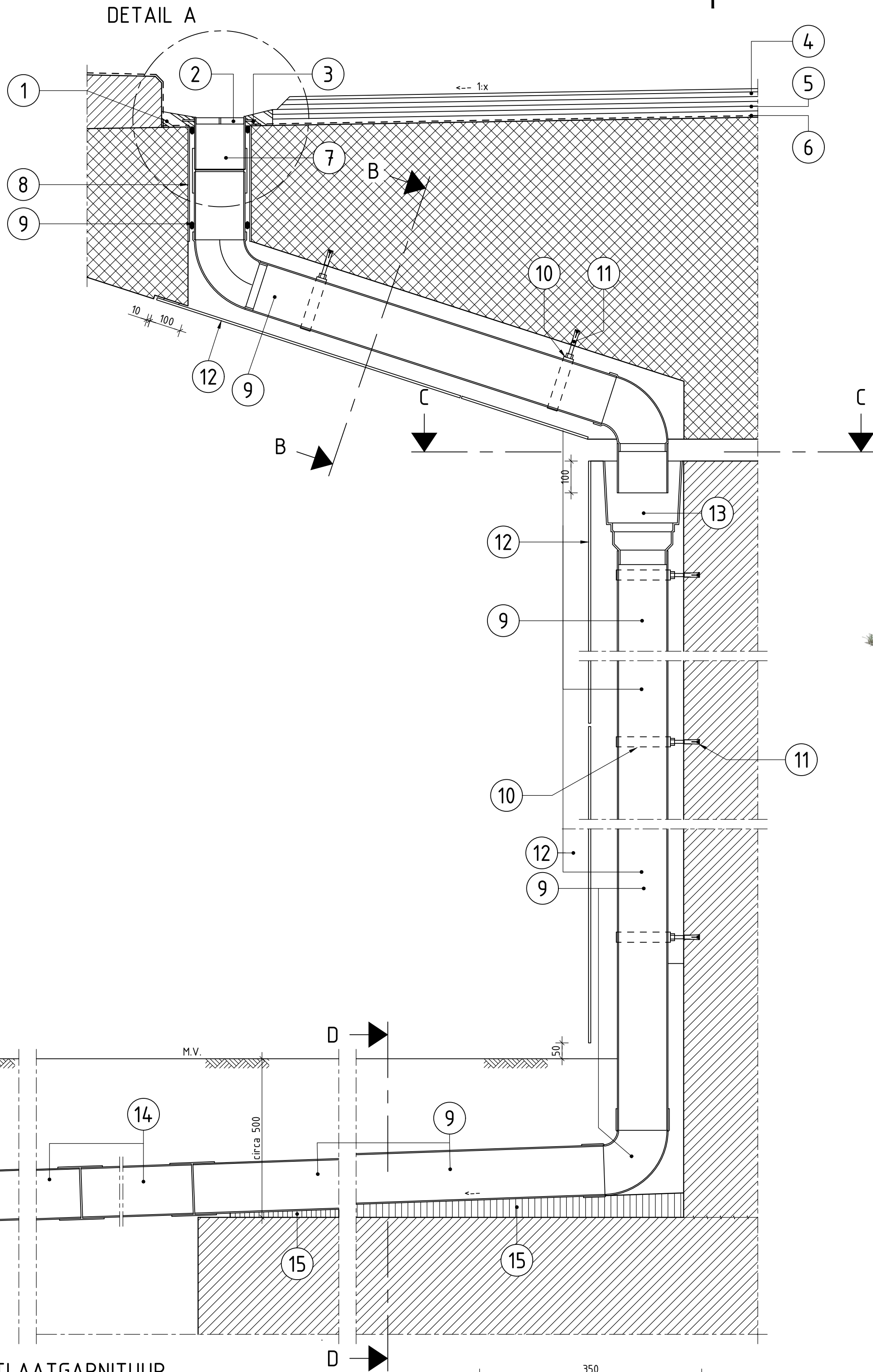
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	PREFAB. GOOT MET ROOSTERCONSTRUCTIE (BOVENINLAAT), ONDERPUT MET ZANDVANG EN UITLAATGARNITUUR	GOOT: BETON ONDERPUT: BETON ROOSTERCON: GIETIJZER	STANDAARD LEVERANCIER
2	PREFAB. AFVOERGoot MET ROOSTERCONSTRUCTIE (BOVENINLAAT)	GOOT: BETON ROOSTERCON: GIETIJZER	STANDAARD LEVERANCIER
3	PREFAB. PUT MET ZANDVANG EN ROOSTERCONSTRUCTIE (BOVENINLAAT) INCL. IN- EN UITLAATGARNITUUR	PUT: BETON ROOSTERCON: GIETIJZER	MIN: DAGMAAT 800 x 800 STANDAARD LEVERANCIER
4	VERBINDINGSBUIS	FLEXIBEL-HDPE	MINIMAAL ϕ 160
5	VERBINDINGSBUIS MET T-AANSLUITING, DRUKSTEKMOF EN MANTELBUIS	VERBINDINGSBUIS: HDPE MANTELBUIS: STAAL	VERB.BUIS MIN: ϕ 160 MANT.BUIS MIN: ϕ 200
6	VERBINDINGSBUIS MET T-AANSLUITING EN DRUKSTEKMOF	HDPE	MINIMAAL ϕ 160
7	(PREFAB.) PUT MET ZANDVANG EN DEKSELCONSTRUCTIE INCL. AFSLUITER INCL. IN- EN UITLAATGARNITUUR	PUT: BETON DEKSELCON: GIETIJZER	MIN: DAGMAAT 1000 x 1000 STANDAARD LEVERANCIER
8	AFVOERBUIS VANAF PUT NAAR SLOOT OF RIOL	PVC	MINIMAAL ϕ 200
9	INBOUWGARNITUUR VOOR INWENDIGE FLEXIBELE AANSLUITING	GIETIJZER MET AAN-GEVULCANISEERDE RUBBER MANCHET	STANDAARD LEVERANCIER
10	PREFAB. OPSLUITBAND GESTELD OP ZANDCEMENTSTABILISATIE	BETON	100 x 200
11	AFDICHTING	RUBBER BITUMEN	
12	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
13	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT	MIN: D=50
14	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN: D=50
15	CONSOLE	GEWAPEND BETON	UIT BEREKENING
16	STOOTPLAAT	GEWAPEND BETON	
17	STELRUimte (ONDERSABELING)	MORTEL	MIN: D=50
18	VOEGOVERGANG		
19	VERBINDINGSBUIS AANSLUITING OP WEGRIOLERING	PVC	MINIMAAL ϕ 160
20	WEGFUNDERING		

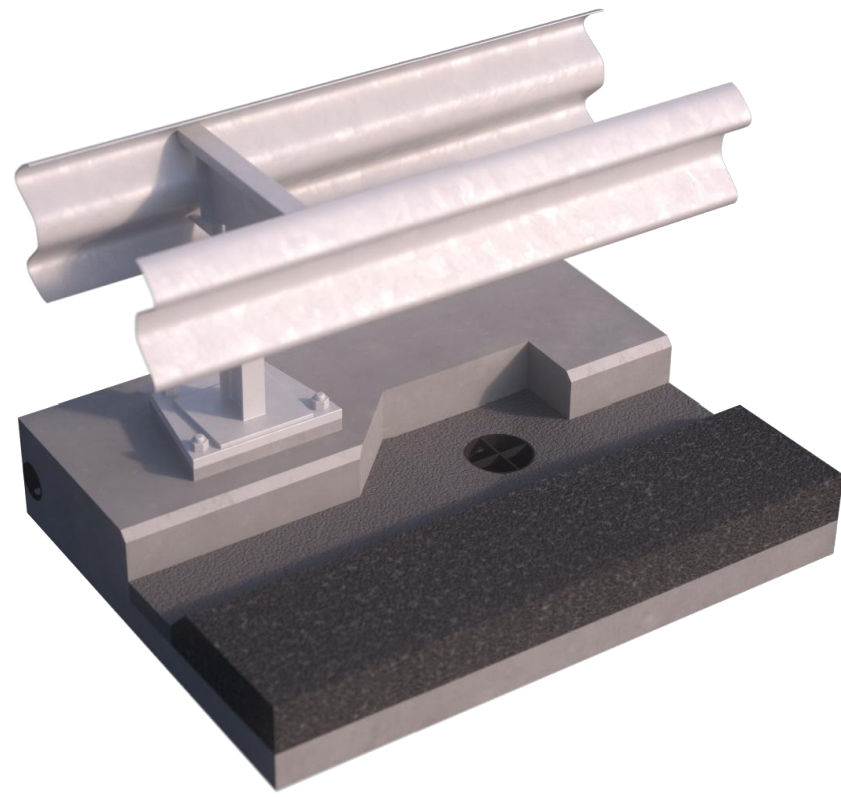
OPMERKINGEN :

- ROOSTERCONSTRUCTIES VOOR POS. 1 EN 2 DIENEN GESCHIKT TE ZIJN VOOR KLASSE F900 VOLGENS NEN-EN 124-4.
- DE AFMETINGEN VOOR POS. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 EN 9 DIENEN TE VOLDOEN AAN DE RESULTATEN WELKE VOLGEN UIT DE BEREKENING
- INDIEN POS. 19 VAN TOEPASSING IS, KUNNEN POS. 6, 7 EN 8 VERVALLEN
- POS. 1 EN DE VLEUGELWAND BEHOEVEN NIET GELIJK TE EINDIGEN
- POS. 5 ALLEEN VAN TOEPASSING BIJ AFVOER NAASTGELEGEN KUNSTWERK

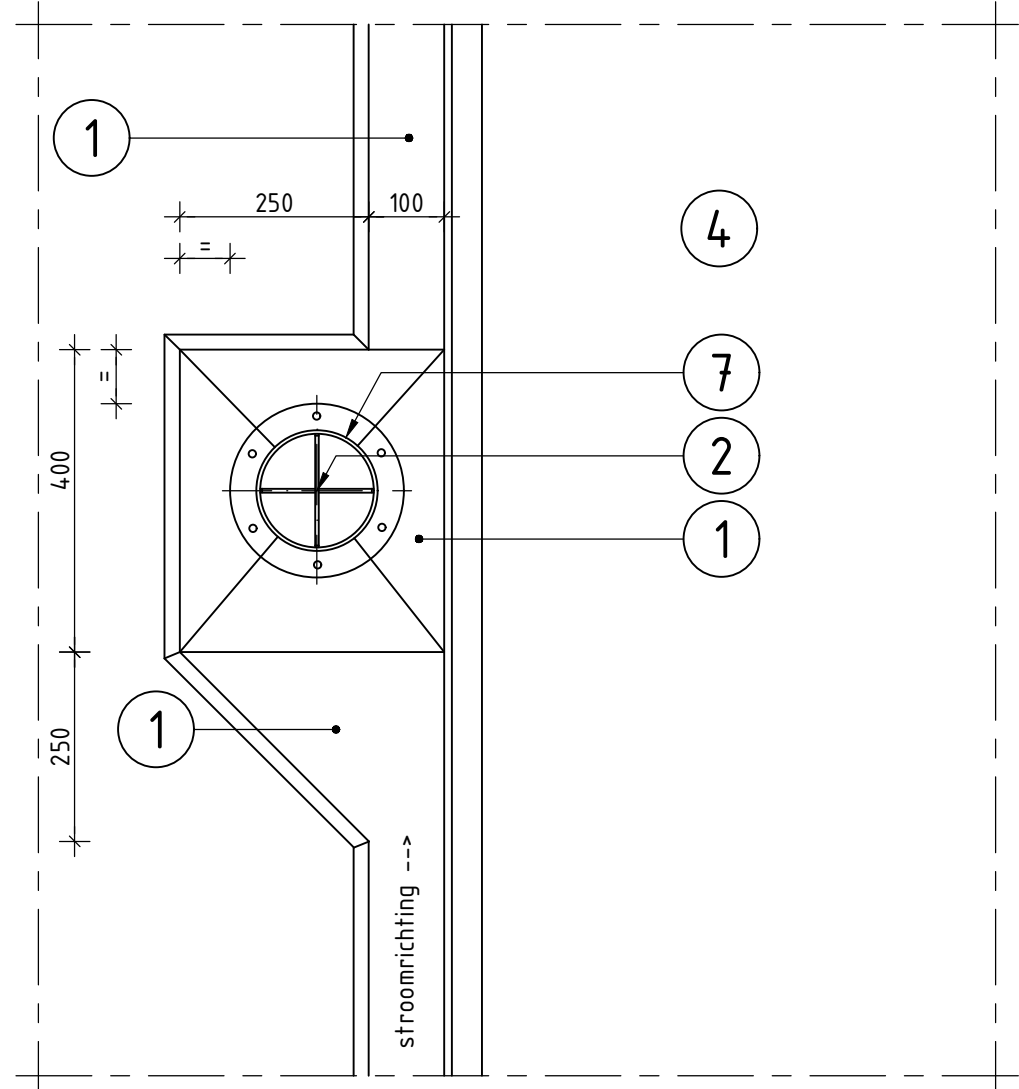
RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN	
HEMELWATERAFVOEREN	
WATERAFVOER VAST AAN EINDSTEUNPUNT D.M.V. PREFAB GOOTCONSTRUCTIE	
getekend	WAGEMAKER 11-04-2017 behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER 11-04-2017 blad in bladen regnr
vrijgegeven	RWS-GPO 11-04-2017 status DEFINITIEF versie 1.0 teknr RWS-HWA-01



3D VIEW



3D VIEW

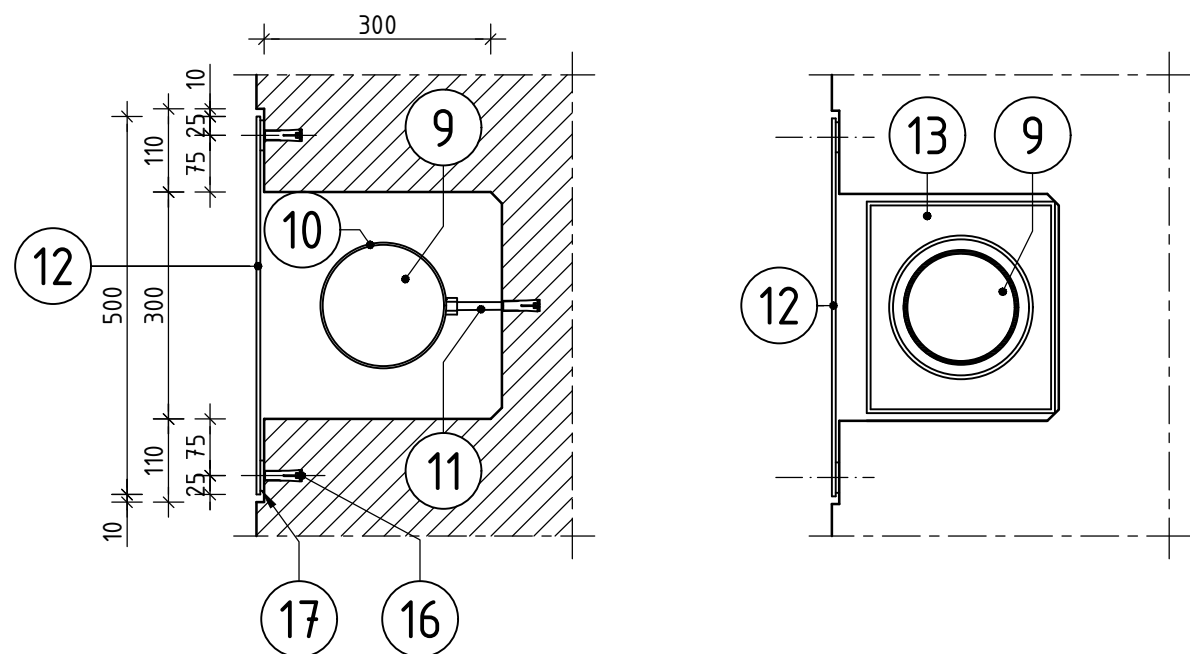


BOVENAANZICHT

schaal 1:10

DOORSNEDE HWA EN PRINCIPE-SYSTEEM IN- EN UITLAATGARNITUUR

schaal 1:10



DOORSNEDE B-B

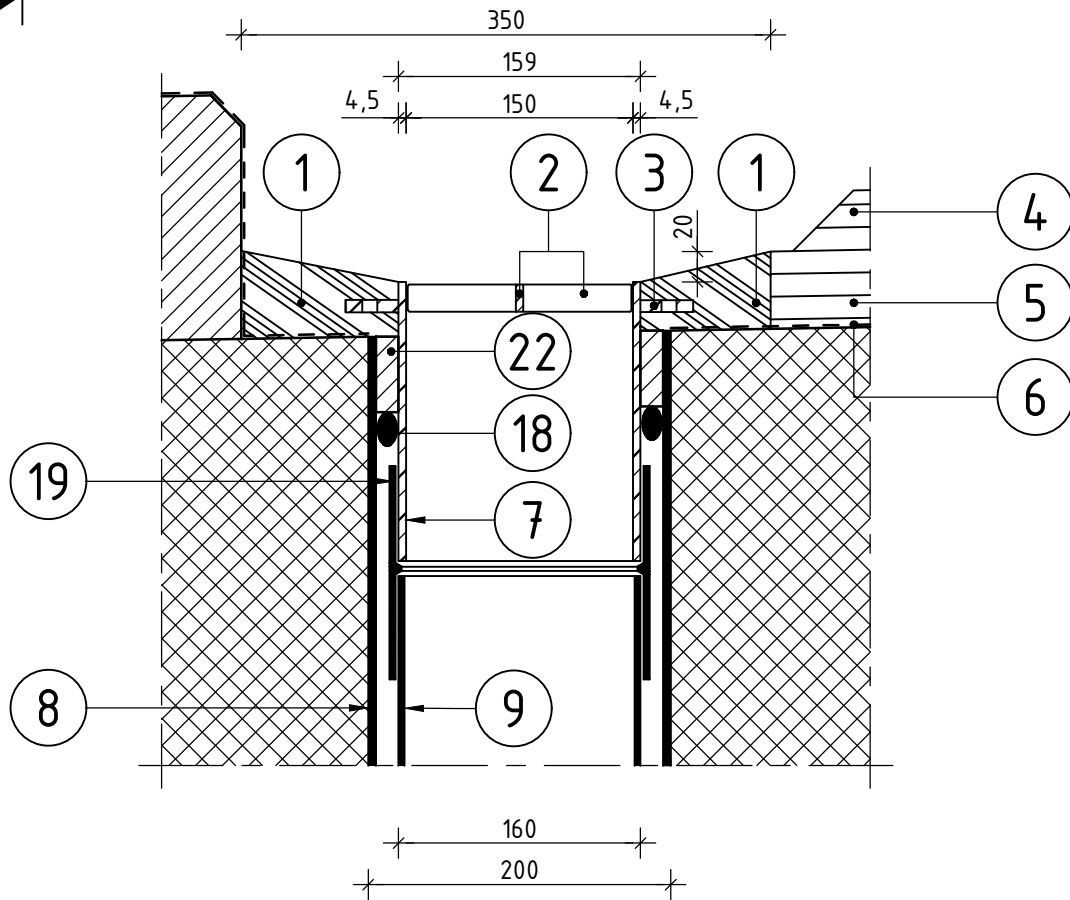
schaal 1:10

DOORSNEDE C-C

schaal 1:10

DOORSNEDE D-D

schaal 1:10



DETAIL A

schaal 1:5

VERKLARING:

	gewapend beton		voorgespannen beton
	ondersabeling		flexigoot

TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN: D=50
2	STRIP	R.V.S.	20x5
3	FLENS (MET ONTLUCHTINGSGATEN)	R.V.S.	Ø230/160 D=8 GATEN Ø10
4	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
5	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT	MIN: D=50
6	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
7	AFVOERBUIS	R.V.S.	MAX: Ø159/150
8	MANTELBUIS	PVC	
9	AFVOERBUIS	HDPE	
10	BEVESTIGINGSBEUGEL (INCL. DRAADEIND)	STAAL	
11	ANKER	STAAL	M12 H.O.H. 1500
12	AFDEKPLAAT	STAAL	1000x500x5
13	VERGAARBAK	HDPE	AFHANKELIJK VAN VERPLAATSING DEK
14	AFVOERBUIS TOT PUT	HDPE	
15	ONDERSABELING	MORTEL	
16	ANKER (MET PLATVERZONKEN SCHROEF EN BINNENZESKANT)	STAAL	M12, 4 STUKS PER AFDEKPLAAT
17	OPLEGSTROOK AAN OMRANDING VASTLIJVEN	NEOPREEN 40° SHORE	D=2 STANDAARD LEVERANCIER
18	AFDICHTING / AFSANDHOUDER	RUBBER	STANDAARD LEVERANCIER
19	LIJMOF	PVC	Ø167.8/160
20	(PREFAB.) PUT MET ZANDVANG EN DEKSELCONSTRUCTIE INCL. AFSLUITER INCL. IN- EN UITLAATGARNITUUR	PUT: BETON DEKSELCON: GIETIJZER	MIN: DAGMAAT 800x800 STANDAARD LEVERANCIER
21	AFVOERBUIS VANAF PUT NAAR SLOOT OF RIJOL	PVC	Ø167.8/160
22	BESCHERMING RUBBER AFDICHTING	MORTEL	

OPMERKINGEN :

- DE AFMETINGEN VOOR DE POS. 8, 9, 14, 20 EN 21 DIENEN TE VOLDOEN AAN DE RESULTATEN WELKE VOLGEN UIT DE BEREKENING
- POS. 10, 11, 12 EN 16 THERMISCH VERZINKT

RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN	
HEMELWATERAFVOEREN	
WATERAFVOER BIJ TUSSENSTEUNPUNT VAN TER PLAATSE GESTORT RIJDEK (AFVOER IN TUSSENSTEUNPUNT INWENDIG)	
getekend WAGEMAKER 11-04-2017 behoort bij	formaat A1 schaal div.
gecontroleerd WAGEMAKER 11-04-2017 blad in bladen	regnr
vrijgegeven RWS-GPO 11-04-2017 status DEFINITIEF versie 1.0	teknr RWS-HWA-02



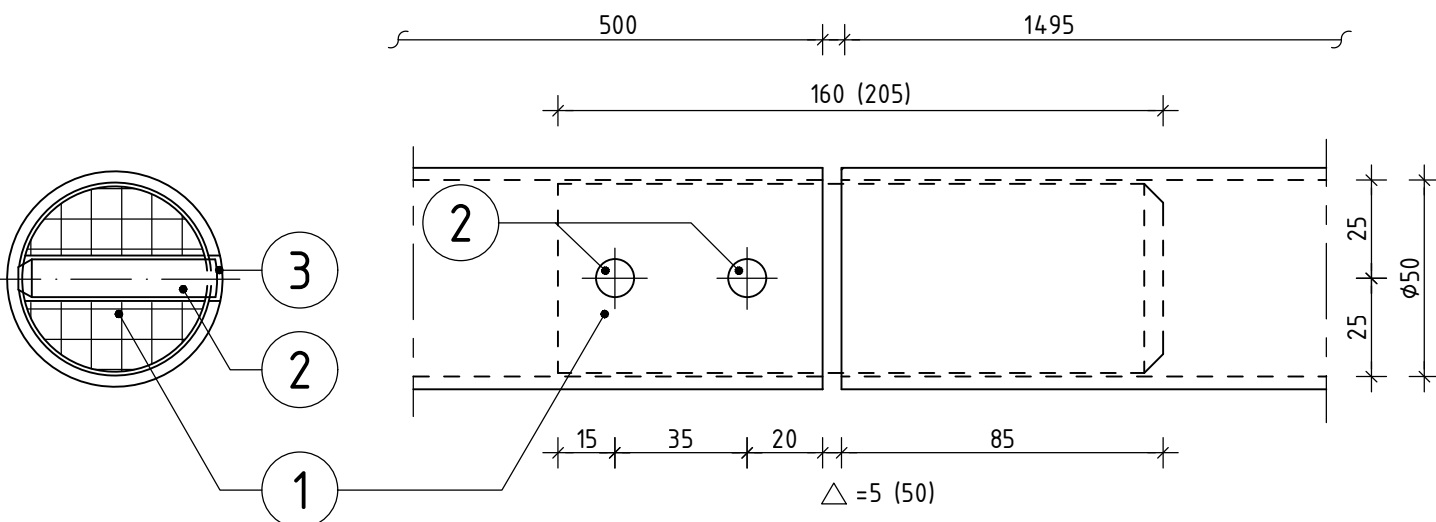
3D view of the railing assembly, showing the concrete base, the vertical post, and the horizontal rails.

Technical drawing of a mechanical assembly. The drawing shows a side view of a component with a curved bottom. Dimensions are indicated on the left: a total height of 265, a distance of 160 from the bottom to a horizontal reference line, and a distance of 105 from the reference line to the top. A detail view at the top right shows a cross-section of the top part with a diameter of 50. Callouts 11, 12, 13, and 14 point to specific features: 11 points to the top cap, 12 points to a bolt/nut assembly, 13 points to the main body, and 14 points to the curved bottom section which has a radius of R=20.

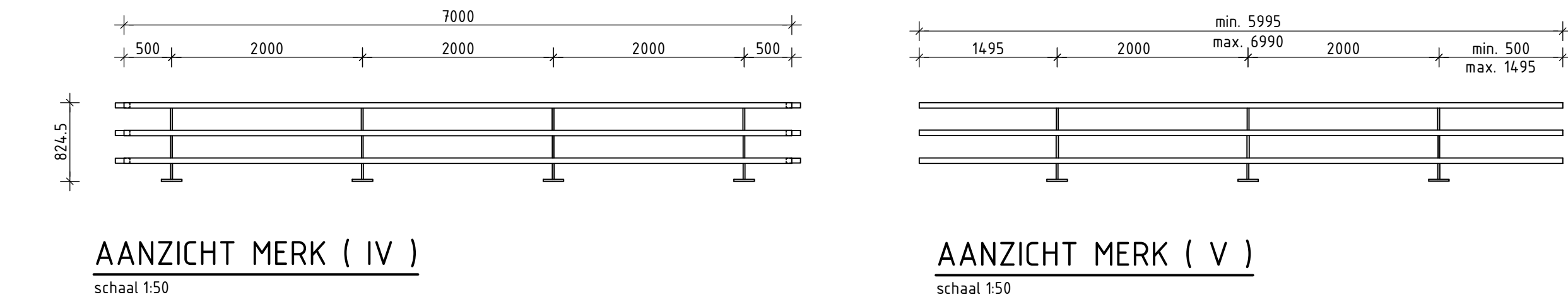
schaal 1:5

schaal 1:5

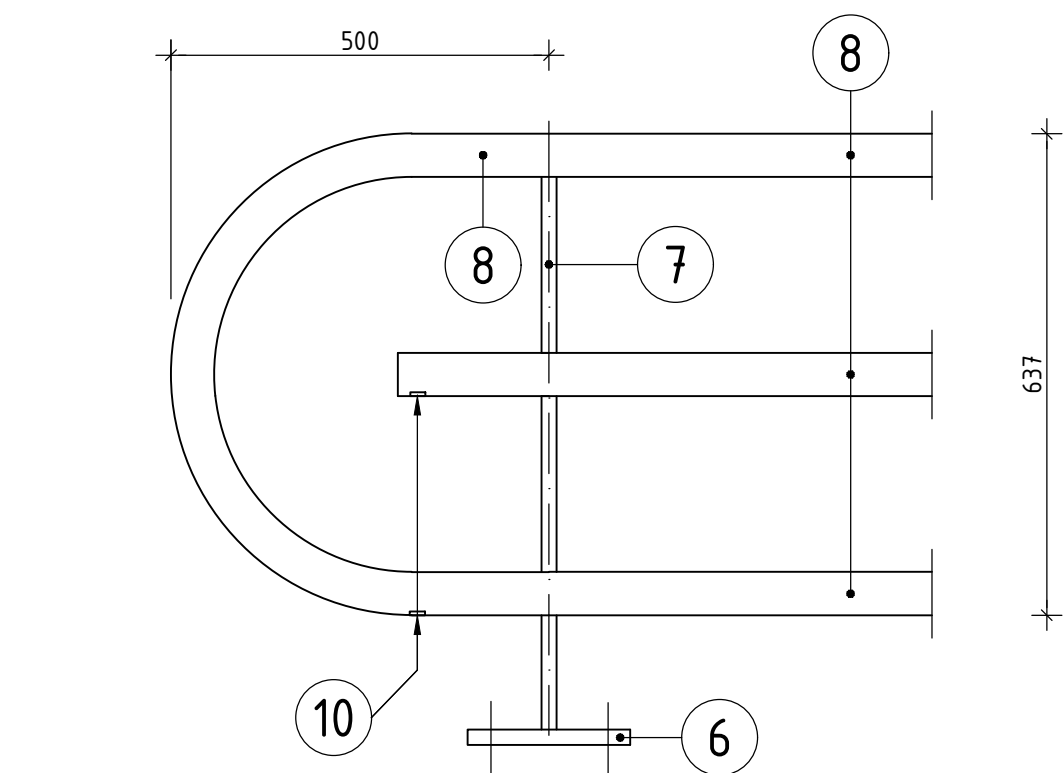
$\Delta = 5$ T.P.V. VOEG TUSSEN 2 MERKEN $\Delta = 50$ T.P.V. VOEGOVERGANG MET $0 < \text{VOEG} < 60$ $\Delta > 50$ T.P.V. VOEGOVERGANG MET $\text{VOEG} > 60$ LENGTE SCHUIFPROP (POS.1) OVEREENKOMSTIG AANPASSEN



schaal 1:2

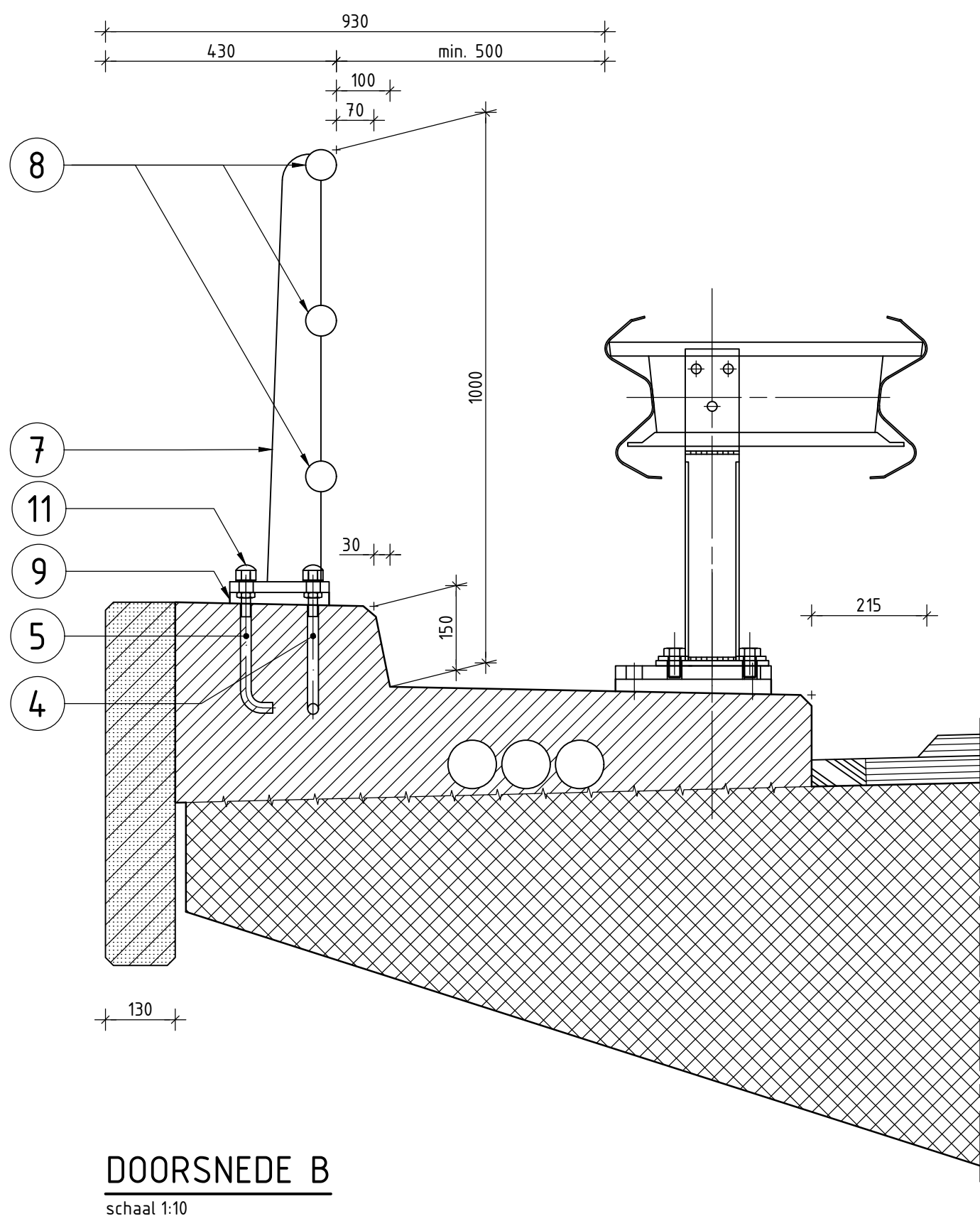


DE LENGTE VAN MERK I EN VI ZIJN AFHANKELIJK VAN DE LENGTE VAN DE VLEUGELWANDEN



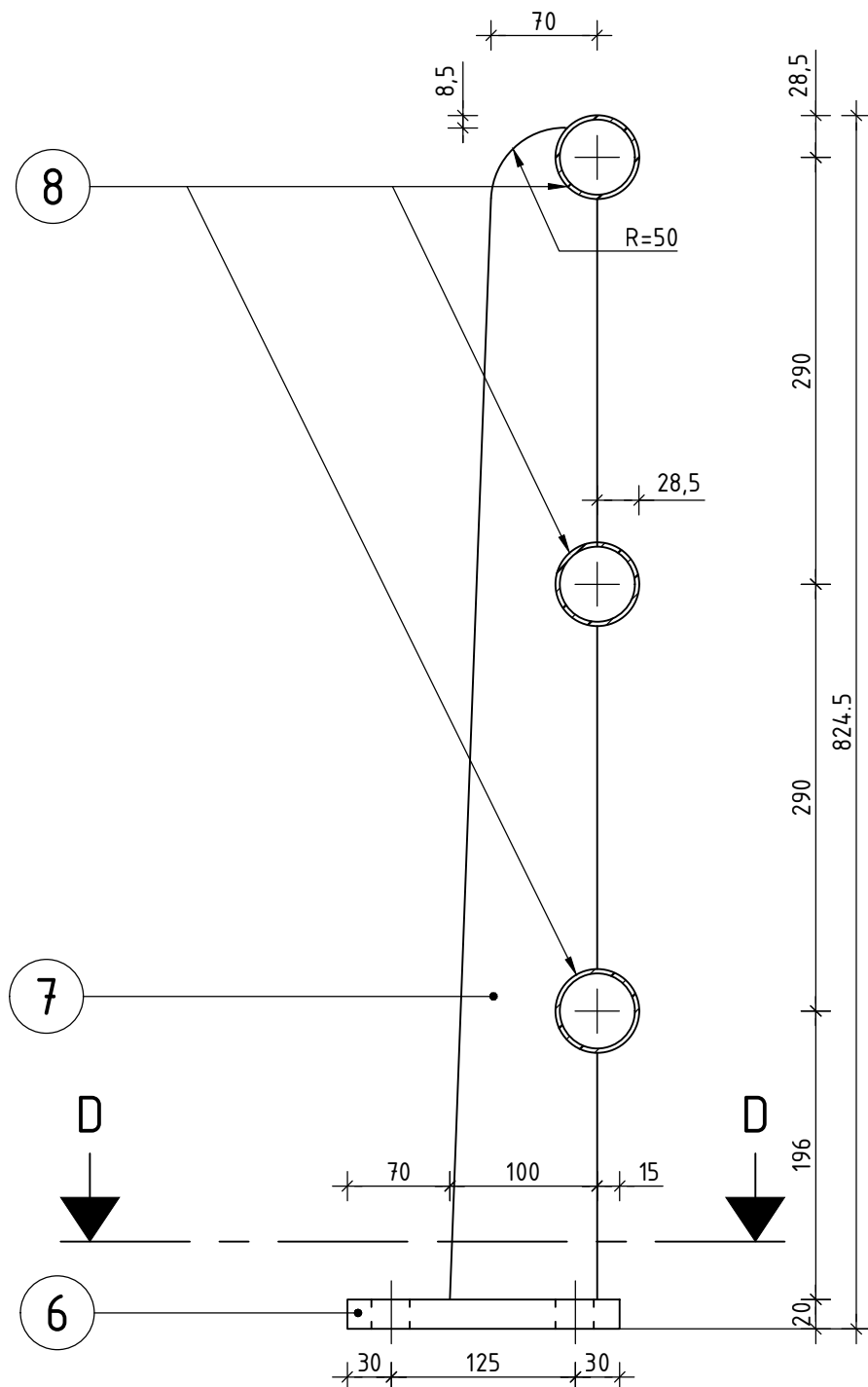
DETAIL E

schaal 1:10

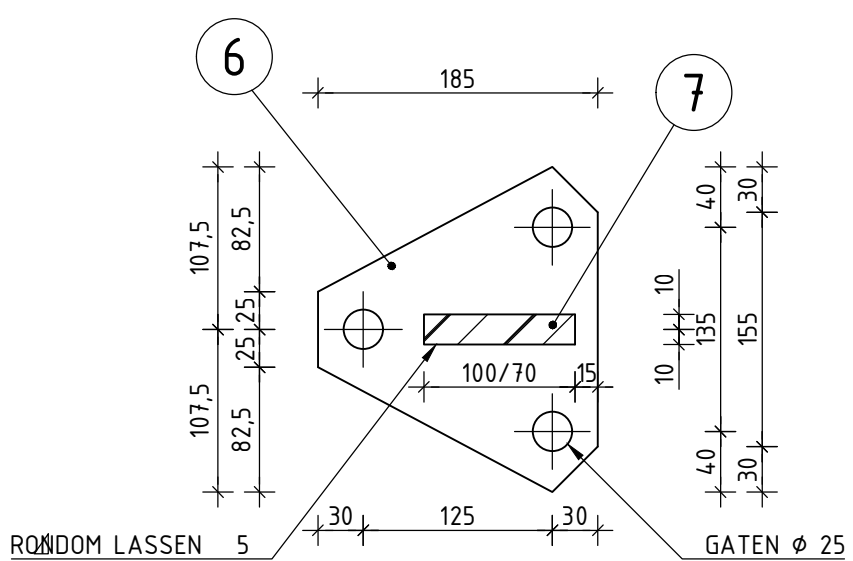


DOORSNEDE B

schaal 1:10



schaal 1:5



schaal 1:5

VERKLARING:

	staal		flexigoot
	gewapend beton		voorgespannen beton
	doorsnede asfalt		tavernol
	gewapend geprefabriceerd beton		

TOELICHTING			
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	SCHUIFFPROP	TAVERNOL	Ø50 LG=160/205
2	PEN	KUNSTSTOF	Ø10 LG=55
3	GAT		Ø10
4	U-ANKERS		M20
5	J-ANKERS		M20
6	PLAAT (VOETPLAAT)	STAAL	215/50 x 20 LG=185
7	STRIP (STIJL)	STAAL	100/70 x 20 LG=796
8	RONDE BUIS (REGL)	STAAL	Ø57/51 x 2.9
9	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25
10	ONTLUCHTINGSGAT		Ø10
11	BESCHERMDOP	KUNSTSTOF	
12	ZESKANTMOER	STAAL	M20-5
13	SLUITRING	STAAL	M20 D=4
14	LAGE ZESKANTMOER	STAAL	BM20-06

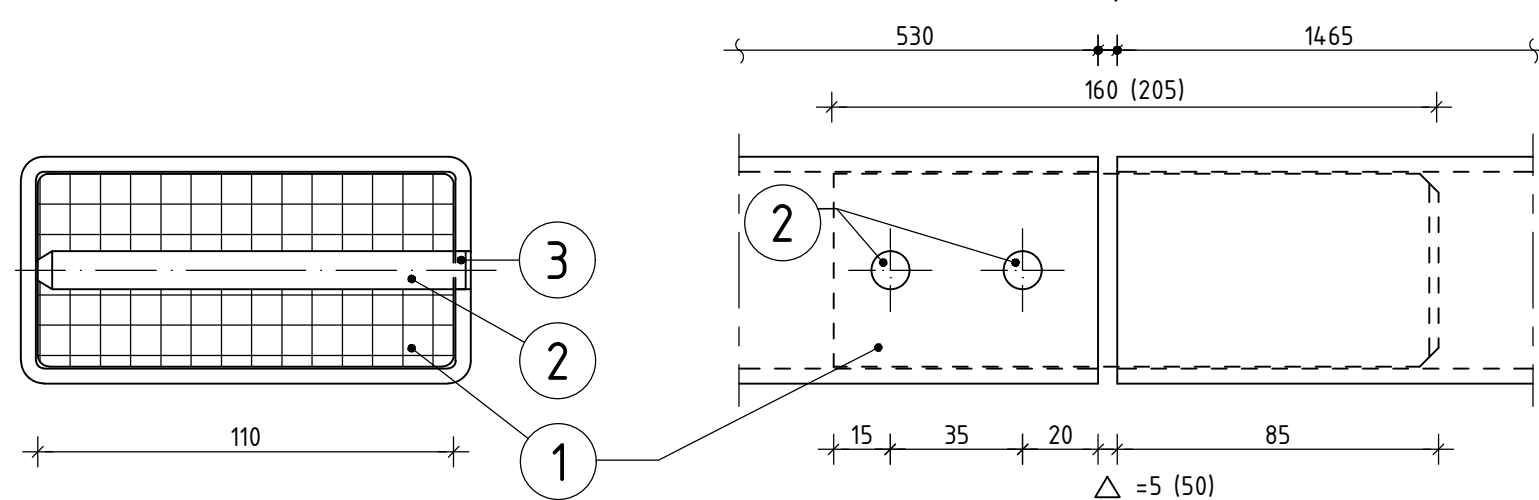
OPMERKINGEN :

- POS. 1; SCHUIFPROPPEN AANBRENGEN NA HET THERMISCH VERZINKEN.
- POS. 2; PENNEN HORIZONTAAL AAN ACHTERZIJDE LEUNING AANBRENGEN.
- POS. 5, 6 EN 7 THERMISCH VERZINKEN.
- POS. 4; ELECTROLYTISCH VERZINKEN.
- POS. 5, 6 EN 7; STAALKWALITEIT S235JR CONFORM DE NIEUWE NORM EN 10025-2:2004
- ALLE STAALVERBINDINGEN RONDOM LASSEN, TENZIJ ANDERS VERMELD.
- ALLE LASSEN 3 MM, TENZIJ ANDERS VERMELD.
- ANKERS AFWERKEN MET KUNSTSTOF BESCHERMDOPPEN IN DE KLEUR GRIJS OF IN DE KLEUR VAN DE LEUNING

 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu		 wagemaker Postbus 412 6200 AR, Roermond Burg. Burgemeester 44-30 6242 HN, Roermond Tel. 073 521 04 00 www.wagemaker.nl	
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
LEUNINGEN			
DRIERELIG, RONDE REGEL, H=1000			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen regn
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0 RWS-LEUN-01

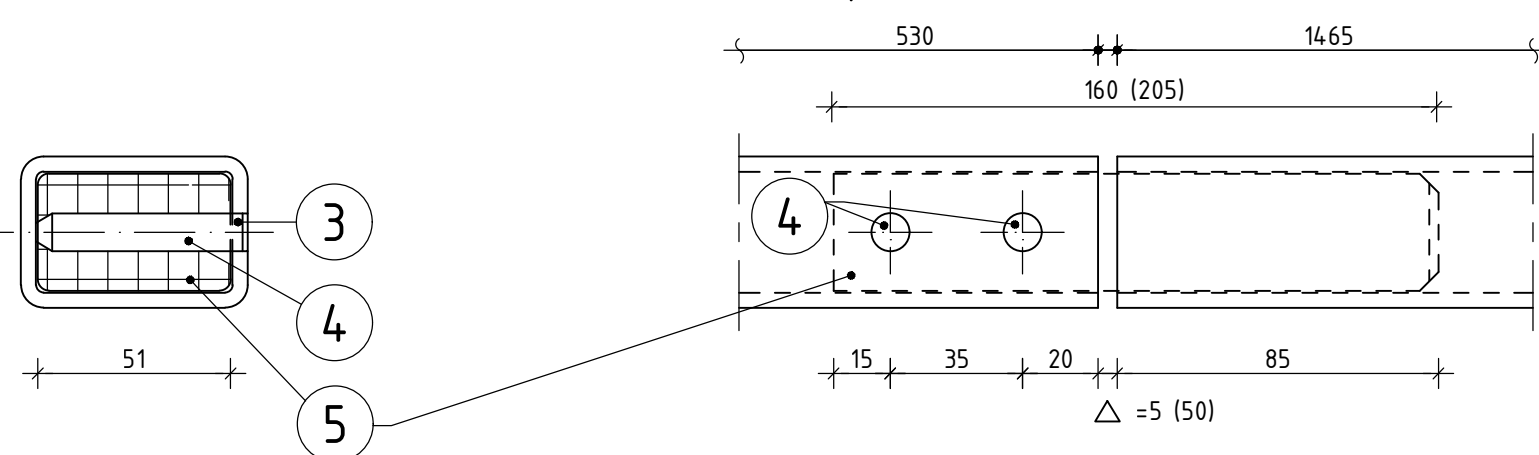


3D VIEW

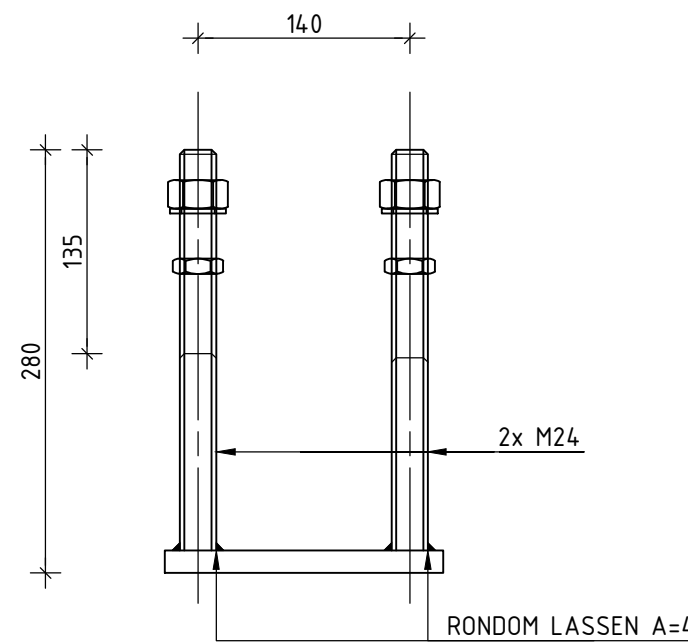


KOPPELING BOVENREGEL

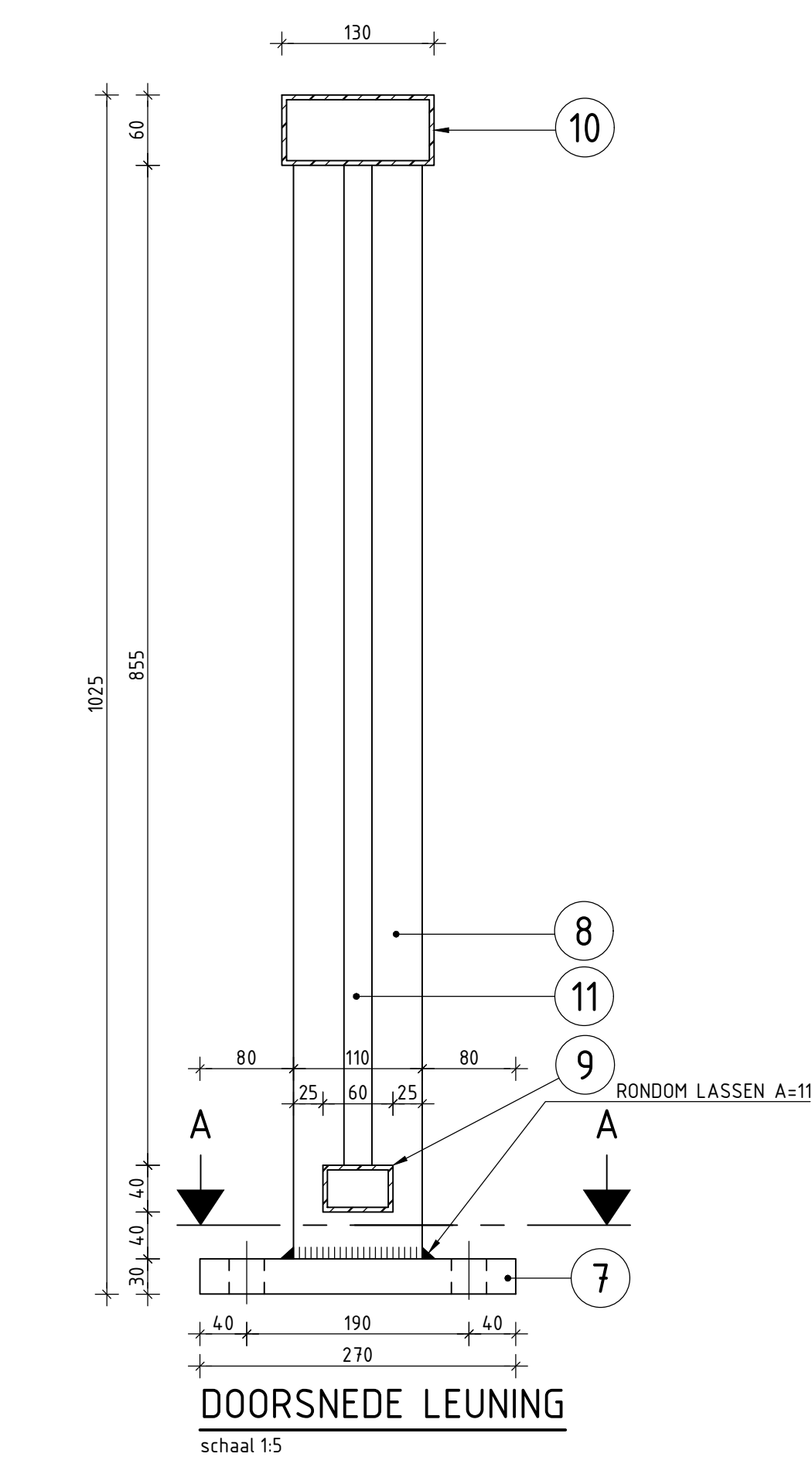
$\Delta = 5$ T.P.V. VOEG TUSSEN 2 MERKEN
 $\Delta = 50$ T.P.V. VOEGOVERGANG MET $0 < \text{VOEG} < 60$
 $\Delta > 50$ T.P.V. VOEGOVERGANG MET $\text{VOEG} > 60$
 LENGTE SCHUIFPROP (POS. 1 EN 5) OVEREENKOMSTIG AANPASSEN



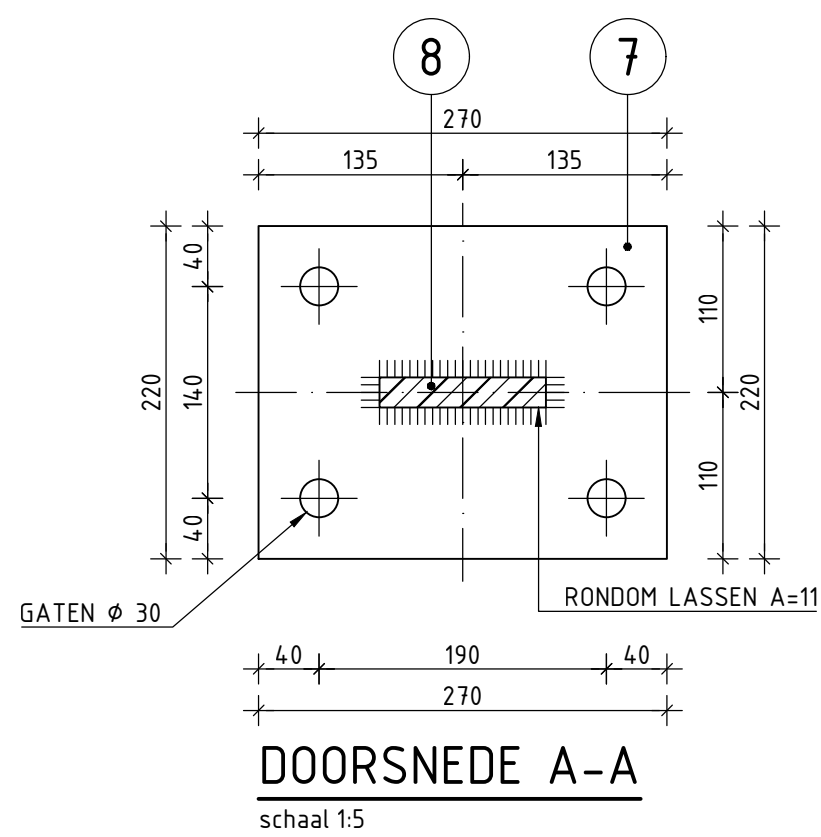
KOPPELING ONDERREGEL



DETAIL ANKER



DOORSNEDE LEUNING



DOORSNEDE A-A
schaal 1:5

VERKLARING:

 staal
 gewapend beton
 doorsnede asfalt
 gewapend geprefabriceerd beton

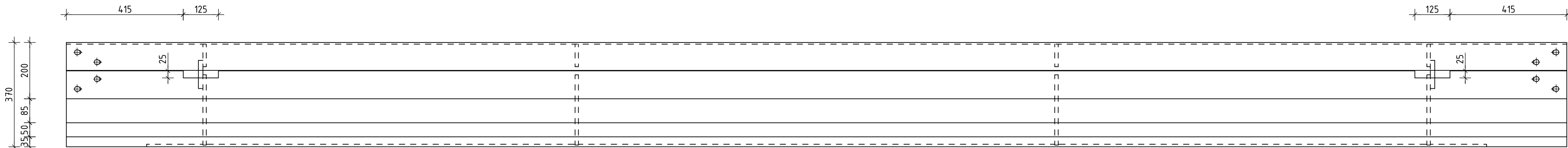
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	SCHUIFPROP (BOVENREGEL)	TAVERNOL	50 x 110 LG=160/205
2	PEN	KUNSTSTOF	Ø10 LG=115
3	GAT		Ø10
4	PEN	KUNSTSTOF	Ø10 LG=55
5	SCHUIFPROP (ONDERREGEL)	TAVERNOL	30 x 50 LG=60/205
6	ANKER	STAAL	M24
7	PLAAT (VOETPLAAT)	STAAL	270 x 220 x 30
8	STRIP (STIJL)	STAAL	110 x 25 LG=935
9	RECHTHOEKIGE BUIS (ONDERREGEL)	STAAL	60 x 40 x 4
10	RECHTHOEKIGE BUIS (BOVENREGEL)	STAAL	130 x 60 x 4
11	SPIJL	STAAL	Ø24 LG=750
12	PLAAT (AFDICHTPLAAT)	STAAL	112 x 52 x 4
13	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25
14	ONTLUCHTINGSGAT		Ø10
15	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D= 50
16	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D= 50
17	OPPERVLAKTESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002

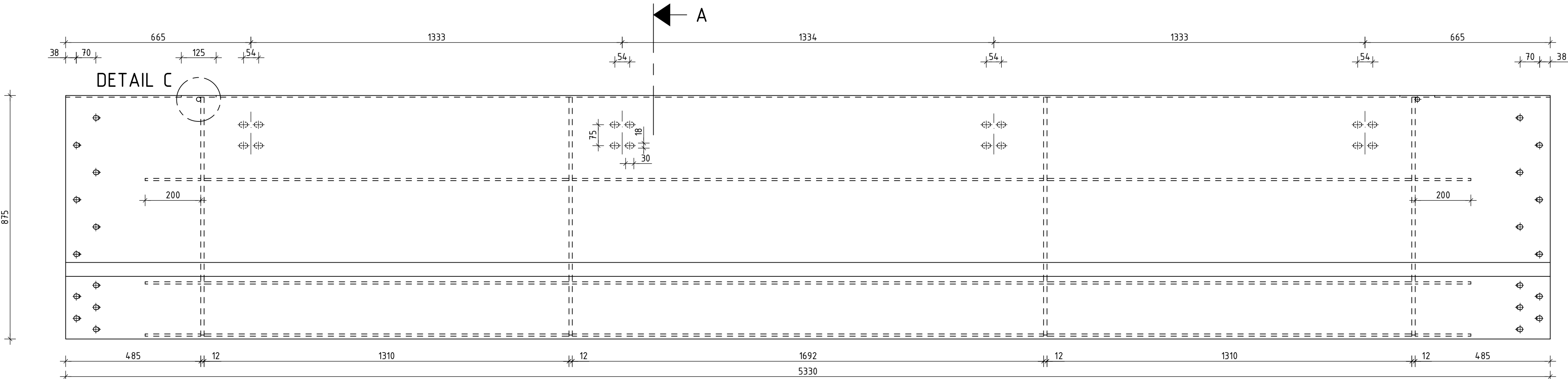
OPMERKINGEN :

- POS. 1 EN 5, SCHUIFPROPPEN AANBRENGEN NA HET THERMISCH VERZINKEN
- POS. 2 EN 4, PENNEN HORIZONTAAL AAN ACHTERZIJDE LEUNING AANBRENGEN
- POS. 6 T/M 10, 11 EN 12 THERMISCH VERZINKEN
- POS. 7 T/M 10, 11 EN 12 STAALKWALITEIT S235JR62
- POS. 12 LASSEN D.M.V. LAS 2 mm
- ALLE STAAL VERBINDINGEN RONDOM LASSEN, TENZIJ ANDERS VERMELD
- ALLE LASSEN 3 mm, TENZIJ ANDERS VERMELD
- ANKERS AFWERKEN MET KUNSTSTOF BESCHERMDOPPEN IN DE KLEUR GRIJS OF IN DE KLEUR VAN DE LEUNING

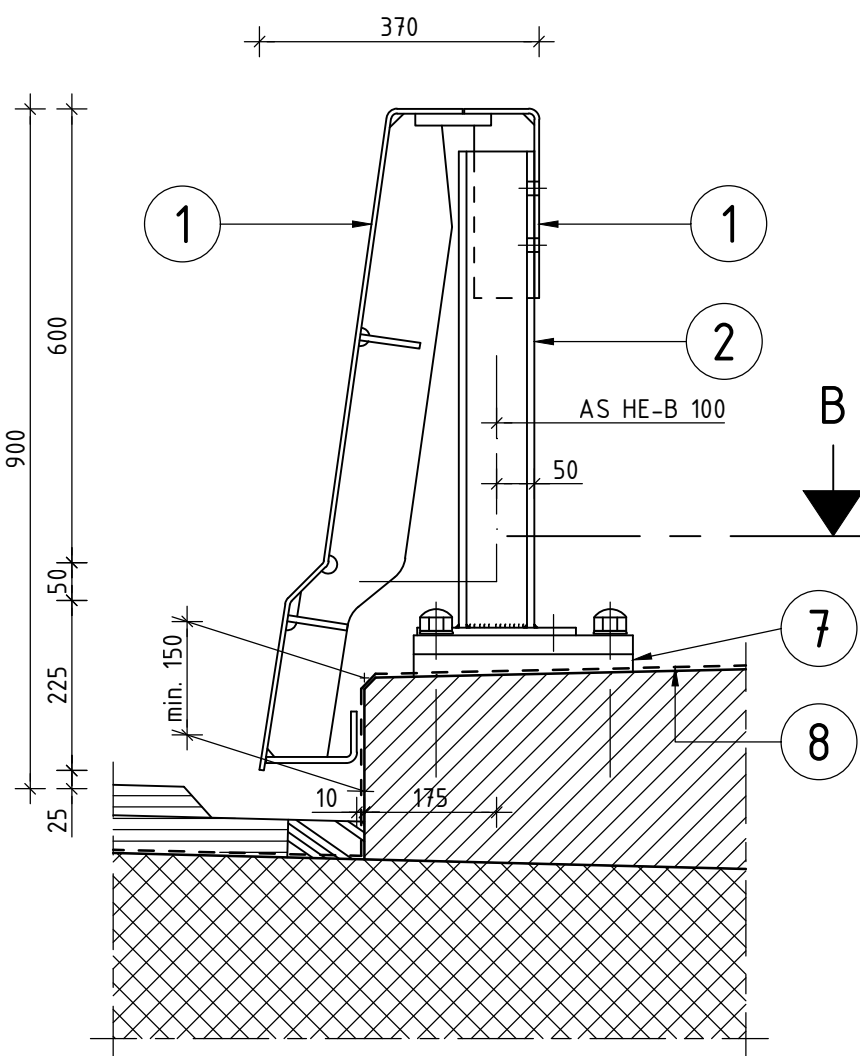
 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu				 Postbus 412 6400 AK Roosendaal Burg. Burgerslaan 4C30 5415 HN Roosendaal Tel. 071 521 04 00 www.wagemaker.nl	
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN					
LEUNINGEN					
SPIJLTJESLEUNING LANGS FIETS- EN/OF VOETPAD					
KERENDE HOOGTE H=1200					
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij		formaat A1 schaal div.
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad	in bladen	regnr.
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF	versie 1.0	teknr. RWS-LEUN-02



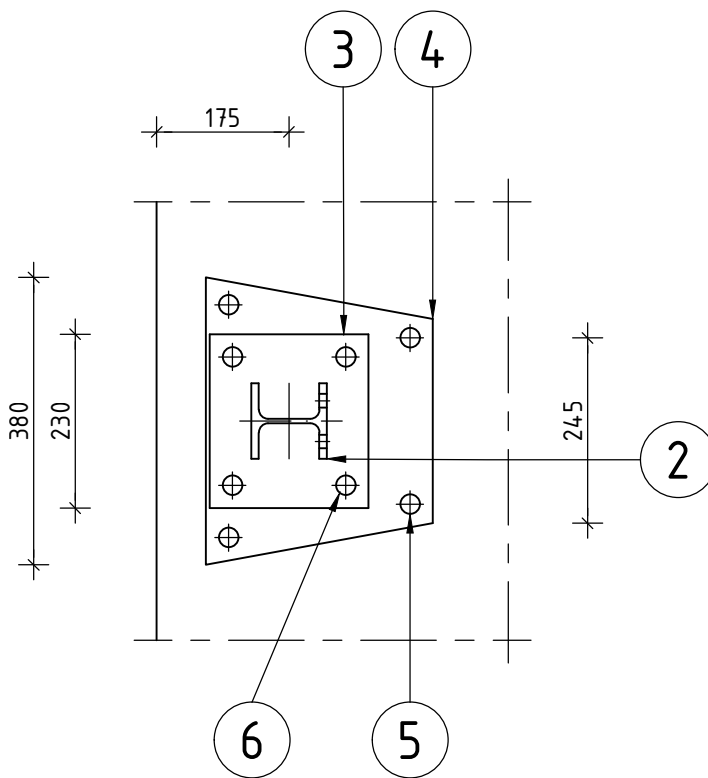
BOVENAANZICHT HALVE STEPBARRIER
schaal 1:10



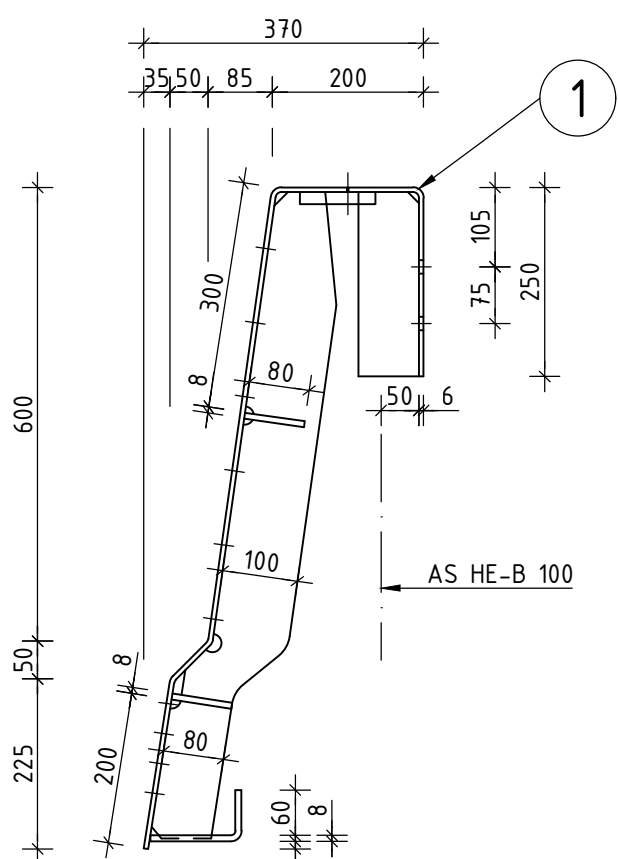
AANZICHT HALVE STEPBARRIER
schaal 1:10



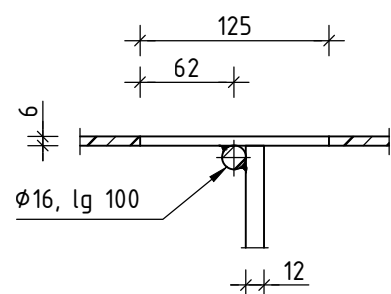
DOORSNEDE A
schaal 1:10



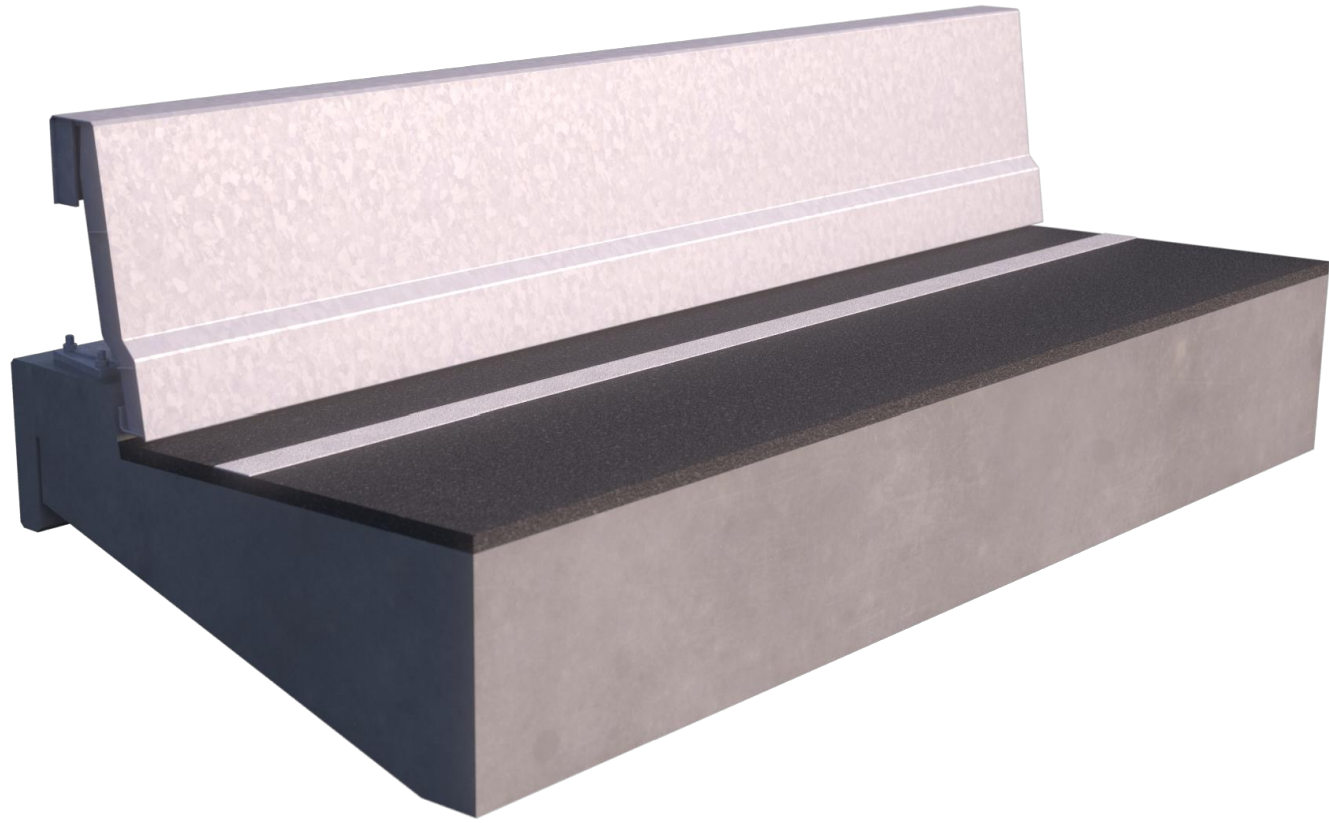
DOORSNEDE B
schaal 1:10



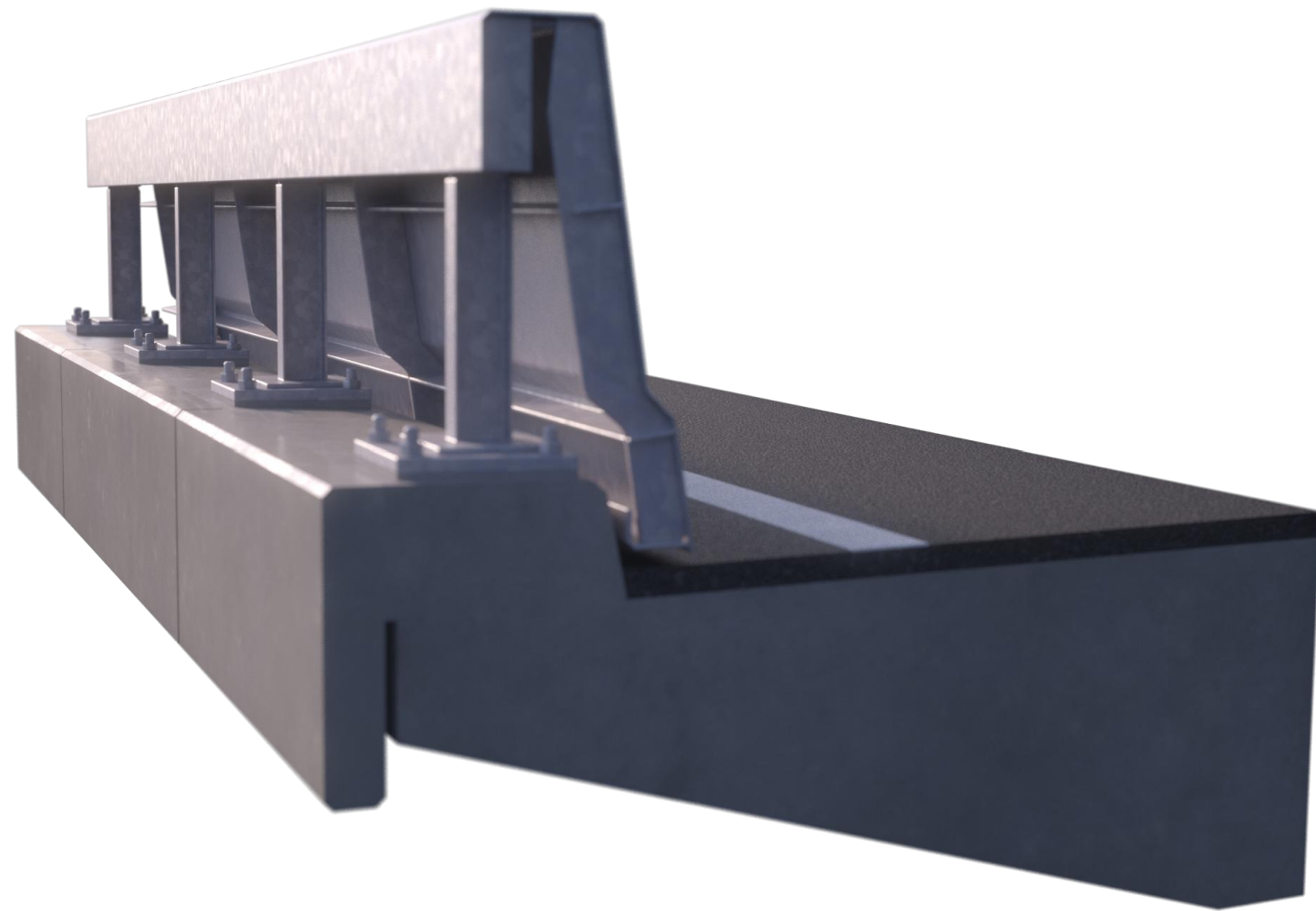
ZIJAANZICHT HALVE STEPBARRIER
schaal 1:10



DETAIL C
schaal 1:5



3D VIEW



3D VIEW

VERKLARING:

	gewapend beton		asfalt
	voorgespannen beton		flexigoot

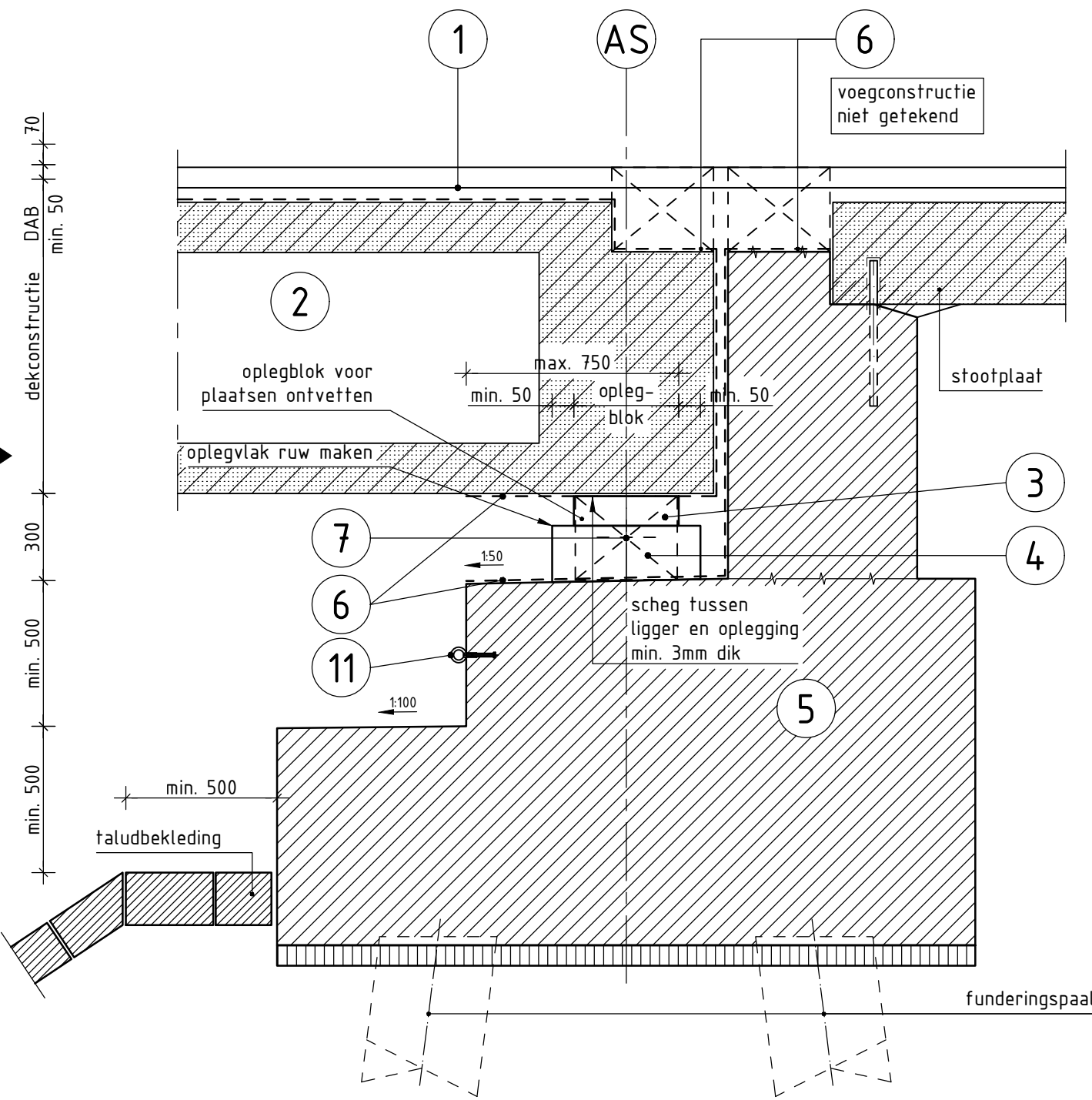
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	1/2 STEPBARRIER	STAAL	
2	STIJL	STAAL	HE-B 100
3	VOETPLAAT	STAAL	210 x 230 dik 10
4	GRONDPLAAT	STAAL	270 /380 x 290 dik 25
5	ANKER	STAAL	M24
6	ZESKANTBOUT	STAAL	M24
7	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	25
8	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002

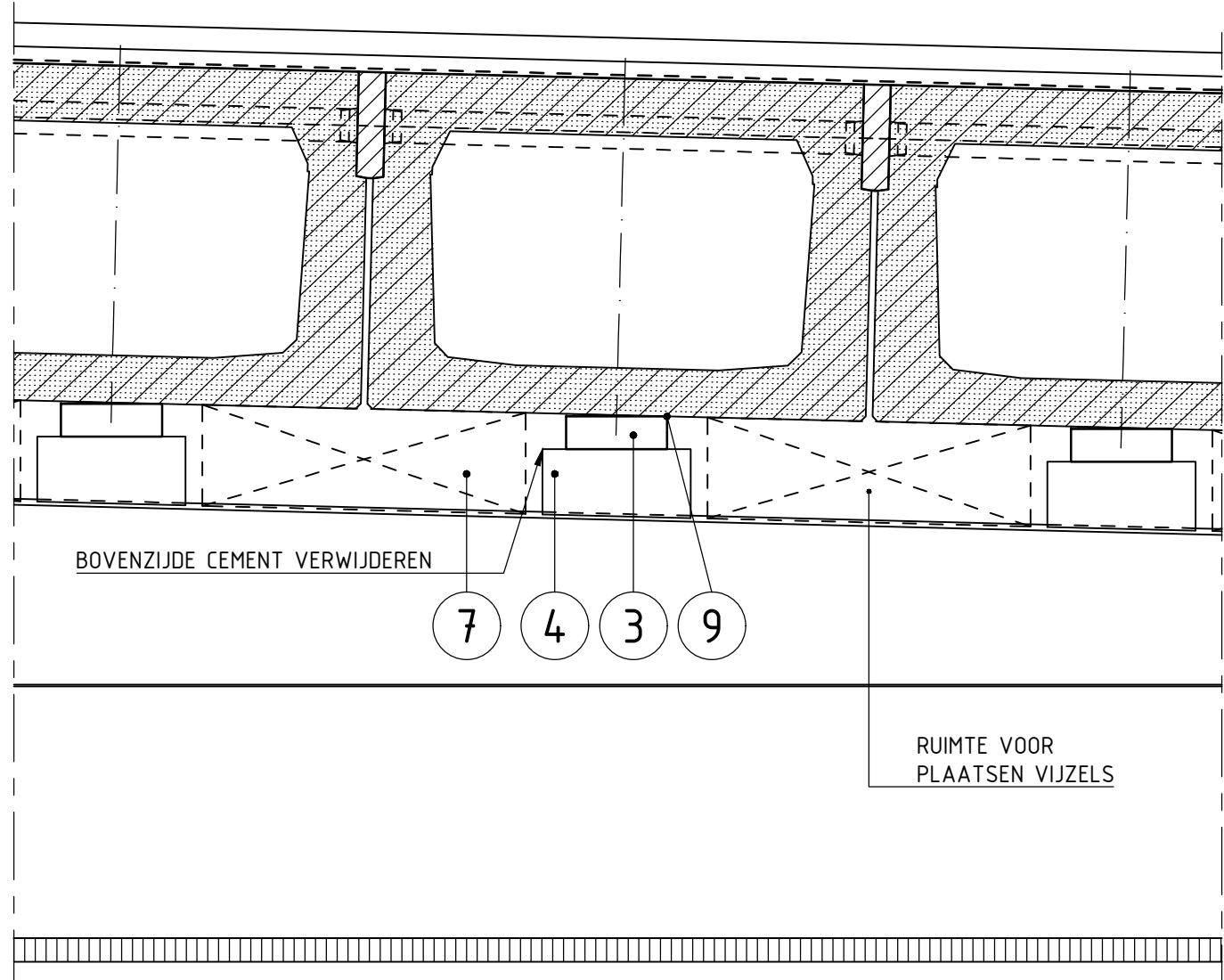
OPMERKINGEN :

- ALLE STALEN ONDERDELEN THERMISCH VERZINKEN.
- POS. 4, 5 EN 7 EVENTUEEL BESTAAND

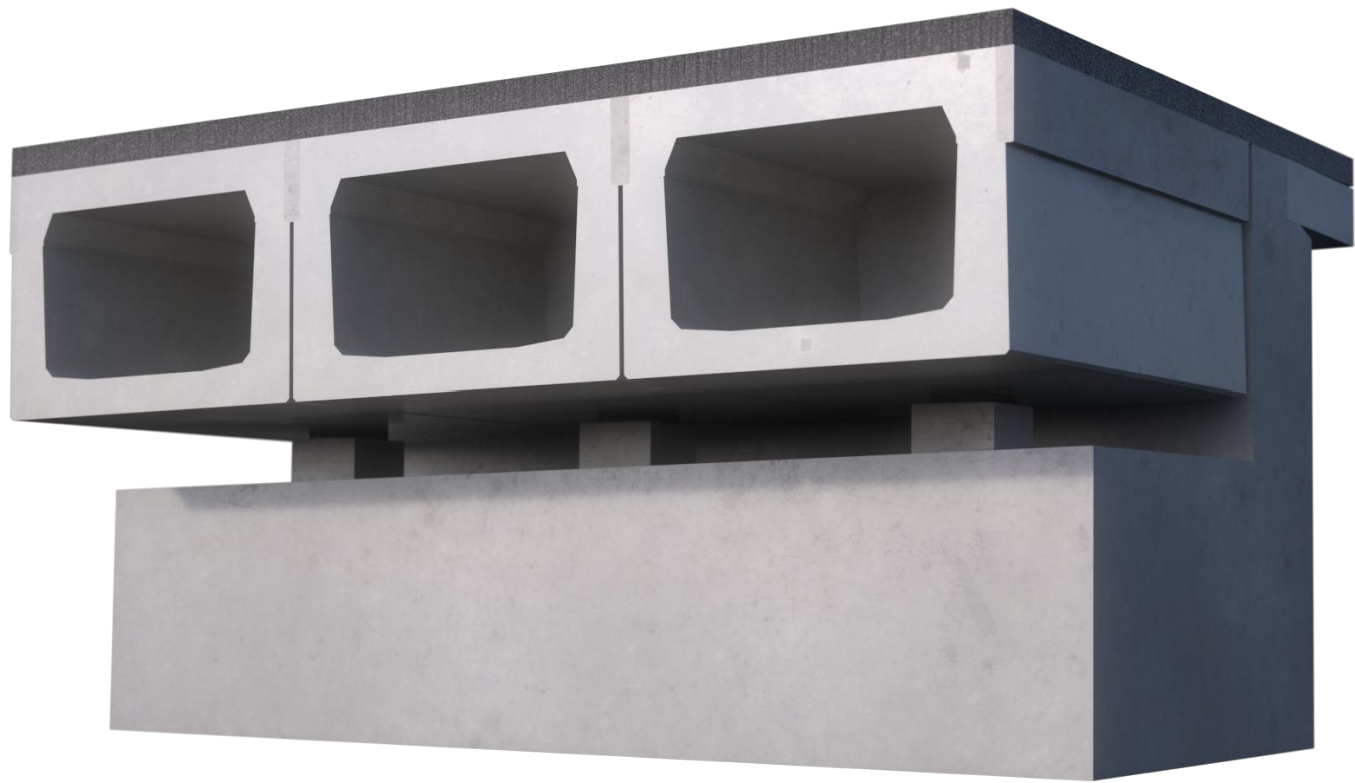
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
VOERTUIGKERING			
HALVE STALEN STEPBARRIER OP VERHOOGDE SCHAMPKANT			
T.B.V. RENOVATIE			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0
		teknr	RWS-LEUN-03



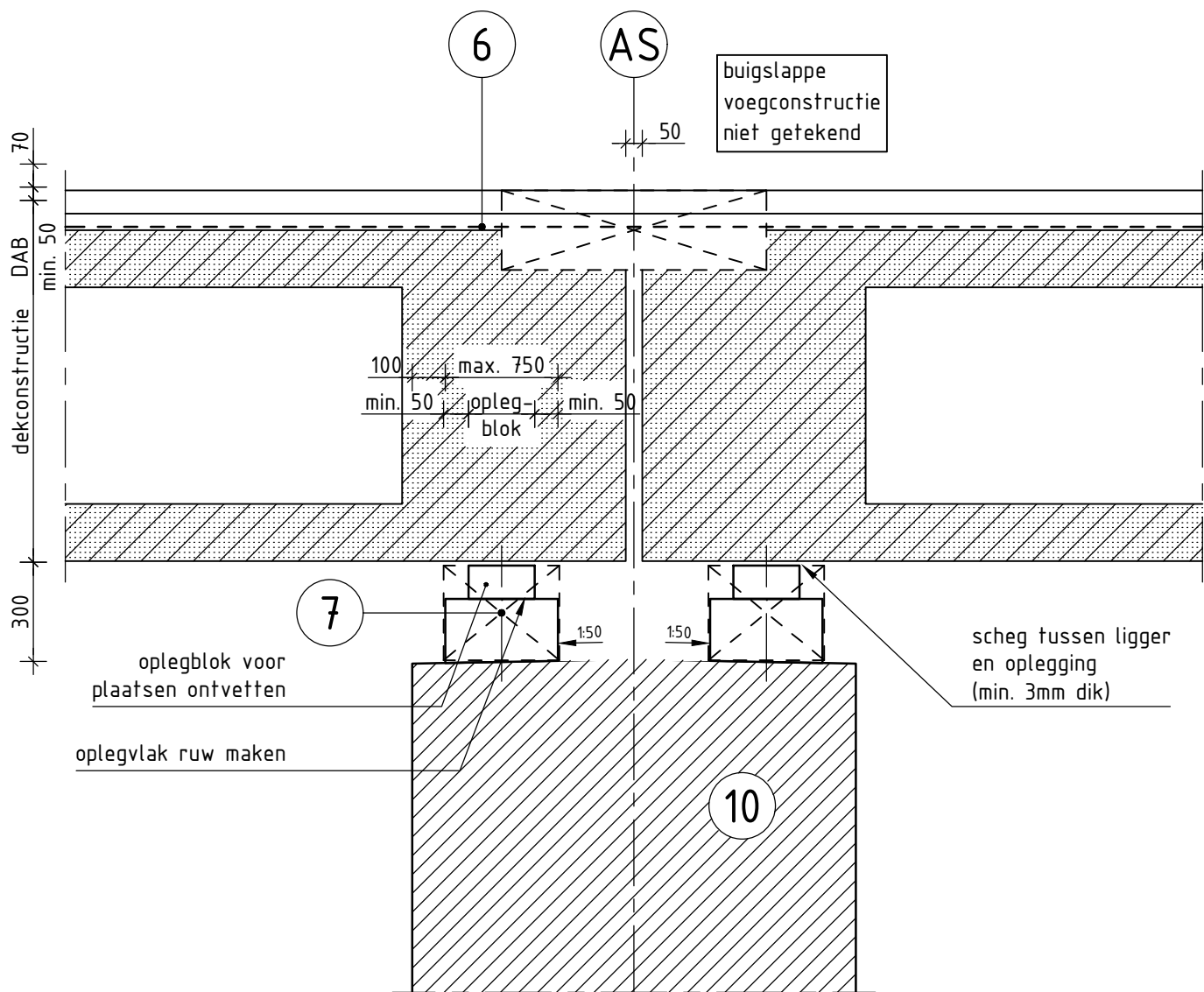
DOORSNEDE OPLEGGING KOKERLIGGER T.P.V. EINDSTEUNPUNT
schaal 1:20



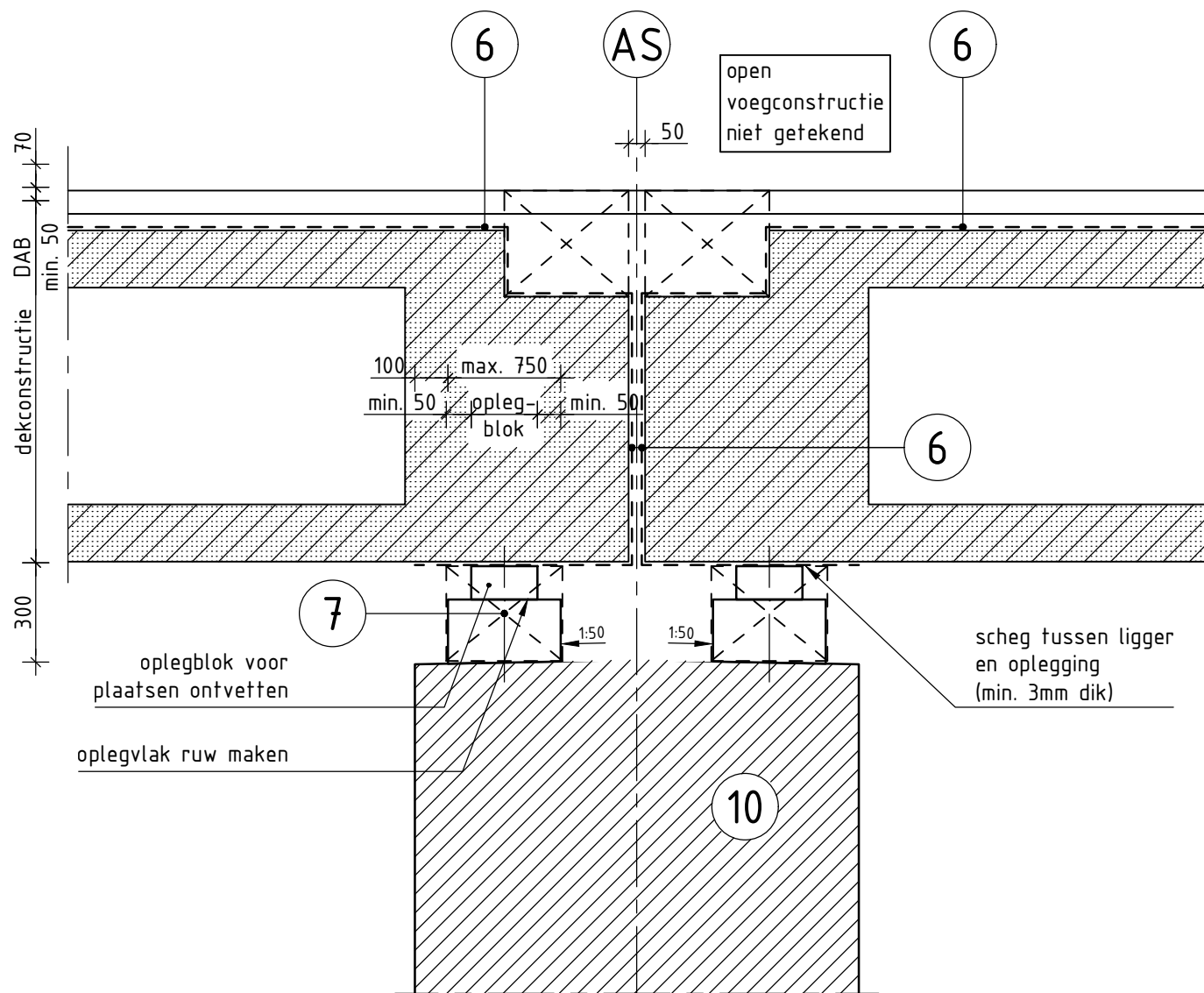
AANZICHT A (KOKERLIGGERS)
schaal 1:20



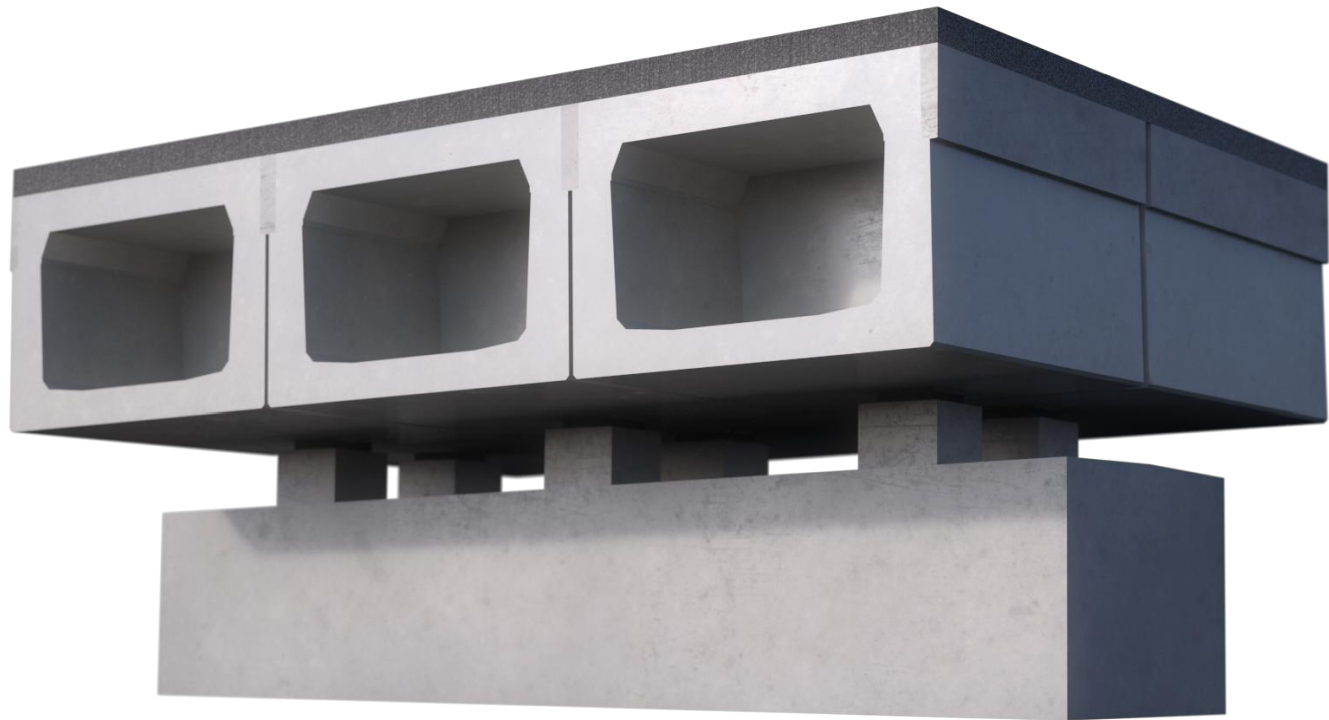
3D VIEW



DOORSNEDE OPLEGGING T.P.V. TUSSENSTEUNPUNT
schaal 1:20
met buigslappe voegconstructie



DOORSNEDE OPLEGGING T.P.V. TUSSENSTEUNPUNT
schaal 1:20
met open voegconstructie



3D VIEW

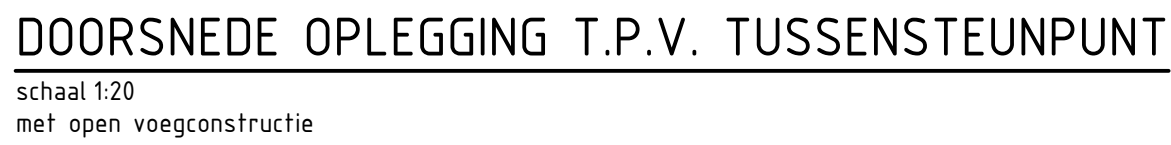
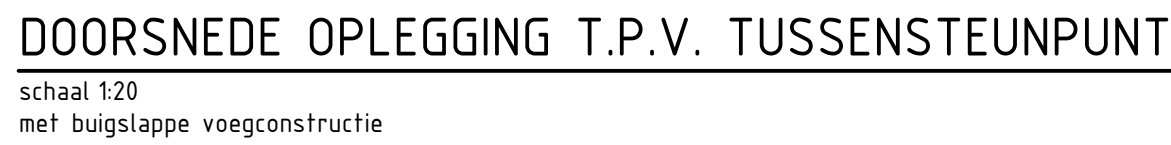
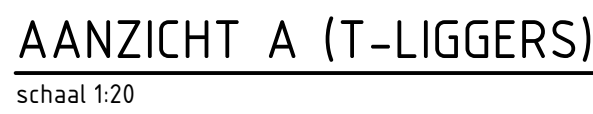
VERKLARING:

- gewapend beton
- gewapend geprefabriceerd beton
- werkvloer / cement gebonden mortel
- doorsnede asfalt

TOELICHTING			
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	VERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D=50
2	DEKCONSTRUCTIE	PREFAB VOORGESPANNEN BETON	KOKERLIGGER
3	OPLEGBLOK	RUBBER / STAAL	
4	OPSTORT	GEWAPEND BETON	
5	EINDPUNTCONSTRUCTIE / LANDHOOFD	GEWAPEND BETON	
6	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
7	RUIMTE VOOR PLAATSEN VIJZEL		
8	VERDEELPLAAT		
9	SCHEG	KUNSTHARSGEBONDEN MORTEL	
10	TUSSENSTEUNPUNT	GEWAPEND BETON	
11	VEILIGHEIDSLIJN	BETONANKER MET OOG EN RVS KABEL	

- OPMERKINGEN :
- BOVENZIJDIGE OPSTORT CEMENT VERWIJDEREN
 - RUIMTERESERVERING VIJZELS AFHANKELIJK VAN TYPE VIJZEL

RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
OPLEGGINGEN DEKCONSTRUCTIE KOKERLIGGERS			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF
		versie 1.0	teknr RWS-OPLEG-01

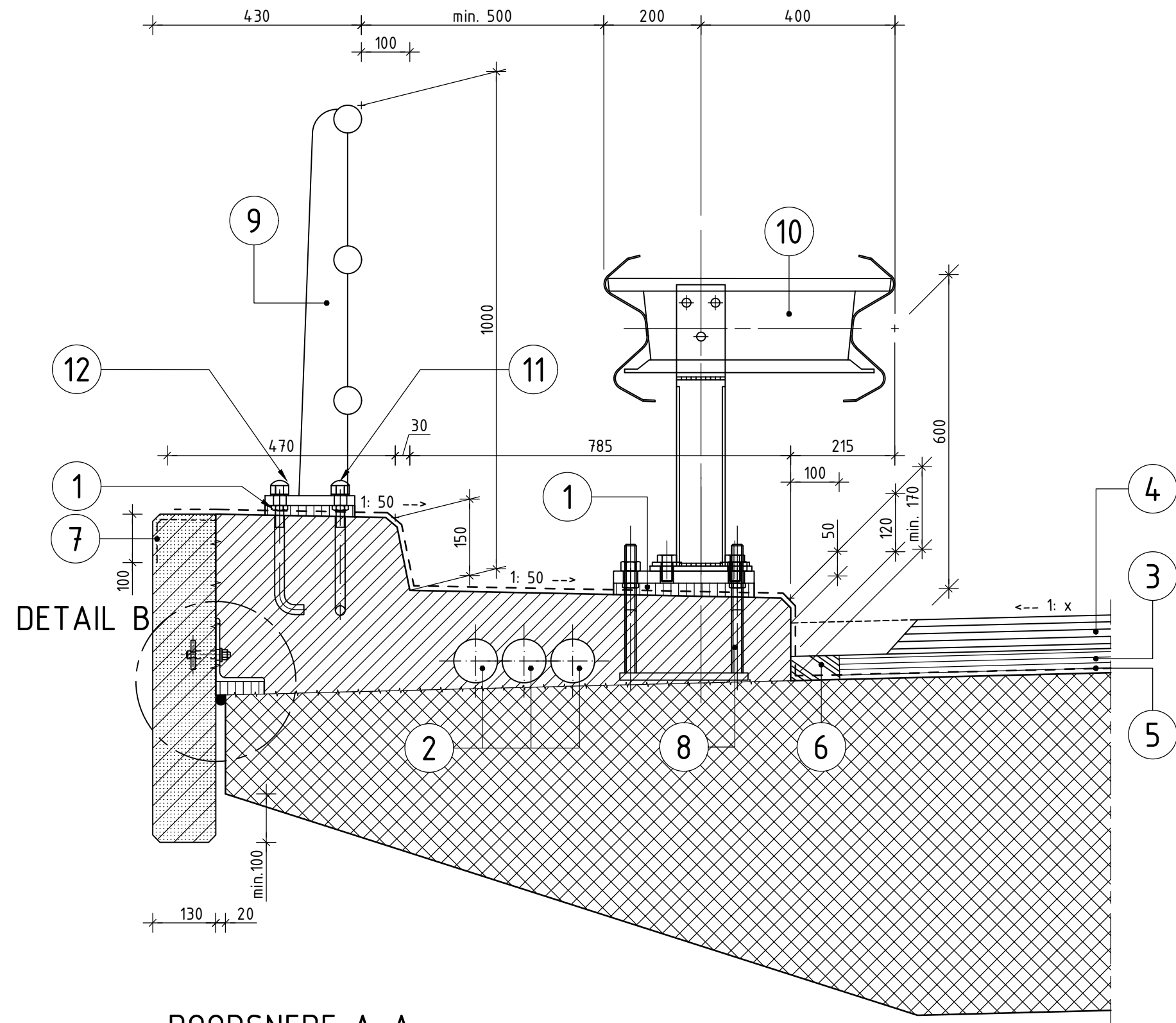


	gewapend beton
	gewapend geprefabriceerd beton
	werkvloer / cement gebonden mortel
	doorsnede asfalt

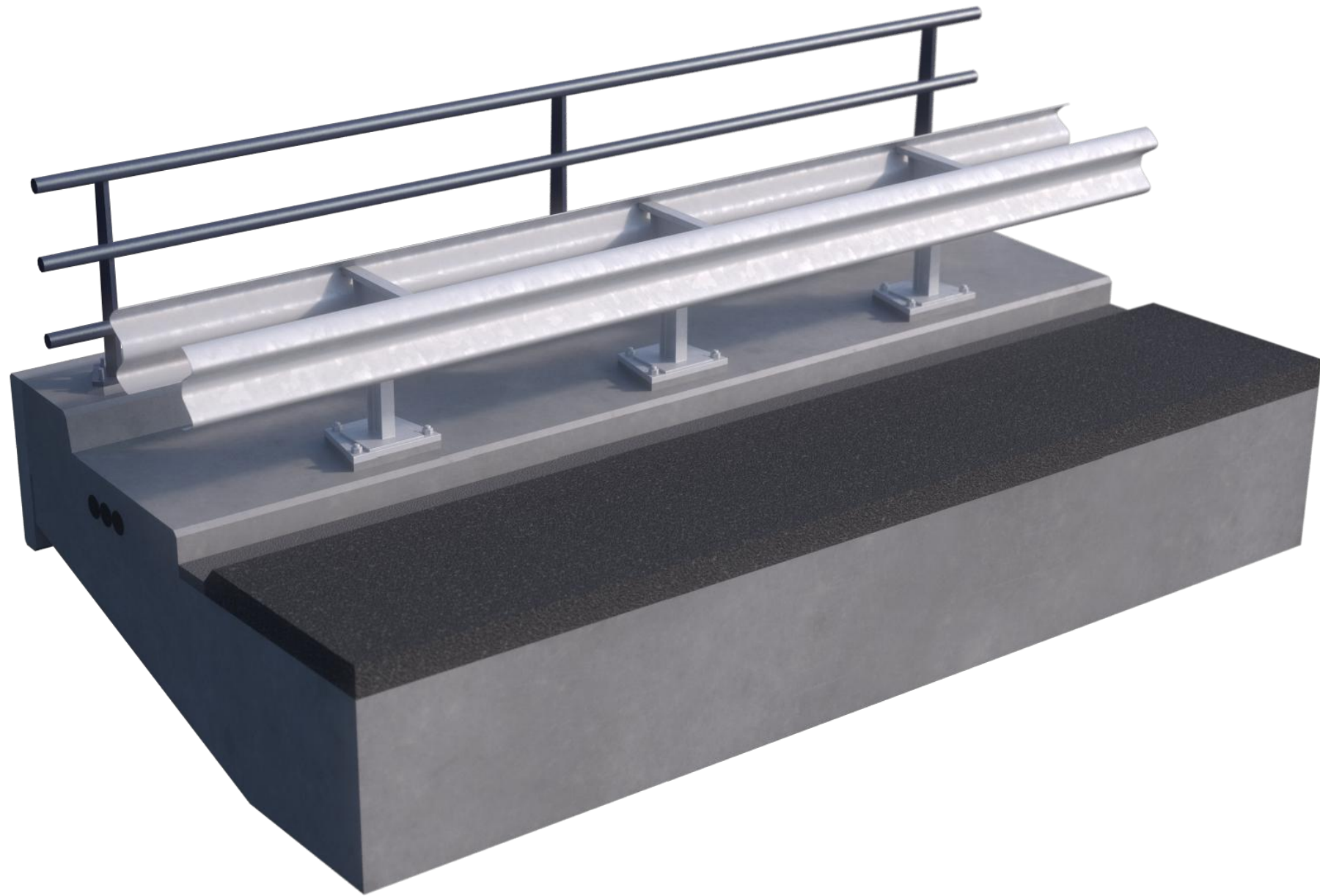
TOELICHTING			
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	VERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D=50
2	DEKCONSTRUCTIE	PREFAB VOORGESPANNEN BETON	T-LIGGER
3	OPLEGBLOK	RUBBER / STAAL	
4	OPSTORT	GEWAPEND BETON	
5	EINDPUNTCONSTRUCTIE / LANDHOOFD	GEWAPEND BETON	
6	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOEBEERLAAG	RTD 1002
7	RUIMTE VOOR PLAATSEN VIJZEL		
8	VERDEELPLAAT		
9	SCHEG	KUNSTHARSGEBONDEN MORTEL	
10	TUSSENSTEUNPUNT	GEWAPEND BETON	
11	VEILIGHEIDSLIJN	BETONANKER MET OOG EN RVS KABEL	

- BOVENZIJDIG OPSTORT CEMENT VERWIJDEREN
- RUIMTERESERVERING VIJZELS AFHANKELIJK VAN TYPE VIJZEL
- GEEN VERLOREN BEKISTING TOEPASSEN
- SCHEG AANBRENGEN OP OPLEGGING

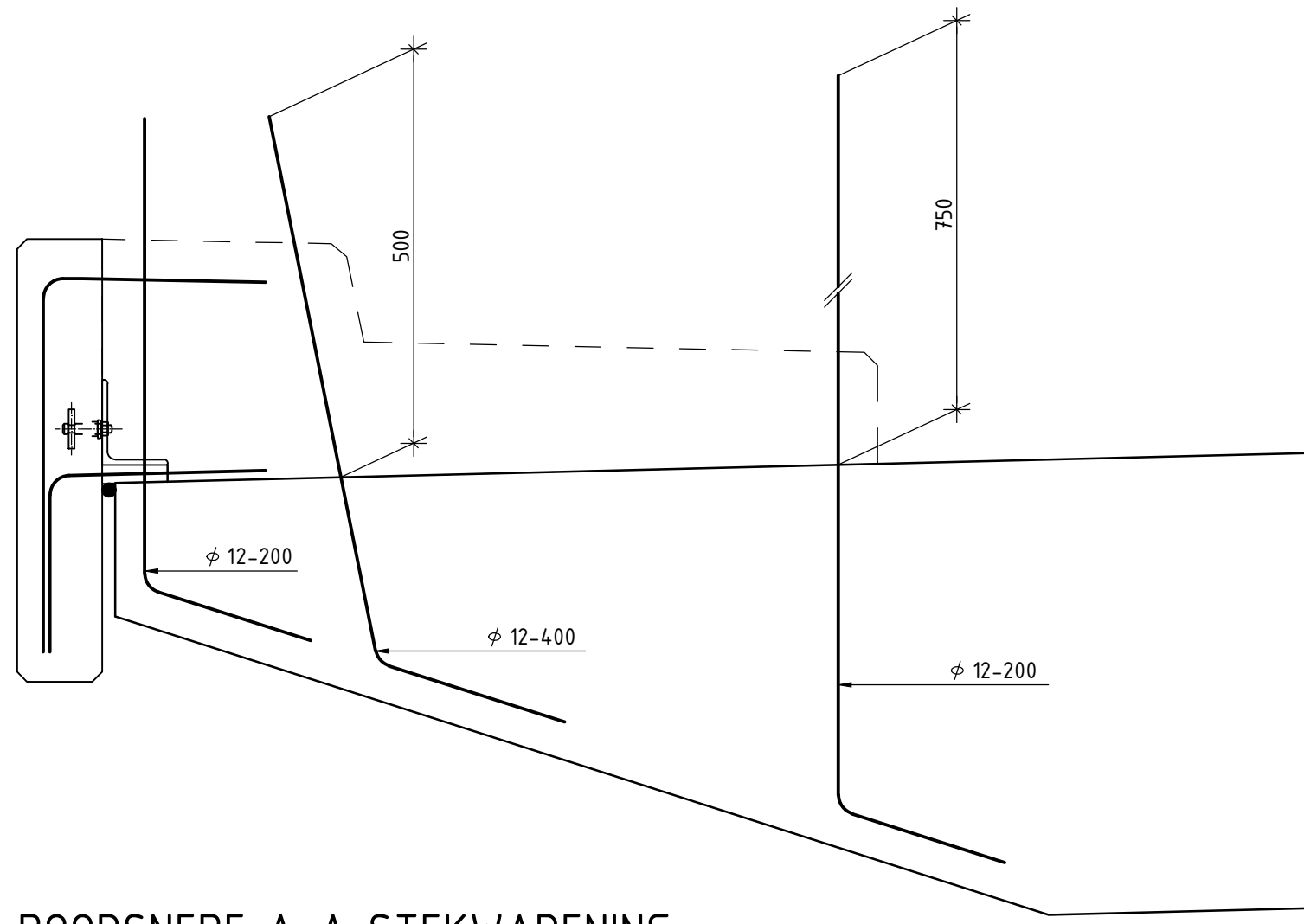
 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu				 Portus 412 3267 AR Roermond Burg. Burgerlaan 44-20 3245 HN Roermond Tel. 073 521 04 05 www.wagemaker.nl	
RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN					
OPLEGGINGEN DEKCONSTRUCTIE T-LIGGERS					
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij		formaat A1 schaal div. regnr.
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad	in bladen	
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status	DEFINITIEF versie 1.0	
					teknr. RWS-OPLEG-02



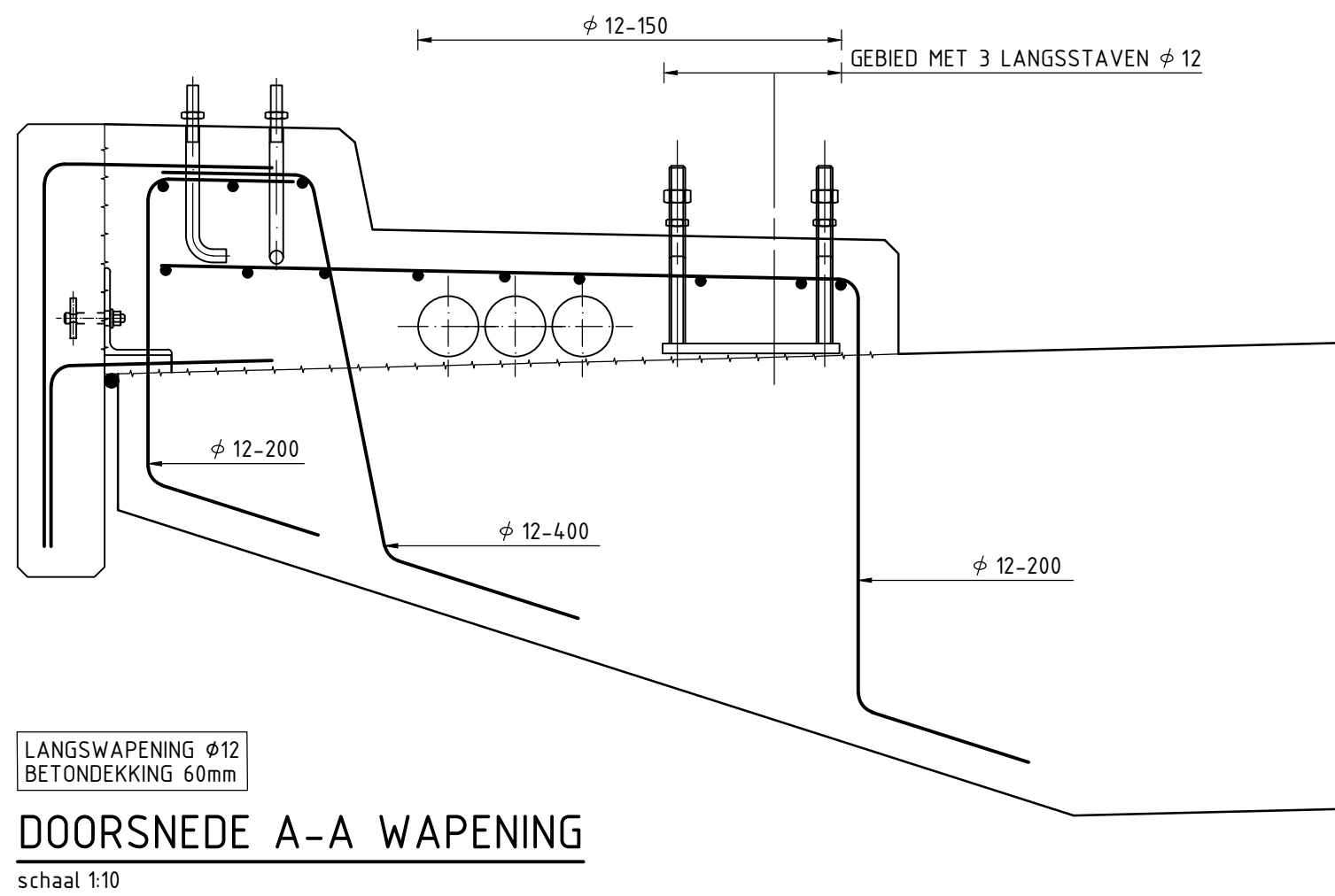
DOORSNED A-A
schaal 1:10



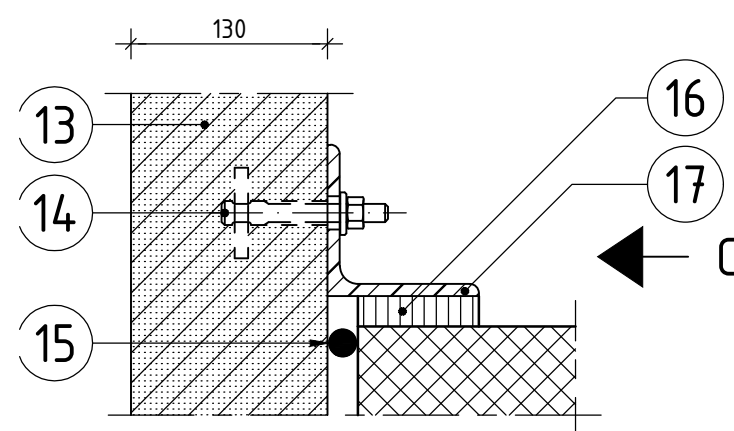
3D VIEW



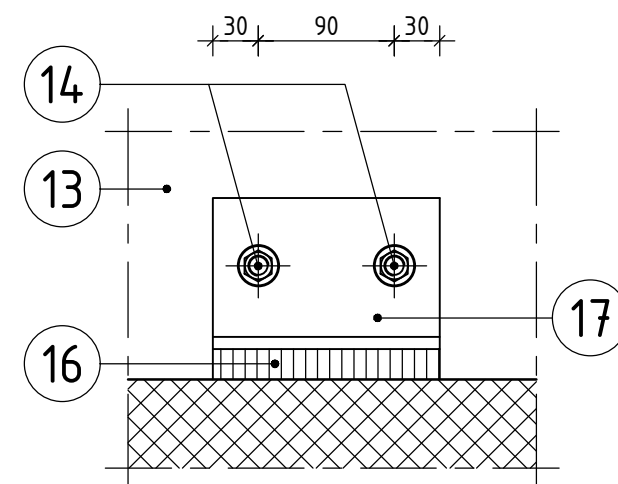
DOORSNED A-A STEKWAPENING
schaal 1:10



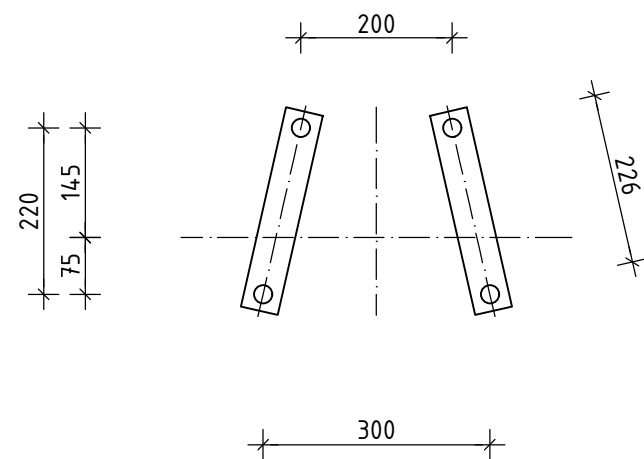
DOORSNED A-A WAPENING
schaal 1:10



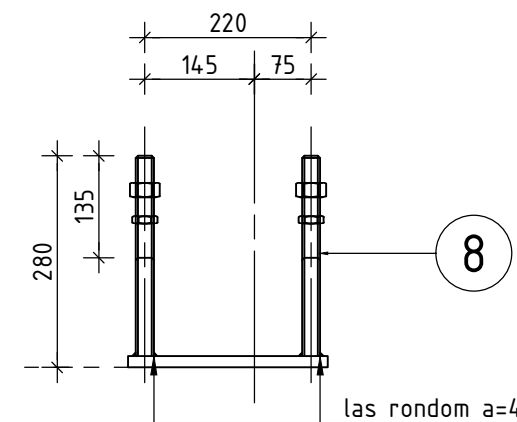
DETAIL B
schaal 1:5



AANZICHT C
schaal 1:5



DETAIL ANKER TYPE K
schaal 1:10



DETAIL ANKER TYPE K
schaal 1:10

VERKLARING:

	staal		voorgespannen beton
	gewapend beton		flexigoot
	doorsnede asfalt		ondersabeling
	gewapend geprefabriceerd beton		

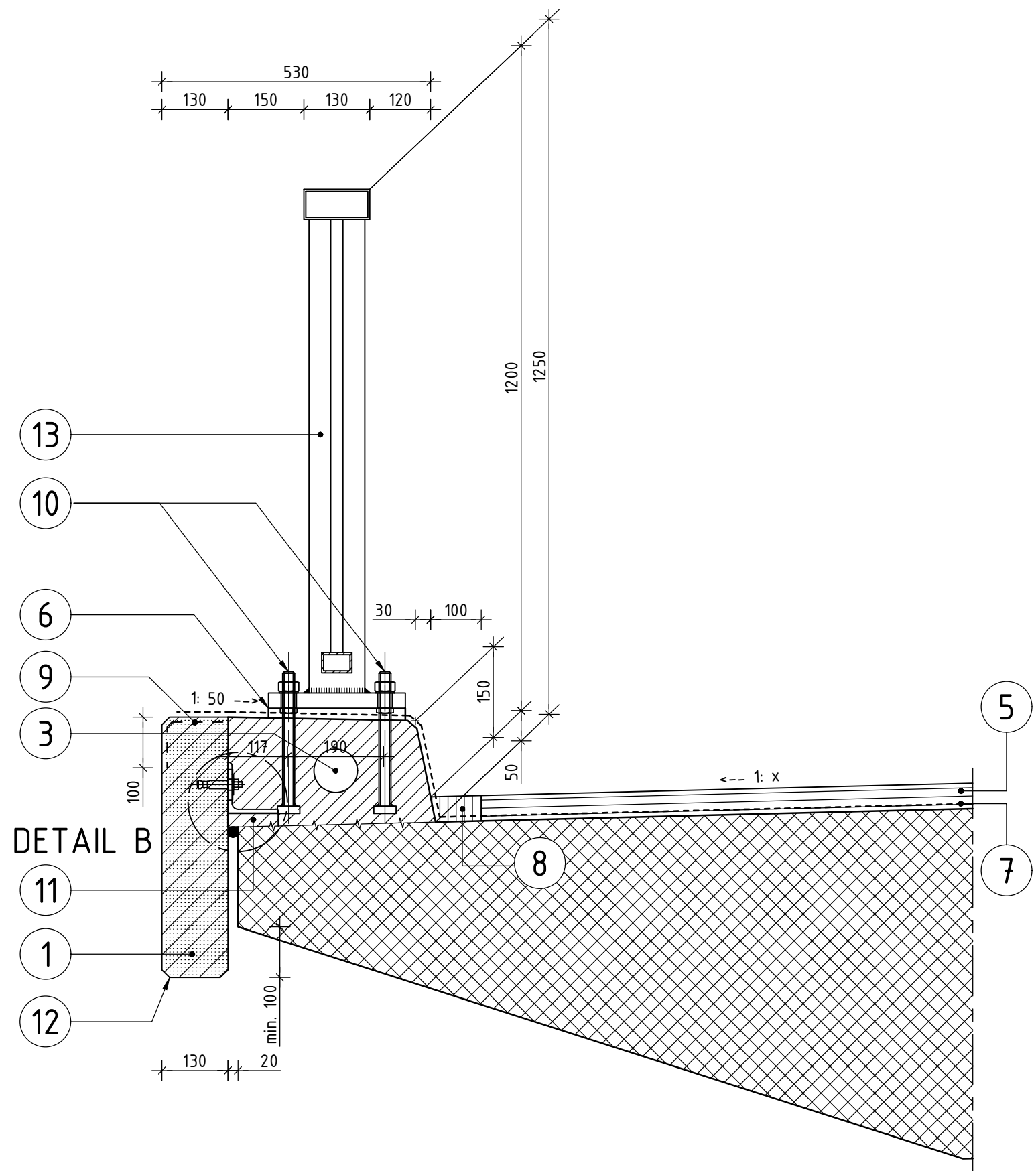
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25
2	KABELDOORVOER	PVC	Ø90/85.6
3	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D= 50
4	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	D= 70
5	OPPERVLAKTESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
6	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D= 50
7	VOEGVULLING	KIT OP RUGVULLING	MIN.: D= 10
8	ANKER (TYPE K)	STAAL	M24
9	LEUNING	STAAL	
10	GELEIDERAILCONSTRUCTIE	STAAL	VLP-1R-133-60
11	ANKER (TYPE U)	STAAL	M20
12	ANKER (TYPE J)	STAAL	M20
13	PREFAB. SCHORT	GEWAPEND BETON	
14	BETONSCROEFHULS (MET DRAADEIND, SLUITRING EN ZESKANTMOER)	STAAL	UIT BEREKENING
15	VULLING (OOK TUSSEN SCHORTEN)	KUNSTSTOF	
16	STELSPECIE	SPECIE	MIN.: D= 25
17	HOEKSTAAL (2 PER ELEMENT)	STAAL	L 100 x 100 x 8

OPMERKINGEN :

- POS. 14, 16 EN 17 TWEE PER RANDELEMENT
- UITWERKING J- EN U-ANKERS LEUNING ZIE STANDAARDDetails RWS-LEUN-01

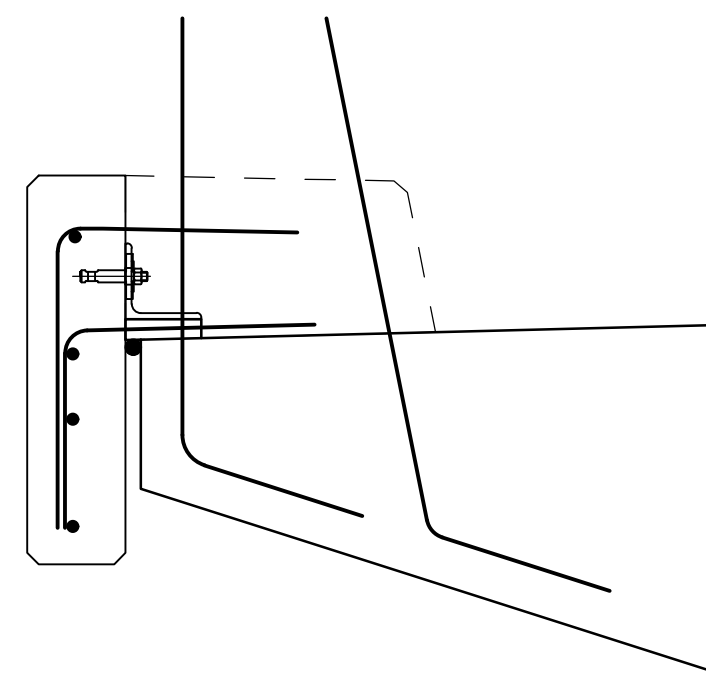
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN	
SCHAMPKANTEN	
ZIJBERMCONSTRUCTIE (SCHAMPSTROOK EN PREFAB. RANDELEMEN MET GELEIDERAILCONSTRUCTIE EN LEUNING)	
getekend WAGEMAKER 11-04-2017 behoort bij	formaat A1 schaal div.
gecontroleerd WAGEMAKER 11-04-2017 blad in bladen	regn
vrijgegeven RWS-GPO 11-04-2017 status DEFINITIEF versie 1.0	teknr RWS-SCHAMP-01



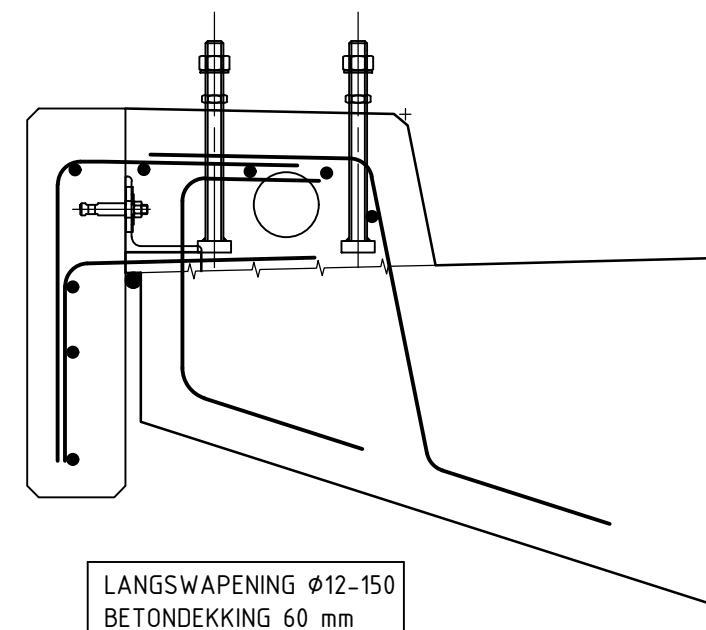
DOORSNEDE A-A
schaal 1:10



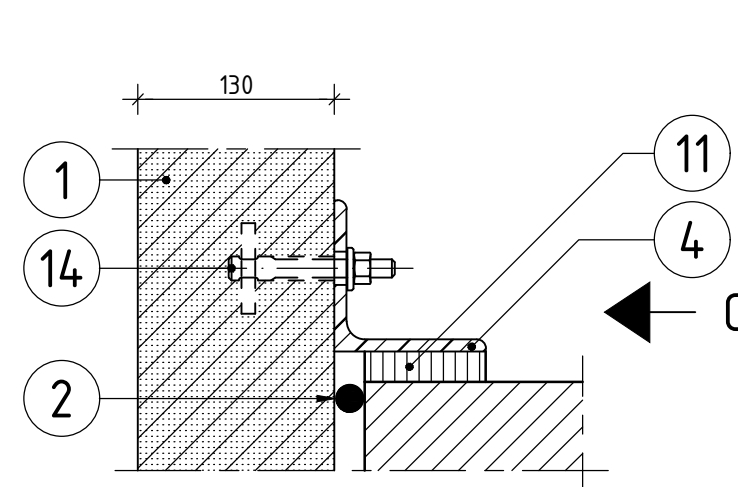
3D VIEW



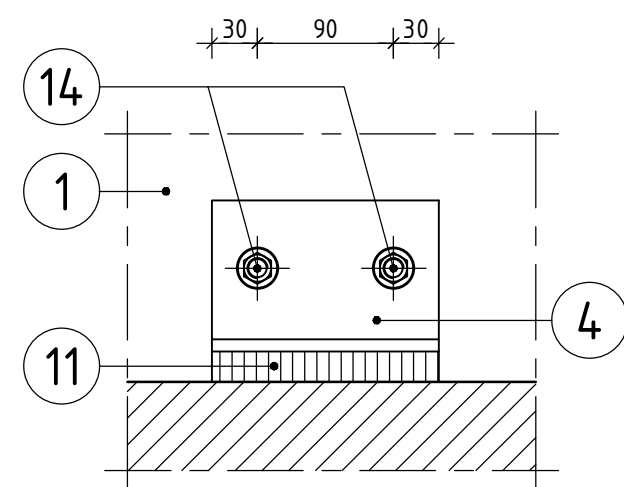
DOORSNEDE A-A STEKWAPENING
schaal 1:10



DOORSNEDE A-A WAPENING
schaal 1:10



DETAIL B
schaal 1:5



AANZICHT C
schaal 1:5

VERKLARING:

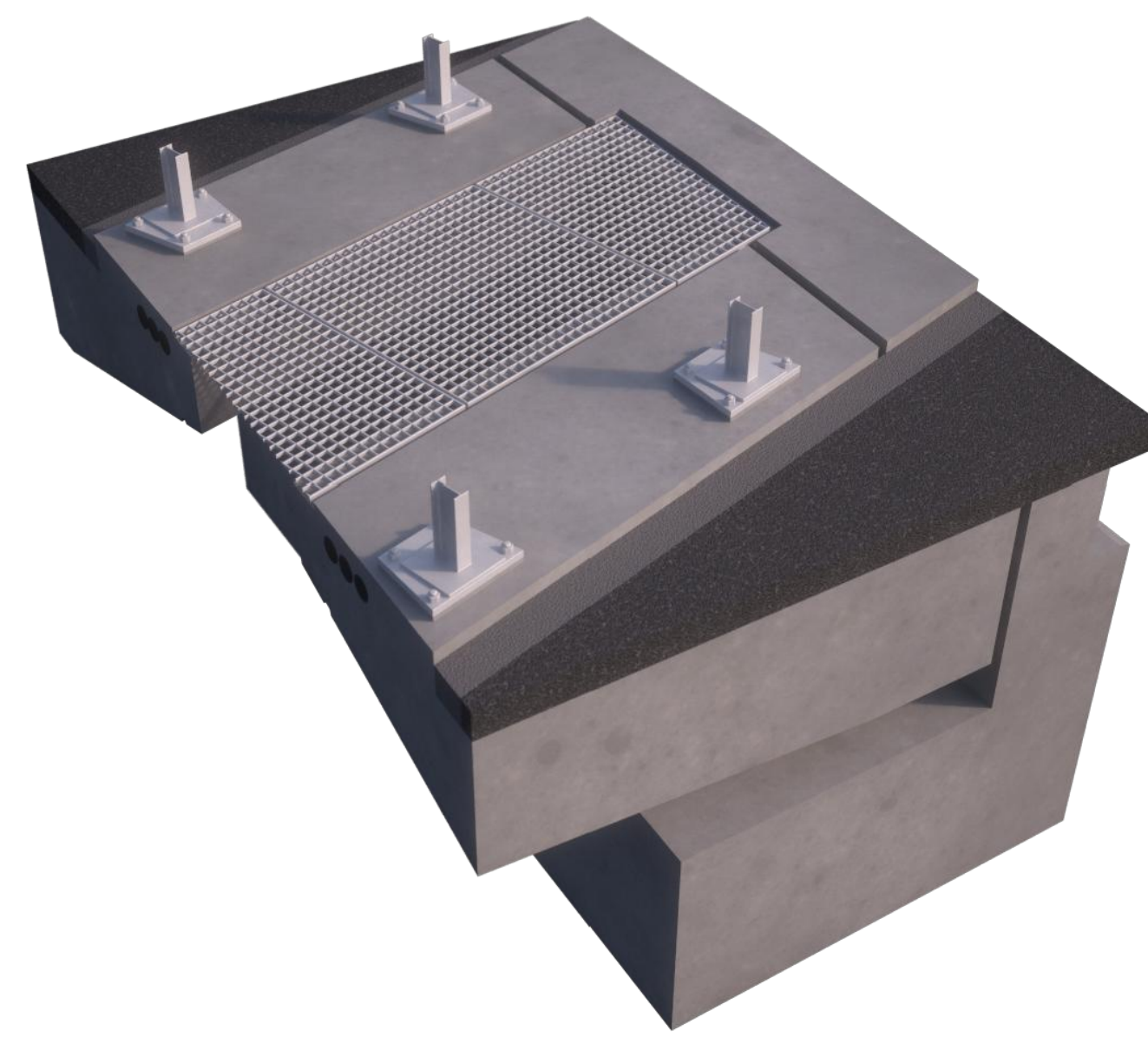
	staal		voorgespannen beton
	gewapend beton		doorsnede asfalt
	gewapend geprefabriceerd beton		ondersabeling

TOELICHTING

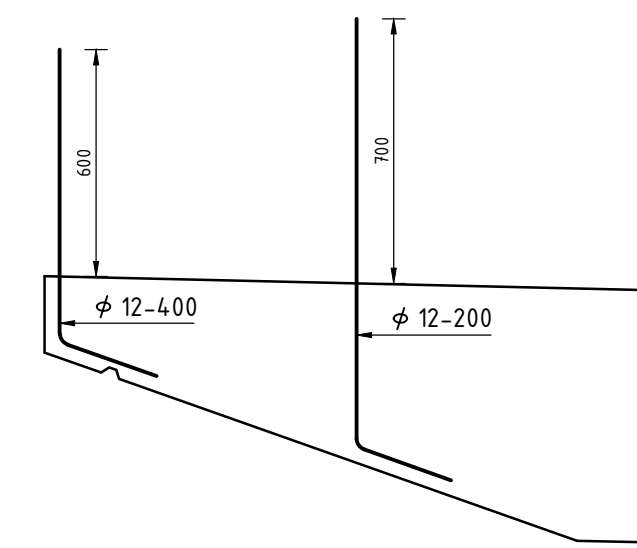
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	PREFAB. SCHORT	GEWAPEND BETON	
2	VULLING (OOK TUSSEN SCHORTEN)	KUNSTSTOF	
3	KABELDOORVOER	PVC	Ø90/85.6
4	HOEKSTAAL	STAAL	L 100 x 100 x 8
5	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D= 50
6	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25
7	OPPERVLAKTESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
8	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D= 50
9	VOEGVULLING	KIT OP RUGVULLING	MIN.: D= 10
10	ANKER	STAAL	M24
11	STELSPECIE	SPECIE	MIN.: D= 25
12	VELLINGKANT		15 x 15
13	LEUNING	STAAL	
14	BETONSCHROEFHULS (MET DRAADEIND, SLUITRING EN ZESKANTMOER)	STAAL	M12

- OPMERKINGEN :
- STANDAARD LENGTE PREFAB SCHORTEN (INCL. VOEG) MIN. 2000 EN MAX. 4000.
 - PREFAB RANDELEMENT T.P.V. VOEGOVERGANGEN < STANDAARDLENGTE.
 - VOEG TUSSEN DE PREFAB. SCHORTEN IS MIN. 10.
 - DE KOPSE KANT VAN DE PREFAB. SCHORTEN HEEFT GEEN VELLINGKANTEN.
 - POS. 4. AFSTEMMEN POSITIE OP MAATVOERING LEUNINGANKERS.
 - UITWERKING ANKERS LEUNING ZIE STANDAARDDETAIL RWS-LEUN-02.

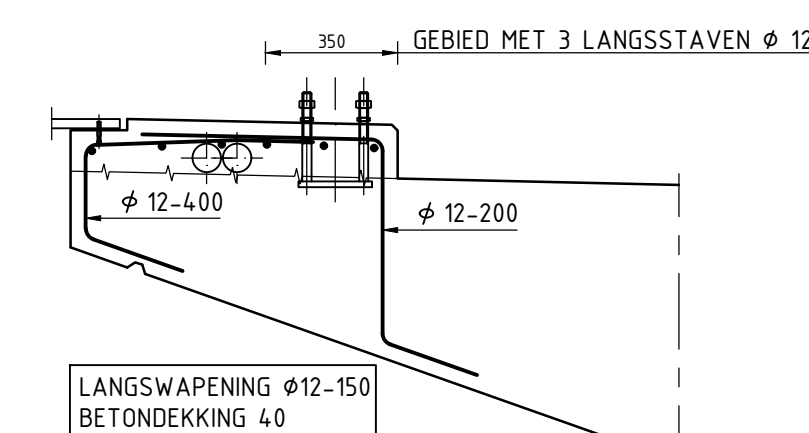
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
SCHAMPKANTEN			
ZIJBERMCONSTRUCTIE (SCHAMPSTROOK EN PREFAB. RANDELEMENT MET LEUNING)			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF
		versie 1.0	teknr RWS-SCHAMP-02



schaal 1:20

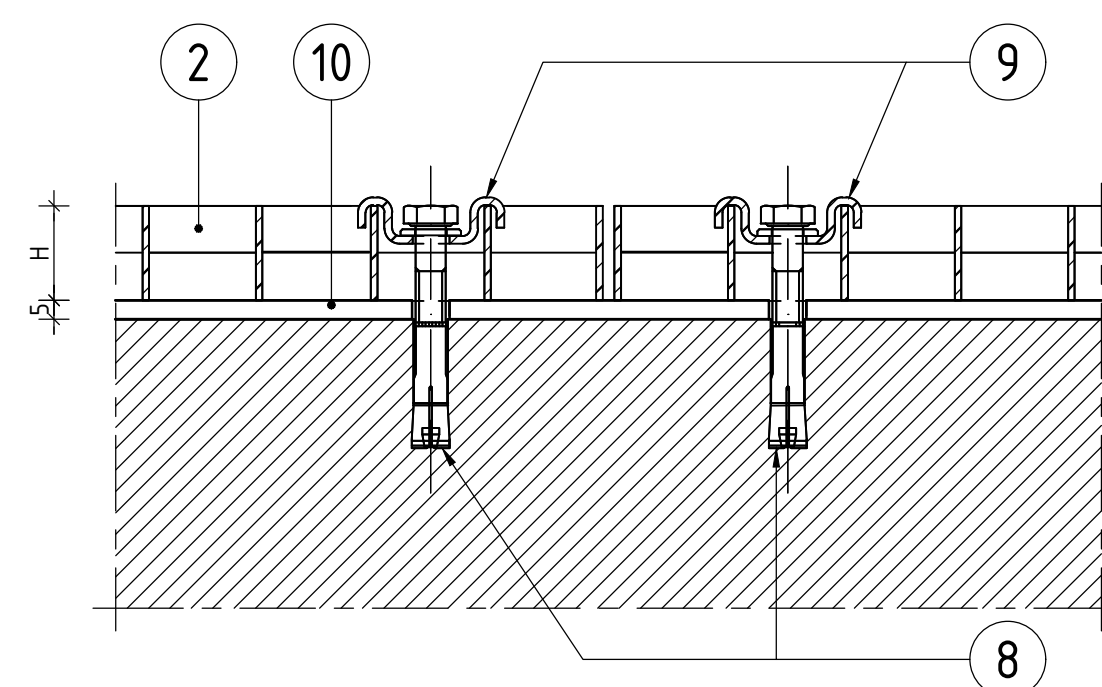


schaal 1:20



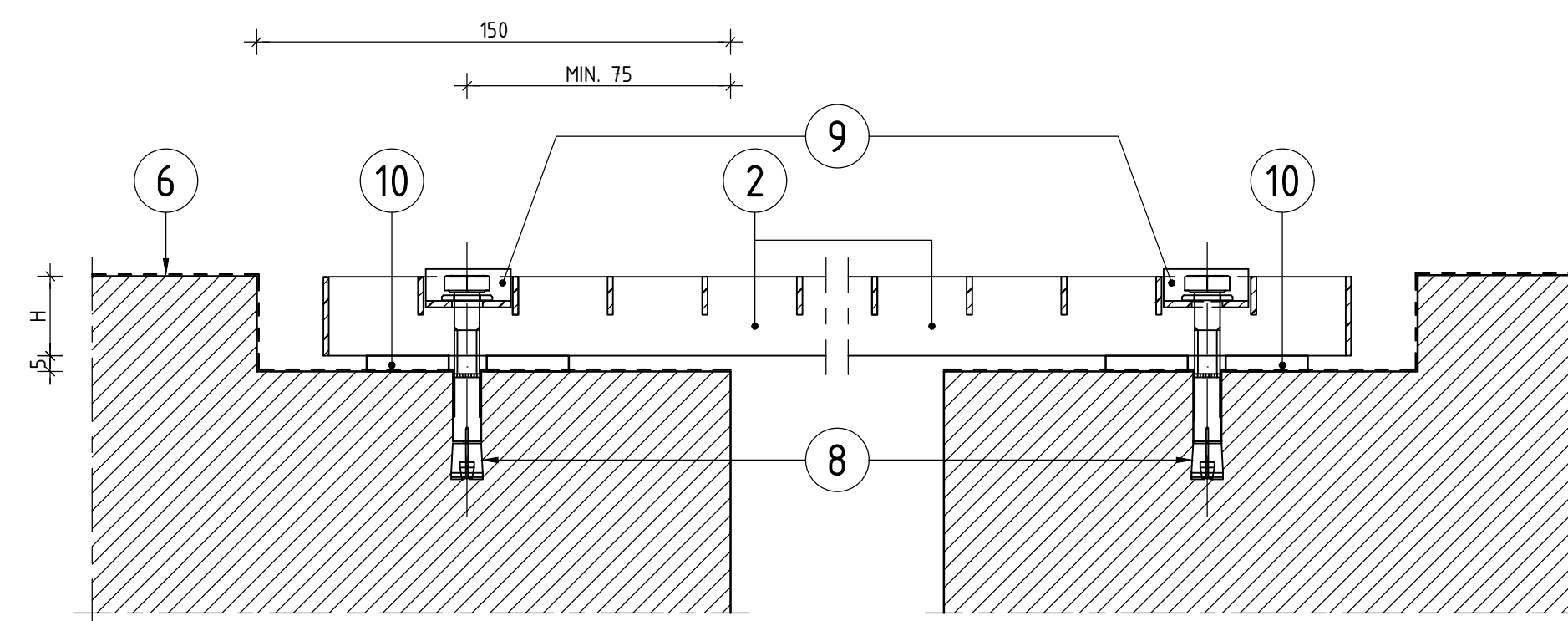
schaal 1:20

schaal 1:10



schaal 1:2

schaal 1:2



schaal 1:2

	staal		asfalt
	gewapend beton		asfalt (bovenaanzicht)
	voorgespannen beton		flexigoot

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	GELEIDERALCONSTRUCTIE	STAAL	VLP-2R-133-80
2	ROOSTERS	STAAL	
3	KABELDOORVOER	PVC	ø90/85,6
4	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D= 50
5	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
6	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
7	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25
8	ANKER (MET BOUT EN SLUITRING)	SLAGANKER	M8 BOORGAT ø10
9	WERPDEPT ZADEL	STAAL	GESCHIKT VOOR M8 STANDAARD LEVERANCIER
10	OPLEGSTROOK (AAN TUSSENBERMCONSTRUCTIE VASTLIJMEN)	NEOPREEN	60 x 5
11	ANKER (TYPE K)	STAAL	M24
12	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D= 50

- POS. 2 MAASWIJDE JA. 30 x 30.
- POS. 2 BEREKENEN OP EEN TOELAATBARE BELASTING VAN 4 KN/M2.
- POS. 8 VIER ANKERS PER ROOSTER.
- ALLE STALEN ONDERDELEN THERMISCH VERZINKEN.
- K-ANKERS, ZIE STANDAARDEDETAIL RWS-SCHAMP-01

 Rijswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu				 wageningen Postbus 412 2640 AK Dordrecht 2640 MK Dordrecht Tel. 075 521 94 00 www.wageningen.nl	
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN					
SCHAMPKANTEN					
MIDDEMBERMCONSTRUCTIE (SCHAMPSTROOK EN PREFAB. RANDELEMENT, GELEIDERAILCONSTRUCTIE EN ROOSTERS)					
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij		formaat A1 schaal div.
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad	in	bladen
vragegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status	DEFINITIEF	versie 1.0
			tek.nr	RWS-SCHAMP-03	



130



schaal 1:10



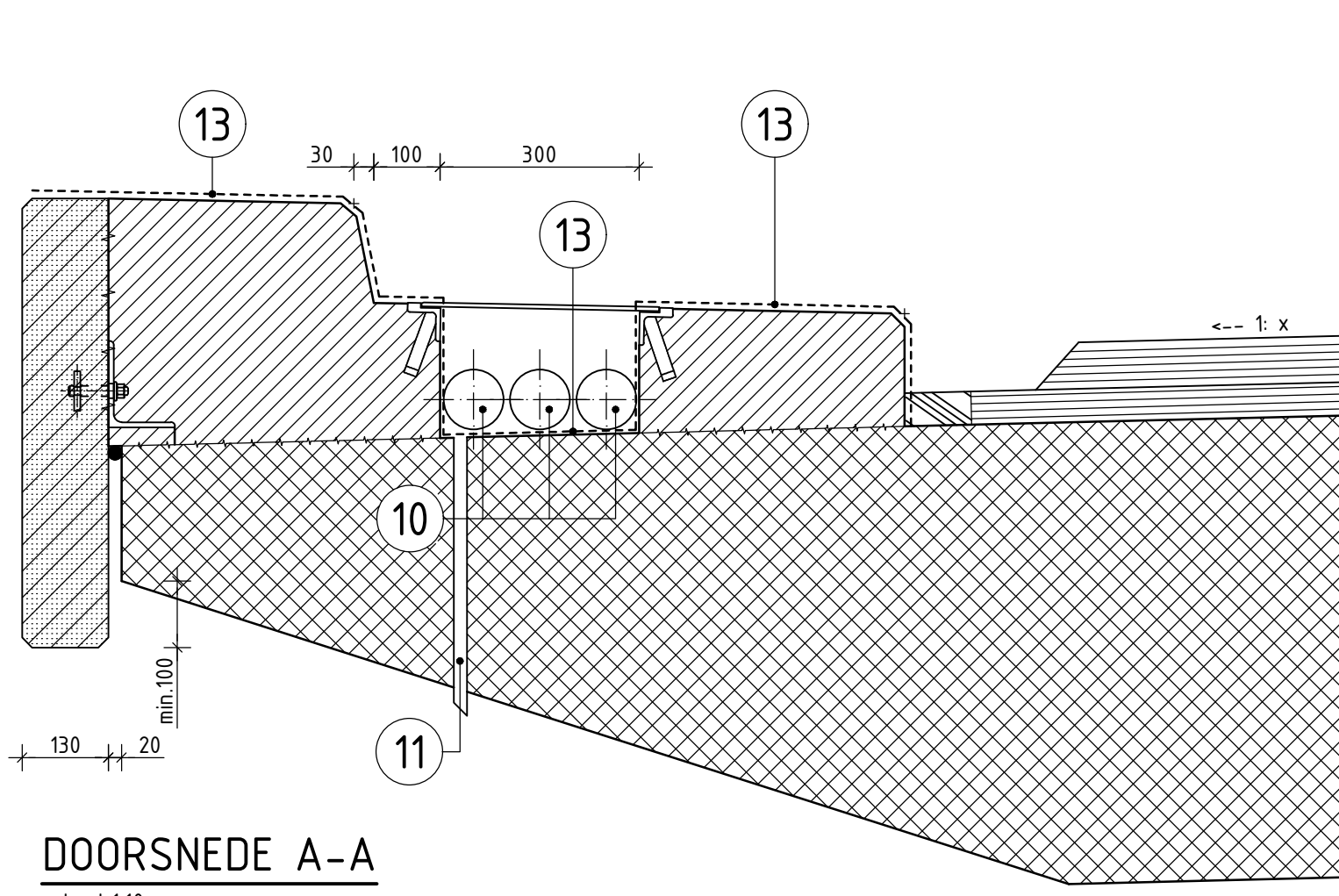
schaal 1:10

	gewapend beton		asfalt
	gewapend geprefabriceerd beton		flexigoot
	voorgespannen beton		

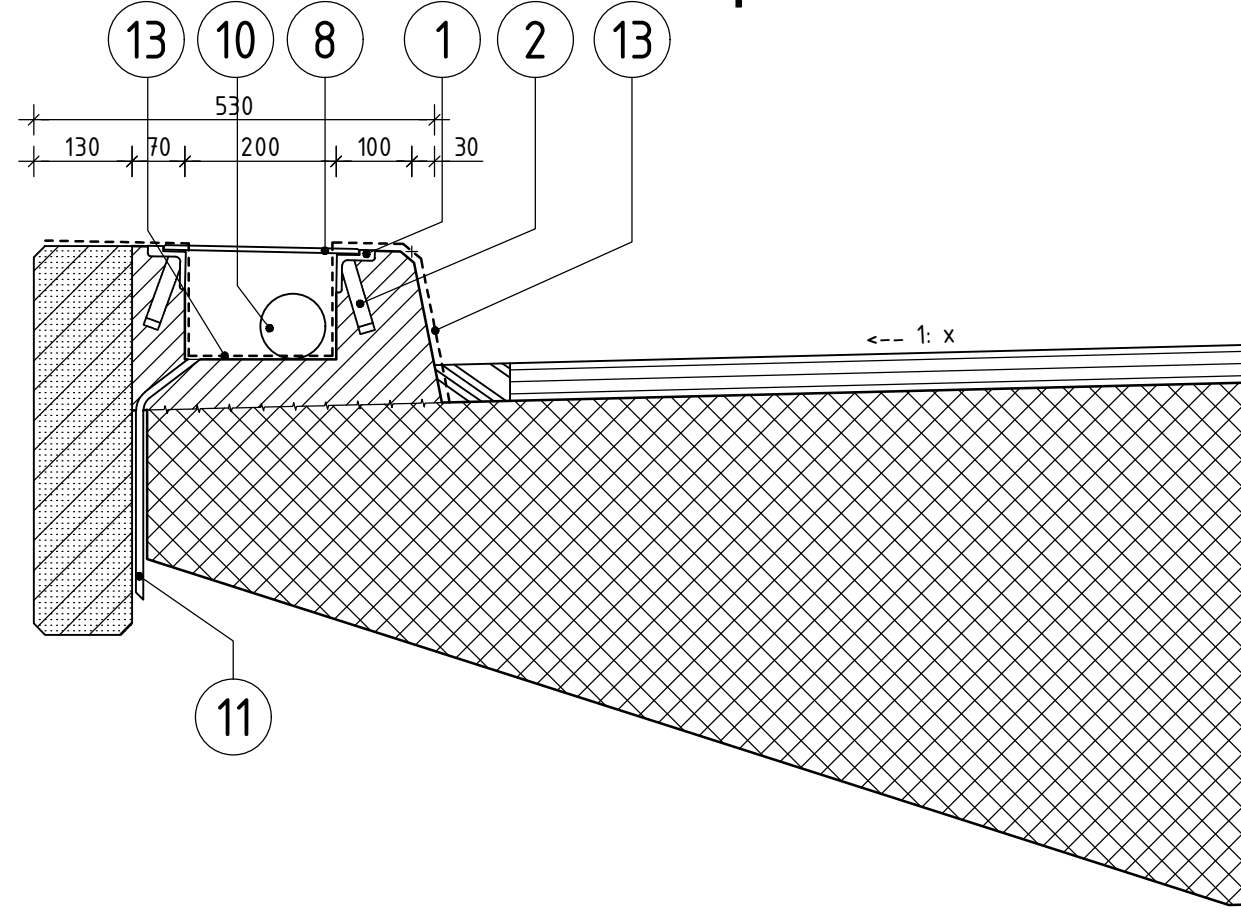
1	GELUIDWEREND SCHERM	AFHANKELIJK VAN TYPE	AFHANKELIJK VAN TYPE
2	KABELDOORVOER	PVC	Ø90/85,6
3	STEKKEN	STAAL	AFHANKELIJK VAN HOOGTE GELUIDWEREND SCHERM
4	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT	MIN: D= 50
5	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
6	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
7	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN: D= 50
8	VOEGVULLING	KIT OP RUGVULLING	MIN: D= 10
9	ANKER	STAAL	AFHANKELIJK VAN HOOGTE GELUIDWEREND SCHERM
10	GELEIDERAILCONSTRUCTIE	STAAL	VLP-2R-133-80
11	ONDERSABELING	KRIMPARME MORTEL	DIKTE ca. 25

- K-ANKER, ZIE STANDAARD DETAIL RWS-SCHAMP-01
- DETAIL B, ZIE STANDAARD DETAIL RWS-SCHAMP-01
- ONDERSTE PANEEL GELUIDSSCHERM EEN NIET TRANSPARANT SCHERMDEEL IN VERBAND MET OPSPATTEND WATER, DOOIJZOUTEN, E.D. (HOOGTE PANEEL MIN. 1000)

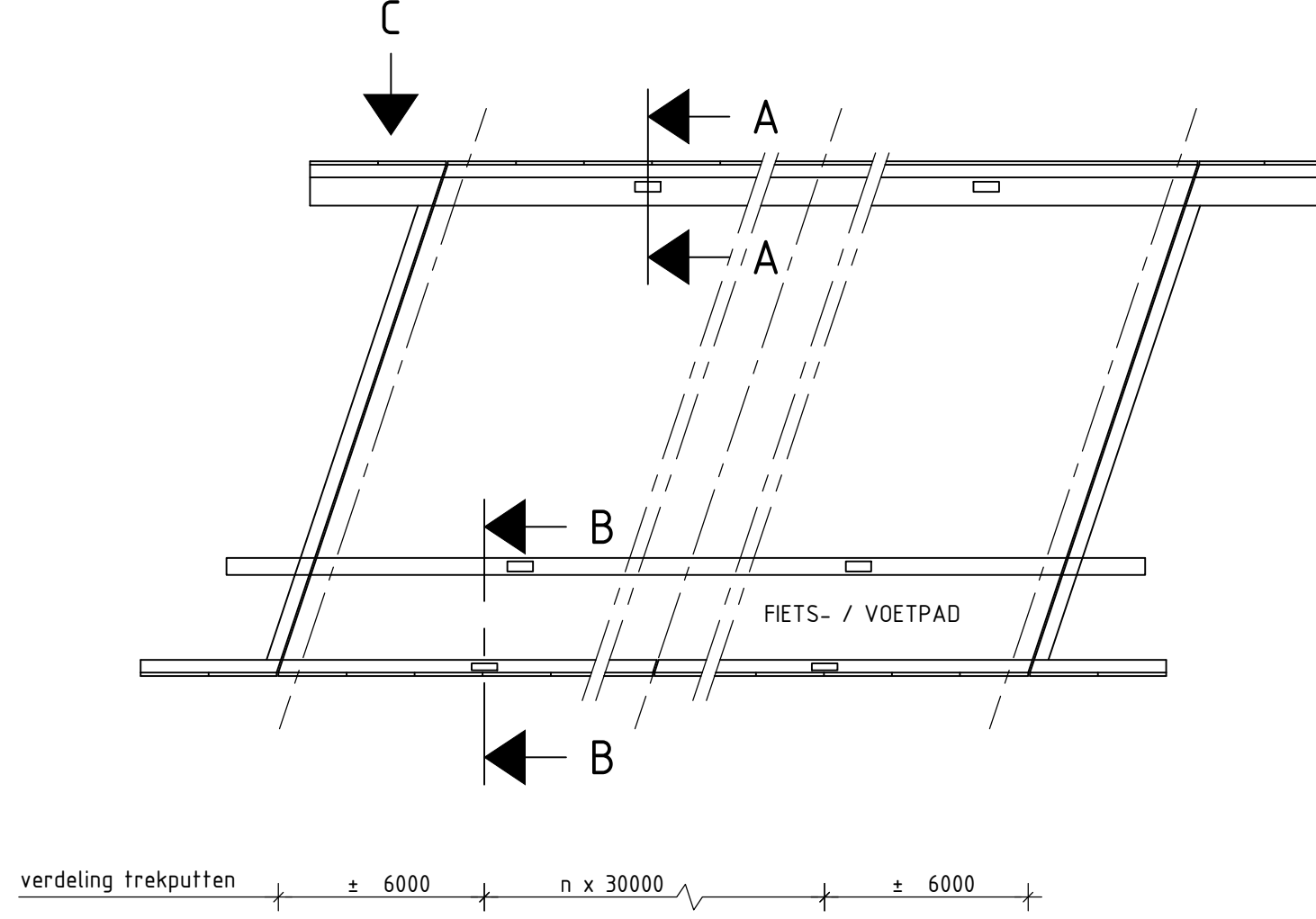
			
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
SCHAMPKANTEN			
ZIJBERMCONSTRUCTIE (SCHAMPSTROOK EN PREFAB. RANDELEMENT MET GELEIDERAILCONSTRUCTIE EN GELUIDWEREND SCHERM)			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0
		teknr RWS-SCHAMP-04	



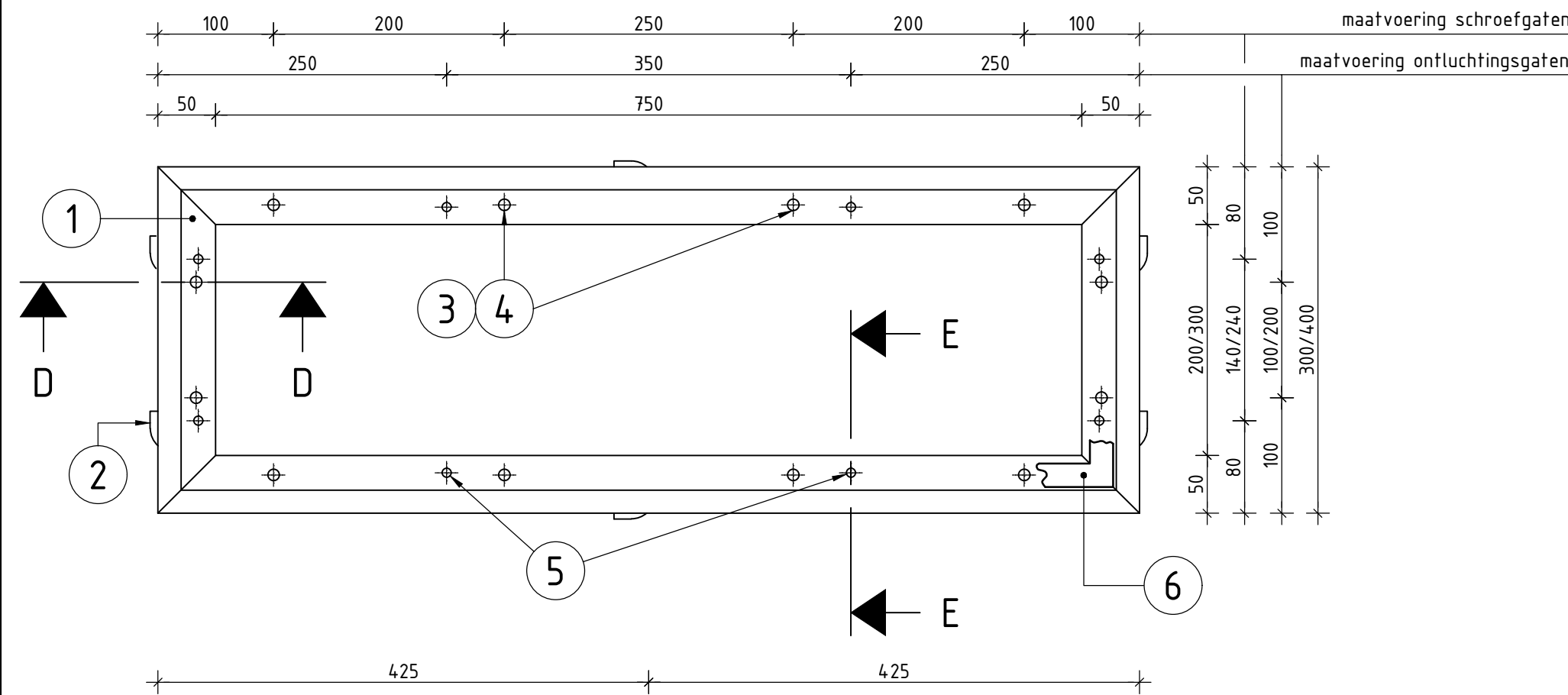
DOORSNEDE A-A
schaal 1:10



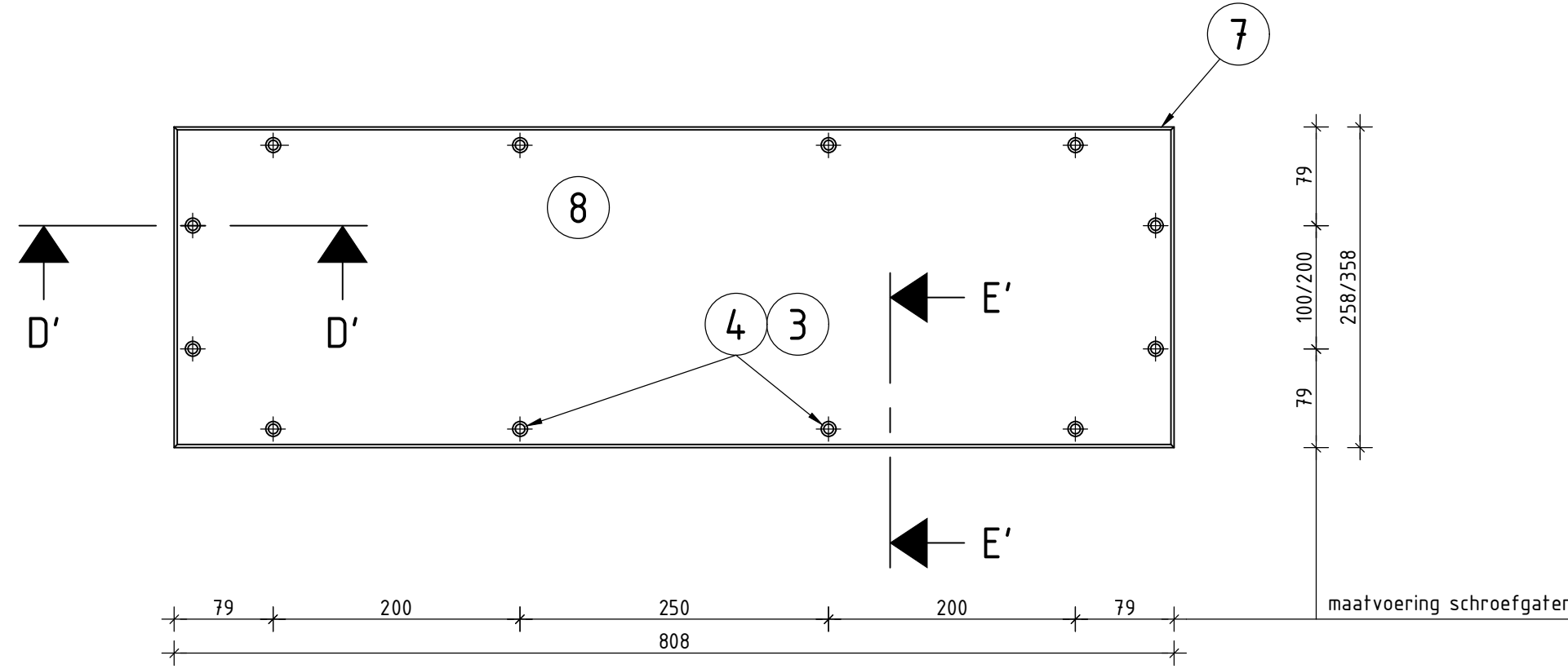
DOORSNEDE B-B
schaal 1:10



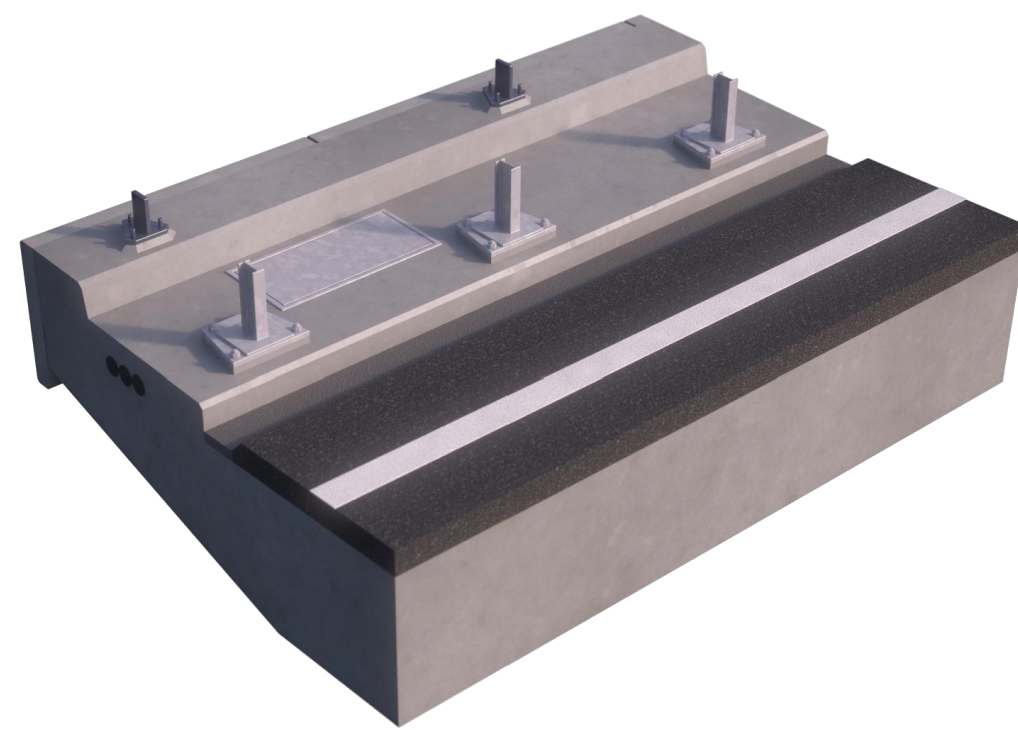
BOVENAANZICHT
schaal 1:200



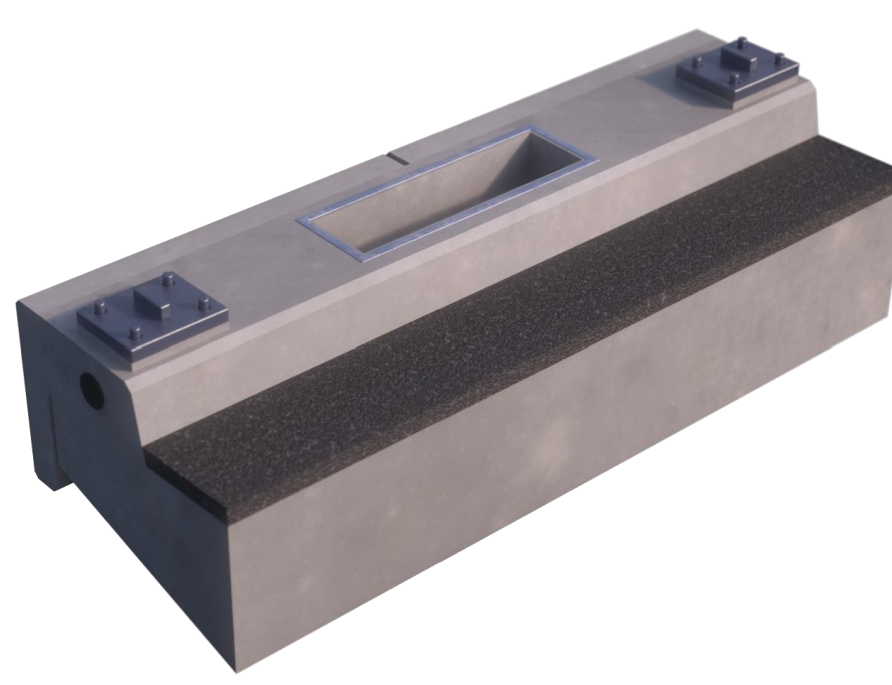
BOVENAANZICHT OMRANDING TREKPUT
schaal 1:5



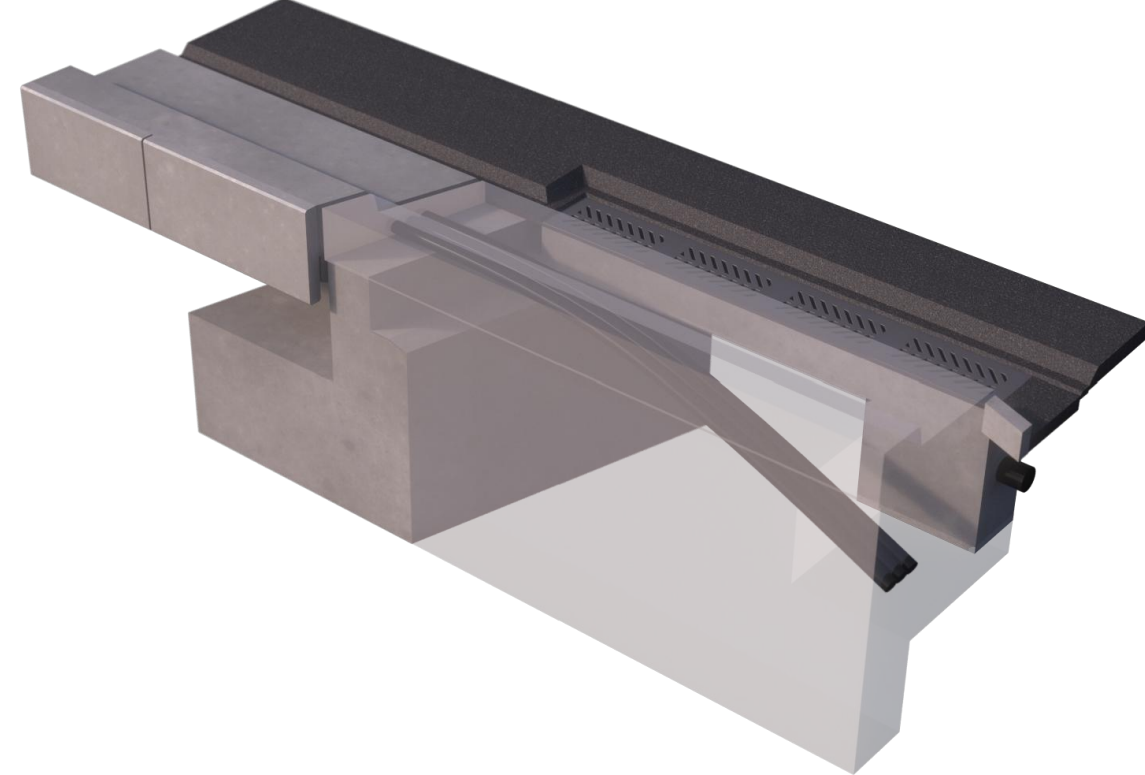
BOVENAANZICHT DEKSEL TREKPUT
schaal 1:5



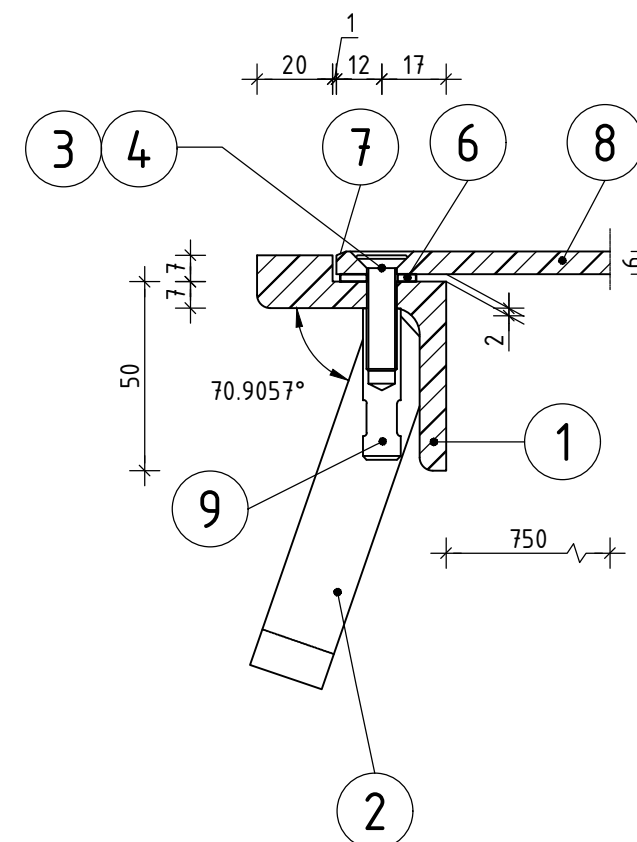
3D VIEW RIJBAAN



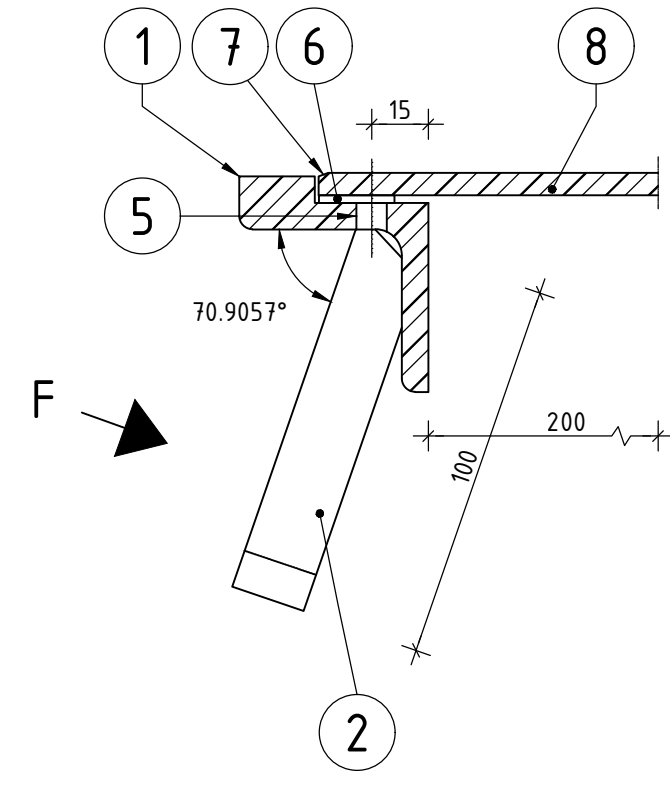
3D VIEW FIETSPAD



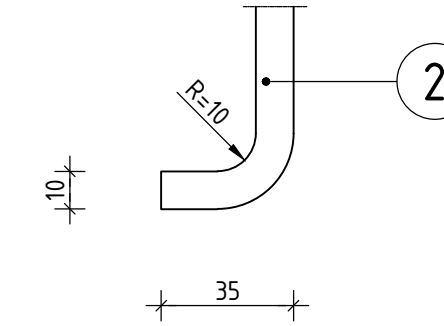
3D VIEW



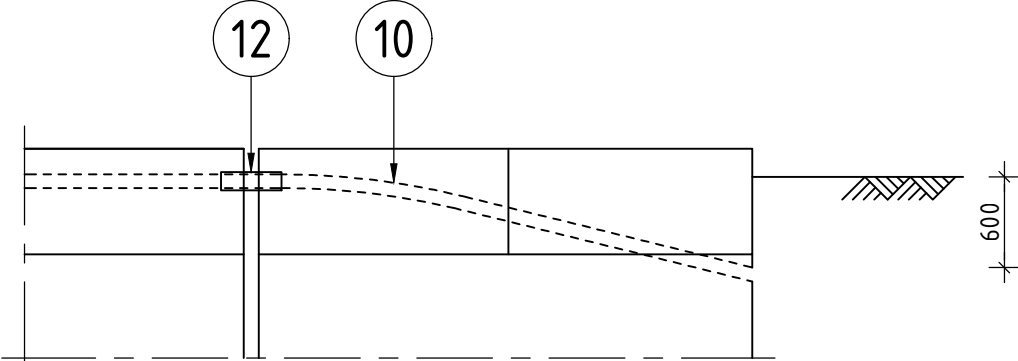
DOORSNEDE D-D en D'-D'
schaal 1:2



DOORSNEDE E-E en E'-E'
schaal 1:2



AANZICHT F
schaal 1:2



AANZICHT C, KOPPELING KABELDOORVOER BIJ LANDHOOFD
schaal 1:50

VERKLARING:

	staal		voorgespannen beton
	gewapend beton		flexigoot
	asfalt		
	gewapend geprefabriceerd beton		

TOELICHTING

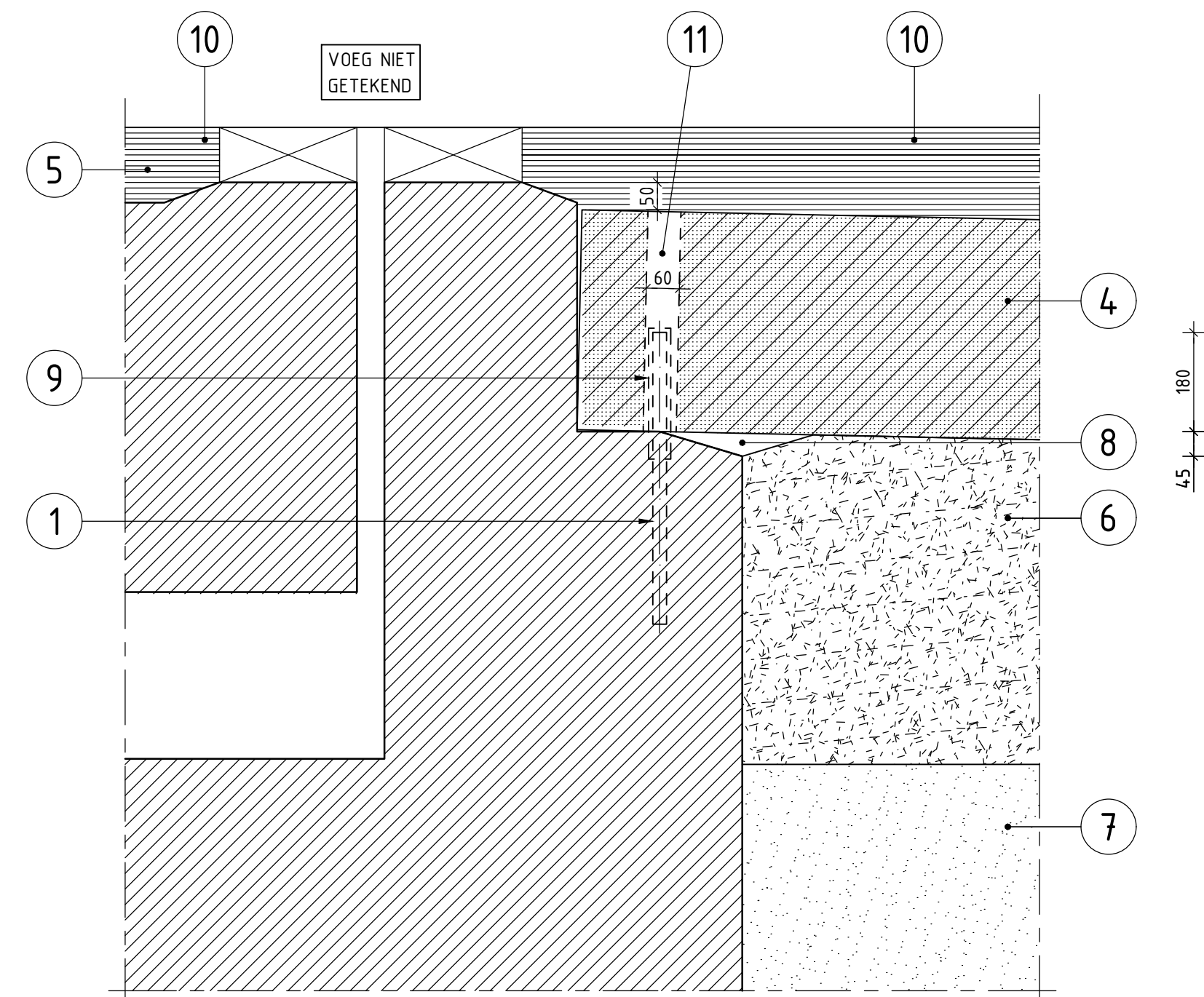
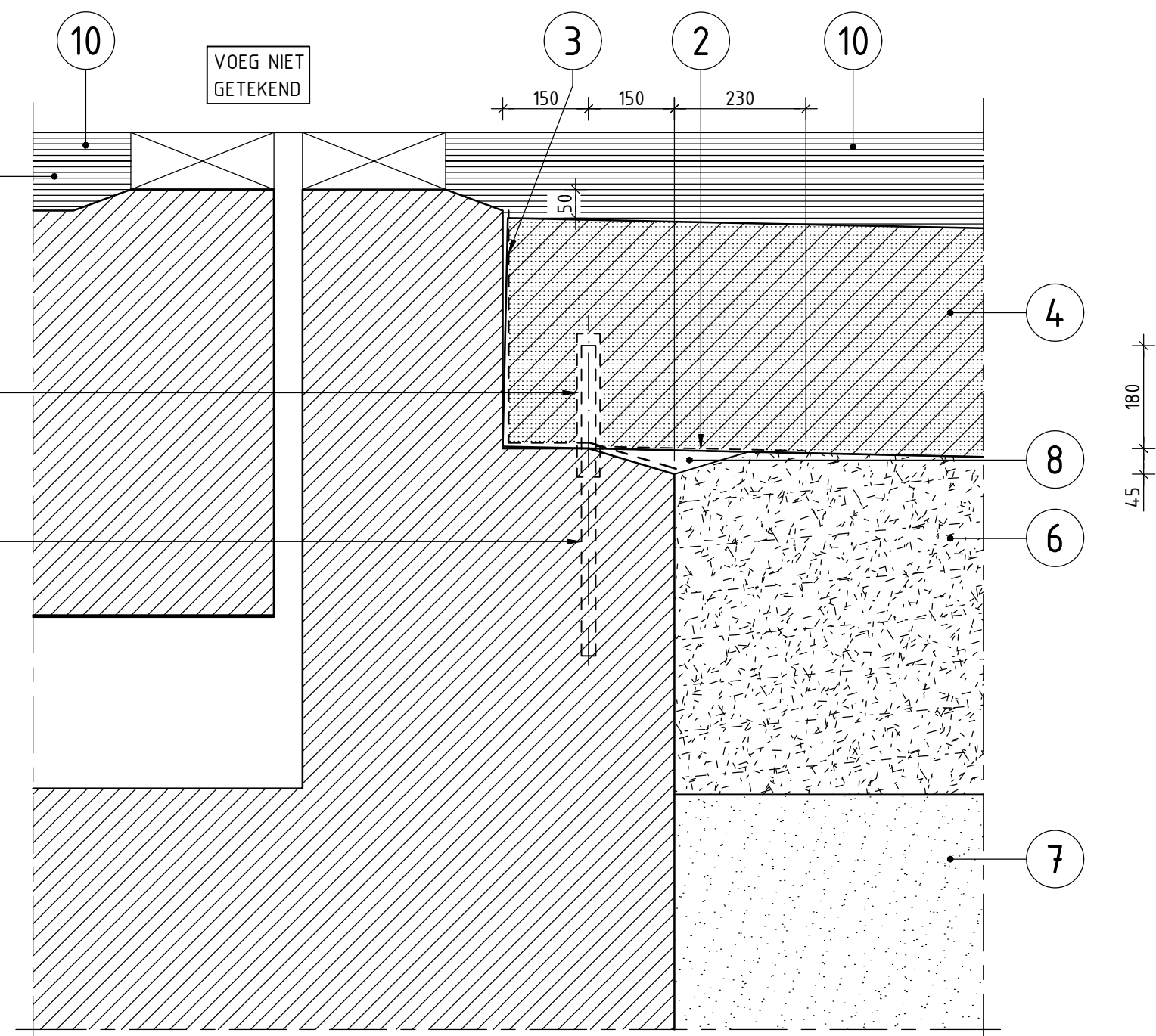
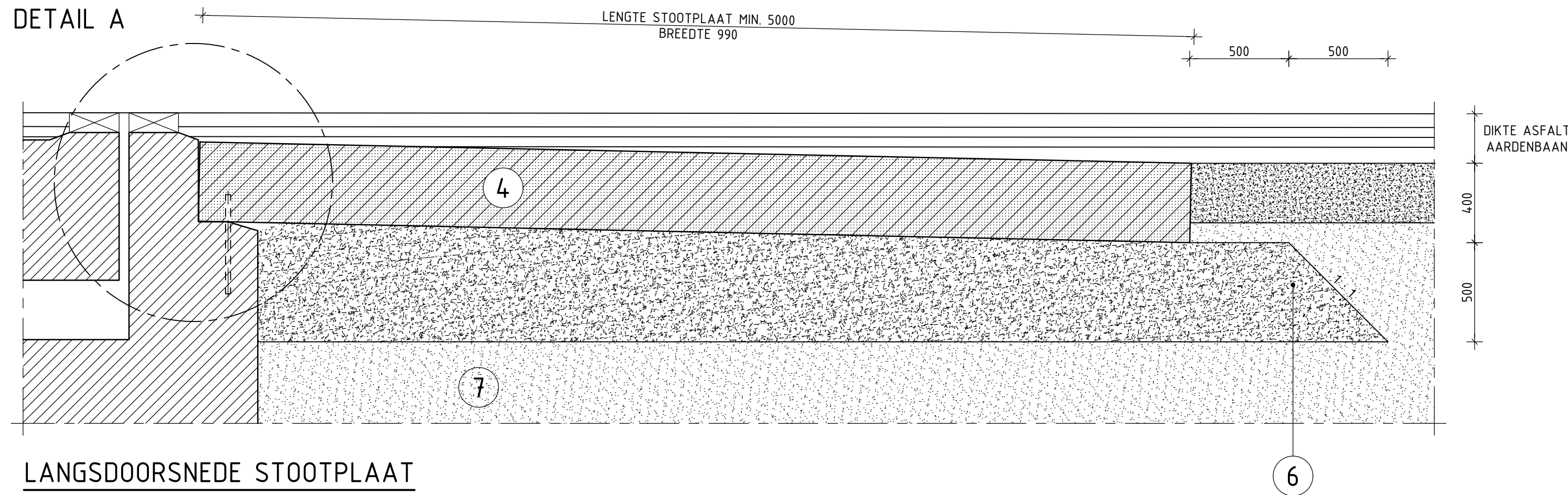
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	OMRANDING	STAAL	MONTAN PROFIEL NR. 416 50 x 50 x 7
2	ANKER	STAAL	20 x 10 x 130
3	PLAT VERZONKENSCHROEF MET BINNENZESKANT	STAAL	M8 x 40
4	SLOGGATEN		10 x 12
5	ONTLUCHTINGSGATEN		Ø8
6	OPLEGSTROOK (AAN OMRANDING VASTLIJMEN)	NEOPREEN	20 x 2
7	AFSCHUINING		4 x 2
8	DEKSEL	STAAL	808 x 358/258 x 6
9	BETONSCHROEFHULS (MET HECHTLAS VERBINDEN AAN OMRANDING)	STAAL	M8 x 40
10	KABELDOORVOER	PVC	Ø90 (VOORZIEN VAN TREKdraad)
11	AFVOERBUIJS	PVC	Ø20
12	SCHUIFMOF	HDPE	2000MM UITSTEKEN
13	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002

OPMERKINGEN :

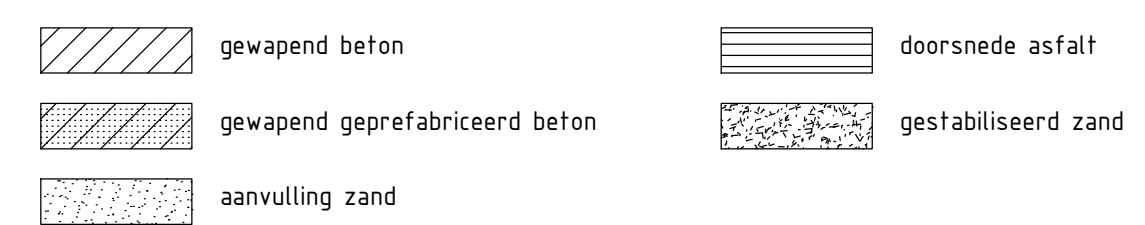
- POS. 1, 2, 3, 8 EN 9 THERMISCH VERZINKEN
- POS. 12 TOEPASSEN BIJ ALLE VOEGCONSTRUCTIES
- POS. 6 OPLEGSTROOK T.P.V. SCHROEFGATEN NIET ONDERBREKEN MAAR EEN GAT AANBRENGEN T.B.V. SCHROEFVERBINDING
- POS. 10 VOORZIEN VAN EEN TREKdraad. BIJ UITEINDEN KABELDOORVOER DE TREKdraad MIN. 2000MM UITSTEKEN

RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN	
SCHAMPKANTEN VOORZIENINGEN KABELDOORVOER IN TREKPUT (dagmaat 750 x 200 en 750 x 300) BERMCONSTRUCTIES	
getekend WAGEMAKER 11-04-2017 behoort bij	formaat A1 schaal div.
gecontroleerd WAGEMAKER 11-04-2017 blad in bladen	regn
vrijgegeven RWS-GPO 11-04-2017 status DEFINITIEF versie 1.0	teknr RWS-SCHAMP-05

DETAIL A



VERKLARING:



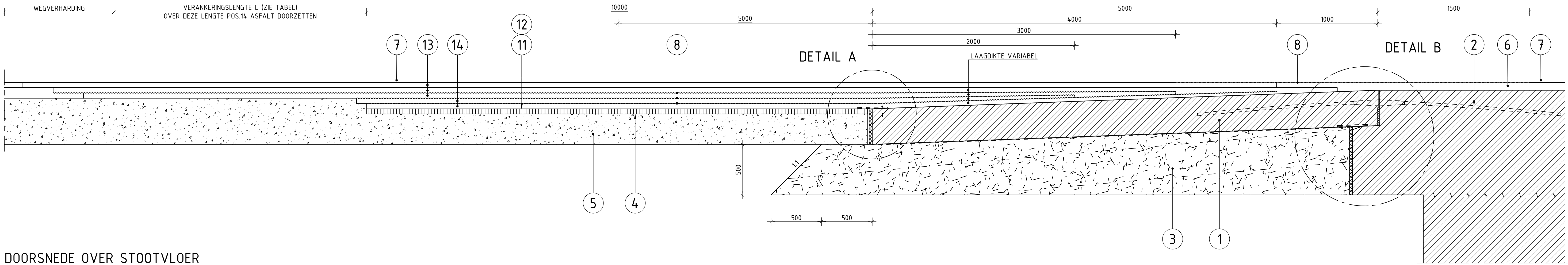
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	DOEK	STALEN B500B	Ø25, LG 500 H.O.H. 500 mm
2	TRIPLEX	GEPERSTE HOUT	D= 4 mm + PLAKFOLIE 0,3 mm
3	ONTHECHTINGSMIDDEL		
4	STOOTPLAAT	GEWAPEND BETON	5000 x 990 x 400 mm
5	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN. D= 50 mm
6	GESTABILISEERD ZAND	175 KG CEMENT / m3	
7	AARDEBAAN	ZAND / WEGFUNDERING	
8	HOLLE RUIMTE		
9	DENSOBAND		
10	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
11	GAIN (VULLEN MET BITUMEN)		Ø60

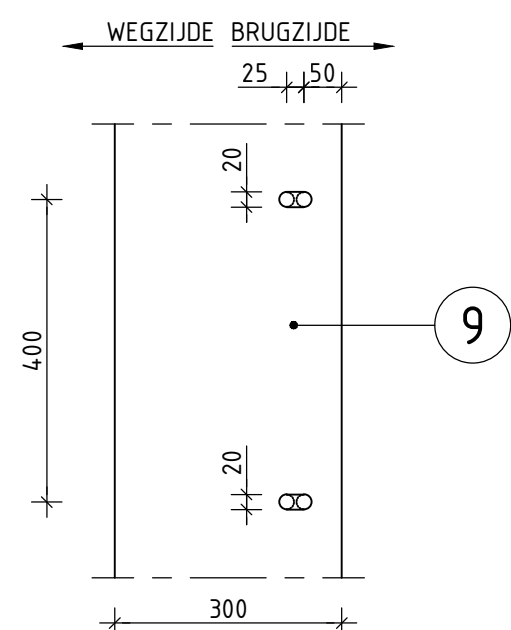
OPMERKINGEN :

- VOOR OVERIGE STOOTPLATEN DIENT DE LENGTE BEPAALD TE WORDEN CONFORM RTD 1011
- DE WAPENING IS BEPAALD CONFORM DE RTD1023
- GAIN VULLEN MET BITUMEN
- DE AAN TE HOUDEN MILIEUKLASSEN VOOR BOVENZIJDEN VAN STOOTPLATEN EN -VLOEREN ZIJN XC4, XD3 EN XF4. VOOR DE OVERIGE ZIJDEN GELDT XC2, XD2 EN XF3.
- DEKKING 60 mm
- BETONKLASSE C30/37
- POS. 3 ALLEEN BIJ IN SITU STOOTPLATEN

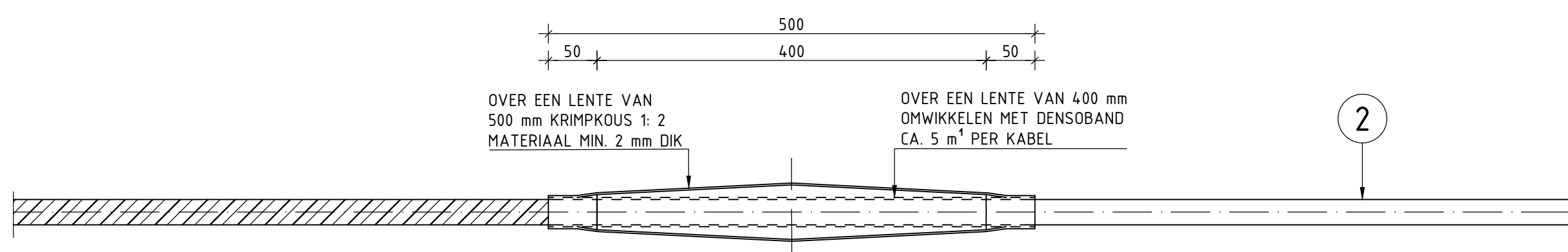
 Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu				 Postbus 412 2000 AG, Rotterdam Rijkswaterstaat 44730 2445 NK Oostwoud Tel: 0172 61 61 60 www.wagemaker.nl	
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN					
OVERGANGCONSTRUCTIES					
STOOTPLAAT , TER PLAATSE GESTORT OF PREFAB, L=5000					
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij		formaat A1 schaal div.
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad	in	bladen regnr
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status	DEFINITIEF	versie 1.0 teknr RWS-STOOT-01



DOORSNEDE OVER STOOTVLOER
schaal 1:20



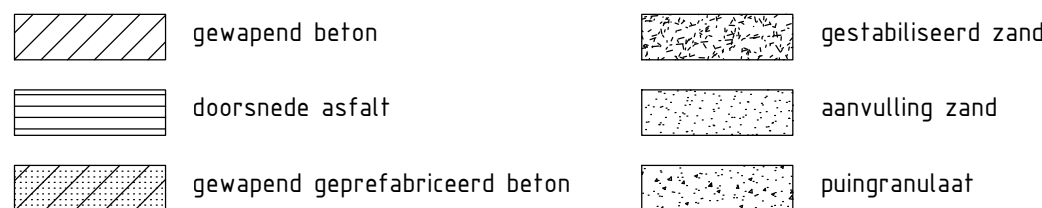
AANZICHT C
schaal 1:10



DETAIL OMKLEDING KOPPELING (KABEL H.O.H. AFSTAND = GEMIDDELD 700)
schaal 1:5

temperatuurbeweging t.p.v. einde stootvloer zomer - winter per zijde (mm)	minimale dikte totale asfaltpakket (incl. deklaag) (mm)	minimale aantal lagen pos. 15	minimale aantal lagen pos. 14	minimale aantal lagen pos. 9	verankerings- lengte L (m)
< 5	afhankelijk van verkeersbelasting	geen extra voorzieningen			
5 - 7	afhankelijk van verkeersbelasting	alleen pos. 3			
7 - 9	ca. 200	1	2	1	-
9 - 14	ca. 250	2	2	2	-
14 - 19	ca. 300	2	3	3	5
19 - 22	ca. 350	3	3	4	10
22 - 25	ca. 350	3	3	5	15

VERKLARING:

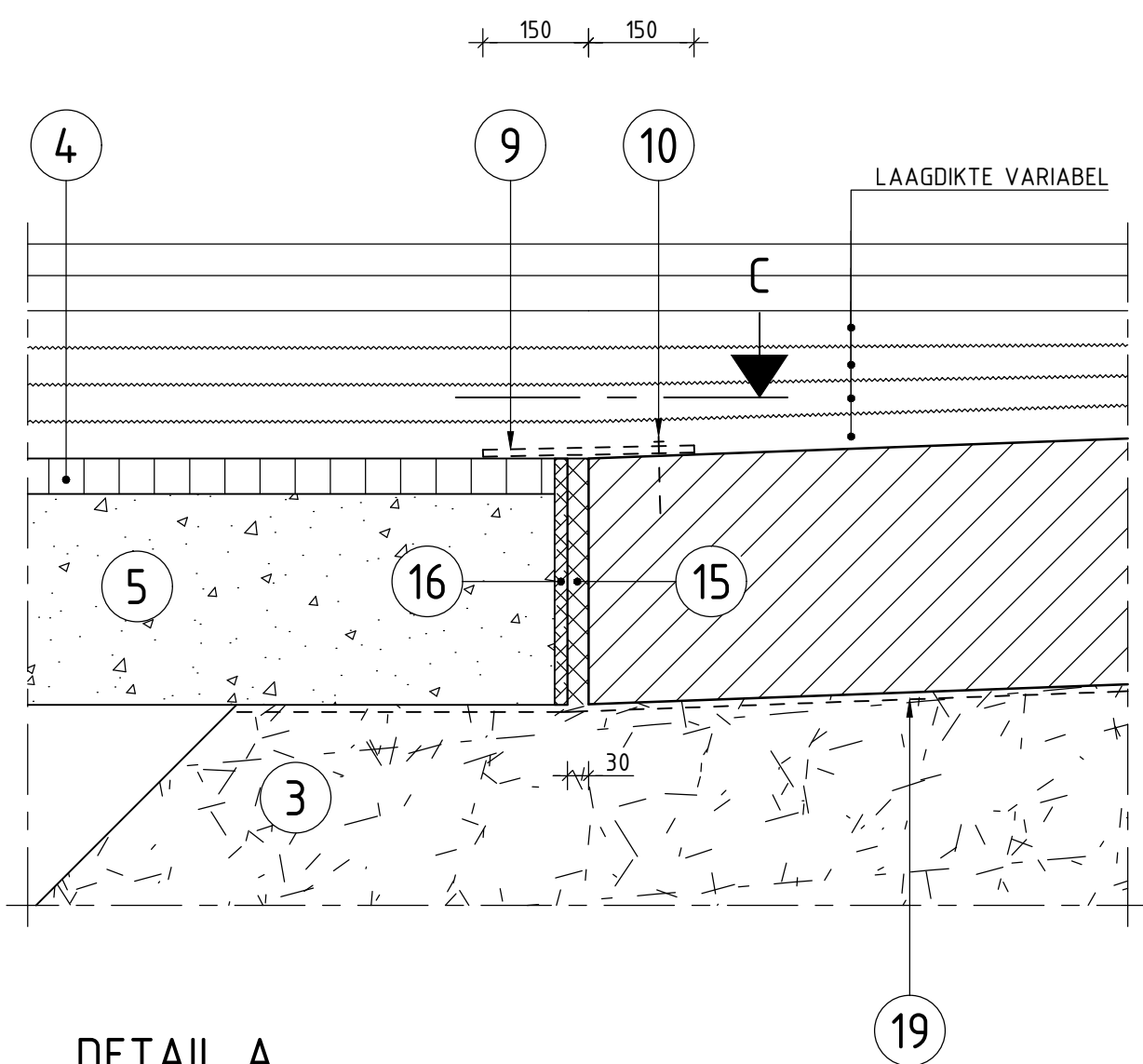


TOELICHTING

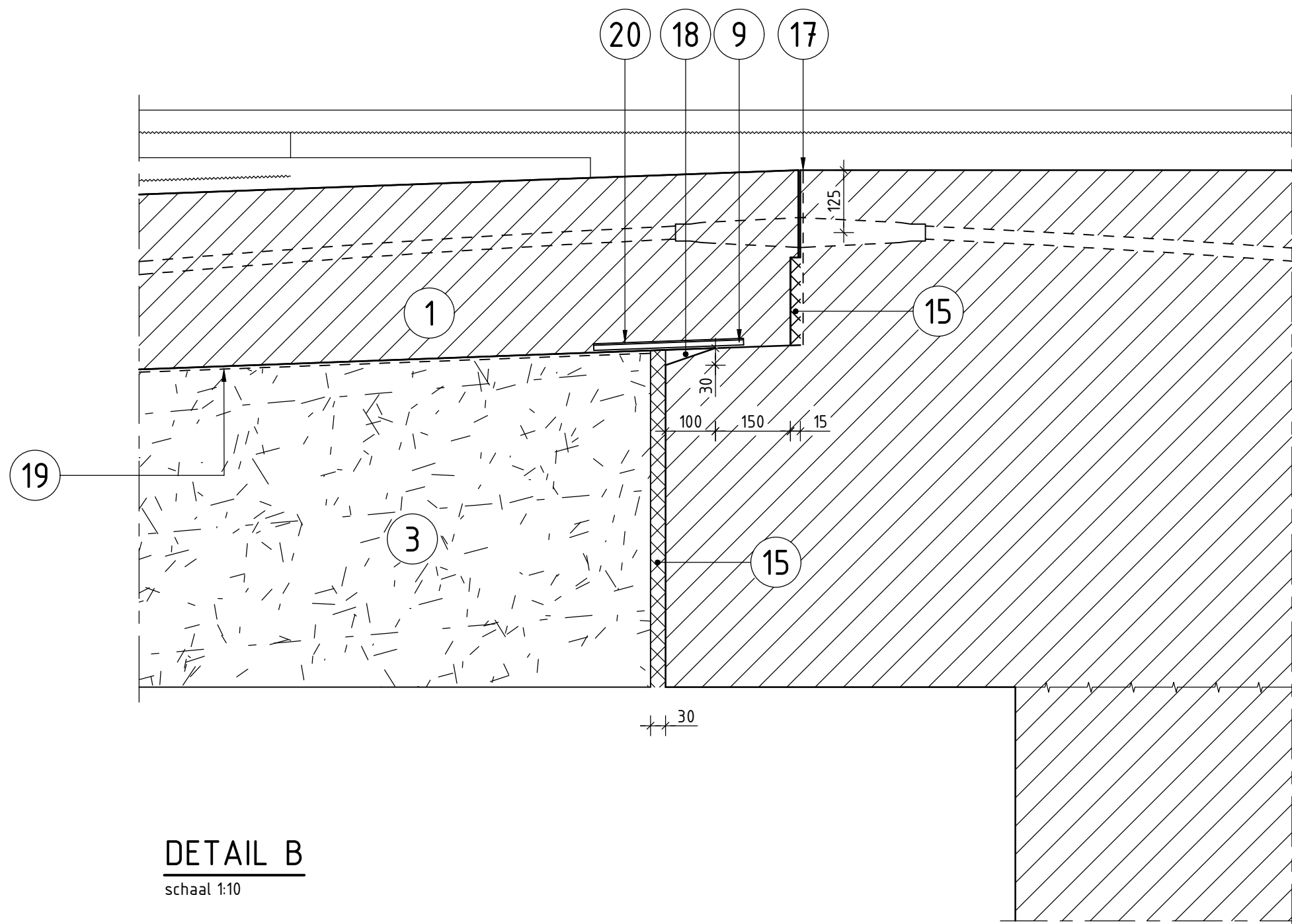
POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	STOOTVLOER	GEWAPEND BETON	MIN. 5000 x 350
2	KABEL	RVS AISI 316	1x 19 DRADEN, Ø=22, LENGTE=3500
3	GESTABILISEERD ZAND	175 KG CEMENT / M3	
4	WERKVLOER	ASFALT	MIN. D= 50 mm
5	WEGFUNDERING	GRANULAAT	
6	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN. D= 50 mm
7	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
8	ASFALTVERHARDING	GLASGRID 8501	
9	PLAAT	STAAL	300 x 10 x L
10	ANKER (MET BOUT EN SLUITRING)	STAAL	M 16, BOORGAT Ø20
11	KLEEFILAAG	EMUFLEX N	0,8 KG / m2
12	GLIJLAAG	SAMISEAL	2,5 KG / m2
13	GEMODIFICEERD WEGVERHARDING	STAB 0/16 MET SFBF-90 BITUMEN	D= 50
14	GEMODIFICEERD WEGVERHARDING	THERMIFALT	D= 50
15	SAMENDRUKBAAR MATERIAAL		D= 20 mm
16	MULTIPLEX	GEPERSTE HOUT	D= 18 mm
17	ONTHECHTINGSMIDDEL		
18	HOLLE RUIMTE		
19	FOLIE	HDPE	D= 2 mm
20	MULTIPLEX	GEPERSTE HOUT	D= 4 mm +PLAKFOLIE 0,3 mm

OPMERKINGEN :

- POS. 12: AFSTROOIEN MET DROOG BREKERZAND
- POS. 13: AFSTROOIEN MET CA. 10 KG / m2 STEENSLAG 8/16 (± 50% OPPERVLAK BEDEKT)
- POS. 13: AANBRENGEN OP POS. 12 OVER GEHEEL OPPERVLAK POS. 2 EN POS. 5
- OP POS. 9: HECHTLAAG AANBRENGEN 1,5 KG / m2 SAM-C 30 AFGESTROOID MET CA. 8 KG / m2 STEENSLAG 8/16 (± 50% OPPERVLAK BEDEKT)
- ALLE STALEN ONDERDELEN THERMISCH VERZINKEN

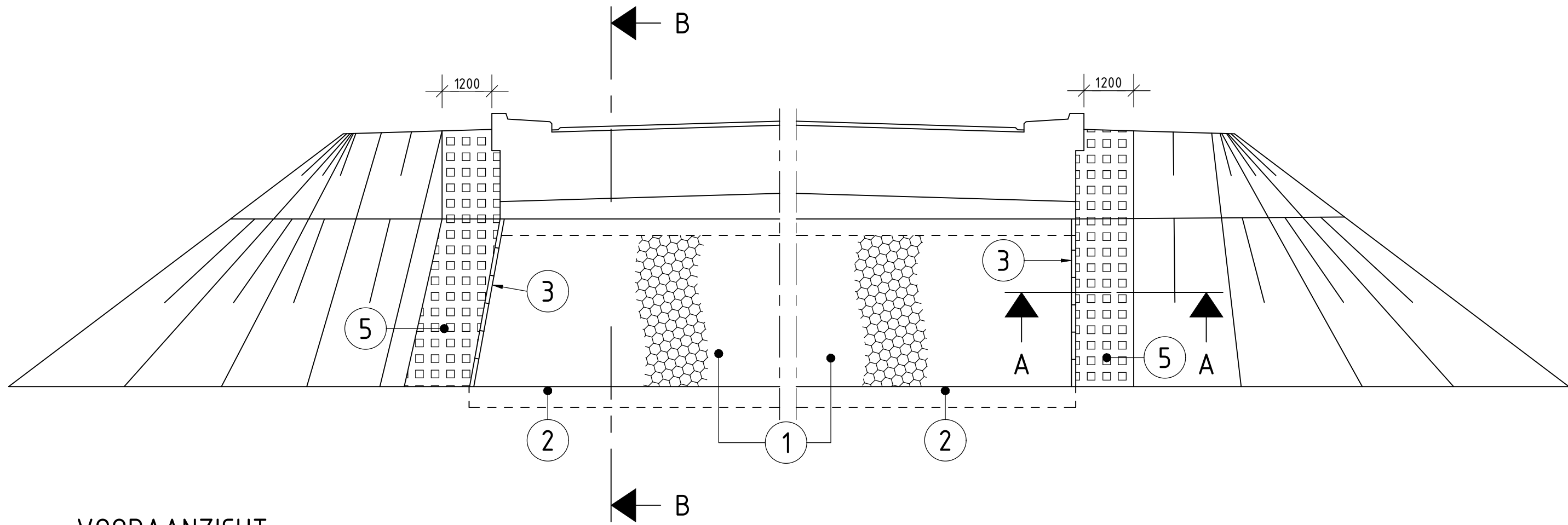


DETAIL A
schaal 1:10

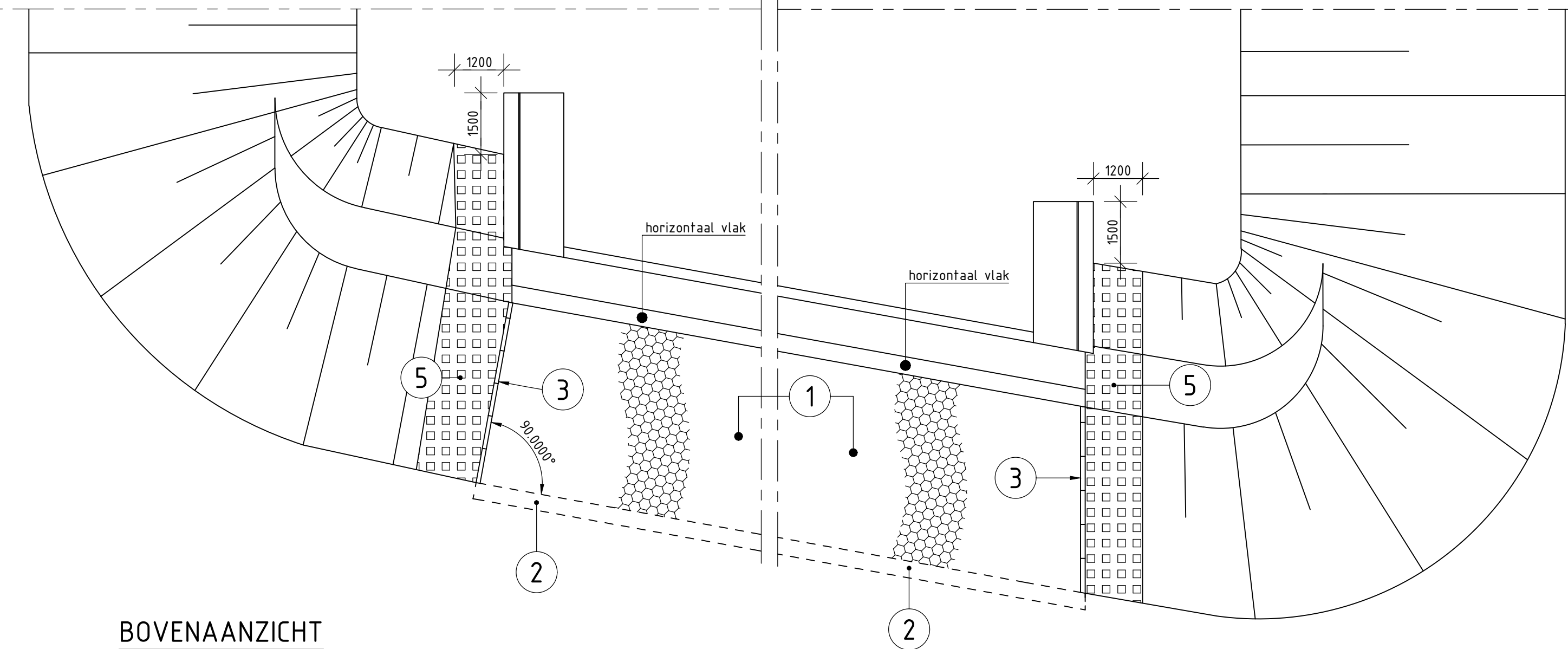


DETAIL B
schaal 1:10

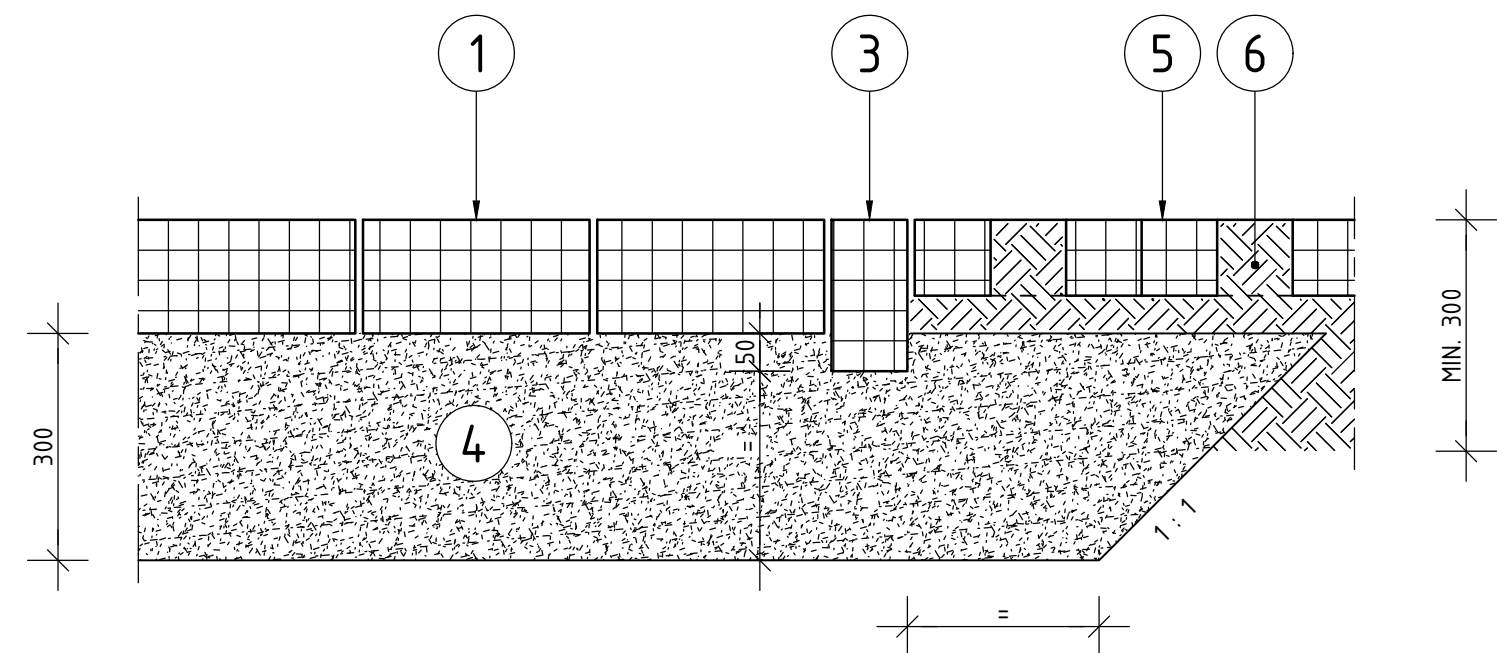
RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN			
OVERGANGSCONSTRUCTIES			
VOEGLOZE OVERGANG VOOR (SEMI) INTEGRALE KUNSTWERKEN			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0
		teknr	RWS-STOOT-02



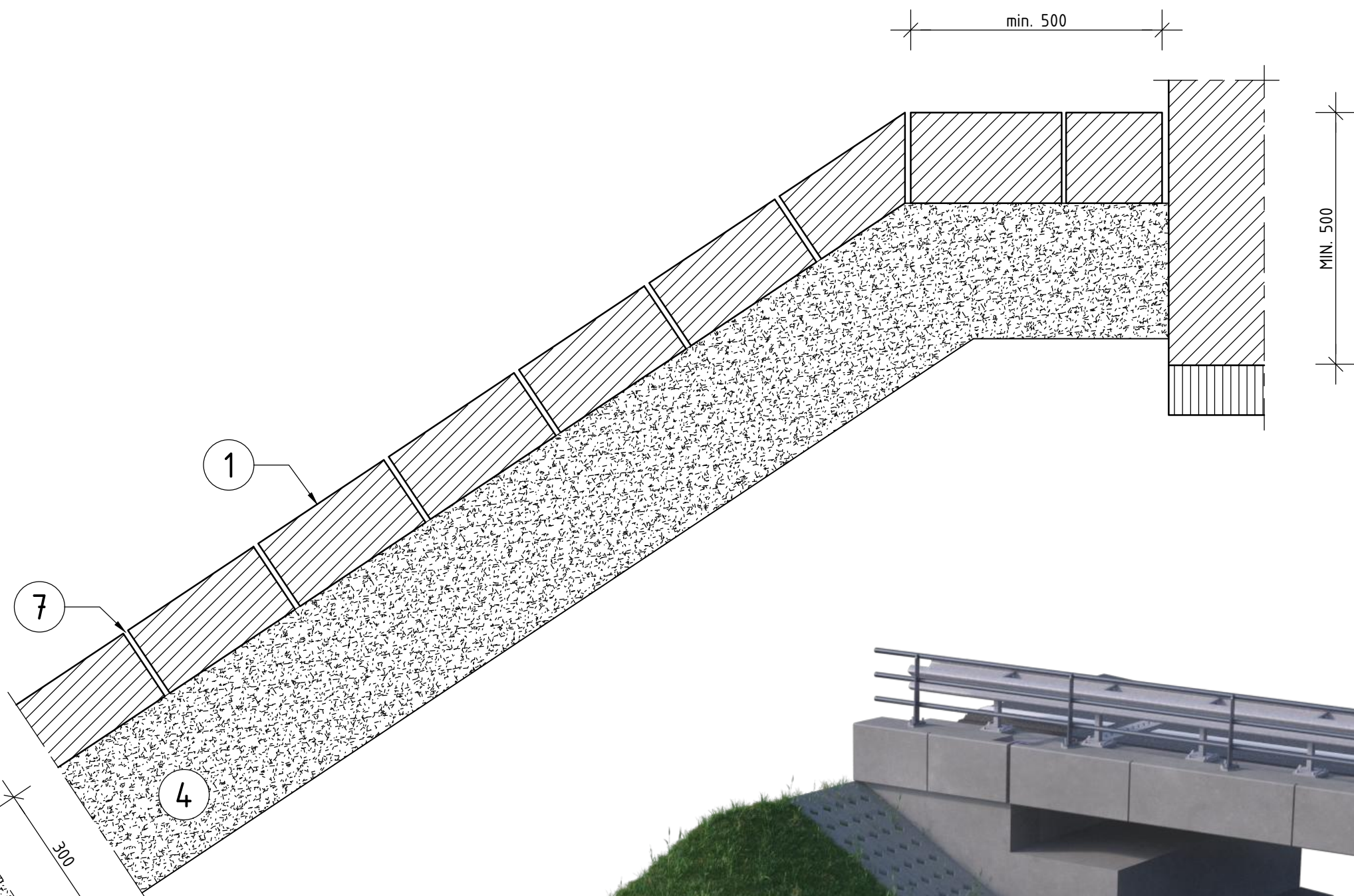
VOORAANZICHT
schaal 1:100



BOVENAANZICHT
schaal 1:100



DOORSNEDE A-A
schaal 1:10



DOORSNEDE B-B
schaal 1:10

3D VIEW

VERKLARING:

	gestabiliseerd zand		grasbetonsteen
	gewapend beton		taludbekleding basaltcon betonzuilen
	werkvloer		teelaarde

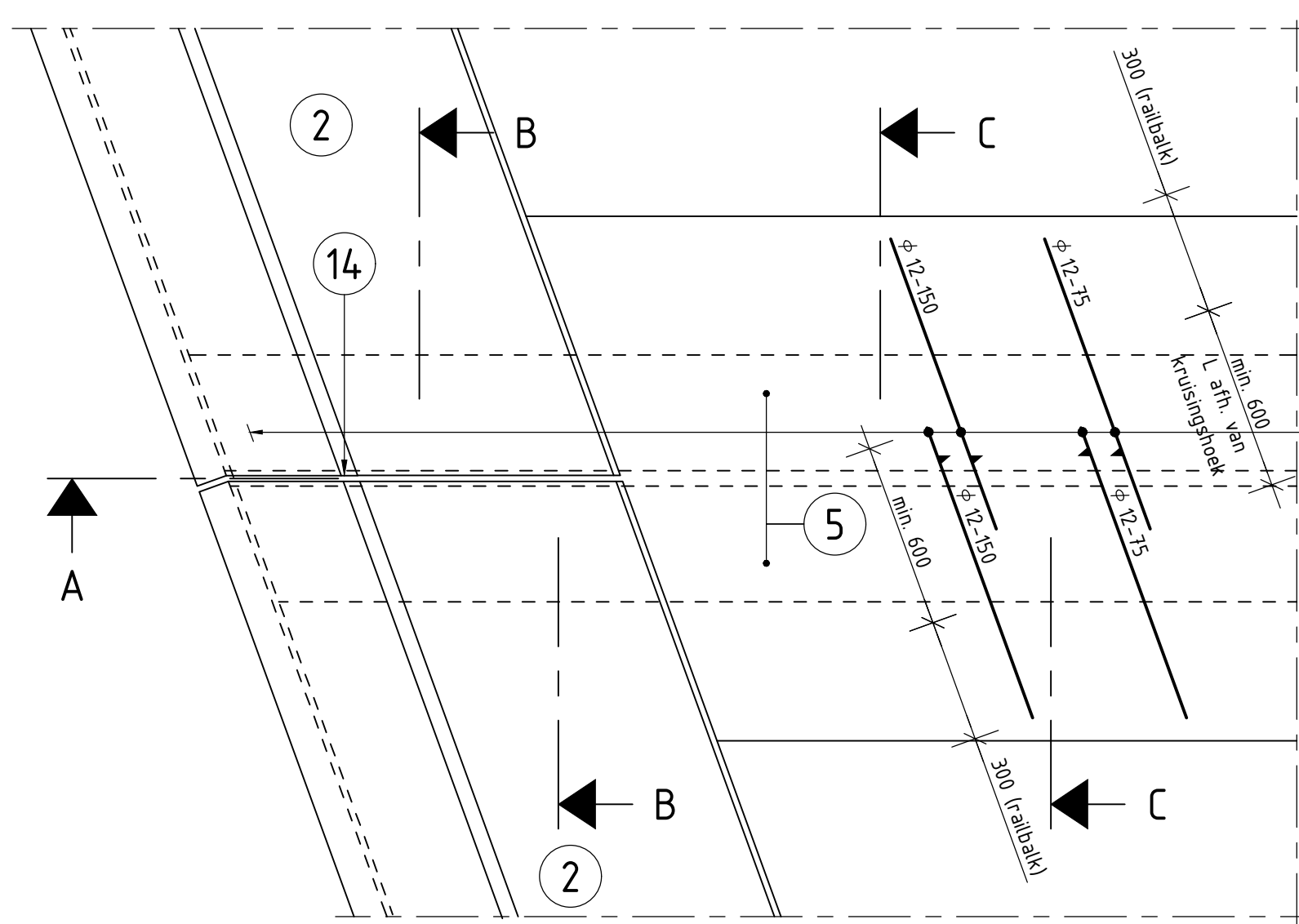
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	TALUDBEKLEDING	BASALTON BETONZUILEN	MIN.: H= 150
2	OPSLUITBALK	GEWAPEND BETON	400 x 500
3	PREFAB. OPSLUITBAND	BETON	100 x 200 x LENGTE
4	GESTABILISEERD ZAND	125 KG CEMENT / M3	D= 300
5	TALUDBEKLEDING	GRASBETON -STENEN -TEGELS	STANDAARD LEVERANCIER
6	BEKLEDING	TEELAARDE	
7	VULMATERIAAL	SPLIT	2/16

OPMERKINGEN :

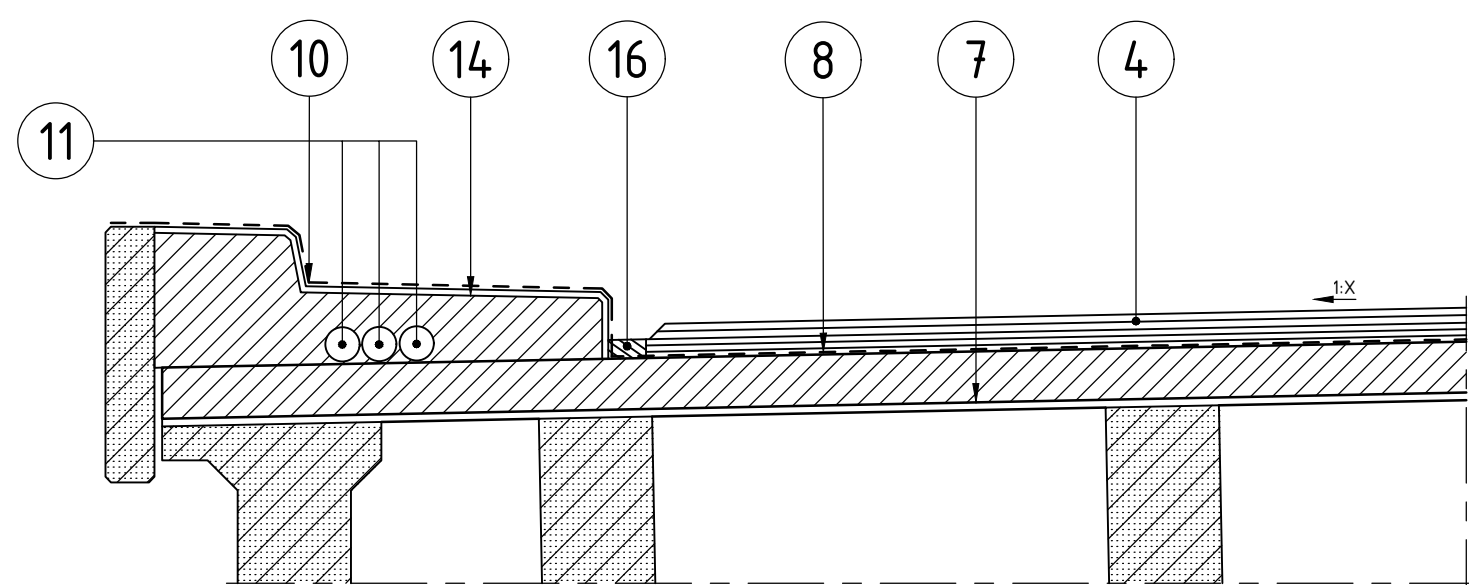
- POS. 7 SPLIT IN KLEUR VAN TALUDBEKLEDING
- TALUD INZAAIEN MET GRASMENGSEL CONFORM EIS BEHEERDER

RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN	
TALUDBEKLEDINGEN	
TALUDBEKLEDING TEGELS, KLINKERS, GRINDBETONZUILEN E.D.	
getekend WAGEMAKER 11-04-2017 behoort bij	formaat A1 schaal div.
gecontroleerd WAGEMAKER 11-04-2017 blad in bladen	regn
vrijgegeven RWS GPO 11-04-2017 status DEFINITIEF versie 1.0	teknr RWS-TALUD-01



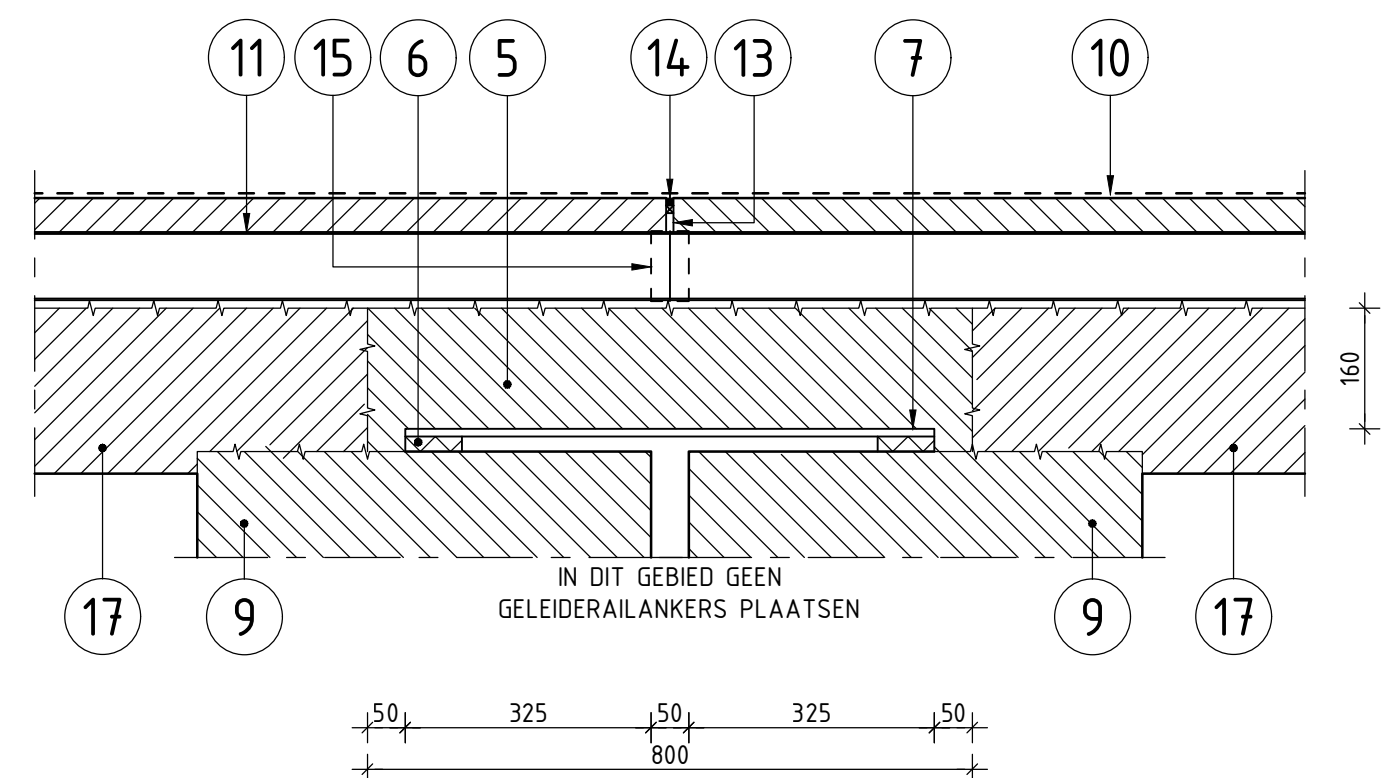
BOVENAANZICHT

schaal 1:20
t.p.v. railbalken



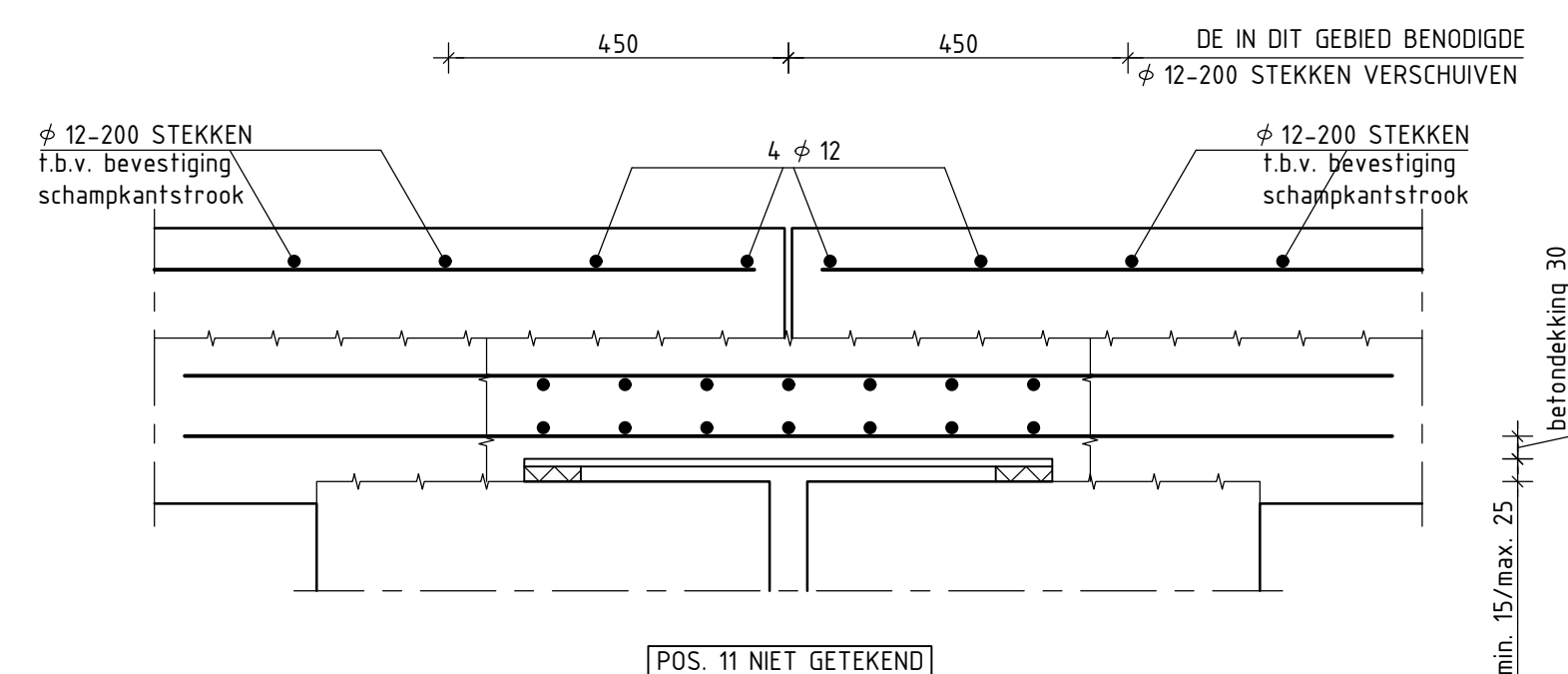
DOORSNEDE A-A (RAILBALKEN)

schaal 1:20



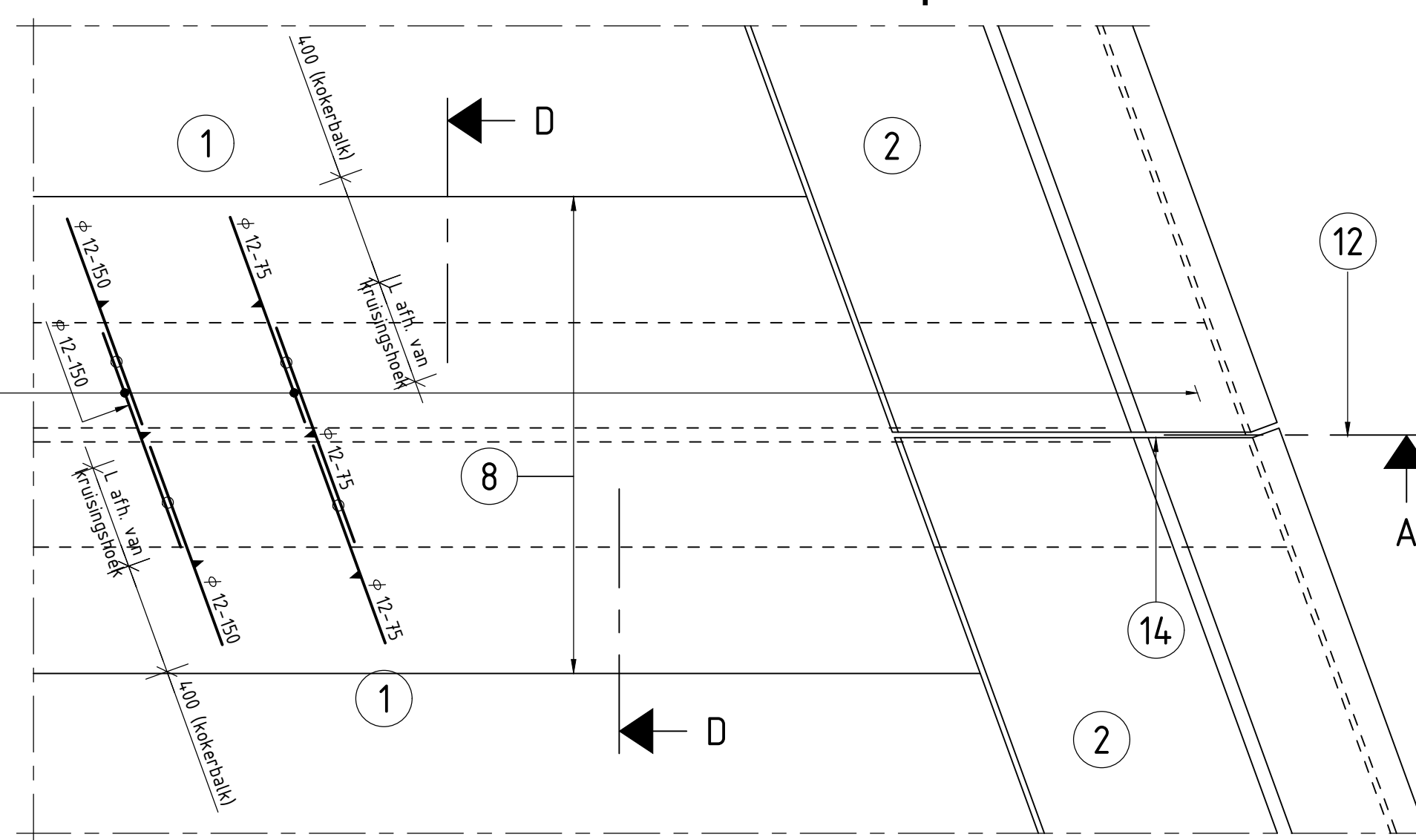
DOORSNEDE B-B, MAATVOERING

schaal 1:10



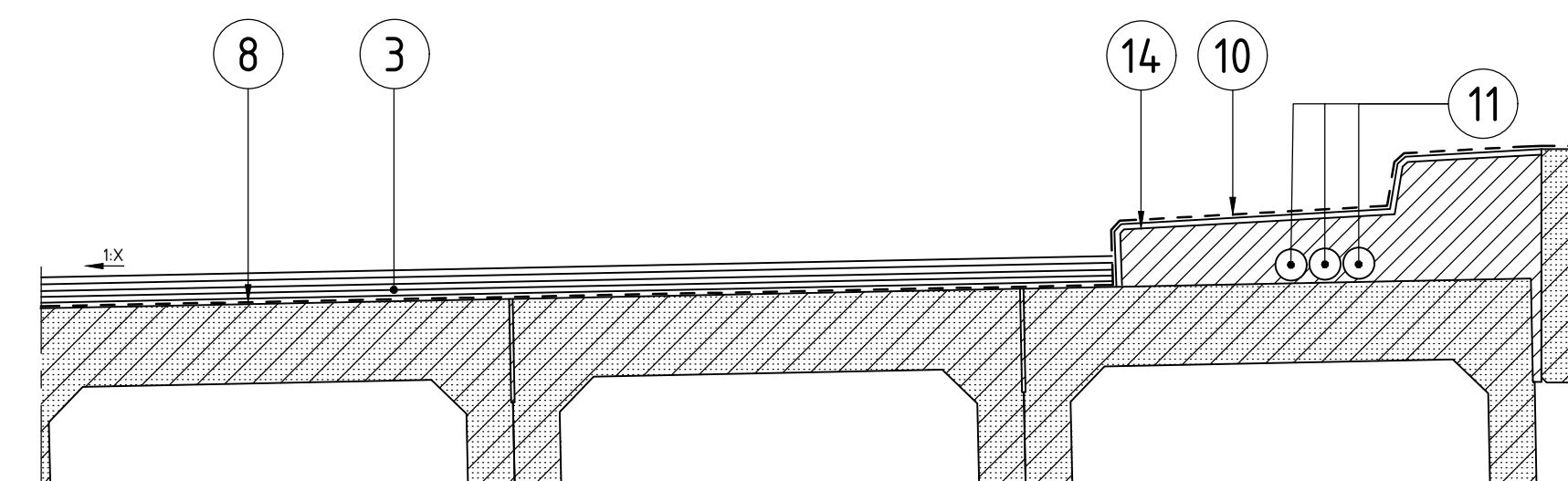
DOORSNEDE B-B, WAPENING

schaal 1:10



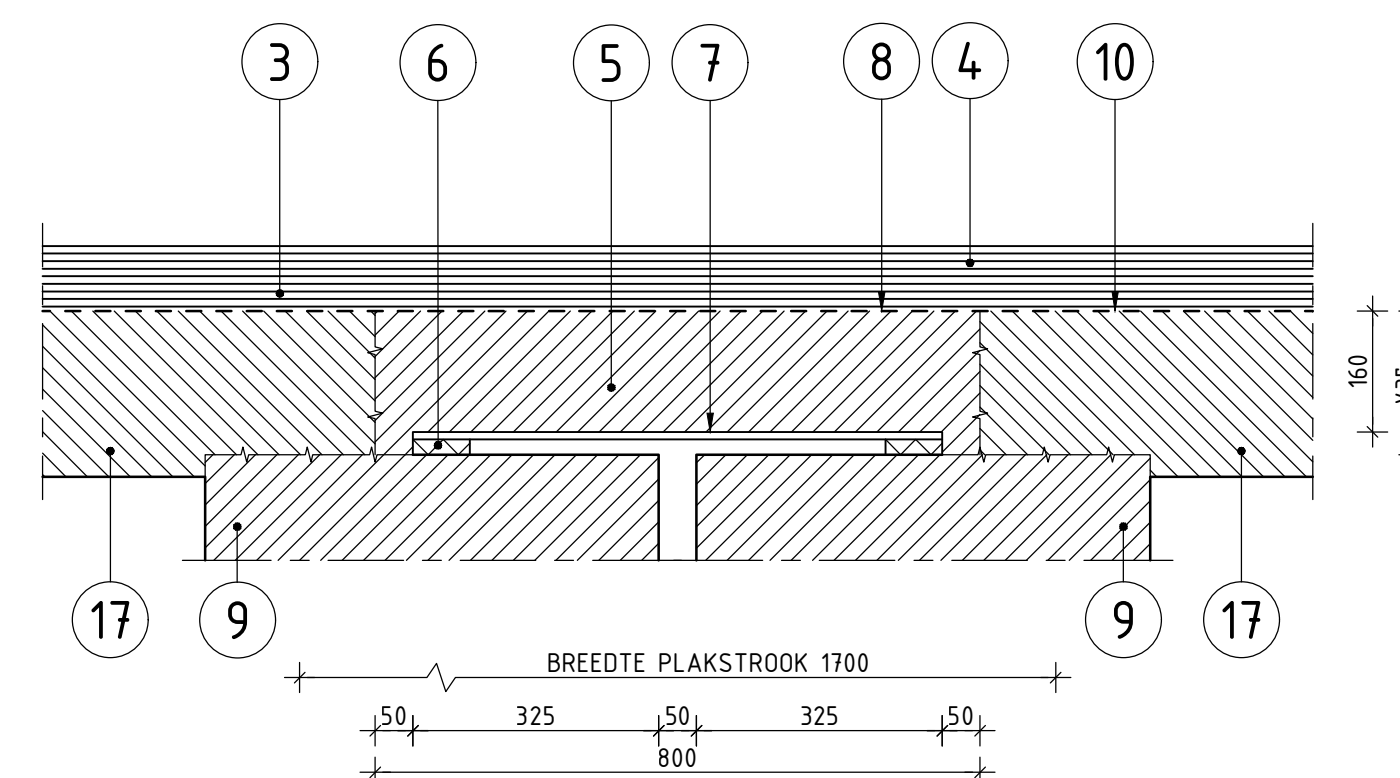
BOVENAANZICHT

schaal 1:20
 t.p.v. kokerbalken



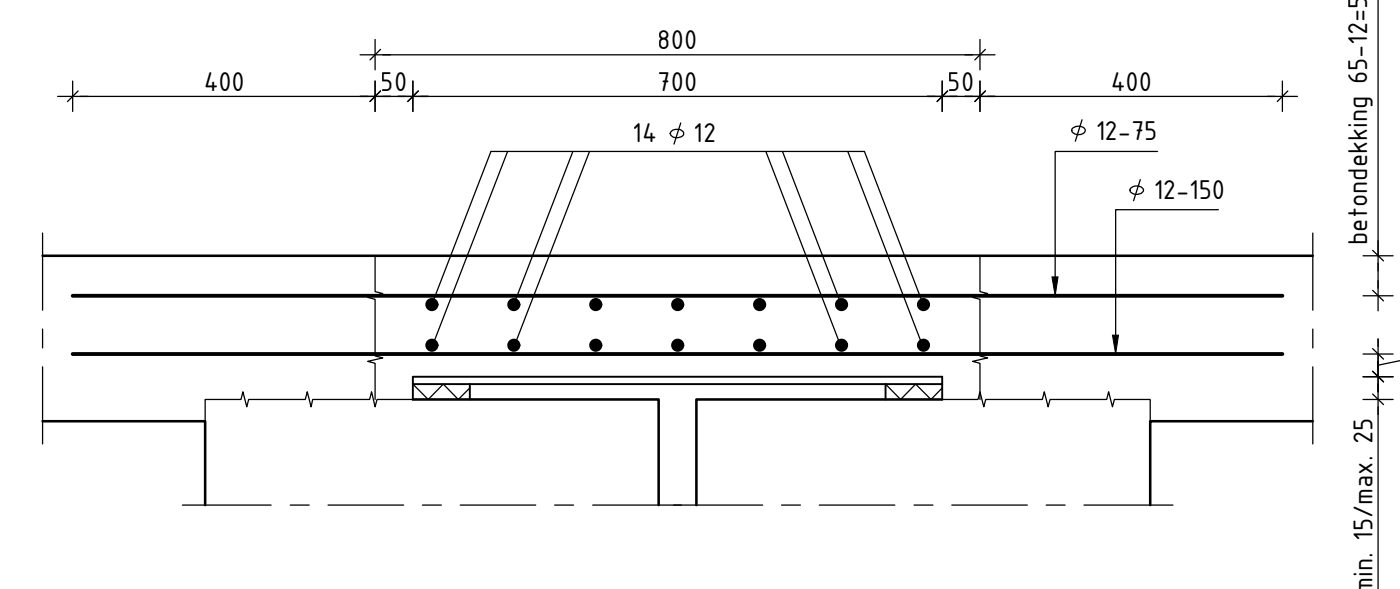
DOORSNEDE A-A (KOKERBALKEN)

schaal 1:20



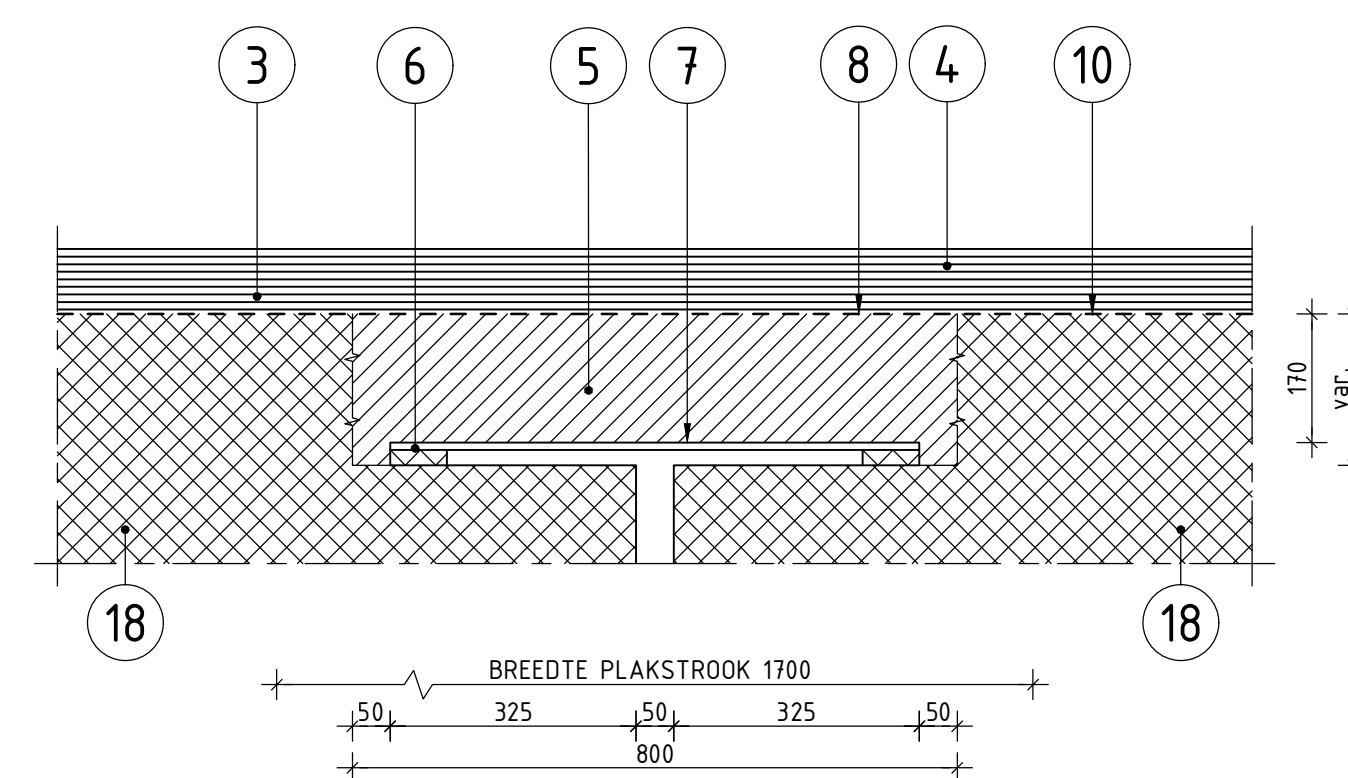
DOORSNEDE C-C, MAATVOERING RAILBALKEN MET DRUKLAAG

schaal 1:10



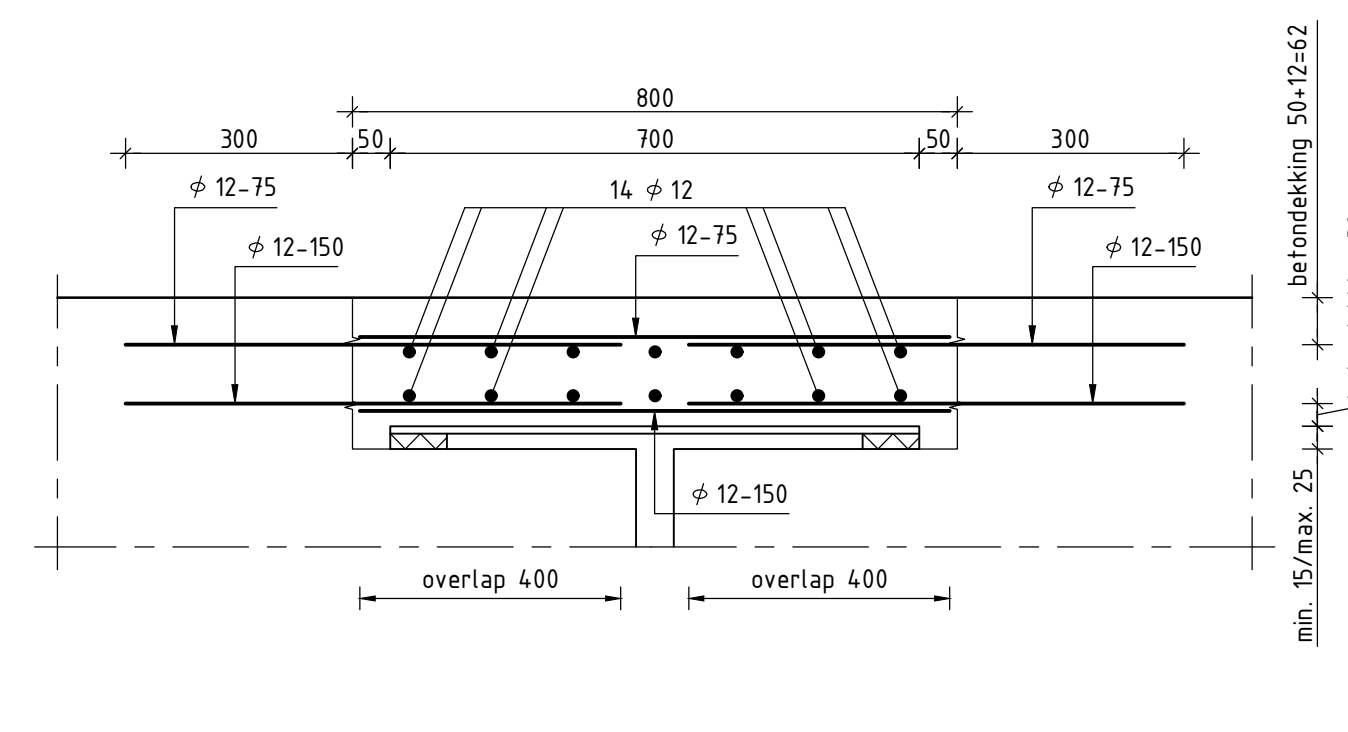
DOORSNEDE C-C, WAPENING RAILKBALKEN MET DRUKLAAG

schaal 1:10



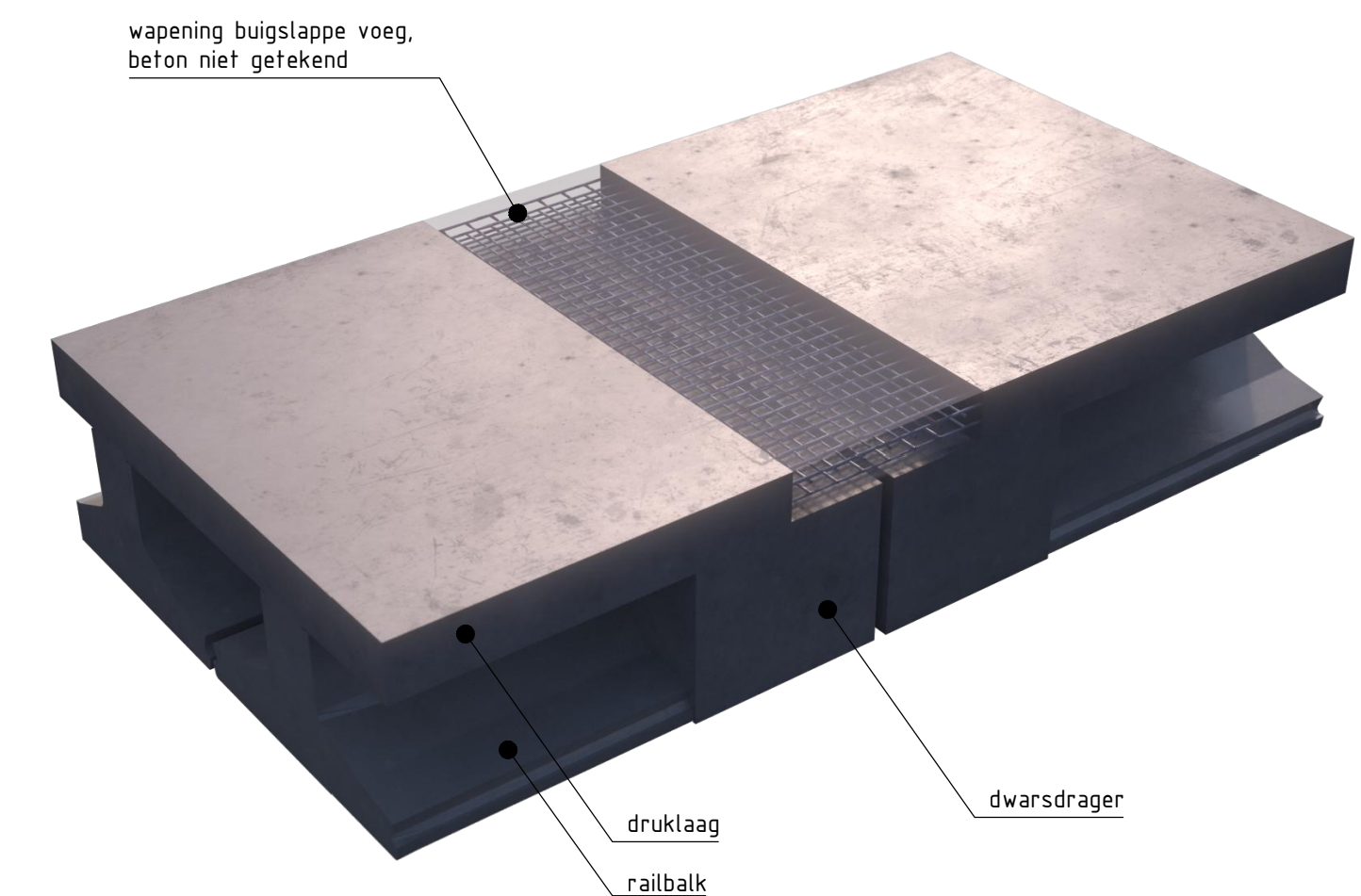
DOORSNEDE D-D, MAATVOERING KOKERBALKEN

schaal 1:10



DOORSNEDE D-D, WAPENING KOKERBALKEN

schaal 1:10



3D VIEW

VERKLARING:

	gewapend beton		asfalt
	gewapend geprefabriceerd beton		flexigoot
	voorgespannen beton		

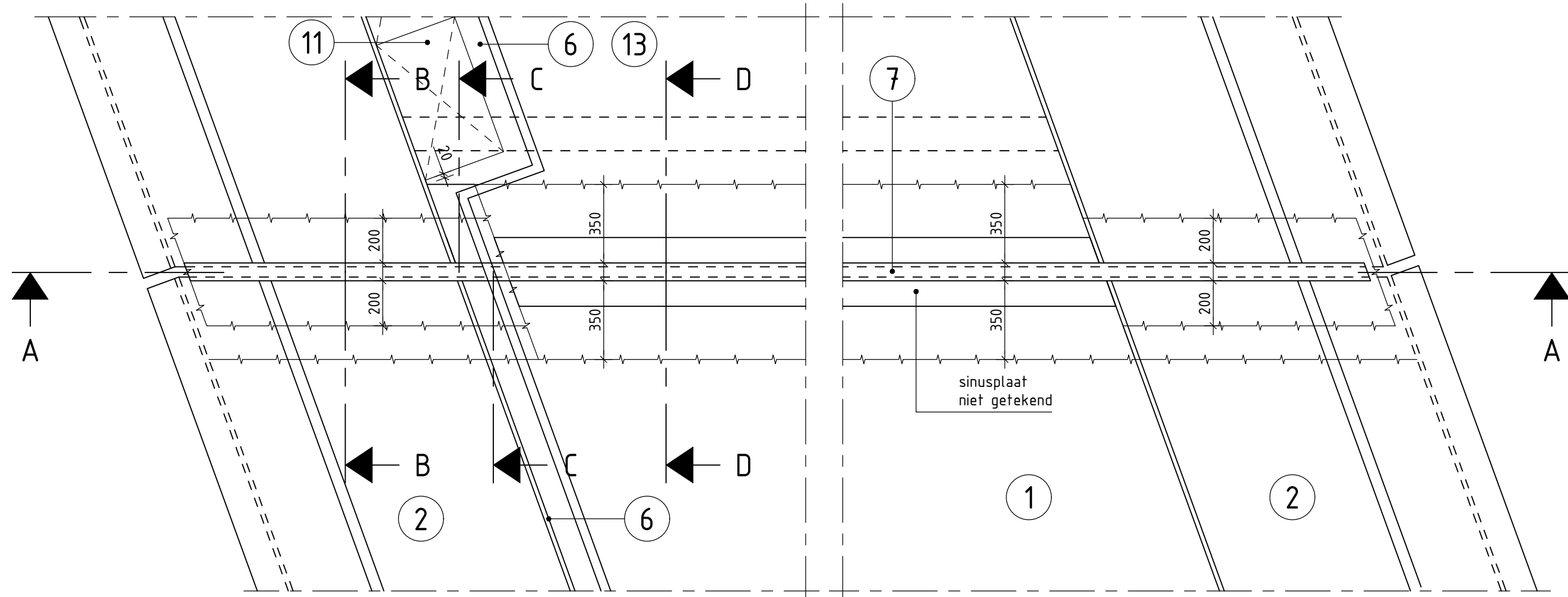
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING SPECIFICATIE
1	RIJDEK	PREFAB VOORGEESP. LIGGERS / GEW. BETON DRUKLAAG	
2	SCHAMPSTROOK	GEWAPEND BETON	
3	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN. 10
4	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
5	BUIGSLAPPE VOEG	GEW. BETON C35/45	MAX. 10
6	STROOK	POLYSTYREEN	B=100
7	PLAAT	WATERVAST TRIPLEX	B=700
8	PLAKSTROOK	PLASTIKOL UDM2S	B=170
9	DWARSDRAGER	GEW. BETON	MAX. 10
10	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1
11	KABELDOORVOER	PVC	ø90/8
12	TUSSENSTEUNPUNT	GEWAPEND BETON	
13	VOEG		B=10
14	VOEGVULLING	KIT OP RUGVULLING	D=10
15	OMWIKKELING KABELDOORVOER	DENSOBAND	B=50
16	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN. D=10
17	RAILBALK	BETON	
18	KOKERBALK	BETON	

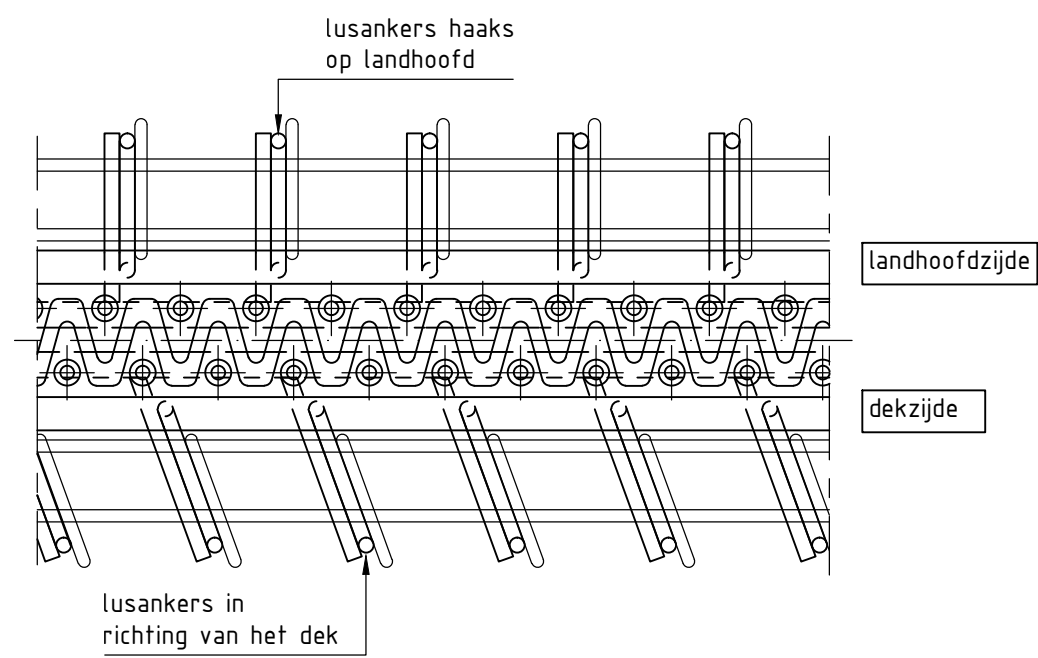
OPMERKINGEN :

- VERMELDE WAPENING GELDT TOT KRUISINGSHOEK 60 GRADEN, VOOR EEN KRUISINGSHOEK > 60 GRADEN, ZIE RTD1023
- POS. 11 TER PLAATSE VAN POS. 13 ONDERBREKEN

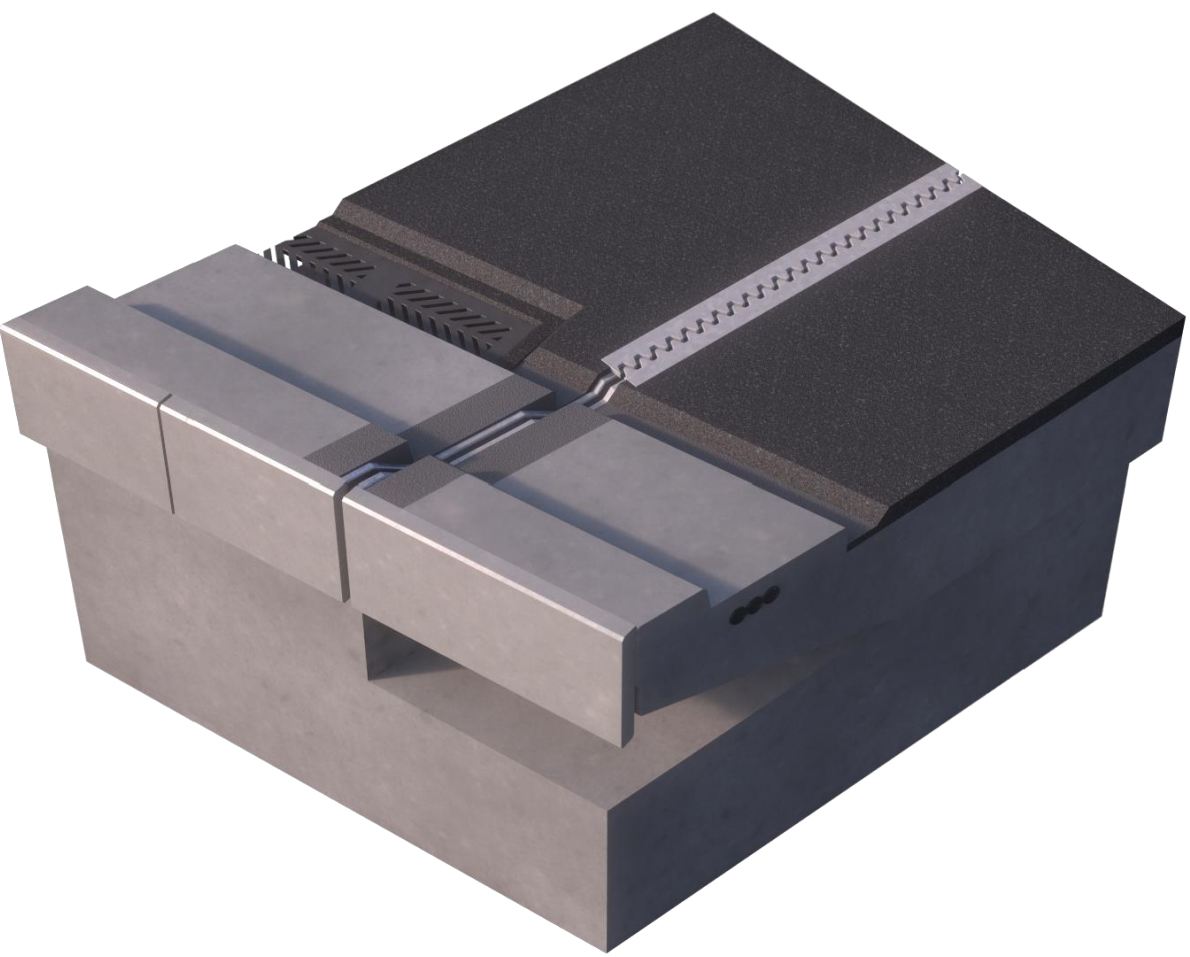
 Rijswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu				Postbus 412 2240 AK Rossum Burg. Jurgenslaan 40-0 2545 BR Rossum Tel. 073 521 64 00 www.wagemaker.nl	
RTD 1010 - STANDAARDEDETAILS BETONNEN BRUGGEN					
VOEGOVERGANGEN					
BUIGSLAPPE VOEG T.P.V. TUSSENSTEUNPUNT					
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij		formaat A1 schaal div.
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad	in	bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status	DEFINITIEF	versie 1.0 teknr RWS-VOEG-01



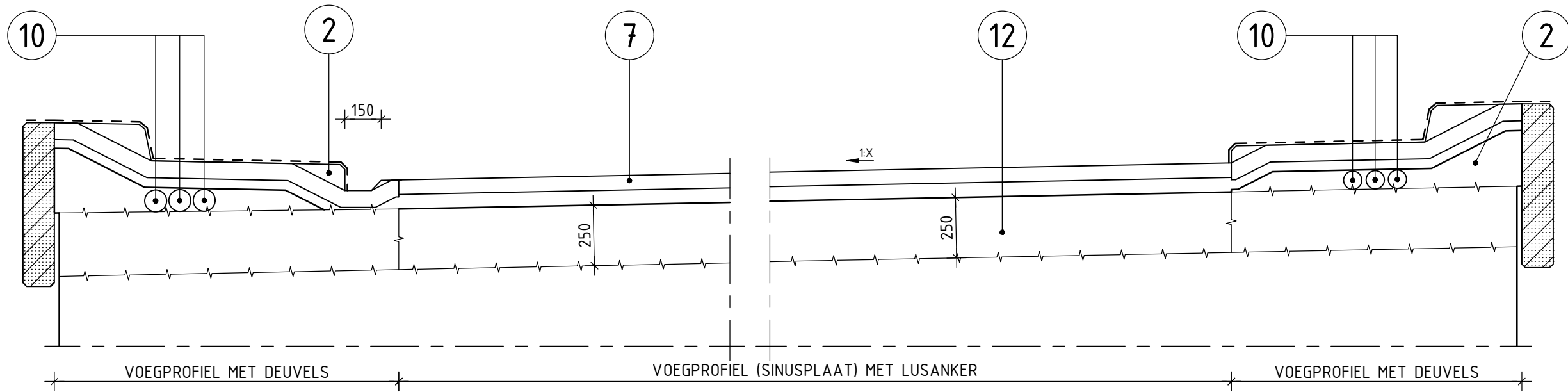
BOVENAANZICHT
schaal 1:20



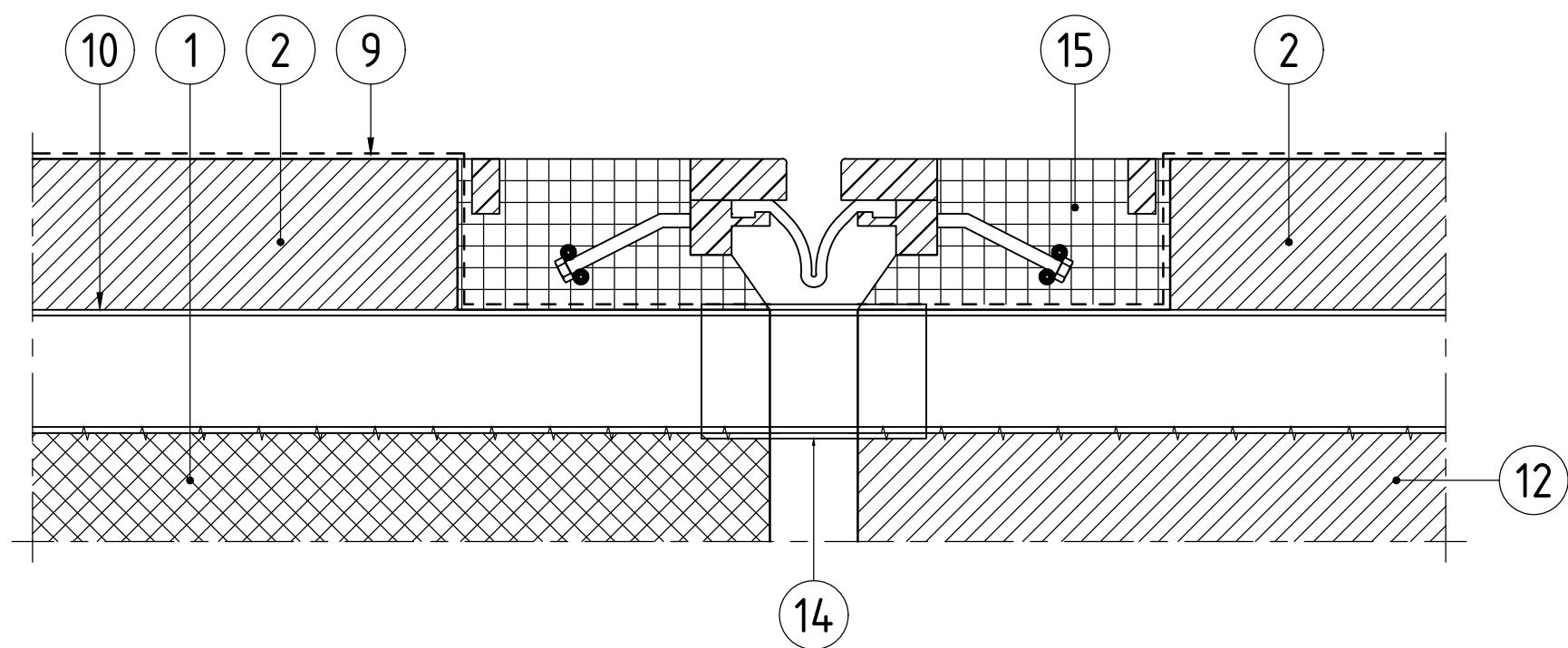
DETAIL LUSANKER
schaal 1:10



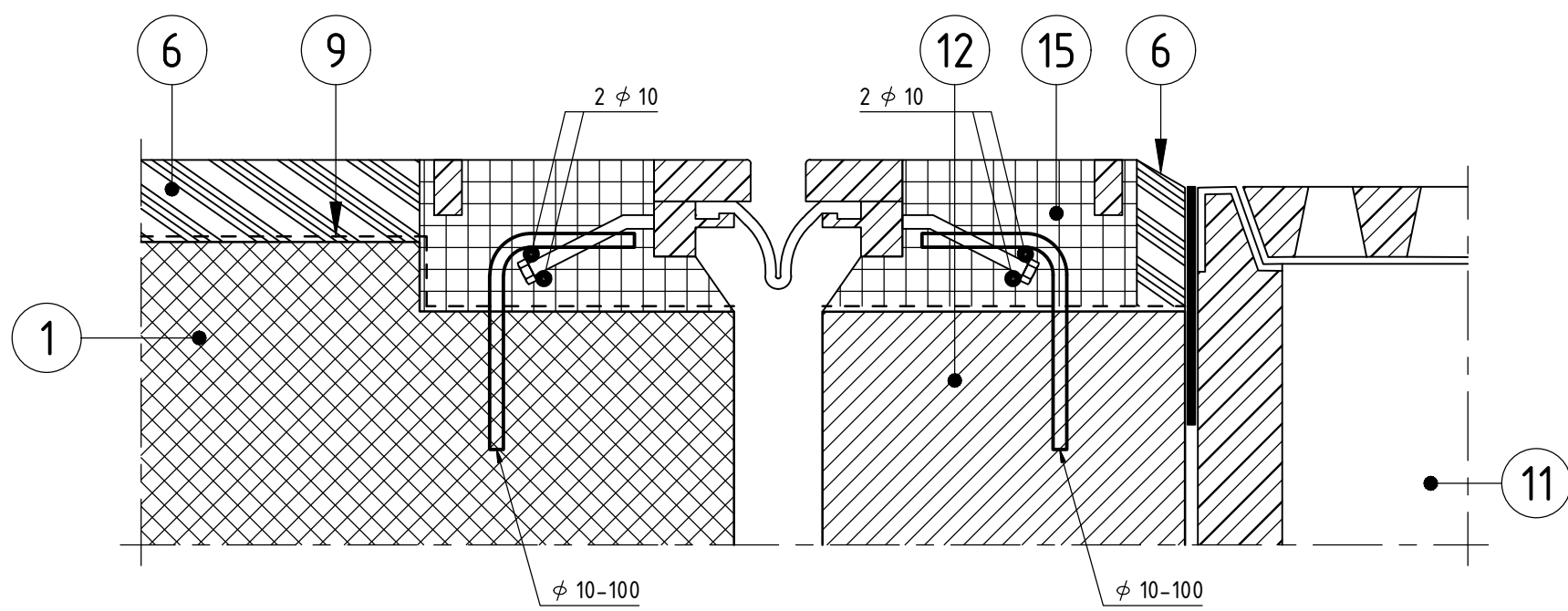
3D VIEW



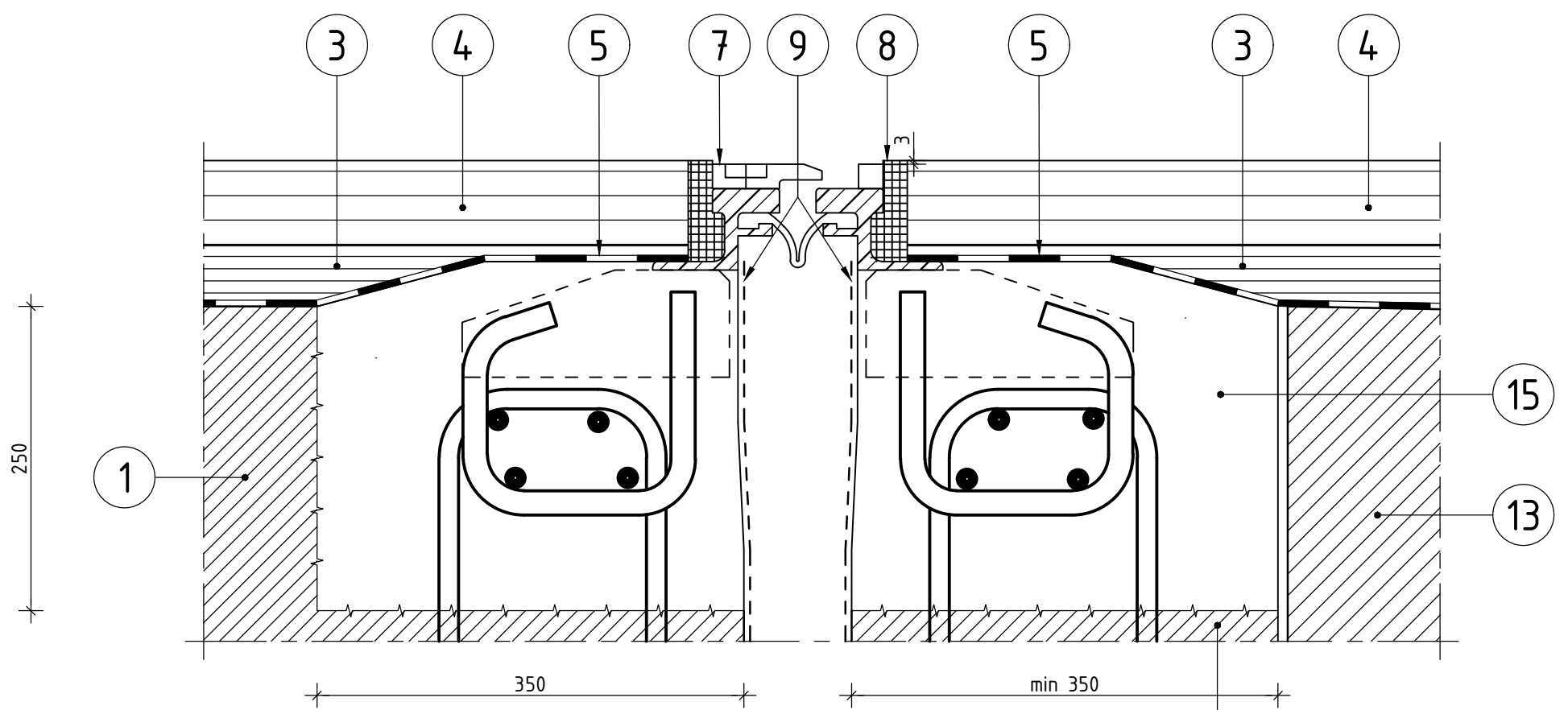
AANZICHT A-A
schaal 1:20



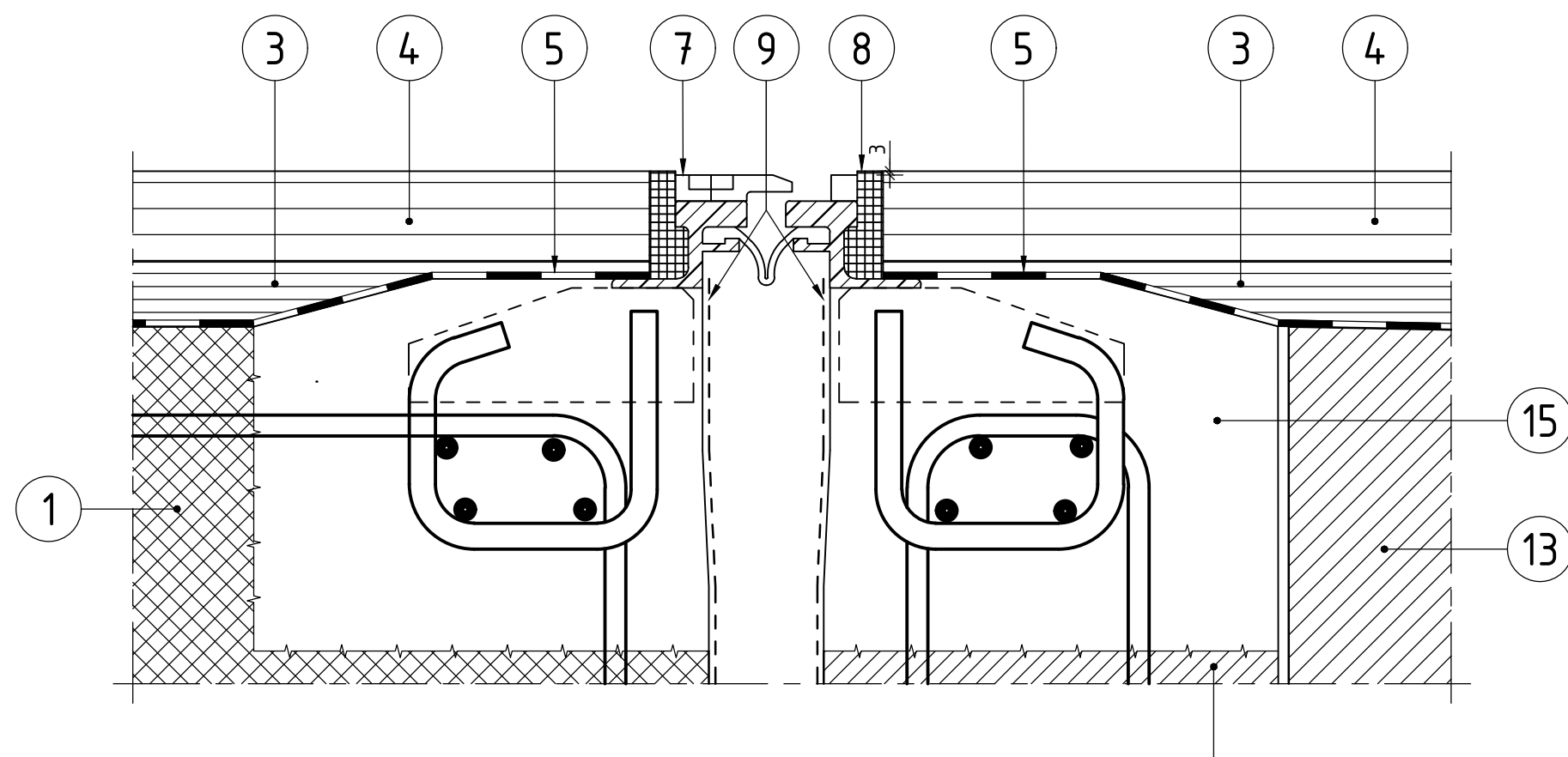
DOORSNEDE B-B
schaal 1:5



DOORSNEDE C-C
schaal 1:5



DOORSNEDE D-D (IN SITU BRUGDEK)
schaal 1:5



DOORSNEDE D-D (PREFAB BRUGDEK)
schaal 1:5

VERKLARING:

	gewapend beton		asfalt
	gewapend geprefabriceerd beton		staal
	flexigoot		constructiebeton

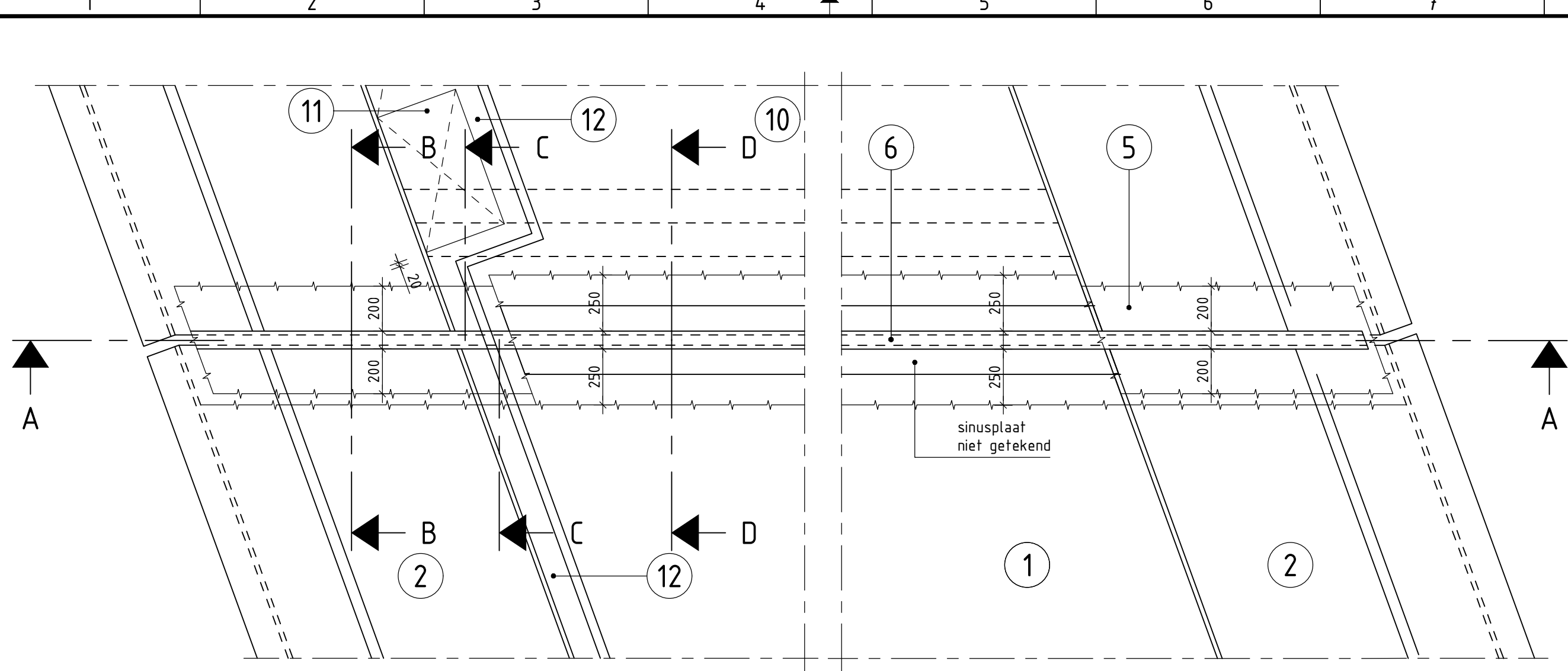
TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	RIJDEK	VOORGESP./GEW. BETON	
2	SCHAMPSTROOK	GEWAPEND BETON	
3	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D=50
4	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
5	MEMBRAAN		
6	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D=50
7	SINUSVOEGPROFIEL	RUBBER / STAAL	AFH. VAN AFM. VOEG
8	AFDICHTING	RUBBERBITUMEN	BREEDTE 20 MM
9	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERMIDDEL	RTD 1002
10	KABELDOORVOER	PVC	ø90/85.6
11	PREFAB GOOT		
12	LANDHOOFD	GEWAPEND BETON	
13	STOOTPLAAT	GEWAPEND BETON	
14	SCHUIFMOF	PVC	
15	VOEGBALK	CONSTRUCTIEBETON	MIN. C35/45 MILIEUKLASSE XD3/XF4 ASR RESISTENT

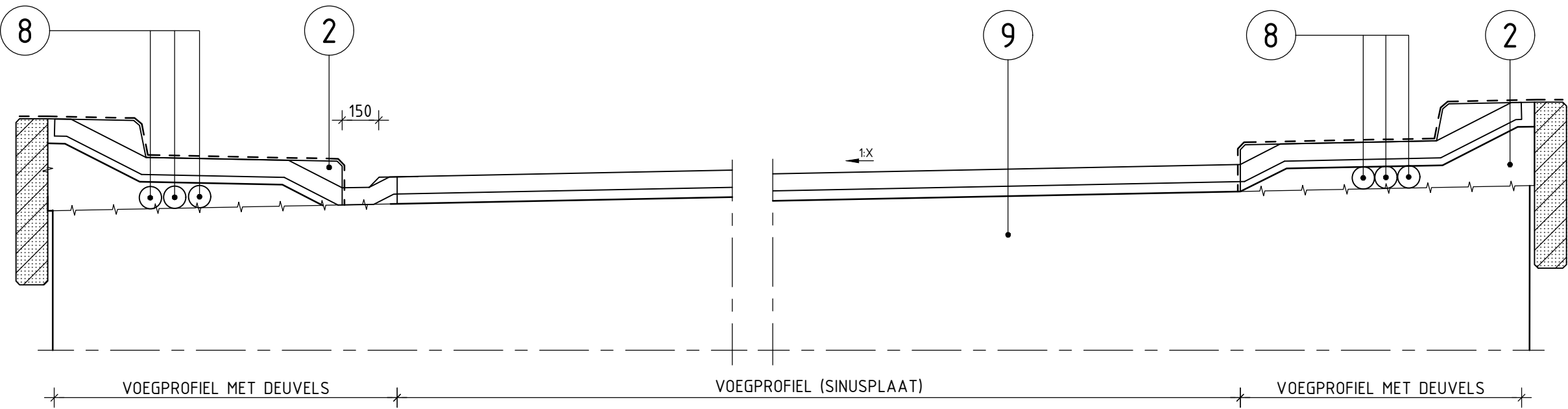
OPMERKINGEN :

- POS. 7 BOVENKANT PROFIEL MAX. 3 MM LAGER DAN AANSLUITEND ASFALT
- VOORBEHANDELEN (OPRUWEN, CEMENTHUID VERWIJDEREN) STORTNADEN T.P.V. VOEGBALK

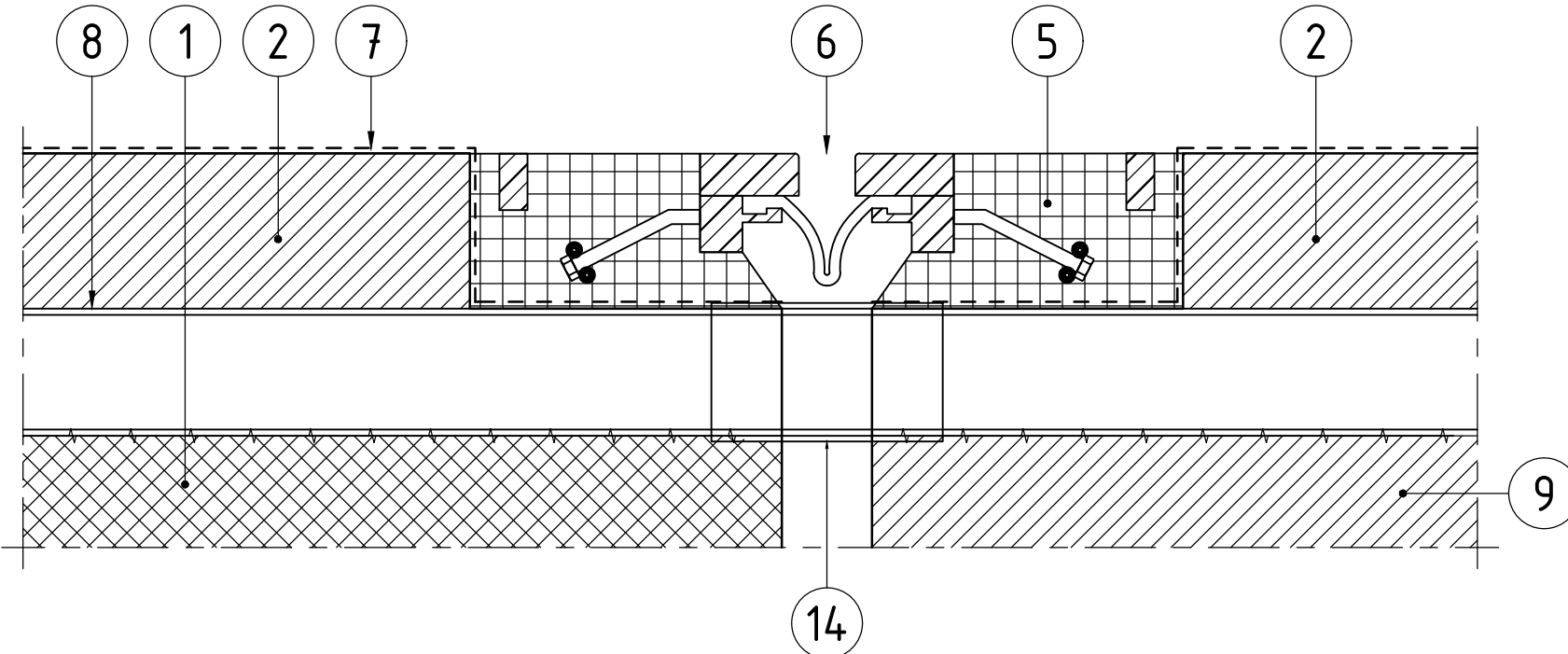
RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
VOEGOVERGANGEN			
STAAL / RUBBER SINUSVOEGPROFIEL (NIEUWBOUW)			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0
		teknr RWS-VOEG-02	



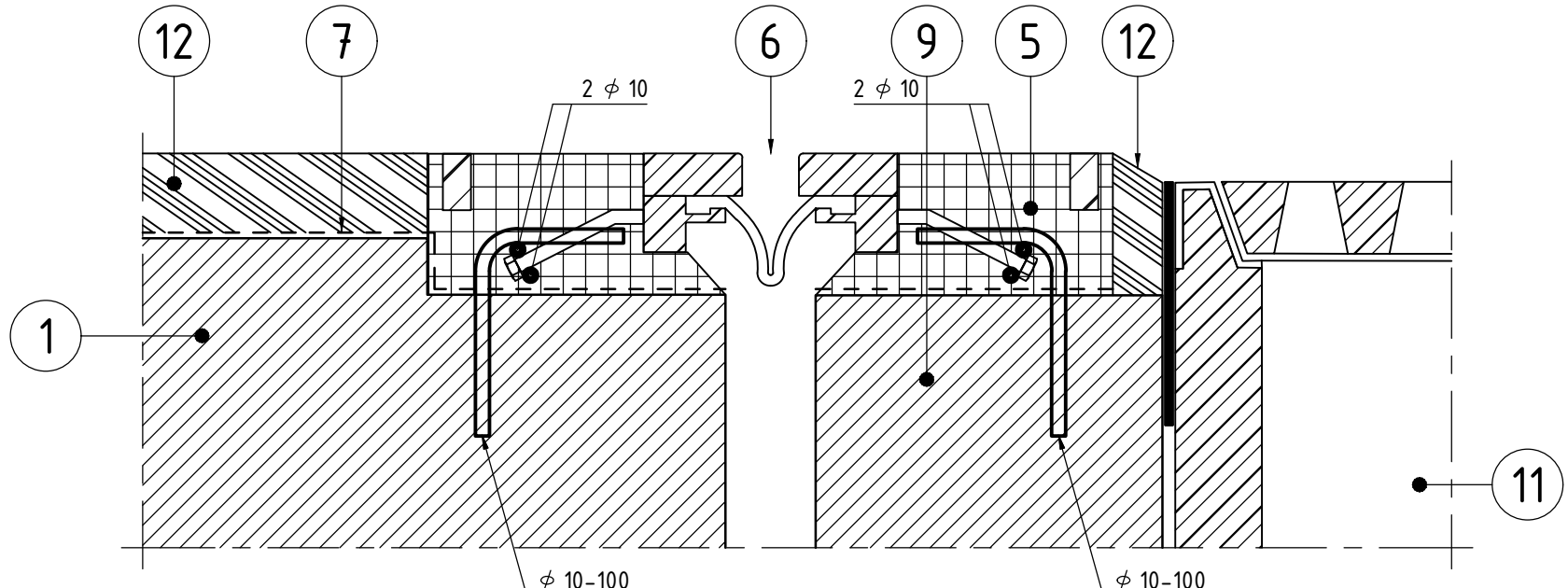
BOVENAANZICHT
schaal 1:20



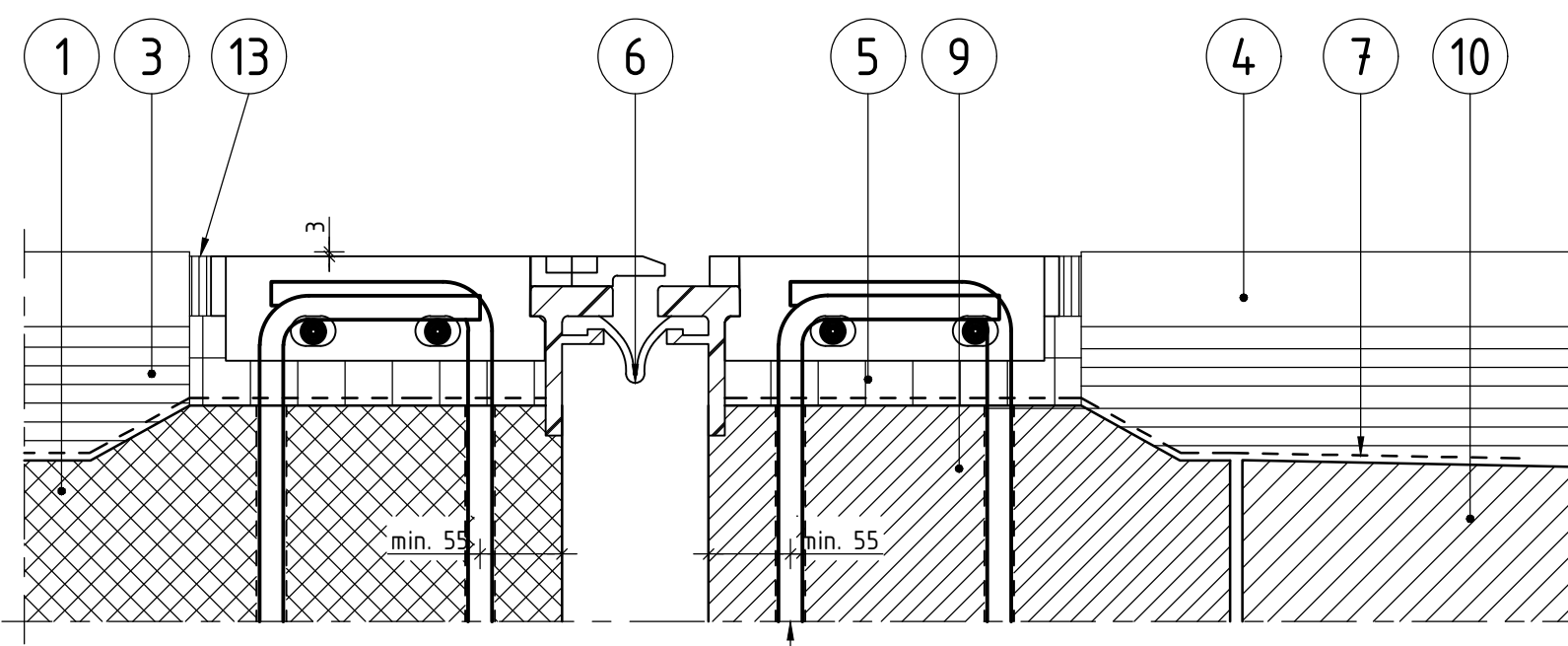
DOORSNEDE A-A
schaal 1:20



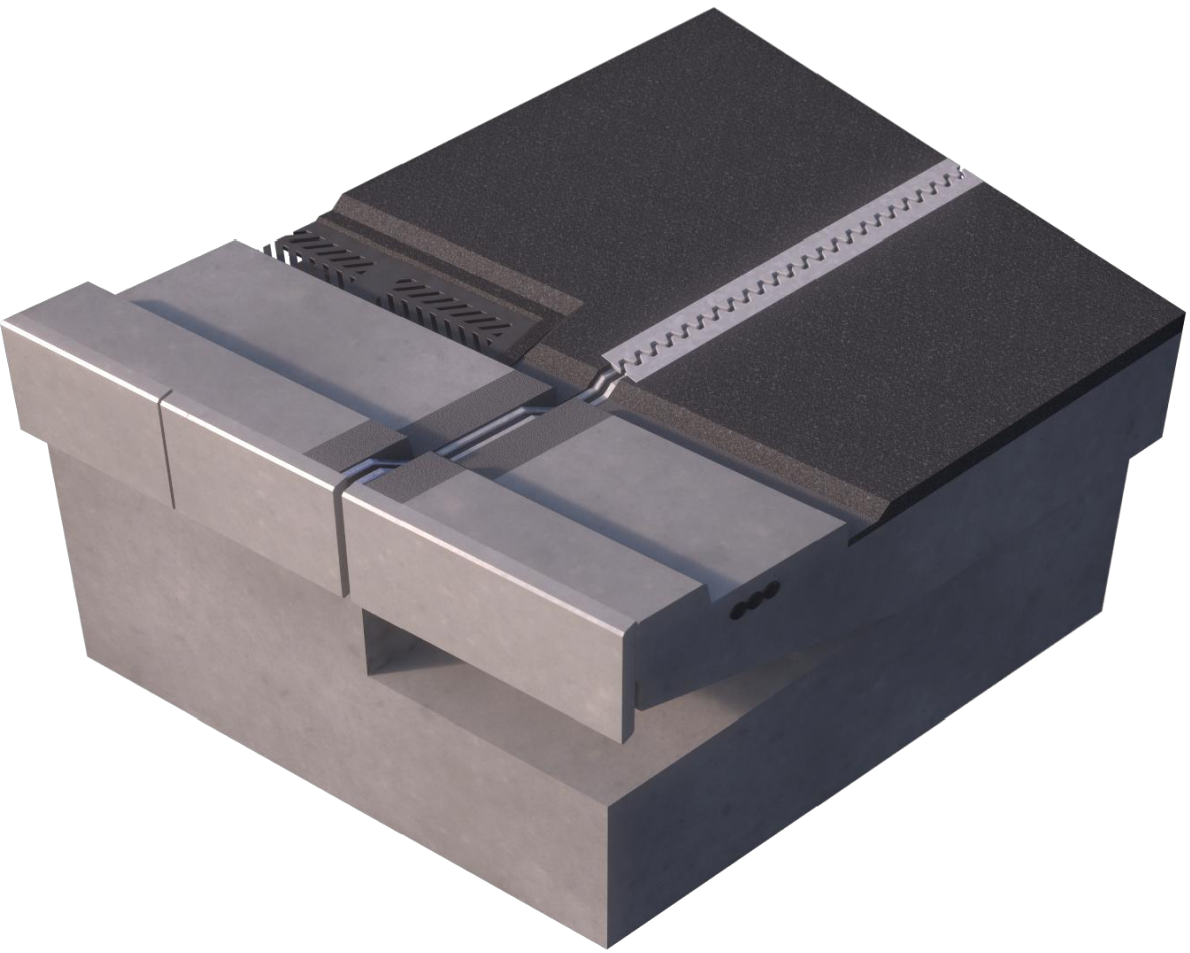
DOORSNEDE B-B
schaal 1:5



DOORSNEDE C-C
schaal 1:5



DOORSNEDE D-D
schaal 1:5



3D VIEW

VERKLARING:

	gewapend beton		asfalt
	gewapend geprefabriceerd beton		flexigoot
	voorgespannen beton		staalvezelbeton
	staal		

TOELICHTING

POS.	ONDERDEEL	MATERIAAL AANDUIDING	AFMETING IN MM / SPECIFICATIES
1	RIJDEK	VOORGESP./GEW. BETON	
2	SCHAMPSTROOK	GEWAPEND BETON	
3	WEGVERHARDING	DICHTE ASFALT VERH.	MIN.: D=50
4	WEGVERHARDING	OPEN DEKLAAG	
5	VOEGOVERGANG	STAAL VEZELBETON	DIKTE MIN. 100
6	SINUSVOEGPROFIEL	RUBBER / STAAL	AFH. VAN AFM. VOEG
7	OPPERVLAKTEBESCHERMINGSSYSTEEM	HYDROFOBEERLAAG	RTD 1002
8	KABELDOORVOER	PVC	Ø90/85.6
9	EINDSTEUNPUNT	GEWAPEND BETON	
10	STOOTPLAAT	GEWAPEND BETON	
11	PREFAB GOOT		
12	AFDICHTING	FLEXIGOOT	MIN.: D=50
13	AFDICHTING	RUBBERBITUMEN	
14	SCHUIFMOF	PVC	

OPMERKINGEN :

- POS. 5; BOVENKANT MAX. 3 MM LAGER DAN AANSLUITEND ASFALT
- VOEGOVERGANG AANBRENGEN NA INZAGEN EN VERWIJDEREN POS. 3 EN 4
- VOOR CONSERVERING, RUBBER STAAL EN LASWERK ZIE NBD 00710

RTD 1010 - STANDAARDDetails BETONNEN BRUGGEN			
VOEGOVERGANGEN			
STAAL / RUBBER SINUSVOEGPROFIEL (RENOVATIE)			
getekend	WAGEMAKER	11-04-2017	behoort bij
gecontroleerd	WAGEMAKER	11-04-2017	blad in bladen
vrijgegeven	RWS-GPO	11-04-2017	status DEFINITIEF versie 1.0
		teknr	RWS-VOEG-03



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Eisen stootplaten

Doc.nr.: RTD 1011
Versie: 1.0
Status: Definitief
Datum: 01-03-2014

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Eisen stootplaten

RTD 1011

Datum	01-03-2014
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door
Informatie
Datum
Status
Versienummer

Rijkswaterstaat
rok-info@rws.nl
01-03-2014
Definitief
1.0

Voorwoord

Dit Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD) is de opvolger van NBD 00750, de verouderde norm voor stootplaten. Stootplaten liggen bij kunstwerken om te voorkomen dat onacceptabele hellingsverschillen en hoogteverschillen in rijbanen ontstaan, en asfaltschades ontstaan ter plaatse van de overgang tussen de aan zettingen onderhevige aardenbaan en het zettingsvrije kunstwerk.

Deze RTD geeft de eisen die Rijkswaterstaat stelt aan betonnen stootplaten. Ook stootvloeren vallen daaronder. Standaard oplossingen die voldoen aan de gestelde eisen staan in RTD 1010 (Standaarddetails voor betonnen bruggen).

Dit document vervangt NBD 00750 versie 1.0 d.d. 01-02-2006.

Deze RTD is voortgekomen uit voorgenoemde NBD, invoering van Eurocodes en ROK.

Inhoud

	Voorwoord 5
1	Algemeen 7
1.1	Onderwerp en toepassingsgebied 7
1.2	Leeswijzer 7
1.3	Terminologie 7
2	Overzicht verwijzingen 9
3	Eisen 10
3.1	Functionele eisen 10
3.2	Ontwerp randvoorwaarden 12
3.3	Constructief ontwerp 13
	Bijlage met achtergrondinformatie 14
	Restzettingen 15
	Uitvoering en verdichting 15
	Opsluiten aardenbanen 17
	Tegenhellingen 18
	Scheve kruisingen 19
	Algemeen 19
	Beëindigingshoek 20

1 Algemeen

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

(1) Overgangsconstructies zijn nodig omdat de weg op de aardenbaan door zetting van de ondergrond en inklinken van het zand van de aardenbaan zakt, terwijl kunstwerken meestal zettingsvrij zijn gefundeerd. Deze RTD beschrijft eisen die door Rijkswaterstaat worden gesteld aan overgangsconstructies in de vorm van betonnen stootplaten of -vloeren.

Andere typen overgangsconstructies dan stootplaten of -vloeren behoren niet tot de scope van deze RTD. Ook overgangsconstructies bij (semi)integraal bruggen behoren niet tot de scope.

(2) Deze RTD geldt niet voor het beoordelen van bestaande stootplaten of -vloeren.

(3) Deze RTD geldt ook bij uitbreidingen van bestaande overgangsconstructies in de vorm van stootplaten of -vloeren.

1.2 Leeswijzer

Tekst in normale opmaak is normatieve tekst. Net zoals in de Eurocodes wordt er gebruik gemaakt van beginselen die aangeduid worden met de letter P (een en ander volgens §1.4 van NEN-EN 1990).

Cursieve teksten en achtergronden zijn informatief.

1.3 Terminologie

Term	Uitleg
Integraal kunstwerken	Kunstwerken in de vorm van bruggen zonder voegovergangen en opleggingen, waarbij het dek constructief verbonden is met de onderbouw. Kleinschalige kokervormige onderdoorgangen vallen daar niet onder.
Restzettingen	Zettingen van het vrije uiteinden van stootplaten of -vloeren bepaald volgens EN 1997 en Specificatie Ontwerp Onderbouw versie 4 [3] hoofdstuk 1, die naar verwachting nog zullen optreden vanaf het moment dat deze constructies zijn aangebracht.
RWS-standaardoplossingen	Dit zijn de stootplaten en -vloeren volgens de Standaarddetails voor betonnen bruggen (NBD 1010).
Semi integraal kunstwerken	Kunstwerken in de vorm van bruggen zonder voegovergangen, maar wel met opleggingen.
Stootplaten	Langwerpige betonnen platen met een beperkte breedte die tezamen een overgangsconstructie vormen. <i>De RWS-standaardoplossing gaat uit van een breedte van 1,0 meter.</i>

Term	Uitleg
Stootvloeren	Betonnen platen met een breedte die minimaal gelijk is aan de asfaltverharding op een kunstwerk.
gon	Decimale graad (haakse hoek is 100 ^{gon})

2 Overzicht verwijzingen

Verwijzing	Documentnummer	Versie	Nederlandse titel en toelichting
RWS			
ROK	RTD 1001	1.2	Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken
RTD 1009	RTD 1009	1.0	Richtlijnen voor ontwerp asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken
RTD 1010	RTD 1010	1.0	Standaarddetails voor betonnen bruggen (zolang RTD 1010 nog niet gereed is, geldt NBD 00730)
NEN-EN normen (inclusief correctiebladen en Nationale Bijlagen).			
EN 1990	NEN-EN 1990	Zie ROK H2	Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp
EN 1991-1-1	NEN-EN 1991-1-1	Zie ROK H2	Eurocode 1: Ontwerpgrondslagen en belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
EN 1991-2	NEN-EN 1991-2	Zie ROK H2	Eurocode 1: Ontwerpgrondslagen en belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelastingen op bruggen.
EN 1992-2	NEN-EN 1992-2	Zie ROK H2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 2: Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering
EN 1997-1	NEN 9997-1	Zie ROK H2	Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels (Eurocode 7)

3 Eisen

3.1 Functionele eisen

(1)P Indien een verschil in zetting kan optreden tussen het kunstwerk en de aardenbaan naast het kunstwerk, moet de overgang aardenbanen – kunstwerk over de volle breedte van de asfaltverharding voorzien zijn van stootplaten of een stootvloer.

Deze eis geldt ook bij zettingsvrije kunstwerken die (veel) lager liggen dan de onderbouw van de weg en bij fiets- en voetbruggen.

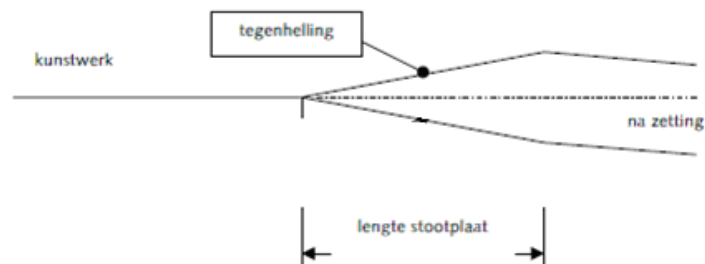
Aangenomen mag worden dat bij een onder een bestaande wegverharding ingeschoven kunstwerk ("trektunnels" en dergelijke) geen zettingsverschillen optreden.

(2)P Stootplaten of -vloeren moeten voorkomen dat er onacceptabele hellingsverschillen ontstaan in het verticale wegalignement ter plaatse van de overgang tussen stootplaten of -vloer en het rijdek van een kunstwerk.

(3) Het hellingsverschil tussen de bovenzijde van de bovenbouw van de weg op de stootplaat of -vloer en de bovenzijde van de bovenbouw van de weg op een kunstwerk dient in de langsrichting van de weg moet kleiner te zijn dan 1 : ontwerpssnelheid in km/uur. Hierbij moet de helling gemeten worden over een afstand van vier meter aan weerszijden van overgang tussen de stootplaten of -vloer en het rijdek.

In autosnelwegen met bijvoorbeeld een ontwerpssnelheid van 120 km/uur moet het hellingsverschil kleiner zijn dan 1:120.

(4) Een tegenhelling (zie figuur 1) mag bij openstelling van de weg niet groter zijn dan twee/derde van het toegestane hellingsverschil met een maximum van 1:150 in wegen met een ontwerpssnelheid van 100 km/uur of meer en een maximum van 1:100 in wegen met een ontwerpssnelheid lager dan 100 km/uur.



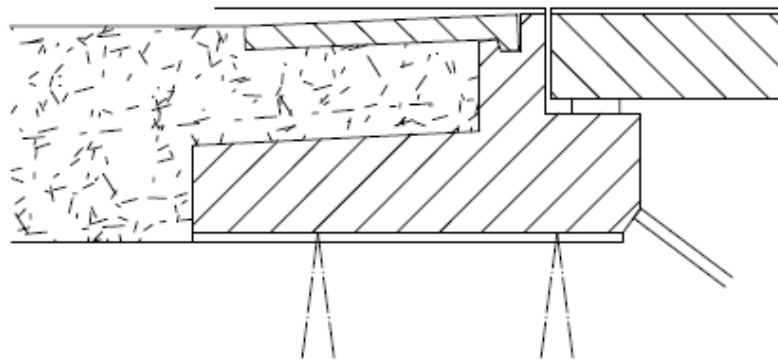
Figuur 1: tegenhelling

(5) Bij een scheve kruising moet het hoogteverschil tussen het linker- en rechterwiel van een as van een voertuig, bij ontwerpsnelheden van 80 km/uur of meer, niet groter kunnen zijn dan 15 mm. Bij lagere ontwerpsnelheden mag het hoogteverschil niet groter kunnen zijn dan 25 mm. Bij de bepaling van het hoogteverschil uitgaan van een wielafstand van 2,0 meter.

Dit is om kantelbewegingen van voertuigen te beperken. Bijvoorbeeld bij een scheve kruising in een weg met een ontwerpsnelheid van 100 km/uur is de maximaal toelaatbare kruisingshoek 59^{gon}. Meer informatie over achtergronden van kantelbewegingen is beschreven in bijlage met achtergronden van deze RTD.

(6) Stootplaten en -vloeren moeten aan één uiteinde opgelegd worden op het landhoofd van een kunstwerk en moeten ongehinderd kunnen roteren om dit oplegpunt.

Onder stootplaten en -vloeren mogen geen elementen aanwezig zijn die de roteerbeweging kunnen hinderen. Bijvoorbeeld een brede funderingssloof van een eindsteunpunt van een brug die ver naar achteren steekt. De RWS-standaardoplossing geeft speciale oplegdetails en gaat uit 5 mm onderlinge afstand tussen stootplaten.



Figuur 2. Voorbeeld van stootplaten of -vloeren die bij het roteren gehinderd worden door een funderingssloof van een landhoofd.

3.2 Ontwerp randvoorwaarden

(1) De minimale lengte van stootplaten en –vloeren in wegen met een ontwerpsnelheid van 80 km/uur of meer, is 5,0 meter. De minimale lengte van stootplaten en –vloeren ontwerpsnelheid lager dan 80 km/uur is 3,0 meter. Bij fiets- en voetgangersbruggen geldt een vaste lengte van 2,0 meter.

(2) De maximale lengte van stootplaten is 12 meter.

Stootplaten langer dan 12 meter beperken de beschikbaarheid van de weg voor speciale transporten.

(3) Stootplaten en –vloeren moeten per rijbaan en per landhoofd even lang zijn.

(4) Stootplaten en –vloeren moeten dusdanig aan kunstwerken gekoppeld zijn dat zij verplaatsingen van kunstwerken volgen.

De RWS-standaardoplossingen zijn voorzien van stalen doken.

(5) De dikte van de asfaltverharding op stootplaten of –vloeren moet in de lengterichting van de weg geleidelijk verlopen.

In de RWS-standaardoplossingen ligt de bovenzijde van de stootplaten en -vloeren aan de kunstwerkzijde op gelijke hoogte als de bovenzijde van het aansluitende rijdek en aan aardebaanzijden op gelijke hoogte als de wegfundering op de aardenbaan.

(6) Onder stootplaten en –vloeren moeten geen holle ruimtes kunnen ontstaan.

De RWS-standaardoplossing gaat uit van grondverbeteringen onder de gehele lengte van de stootplaten en -vloeren en daarop aansluitend over lengtes van minimaal 0,5 meter aan wegzijden. Deze grondverbeteringen bestaat uit gestabiliseerd zand met een cementhoeveelheid van 100 kg/m³.

(7) De bovenzijde van stootplaten en –vloeren die direct onder de asfaltverharding liggen, moeten gehydrofobeerd worden.

Dit is dezelfde nabehandeling als bij betonnen rijvloeren. Meer informatie over hydrofoberen is beschreven in RTD 1009.

Rijkswaterstaat	
Eisen stootplaten	Pagina: 13 van 21
	Uitgave: 01-03-2014
	Versie : 1.0
RTD 1011:2013	Status: Definitief

3.3 Constructief ontwerp

- (1) De gevolgklasse van stootplaten en -vloeren is CC2 (EN 1990).
- (2) De ontwerplevensduur is 100 jaar (EN 1990).
- (3) Voor verkeersbelastingen moeten EN 1991-2 en de betreffende aanvullingen volgens ROK worden aangehouden.
- (4) Bij het bepalen van de blijvende belastingen rekening houden met aanvullingen van de asfaltverharding ten behoeve van herprofielering van de weg.
- (5) Stootplaten en -vloeren ontwerpen als een elastisch ondersteunde ligger c.q. plaat én als ligger c.q. plaat op twee steunpunten met een puntvormig oplegging op het landhoofd en een oplegging als een fundering op staal aan de aardenbaanzijde.

In het begin zijn stootplaten en -vloeren geheel ondersteund. Later gaat dit over in een ligger c.q. plaat op twee steunpunten.

- (6) De gronddrukverdeling onder stootvloeren bepalen volgens §6.8(6) van EN 1997-1.

De gronddrukverdeling onder stootvloeren zal niet overal hetzelfde zijn. Bouwrijp maken van het invloedsgebied van stootvloeren volgens §6.9(2) van EN 1997-1 is aan te bevelen.

- (7) De aan te houden milieuklassen voor bovenzijden van stootplaten en -vloeren zijn XC4, XD3 en XF4. Voor de overige zijden geldt XC2, XD2 en XF3.

Klassen volgens tabel 6-8 van de ROK waarbij de bovenzijde van stootplaten en -vloeren vergelijkbaar is met de bovenzijden rijdek brug en de overige zijden met betonnen constructies in grond.

Opmerking: De RWS standaardoplossingen volgens NBD 00730 voldoen niet aan bovenstaande, constructieve eisen! Deze zijn, constructief gezien, niet meer bruikbaar.

Bijlage met achtergrondinformatie

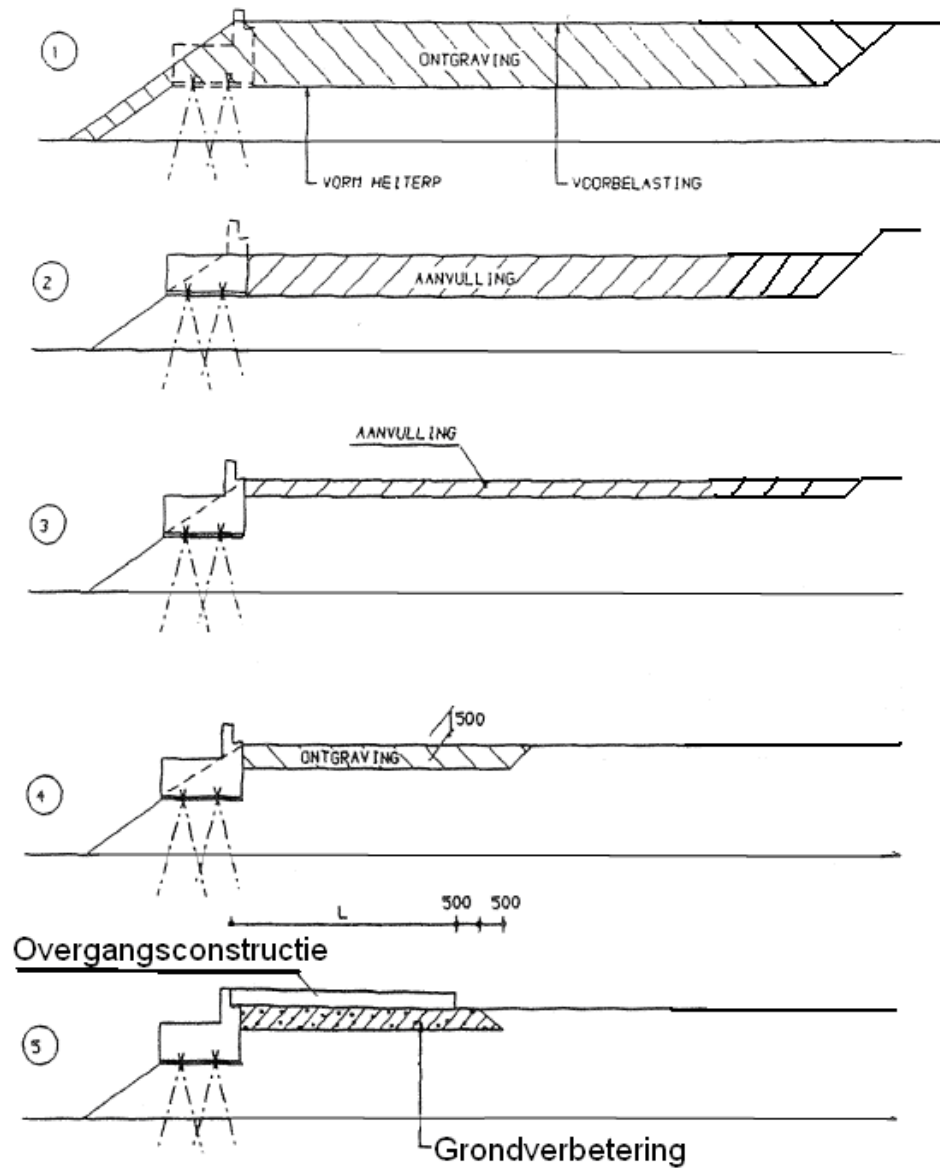
Restzettingen

- (1) Restzettingen zijn zettingen van vrije uiteinden van overgangsconstructies die naar verwachting nog zullen optreden vanaf het moment dat de constructies zijn aangebracht. Optredende zettingen zijn afhankelijk van naverdichtingen aardenbanen, het samendrukken van slappe lagen in ondergronden van aardenbanen, uitvoering en verdichting.
- (2) Naverdichtingen van aanvullingen achter kunstwerken, ook wel klink genoemd, ontstaat door verkeerstrillingen en indringing regenwater.
- (3) Samendrukken slappe lagen ontstaat door het gewicht van aardenbanen. Restzettingen zijn te beperken door het zettingsproces te versnellen of te beperken. Mogelijkheden zijn ondermeer verwijderen van slappe lagen en toepassen van verticale drainages, overhoogten en lichte ophoogmaterialen.

Uitvoering en verdichting

- (1) Bij zorgvuldige uitvoering worden ontgravingen van aardenbaan tot een minimum beperkt. Noodzakelijke ontgravingen moeten, zo nodig gefaseerd, zo snel mogelijk weer worden aangevuld en verdicht. Figuur B1 geeft de beste fasering weer. Goede verdichtingen binnen het invloedsgebied van overgangsconstructies voldoen aan eisen voor "zand in zandbed" volgens de Standaard RAW.
- (2) Indien gestabiliseerd zand wordt aangebracht als grondverbetering onder overgangsconstructies kan deze het beste worden aangebracht volgens de "Mix in plant-methode".

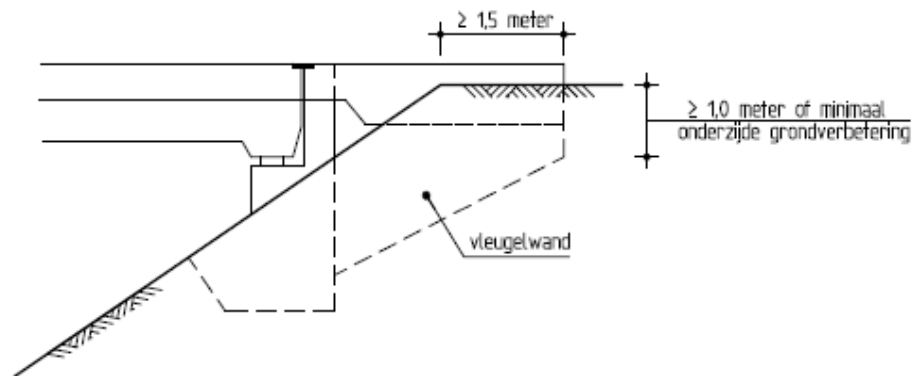
De "Mix in plant-methode" houdt in dat buiten het werk het zand mechanisch wordt gemengd met cement en (indien nodig) water. Daarna wordt het gestabiliseerde zand in het werk aangebracht en verdicht tot de vereiste verdichtingsgraad.



Figuur B1: Faseringen grondontgravingen en aanvullingen

Opsluiten aardenbanen

(1) Opsluiten van aardebanen achter kunstwerken door vleugelwanden evenwijdig aan rijbanen heeft een gunstige invloed op verticale zettingen onder overgangsconstructies. Dit komt door verhinderen van horizontale verplaatsingen van aardenbanen, vooral bij smalle steunbermen. Vleugelwanden volgens figuur B2 voldoende diep en ver in aardenbanen steken.



Figuur B2: vleugelwanden

(2) In extreme gevallen waarbij forse uitdijingen in dwarsrichting van aardenbanen zijn te verwachten, overgangsconstructies opsluiten tussen damwandschermen.

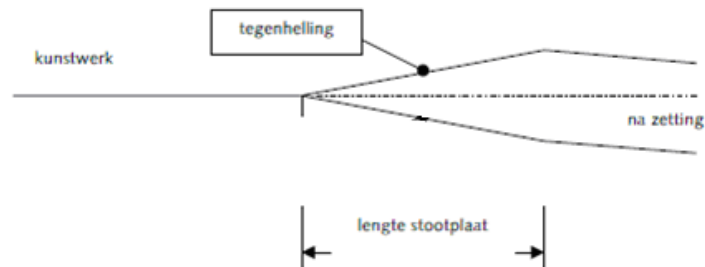
De lengte van de vleugelwand wordt niet alleen door bovenstaande bepaald. Andere factoren zijn de eindafvoeren voor het afstromende regenwater, kabeldoorvoeren, en de verankering van de leuningen, eventuele schermen en voertuigkeringen (voor deze laatste geldt: overgang kunstwerk – aardebaan en schuifconstructie ten hoogte voegovergangen mogen niet samenvallen).

Bij lange stootplaten en –vloeren is het niet reëel om lange vleugelwanden toe te passen.

Tegenhellingen

Om het tijdstip waarop het maximale toegestane hellingsverschil zal ontstaan zolang mogelijk uit te stellen is het toegestaan de stootplaten of -vloeren met een initiële "tegenhelling" uit te voeren (zie figuur B3). Omdat een dergelijke tegenhelling een hellingsverschil in het wegdek tot gevolg heeft, moet deze tegenhelling beperkt blijven tot 2/3 van het maximaal toelaatbare hellingsverschil. Het risico bestaat immers dat als de berekenende restzettingen achterblijven bij de voorspelling het kunstwerk permanent in een kuil ligt.

Voor wegen met een ontwerpsnelheid van 100 km/uur of meer is de maximaal toegestane tegenhelling begrensd tot 1:150 en bij overige wegen tot een waarde van 1:100.

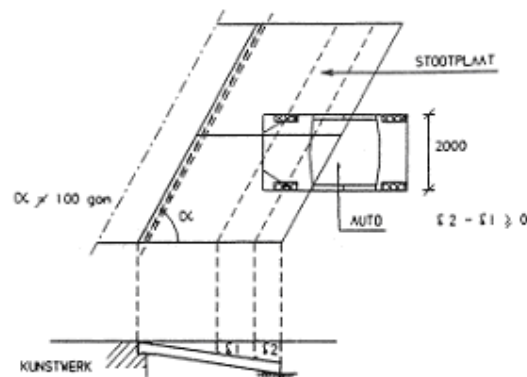


Figuur B3: tegenhellingen.

Scheve kruisingen

Algemeen

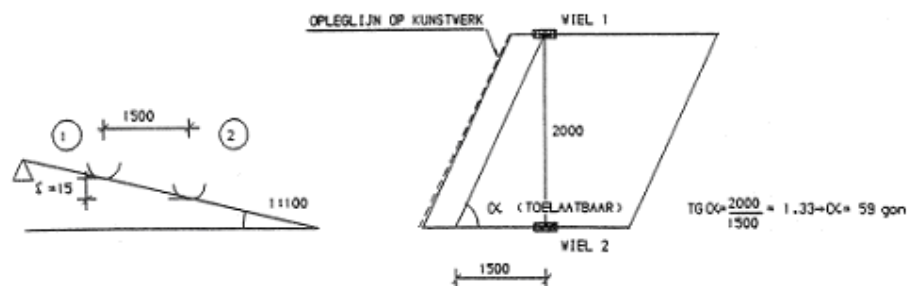
Bij kunstwerken met een schuine beëindiging ondergaat een voertuig vaak een kantelbeweging (om de lengte-as voertuig) zodra het zich op de stootplaten of -vloer bevindt. Deze kantelbeweging wordt veroorzaakt door het plotselinge hoogteverschil tussen het linker- en rechterwiel dat ontstaat na rotatie van de stootplaten of -vloeren na zetting van het uiteinde (zie figuur B4).



Figuur B4: Toelichting kantelbeweging

Voor wegen met een ontwerpsnelheid van 100 km/uur of meer is op basis van deskundigheid bepaald dat het hoogteverschil niet meer mag zijn dan 15 mm. Hierbij wordt een wielstand van 2,0 meter aangehouden.

In figuur B5 staat een rekenvoorbeeld van een scheef kunstwerk in een weg met een ontwerpsnelheid van 100 km/uur. Daaruit volgt dat de maximaal toegestane kruisingshoek 59^{gon} is.



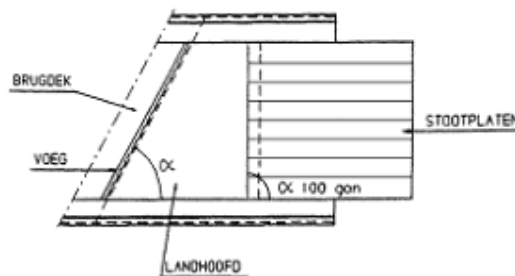
Figuur B5: rekenvoorbeeld bij 100 km/uur.

Voor wegen met een lagere ontwerpsnelheid dan 100 km/uur wordt een hoogteverschil van maximaal 25 mm toelaatbaar geacht.

Beëindigingshoek

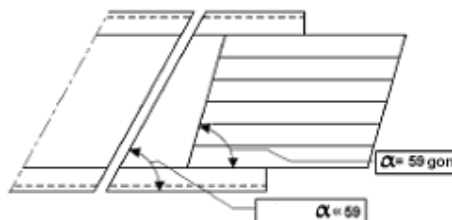
Indien de maximaal toegestane kruisingshoek kleiner is dan de kruisingshoek van het kunstwerken zijn er de volgende drie oplossingen mogelijk:

- 1) Het kunstwerk haaks beëindigen (100^{gon}). Deze oplossing heeft de voorkeur en is de meest veilige oplossing voor het verkeer, maar is ook de duurste qua stichtingskosten (figuur B6).



Figuur B6: haaks beëindigen (100^{gon})

- 2) Het kunstwerk beëindigen met de maximaal toegestane kruisingshoek (figuur B7).



Figuur B7: schief beëindigen

- 3) De lengte van de stootplaten of -vloeren vergroten zonder aanpassing beëindigingshoek van het kunstwerk (figuur B8).

De langere lengte van de stootplaten of -vloeren ontlede aan een fictieve rekenhelling volgende formules:

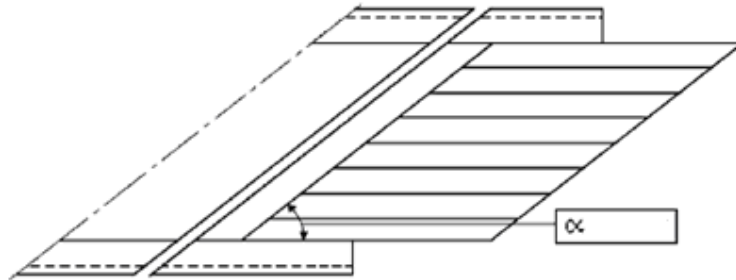
Bij ontwerpsnelheid van 100 km/uur of meer: $1: \{2000 / (\text{tg } \alpha * 15)\}$

Bij ontwerpsnelheid lager dan 100 km/uur: $1: \{2000 / (\text{tg } \alpha * 25)\}$

Waarin:

α = kruisingshoek

Bij een kunstwerk met een kruisingshoek van 45^{gon} in een weg met een ontwerpsnelheid van 100 km/uur wordt de fictieve rekenhelling $1: \{2000 / (0,848 * 15)\} = 1:155$.



Figuur B8: zonder aanpassing beëindigingshoek van het kunstwerk

Einde RTD 1011

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

EISEN VOOR BRUGOPLEGGINGEN

(te gebruiken met NEN EN 1337
“Opleggingen voor bouwkundige en
civieltechnische toepassingen”
uitgave 2005
(EN 1337 “*Structural Bearings*”)

Document : RTD 1012
Uitgave : 21/02/2017

Documenthistorie:

RTD 1012 21-2-2017	Diverse tekstuele en inhoudelijke aanpassingen. Belangrijkste wijzigingen: 3.2 Aanvullingen eisen levensduur. 7.2 Extra eisen glijdelementen. 7.3.2 Extra eisen ingangscontrole rubber opleggingen. 7.11 Extra eisen aan installatie en montage. Verwijzing naar ROK 1.4.
RTD 1012 21-5-2015	7.3.2 Eisen ingangscontrole rubber opleggingen gewijzigd.
RTD 1012 9-4-2014	Toevoeging verwijzingen naar de ROK 1.2. Uitbreiding formule voor verticale speling bij geleidingen (7.1.2). Herziening eisen aan geproduceerde rubber opleggingen (7.3.2). Rolopleggingen voor nieuwbouw zijn uitgesloten. (7.4) Levensduur eis toegevoegd (3, 7.9.1) Wrijvingscoëfficiënt voor epoxy toegevoegd. Veiligheidsfactor voor beton aangepast (8.1) Eisen voor verankering overgangsplaten toegevoegd (8.2).
RTD1012 d.d.01-10-2013	Herziende bijlage belastingcombinaties
RTD 1012	Samenvoeging van NBD00702A Vs.18, 4/12/2009 en herziende bijlage belastingencombinaties opleggingen Vs.2 dd 11 januari 2012
Vs. 18, 4/12/2009	Clause 5, belastingen en combinaties verwijderd (<i>loads and combinations deleted</i>) Clause 7.9, Corrosiebescherming aangepast (<i>Corrossion protection adapted</i>)

Inhoud:

1. Onderwerp en toepassingsgebied/ *Scope*
2. Normatieve verwijzingen/ *Normative references*
3. Inleiding/ *Introduction*
4. Definities/ *Definitions*
5. Belastingen, verplaatsingen, rotaties/ *Loads, displacements, rotations*
6. Kwaliteit/ *Attestation of conformity*
7. Eisen per deel van NEN EN 1337/ *Requirements in relation to the parts of EN 1337*
8. Overgangsconstructies/ *Transferstructures*
9. Eisen voor Trek- drukopleggingen/ *Requirements for compression- tension bearings*

Bijlage A: Belastingcombinaties opleggingen/ *Loadcombinations bearings*

1. Onderwerp en toepassingsgebied/ *Scope*

In dit document zijn eisen opgenomen voor ontwerp, fabricage en montage van brugopleggingen voor vaste bruggen, samengesteld alle typen conform EN 1337 alsmede trek-druk opleggingen. In bijlage A zijn belastingcombinaties voor opleggingen gedefinieerd.

Het document kan ook gebruikt worden voor projecten met als doel de renovatie of vervanging van de bestaande opleggingen. Voor reparatie van rubber opleggingen zie ook RTD 1017-2.

This document gives the requirements for design, manufacturing and installation for structural bearings for fixed bridges of the types according to EN 1337 and also compression- tension bearings. All requirements relate to EN 1337. In appendix A load combinations for bearings are given.

The document can also be used for projects concerning renovation or replacement of existing bearings. For repair of elastomeric bearings see also RTD 1017-2.

2 Normatieve verwijzingen/ *Normative references*

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn. Op het ogenblik van publicatie van de onderhavige norm waren de vermelde versies van kracht. Alle normatieve documenten kunnen echter worden herzien; partijen die overeenkomsten sluiten op basis van deze norm wordt daarom aanbevolen na te gaan of het mogelijk is, de meest recente versie van onderstaande normatieve documenten toe te passen.

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm.	Internationaal equivalent
NEN-EN-ISO 9001:2000	Kwaliteitsmanagementsystemen – Eisen	EN ISO 9001:2000
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 1	Algemene ontwerpregels/ <i>General design rules</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 2	Glijdelementen/ <i>Sliding elements</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 3	Rubber blokopleggingen/ <i>Elastomeric bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 4	Rolopleggingen/ <i>Roller bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 5	Potopleggingen/ <i>Pot bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 6	Taatsopleggingen/ <i>Rocker bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 7	Bol- en cylindersegmentopleggingen/ <i>Spherical and cylindrical bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 8	Geleidingen en vasthoudinrichtingen/ <i>Guide bearings and restraint bearings</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 9	Bescherming/ <i>Protection</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 10	Inspectie en onderhoud/ <i>Inspection and maintenance</i>	-
NEN EN 1337 “Structural bearings” Part 11	Transport, opslag en montage/ <i>Transport, storage and installation</i>	-

3. Algemeen/general

3.1 Inleiding/ Introduction

Deze norm gaat uit van EN 1337 als basis en beschrijft de voor Rijkswaterstaat noodzakelijke aanvullingen en afwijkingen. Alle delen van de norm moeten worden toegepast. In aanvulling op deze normen moeten ook de relevante artikelen uit de ROK 1.4 worden gehanteerd. Bij tegenstrijdige eisen in de ROK en dit document prevaleert dit document.

This standard is based on EN 1337 and gives the necessary additions and deviations for Rijkswaterstaat. All parts of EN 1337 are applicable. In addition, all relevant parts of the ROK 1.4 are applicable. In case of conflicting demands, this document prevails.

Voor alle delen van opleggingen die vallen onder de geharmoniseerde delen van EN 1337 is CE-marking verplicht.

CE-marking is required for all parts of bearings, regulated with the harmonised parts.

3.2 Levensduur/working life

Het oplegsysteem moet een ontwerplevensduur bezitten van 50 jaar.

De levensduur moeten worden aangetoond aan de hand van analyses van onder andere slijtage (translaties en rotaties van o.a. de glijdelementen) , vermoeiing en corrosie.

The Bearing-system shall have a design working life of 50 years.

The life expectancy shall be demonstrated with analyses of for instance wear (translation and rotation of for example sliding elements), fatigue and corrosion.

3.3 Controles onafhankelijke 3^e partij /3rd party control

Elk oplegsysteem moet als een kritisch onderdeel worden beschouwd, en als zodanig worden erkend in de controles en toetsen van de constructieve veiligheid en duurzaamheid door een 3^e onafhankelijk partij, bijvoorbeeld het inschakelen van een Technical Inspection Services.

Each bearing-system must be considered as critical for structural safety issues and durability, and therefore must be submitted to a 3rd Party control , for example by means of Technical Inspection Services.

4. Definities/ *Definitions*

Voor opleggingen zijn de definities van NEN EN 1337 van kracht.
See EN 1337.

5. Belastingen, verplaatsingen, rotaties/ *Loads, displacements, rotations*

Belastingcombinaties voor Brugopleggingen (versie met NL α , β , γ , ψ -factoren). Zie bijlage A.

De verkeersbelastingen moeten worden ontleend aan EN 1991-2 met de NB.

Load combinations for Bridge Bearings (version with NL α , β , γ , ψ -factors). See appendix A. The traffic loads shall be taken from EN 1991-2 with the NA.

6. Kwaliteit/ *Attestation of conformity*

In aanvulling op de rapportages volgend uit de CE-markering moeten test- en berekeningsrapporten worden overlegd.

In addition to the reports following from CE-marking, results from testing and calculation shall be presented.

7. Eisen per deel van NEN EN 1337/ *Requirements in relation to the parts of EN 1337*

7.1 Algemene eisen/ *General requirements*

De algemene technische eisen voor opleggingen en hun ontwerpeisen moeten worden ontleend aan EN-1337-1 "Structural Bearings" Part 1: General Design Rules.

The general requirements for bearings and the design requirements shall be taken from EN-1337-1 "Structural Bearings" Part 1: General Design Rules.

Aanvullende ontwerpeisen/ *Additional design requirements*

7.1.1. Zuigers van potopleggingen en boldelen van bolsegmenten van alzijdig beweegbare opleggingen/ *Pistons and convex elements of free bearings*

Rotatie mag niet leiden tot dwangkrachten op afdichtingen of het aanlopen van bevestigingspunten of transportbevestigingen. Wanneer deze kans aanwezig is, dient de oplegging voorzien te zijn in een aanslag. De aanslag dient gedimensioneerd te zijn op F_h resulterend uit het volgende krachtenspel:

Rotation of these elements shall not cause imposed forces on seals or the locking solid of installation devices or transport devices. If such a phenomenon is likely to occur, the bearing shall include an end stop.

The end stop shall be dimensioned for F_h resulting from:

$$M_z = 0.25 * F_z * \Delta\mu * r$$

waarin:/ in which:

M_z = aandrijfmoment voor rotatie t.g.v. verschilwrijving
 actuating moment for rotation, caused by differential friction

F_z = verticale oplegreactie (SLS)
 Vertical reaction

$\Delta\mu$ = verschil wrijvingscoëfficiënt 0.005
 Differential friction coëfficiënt

r = 0.5 D

F_h = M_z / e

e = afstand van draaiingsas tot aanslag (loodrecht op aanslagvlak)

Toelichting:

Bij alzijdig beweegbare opleggingen uitgevoerd als potopleggingen en bolsegmentopleggingen kunnen de zuigers en de bol-delen gaan roteren om de verticale as ten gevolge van langsbewegingen van de brug in de oplegging en ongelijkmatige wrijving in het glijdelement.

Clarification:

The pistons and spherical elements of free bearings are susceptible to rotations about the vertical axis, caused by movements of the bridge in longitudinal direction and unequal friction in the sliding element.

7.1.2 Verticale speling in langseleidingen/ *Vertical clearance in guides*

Bij toepassen van geleidingen in combinatie met een glijdelement, dient de speling in verticale richting tussen de geleiding en het er boven of onder gelegen onderdeel, in onbelaste toestand, minimaal te bedragen:

When guides are used in combination with a sliding element, the clearance in vertical direction between the guide and the adjacent part shall be in unloaded condition :

$$c \geq h + 1.0 + u_z$$

waarin:/ in which:

c = verticale speling , *vertical clearance* (mm)

h = hoogte van de opstand (mm) volgens, *height of protrusion (mm) in accordance with*, EN 1337 Part 2 Clause 6.1

u_z = inverting tgv vertical belasting, *deflection due to vertical load*

De interpretatie van de resultaten moet rekening houden met de inverting van de glijdlaag, inclusief langeduur-effecten, slijtage, spelingen en eventuele effecten van conservering.

The interpretation of the results shall consider the deflection of the sliding material, including long term effects, wear, clearances and effects of corrosion protection.

7.1.3 Horizontale speling in langsgeleidingen/ *Horizontal clearance in guides.*

De horizontale speling dient minimaal te zijn, echter moet rekening gehouden te worden met inbouwtoleranties zodat ten gevolge van translaties geen te hoge dwangkrachten kunnen optreden.

Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de bewegingscapaciteit in dwarsrichting van de bovenliggende voegovergang.

Horizontal clearance must be minimized, however installation imperfections must be taken into account to avoid high coercive forces due to translation on the guides. Also the movement capacity in transverse direction of the above extension joint must be considered.

7.2 Glijdelementen/ Sliding elements

In aanvulling op EN 1337-2 “Sliding elements” Table 15 moet het volgende worden gerapporteerd:

In addition to EN 1337-2 “Sliding elements” Table 15 the following shall be reported:

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording method contractor)	Frequentie 3rd party control (Frequency third party control)	Vastlegging (Recording)
Verticale en horizontale speling in hor. Geleidingen Vertical and horizontal clearance in hor. Guides	RTD 1012, art.7.1.2 en 7.1.3	Elke geleiding each guide.	Protocol	Each protocol and 2 samples out of each series of 2 to 10 sliding elements	Statement

Eisen voor toetsing fabricage / *Requirements for verification of production:*

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording contractor)	Frequentie 3 rd party control (Frequency 3 rd party control)
Afmetingen (Dimensions)	Tekeningen van de fabrikant (Manufacturer's drawings)	Iedere Oplegging (Every Bearing)	Protocol	Each protocol and 2 samples out of each series of 2 to 10 bearings
Corrosie bescherming (Corrosion protection)	RTD 1012, Par.10.1	Iedere Oplegging (Every Bearing)	Protocol	Each protocol
Parallelliteit (Parallelism)	EN 1337-5, 7.1.3	Iedere Oplegging (Every Bearing)	Protocol	Each protocol
Overgangsplaten • Vlakheid • conservering • Bevestigingen (Transition plates • Flatness • corrosiion protection • connections)	RTD 1012, par. 7	Each transition plate	Protocol	Each protocol

Controles moeten worden uitgevoerd in overeenstemming met EN 1337-2 “Sliding elements” Table 2, met dien verstande, dat alle toetsen betrekking moeten hebben op de materiaalcharge in relatie tot het project.

Verification shall be carried out as described in EN 1337-2 “Sliding elements ”Table 2, but all verification shall concern the material used for the particular project.

Alternatieve glijmaterialen (zoals UHMWPE) kunnen worden toegepast indien gelijkwaardigheid is aangetoond conform de genormeerde testen, en bovendien is voorzien van een ETA.

Alternative sliding materials (like UHMWPE) can be applied when performance has been proven by the standardized tests, and have an ETA.

Hard verchroomde materialen zijn niet toegestaan.

Chrome plating is not allowed.

Het gebruik van CM materialen is niet toegestaan.

CM materials are not allowed.

Alle materialen moeten naast een ULS toets ook op SLS en langeduur belasting (zoals bijvoorbeeld kruip gedrag) getoetst worden.

All materials must be checked on SLS and long term loads (like for instance creep behavior).

7.3 Rubber blokopleggingen/ *Elastomeric bearings*

Zie/See EN 1337-3

Opleggingen moeten planparallel zijn.

Only plan parallel bearings are allowed.

In aanvulling op de EN 1337-3e moet het volgende worden gerapporteerd:/ *In addition to EN 1337-3 the following shall be reported:*

7.3.1 Materiaal/ *Material*

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording method contractor)
Hardheid (Hardness)	ISO-48 ISO 7619-2	1 uit elke batch/charge 1 out of every batch	Protocol
Massa (Specific gravity)	ISO 2781		
Treksterkte (Tensile strength)	ISO 37 (1994)		
Rek bij breuk (Elongation at break)	ISO 37		
Scheursterkte (Tear resistance)	ISO 34-2		
Kruip (24 uur bij 70° C) (Compression set) (24 Hours at 70° C)	ISO 815		
Glijdingsmodulus (Shear modulus)	ISO 1827		
Bestendigheid tegen ozon (Ozone resistance)	ISO 1431-1		
Rheometer test (180° C, 0.5°).	ISO 6502		

7.3.2 Geproduceerde opleggingen/ *Production*

Bij de contractuele overeenkomst van een project, gelden onderstaande ingangscontroles aan het bouwproduct voor de opdrachtnemer / aannemer;

For the contractual agreement of a building project, the following acceptance test on the product apply for the building contractor;

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording contractor)	Frequentie 3 rd part control (Frequency 3 rd party control)
Afmetingen (Dimensions)	Tekeningen van de fabrikant (Manufacturer's drawings)	Iedere oplegging (Each bearing)	Protocol	Each protocol and 2 samples out of each series of 2 to 10 bearings
Afschuifstijfheid (Shear stiffness)	EN 1337-3, 4.3.1 EN 1337-3, Annex F	1 ^e en 2 ^e en daarna elke volgende 10 ^e en 11 ^e oplegging tot $\tan \gamma = 0.7$ bij voorspanning 6 N/mm ² (1 st and 2 nd and each 10 th and 11 th following bearing to $\tan \gamma = 0.7$ at a preloading stress of 6 N/mm ²).	Protocol	-
Kracht-indrukking (Compression stiffness) $N_p/A = 15$ MPa	EN 1337-3, 4.3.3 EN 1337-3, Annex H level 2	Opleggingen kleiner of gelijk aan 300 x 300 mm (of equivalente oppervlakte): 1 ^e en 2 ^e en daarna elke volgende 10 ^e en 11 ^e oplegging met een minimum van één per batch. Opleggingen groter dan 300 x 300 mm (of equivalente oppervlakte) : Iedere oplegging. Bearings smaller or equal than 300 x 300 mm (or equivalent cross-section): 1 ^e en 2 ^e and further each 10 ^e en 11 ^e bearing, with a minimum of one per batch. Bearings greater than dan 300 x 300 mm (or equivalent cross-section): Each bearing.	Protocol De gemeten stijfheden mogen onderling niet meer dan 20% verschillen. Measured individual stiffness must not differ more than 20%. Visuele controle vierzijdig vastleggen met kleurenfoto's met voldoende onderscheidend vermogen. <i>Visual recording shall be done by color photos with sufficient definition.</i>	-
Overgangsplaten (indien van toepassing) • Vlakheid • conservering • Bevestigingen (Transition plates • Flatness • corrosion protection • connections)	RTD 1012, par. 7	Each transition plate	Protocol	Each protocol

Reparaties in geleverde toestand zijn niet toegestaan / *Repair as delivered is not allowed.*

Indien één of meer resultaten van een test onvoldoende zijn, dan moet elke oplegging van die batch volledig getest worden, ongeacht de afmeting.

If one or more test results are inadequate, every single bearing of the particular batch must be fully tested, regardless of the size of the bearing.

7.4 Rol opleggingen/ Roller bearings

Zie/ See EN 1337-4

Rolopleggingen mogen uitsluitend worden toegepast in het kader van renovaties van bruggen op rolopleggingen.

Roller bearings are only allowed as replacement of roller bearings in existing bridges.

7.5 Potopleggingen/ Pot bearings

Zie/ See EN 1337-5

De afdichting tussen zuiger en pot dient een minimale slijtageweg van 2000 m te kunnen afleggen vlg de slijtagetest in NEN EN 1337-5.

The seal between piston and pot shall be able to resist a minimum wear path of 2000 m described in the wear test in EN 1337-5.

7.6 Taatsopleggingen/ Rocker bearings

Zie/ See EN 1337-6

7.7 Bolsegmentopleggingen/ Spherical bearings

Zie/ See EN 1337-7

7.8 Geleidingen en vasthoudconstructies/ Guides and restraints

Zie/see EN 1337-8

7.9 Bescherming/ Protection

7.9.1 Corrosie bescherming/ Corrosion protection

Indien een verfsysteem wordt toegepast geldt EN ISO 12944 Klimaatklasse C5-I en C5-M, levensduurverwachting hoog.

In case of a paint system EN ISO 12944 Corrosivity category C5-I and C5-M, life expectancy high is mandatory.

7.9.2 Bescherming tegen beschadiging etc./ Protection against damage etc.

Opleggingen met glijdelementen dienen te worden voorzien van eenvoudig demontabele en te monteren stofkappen.

Bearings with sliding elements must have protection devices that can be easily removed and installed.

7.10 Inspectie en onderhoud/ Inspection and maintenance

Zie/ See EN 1337-10.

Onderhoud en inspectie waarbij het demonteren van de oplegging noodzakelijk is , is niet toegestaan.

Maintenance and inspection by removing the bearing is allowed.

Inspectie en onderhoudsintervallen moeten zijn vastgelegd in een onderhoudsplan. De intervallen moeten voldoen aan de eisen van de beheerder, echter het onderhoudsinterval moet ten minste 15 jaar bedragen.

Inspection and maintenance intervals shall be described in a maintenance plan. The intervals shall comply with the requirements of the principal, however the maintenance interval must be at least 15 years.

7.11 Transport, opslag en montage/ Transport, storage and installation

Het transport, de opslag en de montage moeten worden uitgevoerd volgens EN 1337-11.

The transport, storage and installation shall be carried out in accordance with EN 1337-11.

Indien op wrijving ontworpen, moeten de contact vlakken vrij zijn van stof, vuil, olie, vet of andere middelen welke de wrijving negatief kunnen beïnvloeden.

When designed for friction, the contact surfaces must be free from dust, dirt, oil, grease or any agent adversely influencing the friction.

Bij (gedeeltelijke) vervanging dienen de maattoleranties en de uitvoeringsaspecten zodanig te zijn dat de krachtswerking van elk afzonderlijke oplegging voldoet aan de ontwerp voorwaarden (zoals bijvoorbeeld de minimale oplegdruk).

When bearings are (partially) replaced, the dimensional tolerances and all aspects of the installation must ensure the force design requirements of each individual bearing (for instance the minimal pressure).

7.11.1 Bevestigingspunten voor hijsogen etc. /Connections for lifting devices

De opleggingen dienen voorzien te zijn van wegneembare bevestigingspunten voor hijsogen etc.

The bearing shall have removable connections for lifting devices etc.

7.11.2 Markering/ Marking

Op de opleggingen dient aangegeven te zijn :

- Inbouwlocatie
- Orientatie
- Bewegingsvrijheid

The following shall be indicated on the bearing

- Location
- Orientation
- Displacement capacity

7.11.3 Montage/ Installation

Montage van de opleggingen dient te worden uitgevoerd onder toezicht van de opleggingen fabrikant of een door hem aangewezen persoon. Van deze montage dient per opleggingen een document te worden overlegd waarin de leverancier, of de door hem aangewezen persoon, verklaart dat de oplegging volgens de voorschriften en correct is gemonteerd.

Installation of bearings shall be carried out under supervision of the bearing manufacturer or a representative appointed by the manufacturer. A protocol of the installation will be drafted, in which the manufacturer declares that the bearings have been installed correctly, and in accordance with the prescriptions.

7.11.4 Vijzelplan en vijzelwerkzaamheden/ Jacking

De aannemer stelt een volledig berekend en op tekening uitgewerkt vijzelplan op, rekening houdend met de eigenschappen van de brug, de onderbouw.

Bij het opstellen van het vijzelplan moet CUR aanbeveling 68 worden gebruikt, met de volgende aanpassingen:

1. Par. 5.5.1: Onderscheid maken tussen statische en dynamische wrijvingscoëfficiënt.
2. Par. 6.2.1, Annex A en Annex B: Stabiliteits berekeningen altijd in elastisch gebied.
3. Par. 6.2.3 :Wrijvingscoëfficiënten altijd aantonen d.m.v. proeven of literatuur.

Bij het uitvoeren van de vijzelwerkzaamheden moet CUR aanbeveling 81 worden gebruikt.

The contractor drafts a fully designed jacking plan, including the characteristics of the bridge and the piers and abutments. CUR recommendation 68 must be used, with the following adaptations:

1. *Clause 5.5.1: distinguish between static and dynamic friction*
2. *Clause 6.2.1, Annex A and Annex B: Stability checks always for elastic behaviour*
3. *Clause 6.2.3: Friction coefficients always to be demonstrated by means of tests or literature.*

For jacking operations CUR recommendation 81 must be used.

7.11.5 Positioneren van de opleggingen/ Positioning of the bearings

Bij de positionering van de opleggingen dienen deze, tenzij anders voorgeschreven in het contract, afgesteld te worden met de volgende plaatsingsnauwkeurigheden (per oplegging):

1. Nauwkeurigheid in x, y, en z richting +/- 3mm
2. Nauwkeurigheid t.o.v. het horizontale vlak in alle richtingen 0.003 rad (0,17°).
3. Nauwkeurigheid van de richting van de geleiding: in overeenstemming met de in het ontwerp aangehouden speling (zie 7.1.3)

Positioning of the bearings shall be carried out, if not prescribed in the contract, respecting the following tolerances (for each bearing):

1. *Accuracy in x, y, en z direction +/- 3mm*
2. *Accuracy with respect to the horizontal plane in all directions 0.003 rad.*
3. *Accuracy with respect to the direction of guides: in accordance with clearance as designed*

7.11.6 Onder/boven sabeling/ *Grouting*

De methode van ondersabelen dient, met uitzondering van rubber opleggingen kleiner dan 500 x 500 mm of equivalente oppervlakte, eerst gekwalificeerd te worden in 2 proefopstellingen.

Wanneer deze leiden tot goed resultaat doet de aannemer een voorstel hoe deze methode gemonitord kan worden. Het geaccepteerde monitoring plan wordt bij de uitvoering als criterium voor de uitvoering gehanteerd.

Hierbij gelden de minimale eisen van par. 7.1 van EN 1337-3.

The method of grouting, except for elastomeric bearings smaller than 500 x 500 mm or equal surface, shall be qualified in 2 tests.

If the tests show good results, the contractor proposes a monitoring method. The accepted monitoring plan will be used as a criterion during installation.

All minimum requirements of par. 7.1 of EN 1337-3 apply.

7.11.7 Positionering van het vrij beweegbare deel/ *Positioning of the free sliding part of the bearing*

Het vrije deel dient gepositioneerd te worden met de juiste voorinstellingen.

The free sliding part must be appropriately positioned with the correct pre set

7.11.8 Tijdelijke koppeling van het vrij beweegbare deel/ *Temporary link between free sliding part and bridge*

De tijdelijke koppelingen moeten verwijderd zijn zodra de oplegging gaat functioneren.

The temporary links must be removed as soon as the bearing is put into action.

7.11.9 Oplegreacties na afvijzelen/ *Reactions after jacking*

Na het afvijzelen van de brug dienen de oplegreacties in de opleggingen te voldoen aan de in het contract voorschreven waarden en toleranties, zijn deze niet aangegeven dan is een tolerantie van +/- 5% aanvaardbaar. Daarnaast dient de eindhoogte van de brug binnen +/- 2mm t.o.v. de ontwerpuitgangspunten te liggen.

After lowering the bridge, the reactions at the bearings shall be in accordance with the contract. If no other tolerances are given they are +/- 5%.

The final position in vertical direction shall not deviate more than 2 mm.

7.11.10 Controles bij montage/ *Control of installation*

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording contractor)	Frequentie party control (Frequency party control)
Vijzelplan • Sterkte • stabiliteit • hydraulische koppeling van systemen (jacking) • Resistance • Stability • hydraulic linking of the systems)	Contract attachments + RTD 1012, par. 7.11	Whole plan	Statement	Whole plan
Positionering van de opleggingen (Positioning of the bearings)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Koppeling aan de onderbouw (Connection to the substructure)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Ondersabeling (Grouting, mortar bed)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Positionering Bovenzadel (Positioning Top plate)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Tijdelijke koppelingen verwijderd (Temporary connections removed)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Afvijselen van de brug • Beheersing van de reactiekrachten • Beheersing eindpositie (Lowering of the bridge • Control of the reaction forces • control of the final position)		Each bearing	Protocol	Each bearing
Definitieve koppeling van het bovenzadel aan de brug (Final connection of the top plate to the bridge)		Each bearing	Protocol	Each bearing

7.11.11 Keg stukken en uitvulplaten / *Wedges and filler plates*

Uitvulplaten voor corrigeren van hoogteverschillen van andere materialen dan in het ontwerp zijn aangenomen zijn niet toegestaan. Cement gebonden keggen bij rubber opleggingen zijn niet toegestaan.

Filler plates for out of other materials than calculated in the design of the bearing are not allowed. Cement based wedges are not allowed for elastomeric bearings.

Indien keggen (wigvormige uitvulstukken) worden gebruikt, mogen deze niet gescheurd zijn en geen zichtbare kieren met de oplegging of andere constructies vertonen.

If wedges are used as filler plates, cracks and visible gaping are not allowed.

8. Overgangsconstructies/ Transfer structures

8.1 Uitwisselbaarheid/ Replaceability

De oplegging steunpunten moeten op eenvoudige wijze demontabel zijn, waarbij een vijzelhoogte van 10 mm, exclusief elastische inverting van de oplegging, voldoende is om de oplegging te verwijderen en een nieuwe te plaatsen. De vijzelhoogte moet beschouwd worden in relatie tot de bovenliggende voegovergang.

Indien niet anders aangegeven, dienen de opleggingen zowel aan het bovenzadel, als aan het onderzadel voorzien te zijn van overgangsplaten bij aansluitingen aan betonconstructies. De bevestiging aan deze overgangsplaten dient eenvoudig demonteerbaar te zijn om een efficiënte uitwisseling van de oplegging in de toekomst mogelijk te maken. Zie figuur 1.

The bearing shall be easily dismountable. A jacking height of 10 mm shall be sufficient for exchange of a bearing. The jacking height must be considered in conjunction with the superjacent joint.

If not otherwise indicated, additional transition plates shall be used for connection to concrete structures. The connection to these transition plate shall be simply Dismountable for an efficient replacement of the bearings in future. See figure 1.

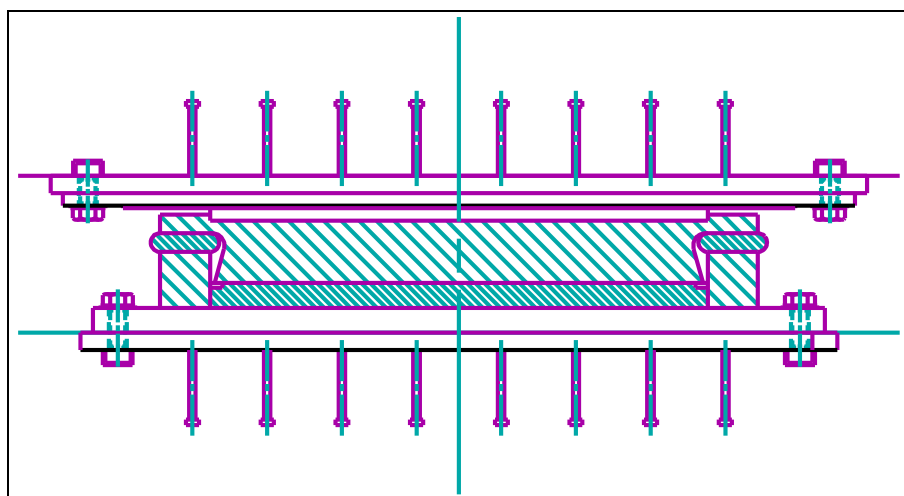


Fig. 1. Overgangsplaten aan boven en onderzadel van een "vaste" potoplegging/ *Transition plates to bridge and pier or abutment*

Wrijvingscoëfficiënten/ *friction coefficients* EN 1337-1, 5.2.

In tegenstelling tot EN 1337-1 moet worden gebruikt:

Deviating from EN 1337-1 shall be used:

Partieel factor voor wrijving / *Partial factor for friction* γ_μ :

2,0 Voor staal tegen staal /*for steel on steel*

2,0 Voor staal tegen beton /*for steel on concrete*

Voor rubber opleggingen moet de wrijving van rubber tegen epoxy gelijk worden genomen als voor rubber tegen staal. Voor alle materiaalcombinaties moet een partieel factor van 1,1 worden gebruikt.

For elastomeric bearings, the friction coefficient of elastomer to epoxy shall be taken equal to that of elastomer to steel see EN 1337-3, A partial factor of 1,1 shall be used for all combinations of materials.

8.2 Ontwerpeisen overgangsplaten/*Design requirements for transition plates*

1. Belastingcombinatie ULS/ *Load combination ULS*
2. Mobiliseren schuifcapaciteit tussen oplegging en overgangsplaat, resp. overgangsplaat en betonconstructie. *Friction capacity between bearing and transition plate.*

$$\text{Cap.} = 0.5 * V_{\min} * \mu$$

De factor 0.5 heeft betrekking op de neiging tot "wegwandelen" van opleggingen. *The reduction factor 0.5 is an additional safety factor in relation to "walking away" of the bearing.*

In ieder geval dient de verbinding te bestaan uit 4 bouten M16, minimale kwaliteit 10.9. *The connection shall at least consist of 4 bolts M 16, minimal quality 10.9*

Voor verbindingen aan de hoofdconstructies geldt dat in aanvulling op de ontworpen capaciteit een extra capaciteit van 30% van de horizontale ontwerpkracht d.m.v. ankers e.d. moet worden kunnen overgedragen.

For connections to the main structures an additional capacity of 30% of the horizontal design force shall be assumed to be transferred by anchorages.

8.3 Uitvoeringseisen Overgangsplaten/ *Manufacturing requirements transition plates*

Vlakheidseis: 1/1000 van de langste (diagonaal)maat
Flatness: 1/1000 of longest diagonal

Conservering:

Als de oplegging, en de vlakken die na het inbouwen niet met de oplegging of de beton in aanraking komen moeten voorzien worden van het volledige corrosiebeschermingssysteem

Corrosion protection:

As bearing, and all areas not in contact with the bearing or concrete shall have the full corrosion protection system.

In aanvulling op de EN 1337 moet het volgende worden gerapporteerd:/ *In addition to EN 1337 the following shall be reported:*

Controle onderwerp (Subject of control)	Controle volgens: (Control in accordance with)	Frequentie aannemer (Frequency contractor)	Vastlegging aannemer (Recording contractor)	Frequentie 3 rd party control (Frequency 3 rd party control)
Overgangsplaten • Vlakheid • conservering • Bevestigingen (Transition plates • Flatness • corrosion protection • connections)	RTD 1012, par. 8	Each transition plate	Protocol	Each protocol

Controles moeten worden uitgevoerd in overeenstemming met EN 1337-2 “Sliding elements” Table 16, met dien verstande, dat alle toetsen betrekking moeten hebben op de materiaalcharge in relatie tot het project.

Verification shall be carried out as described in EN 1337-2 “Sliding elements” Table 16, but all verification shall concern the material used for the particular project.

9.0 Eisen voor Trek-drukopleggingen/ *Requirements for compression- tension bearings*

9.1. Algemeen/ General

Dit deel van RTD 1012 beschrijft de eisen die worden gesteld aan Trek-, Drukopleggingen, in aanvulling op EN 1337, Structural bearings.

This part of RTD 1012 describes the requirements for Tension-, Compression Bearings, in addition to EN 1337, Structural Bearings

9.2 Materialen/ Materials

De constructie dient in hoofdzaak te zijn vervaardigd uit stalen onderdelen. Rekening dient te worden gehouden met kerfslagtaaiheid, lasbaarheid etc.

Glijdelementen en geleidingen dienen te worden vervaardigd uit de materialen zoals voorgeschreven in EN 1337-2, Structural Bearings, Sliding Elements en EN 1337-8, Structural Bearings, Guides.

Principally the structure shall be manufactured from steel parts. They shall allow the transfer of the loads. Due attention shall be paid to impact capacity, weldability, etc.

Sliding Elements and Guides shall be manufactured from the materials as required in EN 1337-2, Structural Bearings, Sliding Elements and EN 1337-8, Structural Bearings, Guides.

9.3 Ontwerp/ Design

Het ontwerp van de oplegging moet zodanig zijn dat de glijdvlakken die de verticale druk- en trekkrachten overdragen altijd onder druk staan.

The design of the bearing shall ensure a continuous positive contact in the sliding surfaces that transfer the vertical compression and tension forces.

Geleidingen dienen in staat te zijn alternerend aan te liggen en los te komen.

Guides shall allow alternating contact and separation.

Het ontwerp van de staalconstructie dient te voldoen aan EN 1993, Steel Structures. (EC3)

The design of the steel structure shall be in accordance with EN 1993, Steel structures. (EC3)

9.4 Detaillering/ Detailed design

Bij het ontwerp dient met de volgende aspecten rekening te worden gehouden:

1. Eenvoudige inspecteerbaarheid
2. Eenvoudige onderhoudbaarheid
3. Eenvoudige vervanging van de slijtgevoelige onderdelen.
4. Eenvoudige vervanging van de oplegging

The design shall allow the following:

1. *Good inspectability*
2. *Easy maintenance*
3. *Ease of replacement of the parts subjected to wear.*
4. *Ease of replacement of the complete bearing*

9.5 Fabricage/ Manufacturing

De fabricage dient te voldoen aan de eisen voor staalconstructies met aanvullende eisen t.a.v. toleranties volgend uit het ontwerp.

De fabricage kan slechts aanvangen nadat het (deel)kwaliteitsplan fabricage door de directie is geaccepteerd. De hold- en witness points worden voorgesteld door de aannemer en aangevuld door de directie.

The manufacturing process shall comply with the requirements for steel structures with additional requirements following from the design.

Production can only start after acceptance of the (partial) quality plan by the engineer. The hold and witness points are to be proposed by the contractor and will be amended by the engineer.

9.6 Montage/ Installation

De montage kan eerst een aanvang nemen nadat het (deel)kwaliteitsplan montage door de directie is geaccepteerd. De hold en witness points worden voorgesteld door de aannemer en aangevuld door de directie.

Het kwaliteitsplan zal o.m. de volgende aspecten omvatten:

- Evenwicht van de brug tegen up lift
- De sterkte en stabiliteit van de hulpsteunpunten,
- De procedures en de bewaking van de criteria

Installation can take place after acceptance by the engineer of the (partial) quality plan. The hold and witness point are to be proposed by the contractor and amended by the engineer.

The quality plan shall among others comprise the following aspects:

- *Stability of the bridge with respect to uplift*
- *Strength and stability of the temporary supports.*
- *The procedures and the control of the criteria.*

Bijlage A

Belastingen, verplaatsingen, rotaties

Loads, displacements, rotations

Belastingcombinaties voor Brugopleggingen (versie met NL α , β , γ , ψ -factoren)

De verkeersbelastingen moeten worden ontleend aan NEN EN 1991-2 met de NB.

Load combinations for Bridge Bearings (version with NL α , β , γ , ψ -factors)

The traffic loads shall be taken from NEN EN 1991-2 with the NA.

1. Inleiding/ Introduction

1.1.1 Gevolgklassen/ *Consequence classes*

De opleggingen moeten zijn ontworpen voor dezelfde gevolgklasse (CC) als de brug.

The bearings shall be designed for the same consequence class (CC) as the bridge

1.1.2 Belastingen en verplaatsingseffecten/ *Actions*

Persistent load effects	$G_{k,s}$	Self weight (onderscheid maken in $G_{k,s, sub}$ en $G_{k,s, inf}$)
	$G_{k,r}$ (1)	Surfacing, safety barriers, parapets, Lighting columns etc. (onderscheid maken in $G_{k,r, sub}$ en $G_{k,r, inf}$)
	P	Prestress
	G_{set} (2)	Settlements, subsidence
	Sh (3)	Shrinkage
	Cr (3)	Creep
Variable load effects	Traffic loads	
	LM1: $Q_k = TS1, TS2, TS3$ (6)	Tandem systems
	LM1: $q_{ik} = UDL$ (6)	Equally distributed loads (i = notional lane i)
	LM4: Q_{fwk} (4)	Pedestrian point load
	LM4: q_{fk}	Pedestrian equally distributed loads
	Q_{lk}	Breaking force
	Q_{tk}	Centrifugal force
	Atmospheric actions	
	$Q_{Sn,k}$	Snow
	F_{wk}	Wind
Accidental load effects	T_k (5)	Temperature
	A_d	Accidental action

- (1) = Er zijn typen kunstwerken waarvoor in verband met onderhoud de al dan niet gedeeltelijke aanwezigheid van deze belasting moet worden beschouwd
- (2) = Altijd volledig meebeschouwen indien van toepassing voor een gedefinieerd kunstwerk
- (3) = Alleen van toepassing voor betonnen of staal-beton kunstwerken
- (4) = Alleen relevant voor kleine voetgangersbruggen
- (5) = Ook verplaatsingen en rotaties t.g.v. temperatuur
- (6) = Bij de verkeersbelastingen de resultaten van invloedslijnen in langs- en dwarsrichting meebeschouwen. De wrijvingskrachten met hun richtingen ook meebeschouwen.

- (1) = In relation to maintenance and replacement phases
- (2) = Shall be considered in full
- (3) = Only for concrete and composite structures
- (4) = Only for small pedestrian bridges
- (5) = Is also relevant for displacements and rotations due temperature
- (6) =
- The influence lines in the longitudinal and transverse direction shall be considered
 - The accumulated friction effects from moveable bearings on the fixed and guided bearings shall be considered, including the movement direction
 - Movements from traffic shall be considered

1.1.3 Belasting- en verplaatsingsfactoren/ *Partial factors for loads and movements*

De belasting- en verplaatsingsfactoren moeten zijn ontleend aan NEN-EN 1990/NB. Daarbij moet voor ULS de verplaatsingsfactor in relatie tot bewegingen ten gevolge van temperatuur worden genomen als 1,1 (in plaats van 1,65 bij CC3 of 1,5 bij CC2).

De verplaatsingsfactor voor bestaande bruggen kan worden genomen als 1,0.

The partial factors for loads and movements shall be taken from NEN-EN 1990/NA. For movements caused by temperature effects the partial factor shall be taken as 1,1 (instead of 1,65 at CC3 or 1,5 at CC2) for the fundamental and the accidental combination. The partial factor for movements for existing bridges can be taken as 1,0.

1.1.4 Combinatiefactoren/ *Combination factors*

De combinatiefactoren moeten zijn ontleend aan NEN-EN 1990/NB.

Daarbij moet voor thermische belastingen T_k en windbelastingen F_{wk} inclusief de bijbehorende verplaatsingen, de combinatiefactor $\psi_{0,Tk} = \psi_{0,Fwk} = 0,8$ worden genomen.

Voor de combinatiefactor voor verkeer moet $\psi_0 = 0,8$ worden genomen.

Bij buitengewone belastingen is $\psi_{1,Tk} = \psi_{1,Fwk} = \psi_{2,Tk} = \psi_{2,Fwk} = 0,4$.

1.1.5 Combinaties van belastingen en verplaatsingen/ *Load and movement combinations*

De volgende belastingcombinaties worden onderscheiden:

- C_{ULS-1} Uiterste grenstoestand: Minimale resp. maximale verticale oplegreacties met bijbehorende horizontale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)
- C_{ULS-2} Uiterste grenstoestand: Maximale horizontale oplegreacties met bijbehorende verticale belastingen
- C_{ULS-3} Bijzondere belastingen
- C_{SLS-1} Bruikbaarheidsgrenstoestand: Minimale verticale oplegreactie met bijbehorende horizontale oplegreacties
- C_{FAT} Vermoeiing

The following tables give load combinations:

- C_{ULS-1} ULS: Minimal resp. maximal vertical reaction with associated horizontal loads
- C_{ULS-2} ULS: Minimal and maximal horizontal reaction with associated vertical loads
- C_{ULS-3} Accidental combination
- C_{SLS-1} ULS: Minimal vertical reaction with associated horizontal loads
- C_{FAT} Fatigue

2. Uiterste grenstoestanden (Ultimate Limit States)

2.2.1 Fundamental combinations

Gebaseerd op EN 1990 Annex A2 + NB Equations 6.10a

C_{ULS-1a} Uiterste grenstoestand: Minimale resp. maximale verticale oplegreacties met bijbehorende horizontale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)

C_{ULS-2a} Uiterste grenstoestand: Maximale horizontale oplegreacties met bijbehorende verticale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)

Based on EN 1990 Annex A2 + NA Equations 6.10a

C_{ULS-1a} *Ultimate limit state: Minimal and maximum vertical loads with concurrent horizontal loads (various combinations possible)*

C_{ULS-2a} *Ultimate limit state: Maximum horizontal loads with concurrent vertical loads (various combinations possible)*

C_{ULS-1a} resp $C_{ULS-2a} =$

$$\begin{aligned} & \gamma_{G,j} G_{k,s} + \gamma_{G,j} G_{k,r} + \gamma_p P + \gamma_{G,set} G_{k,set} + \gamma_{G,Sh} Sh + \gamma_{G,Cr} Cr + \dots \\ & \dots + \psi_{0,verkeer} \gamma_{verkeer} \{Q_{1k} + Q_{2k} + Q_{3k} + q_{ik} + Q_{lk} + Q_{tk}\} + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Tk} \gamma_{overig\ veranderlijk} T_k + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Fwk} \gamma_{overig\ veranderlijk} F_{wk} + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Sn,k} \gamma_{overig\ veranderlijk} Q_{Sn,k} \end{aligned}$$

Noot:

- voor γ_G , $\gamma_{verkeer}$, $\gamma_{overig\ veranderlijk}$ waarden zie NEN-EN1990/NB tabel NB.13
- voor $\gamma_{G,Cr}$ en $\gamma_{G,Sh}$ moet γ_G volgens NEN-EN1990/NB tabel NB.13 worden genomen
- voor γ_p en $\gamma_{G,set}$ zie NEN-EN1990/NB tabel NB.13
- voor ψ_0 –waarden zie 1.1.4 van deze bijlage

Based on EN 1990 Annex A2 + NA Equations 6.10b

C_{ULS-1b} Uiterste grenstoestand: Minimale resp. maximale verticale oplegreacties met bijbehorende horizontale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)

C_{ULS-2b} Uiterste grenstoestand: Maximale horizontale oplegreacties met bijbehorende verticale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)

Based on EN 1990 Annex A2 + NA Equations 6.10b

C_{ULS-1b} Ultimate limit state: Minimal and maximum vertical loads with concurrent horizontal loads (various combinations possible)

C_{ULS-2b} : Ultimate limit state: Maximum horizontal loads with concurrent vertical loads (various combinations possible)

C_{ULS-1b} resp $C_{ULS-2b} =$

$$\begin{aligned} & \xi \{ \gamma_{G,j} G_{k,s} + \gamma_{G,j} G_{k,r} + \gamma_{G,Sh} Sh + \gamma_{G,Cr} Cr \} + \gamma_p P + \gamma_{G,set} G_{k,set} + \dots \\ & \dots + \psi_{0,verkeer} \gamma_{verkeer} \{ Q_{1k} + Q_{2k} + Q_{3k} + q_{ik} + Q_{lk} + Q_{tk} \} + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Tk} \gamma_{overig\ veranderlijk} T_k + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Fwk} \gamma_{overig\ veranderlijk} F_{wk} + \dots \\ & \dots + \psi_{0,Sn,k} \gamma_{overig\ veranderlijk} Q_{Sn,k} \end{aligned}$$

Noot:

- de gecombineerde waarde van $\xi \gamma_{G,j}$ nemen uit NEN-EN1990/NB tabel NB.13
- voor $\gamma_{verkeer}$, $\gamma_{overig\ veranderlijk}$ waarden zie NEN-EN1990/NB tabel NB.13
- voor $\gamma_{G,Cr}$ en $\gamma_{G,Sh}$ moet γ_G volgens NEN-EN1990/NB tabel NB.13 worden genomen
- voor γ_p en $\gamma_{G,set}$ zie NEN-EN1990/NB tabel NB.13
- voor ψ_0 –waarden zie 1.1.4 van deze bijlage
- ψ_0 voor de overheersende veranderlijke belasting 1

2.2.2 Bijzondere belastingscombinatie/ *Accidental combination*

C_{ULS-3}: Bijzondere belastingen (calamiteiten)/ Accidental loads etc.

C_{ULS-3} =

$$\begin{aligned}
 &G_{k,s} + G_{k,r} + P + G_{k,set} + S_h + C_r + \dots \\
 &\dots + \psi_{1/2,verkeer} \{Q_{1k} + Q_{2k} + Q_{3k} + q_{ik} + Q_{lk} + Q_{tk}\} + \dots \\
 &\dots + \psi_{1/2,Tk} T_k + \dots \\
 &\dots + \psi_{1/2,Fwk} F_{wk} + \dots \\
 &\dots + \psi_{1/2,Sn,k} Q_{Sn,k} + \dots \\
 &\dots + A_d
 \end{aligned}$$

Noot:

- met $\psi_{1/2}$ wordt bedoeld ψ_1 of ψ_2 overeenkomstig de tabellen NB.9, NB.10 en NB.19 van de NEN-EN1990/NB, rekening houdend met de aangepaste waarden overeenkomstig 1.1.4 van deze bijlage.

2.2.3 Seismic Combination

Zie ROK.

See ROK.

2.3. Bruikbaarheidsgrenstoestanden (Serviceability Limit States)

C_{SLS-1} : Bruikbaarheidsgrenstoestand: Minimale resp. maximale verticale oplegreacties met bijbehorende horizontale belastingen (meerdere combinaties mogelijk)

Eigen gewicht etc. Maximale resp. minimale verticale verkeersbelasting (t.g.v. langs en dwarsposities), resulterende horizontale belasting, maximale hoekverdraaiing (evt. bijbehorend), maximale excentriciteiten en wrijvingseffecten

C_{SLS-1} : Characteristic combination: Minimal resp. Maximal vertical load with concurrent horizontal loads (several combinations possible)

Self weight and super imposed self weight etc. Maximal resp. Minimal vertical traffic load (consider longitudinal and transverse position, resultant horizontal load, maximal rotations, eccentricities and friction effects.

$C_{SLS-1} =$

$$\begin{aligned} &G_{k,s} + G_{k,r} + Sh + Cr + P + G_{k,set} + \dots \\ &\dots + \psi_{0,verkeer} \{Q_{1k} + Q_{2k} + Q_{3k} + q_{ik} + Q_{lk} + Q_{tk}\} + \dots \\ &\dots + \psi_{0,Tk} T_k + \dots \\ &\dots + \psi_{0,Fwk} F_{wk} + \dots \\ &\dots + \psi_{0,Sn,k} Q_{Sn,k} \end{aligned}$$

Noot:

- voor ψ_0 –waarden zie 1.1.4 van deze bijlage
- ψ_0 voor de overheersende veranderlijke belasting 1

NB:

Deze combinaties zijn vooral relevant voor (gedeeltelijke) uplift in glijdvlakken, potopleggingen, bolsegmentopleggingen, taatsopleggingen en trekspanningen in ge vulcaniseerde verbindingen van rubber blokopleggingen.

These combinations are relevant for (partial) uplift in sliding surfaces, pot bearings, spherical bearings and tension in vulcanized connections in elastomeric bearings.

3. Vermoeiing/ Fatigue

Indien de bewegingen van de brug ten gevolge van verkeersbelastingen wisselende horizontale en verticale krachten kunnen ontstaan door de (rollende of glijdende) bewegingen van de opleggingen, dienen de onderdelen die deze krachten op moeten nemen te worden berekend op vermoeiing.

Voor het bepalen van de wisselende krachten en spanningen in horizontale en verticale zin dient belastingmodel 1 voor vermoeiing conform NEN-EN1991-2 en NB te worden gebruikt.

If the movements of the bridge due to traffic loads cause varying horizontal and vertical forces from the (rolling or sliding) movements of the bearings, the parts subjected to these forces shall be designed for fatigue.

These varying forces shall be determined by fatigue model 1 according to NEN-EN1991-2/NA.

Opm:

In vermoeiingsberekeningen uitgaan van $\gamma_{Mf}=1,35$.

Note:

In fatigue analyses $\gamma_{Mf}=1,35$.

Generieke Eisen Elektrotechnische Installaties

Datum December 2012
Status Definitief V3.0

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Colofon

Uitgegeven door	RWS Dienst Infrastructuur, Afdeling SWI
Informatie	Afdeling SWI
Telefoon	088 797 21 11
Opmaak	DI-SWI
Datum	17-12-2012
Status	Definitief
Versienummer	3.0

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Inhoud

1.	INLEIDING.....	4
1.1	Doel.....	4
1.2	Toepassingsgebied.....	4
1.3	Leeswijzer.....	4
1.4	Geldigheid.....	4
1.5	Documenthistorie.....	4
1.6	Wijzigingbeheer.....	4
2.	ALGEMENE EISEN.....	5
2.1	Elektrotechnische installatie algemeen.....	5
2.2	Elektromagnetische Compatibiliteit.....	8
2.3	Beveiliging.....	10
3.	ENERGIEVOORZIENING.....	11
3.1	Algemeen.....	11
3.2	Aardingssysteem.....	12
3.3	Ononderbroken voedingen.....	13
3.4	Vast opgesteld noodstroomaggregaat.....	14
3.5	Aansluiting en opstelling mobiel noodstroomaggregaat.....	18
4.	APPARATENKASTEN.....	20
4.1	Apparatenkasten algemeen.....	20
5.	INSTALLATIES LICHT EN KRACHT.....	23
5.1	Verlichting.....	23
5.2	Noodverlichting.....	25
5.3	Faciliteiten beheer en onderhoud.....	26
6.	MARKEREN VAN ELEKTROTECHNISCHE INSTALLATIES.....	27
7.	KABELS EN KANALISATIE.....	30
7.1	Kanalisisatie algemeen.....	30
7.2	In de grond aangebrachte kabels.....	32
8.	BESEINING.....	33
8.1	Landverkeer- en Scheepvaartseinen.....	33
9.	MEETSYSTEMEN.....	34
9.1	Meteoinstallaties.....	34
9.2	Overige meetsystemen.....	35

1. Inleiding

In dit document worden generieke eisen gesteld aan de elektrotechnische installaties van objecten van Rijkswaterstaat.

1.1 Doel

De doelstelling van Rijkswaterstaat is om (vaar)weggebruikers een veilige en vlotte doorstroming te bieden. Dit houdt in dat de organisatie, processen en techniek zo ingericht moeten worden dat deze doelstelling behaald wordt. Het doel van dit document is om elektrotechnische installaties van RWS op onderdelen te uniformeren. Hiermee wordt beoogd een bijdrage te leveren aan de kwaliteit elektrotechnische installaties en uiteindelijk te komen tot een veilige, goed onderhoudbare en duurzame elektrotechnische installatie.

1.2 Toepassingsgebied

1.2.1 Dit document is van toepassing op alle stadia van ontwerp tot realisatie van elektrotechnische installaties.

1.2.2 Dit document is geschreven voor algemene toepassing op alle elektrotechnische en aspecten van besturingstechnische installaties.

1.3 Leeswijzer

In de inleiding is de bedoeling van dit document weergegeven. In de daarna volgende hoofdstukken zijn de generieke eisen aan de elektrotechnische installaties geformuleerd.

1.4 Geldigheid

Deze specificatie maakt deel uit van de projectspecifieke vraagspecificatie eisendeel (VSE) en procesdeel (VSP).

1.5 Documenthistorie

Versie:	Bedrijf/afdeling	Auteur:	Commentaar	Datum:
1.0	Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur	TAUW	C. Tettero G Bruggink	15-06-2009
1.1	Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur	C. Tettero	G Bruggink	23-07-2009
2.0	Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur	C. Tettero	F. v.d. Weg G. Bruggink	01-07-2010
2.1	Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur	C. Tettero	nvt	27-01-2012
3.0	Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur	C. Tettero	LBB kaders BS_SS	17-12-2012

1.6 Wijzigingbeheer

In versie 3.0 zijn de eisen geherformuleerd om beter aan te sluiten bij de vraagspecificatie eisendeel (VSE). Tevens is de eisenset uitgedund en zijn er eisen aangepast op basis van feedback uit projecten. Vervallen zijn de eisen die geborgd zijn door middel van andere RWS specificaties, of projectspecifiek geborgd dienen te worden. Verder zijn ook de eisen die niet voldeden aan het criterium "SMART" vervallen.

Opsteller	toetser	autorisor	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

2. Algemene eisen

2.1 Elektrotechnische installatie algemeen

Eis GEEI-EIA-01 Opbouw elektrotechnische installatie	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De elektrotechnische installatie dient modulair te zijn opgebouwd van systeemniveau met een decompositie tot op componentniveau.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Criterium: Voldoen aan de decompositie conform 3.2 en 3.4 "Tekenvoorschriften Object- en Lijninfrastructuur gebonden installaties". Realisatiefase: Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		
De elektrotechnische installatie of delen daarvan dienen zo veel mogelijk onafhankelijk van andere installaties kunnen worden gebouwd, onderhouden, aangepast en uitgebreid.		

Eis GEEI-EIA-02 Toekomstvastheid	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Ten behoeve van de toekomstvastheid dient de installatie bij ingebruikname voorzien te zijn van minimaal 20% fysieke reserve ruimte.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Criterium: Minimaal 20% reserve ruimte Realisatiefase: Visuele inspectie/ Documentbeoordeling T(C)D Criterium: Minimaal 20% reserve ruimte		
Toelichting		
Deze eis betreft ruimte beslag in apparatenkasten en energieverdelers, rangeerverdelers, kanalisatie en aders in multicorekabels en glasvezelkabels.		

Eis GEEI-EIA-03 Technische levensduur	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De technische levensduur van onderdelen in de elektrotechnische installatie dient minimaal 15 jaar te zijn, tenzij anders vermeld in de tabel hieronder. • Transformatoren: 40 jaar • Bijbehorende schakel- en beveiligingsapparatuur: 40 jaar • Laagspanningsverdeelinrichting, MCC: 25 jaar • PC systemen incl toebehoren: 5 jaar • Communicatie- en netwerkkapparatuur: 10 jaar • Vaste bekabeling bovengronds: 25 jaar • Vaste bekabeling ondergronds: 40 jaar • Ondersteunende of beschermende (staal-)constructies: 25 jaar • In het veld opgestelde meetinstrumenten: 10 jaar • Buitenverlichting: 10 jaar • Camera-installatie: 10 jaar	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview, aantonen in de RAMS-analyse Realisatiefase: Documentbeoordeling T(C)D, actualiteit RAMS analyse in relatie tot de ontwikkelingsfase		
Toelichting		

Eis GEEI-EIA-04 Klimatologische invloeden	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Alle apparatuur, kabels, leidingen en toebehoren dienen geschikt te zijn voor toepassing in de omgevingsomstandigheden waar het zich bevindt.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Criteria: alle toegepaste apparatuur dient volledig te kunnen functioneren binnen de klimatologische omstandigheden conform NEN 1010, bijlage 51B; ▪ binnen gebouwen AB5, ▪ buiten gebouwen AB3 en AB4 en maximaal voorkomende windbelasting AS3. Realisatiefase:		
Toelichting		

Eis GEEI-EIA-05 Moeilijk brandbaar en halogeen vrije materialen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De gebruikte materialen dienen moeilijk brandbaar en zonder halogenen te zijn.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview met criteria; Moeilijk brandbaar: Materialen voldoen indien deze indien beproeft zijn volgens de eisen uit de IEC 60331 en/of IEC 60332 serie (alleen voor leidingen) Halogeen vrij; voldoet indien beproeft volgens de eisen uit de IEC 60754 en/of voorzien van KEMA keur 154-4. Realisatiefase: Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		

Eis GEEI-EIA-06 Sleutels conform sleutelplan	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Van alle sleutelschakelaars en kastdeursloten dienen minimaal 2 sleutels te worden bijgeleverd, gecodeerd volgens het sleutelplan.	[vraagspecificatie]	GEEI-VNSA-07 GEEI-AK-06
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: n.v.t. Realisatiefase: SAT/SIT, check aanwezigheid sleutels en codering		
Toelichting		
Minimaal twee, het sleutelplan is leidend ten aanzien van de benodigde aantallen.		

2.2 Elektromagnetische Compatibiliteit

Eis GEEI-EMC/EMV-01 Het systeem moet EMC (Elektromagnetische Compatibiliteit) bereiken	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het systeem dient dusdanig ontworpen te zijn en in stand gehouden te kunnen worden zodat het in zijn elektromagnetisch milieu bevredigend kan functioneren, zonder zelf ontoelaatbare stoorsignalen voor raakvlaksystemen in dat milieu toe te voegen.	[vraagspecificatie]	GEEI-EMC/EMV-03
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Documentcontrole: -Het ontwerp dient te voldoen aan: 1. EMC richtlijn 2004/108/EG 2. Guide for the EMC Directive 2004/108/EC 3. R&TTE richtlijn 1999/5/EC 4. NEN-EN-IEC 61000 serie* (* de van toepassing zijnde normen) -Het ontwerp dient een "EMC Management Plan" (EMC-MP) te bevatten. -Het EMC-MP dient minimaal aan de volgende voorwaarden te voldoen: 1. Bevat een risicobeoordeling van het niet bereiken van EMC. 2. Beheersmaatregelen voor de risico's vermeld onder punt 1 en een overzicht van de restrisico's. 3. Moet ingaan op de verschillende elektromagnetische risico's welke onder EMC vallen zoals EMI, ESD (Elektrische ontladingen), lage power kwaliteit, retourpad stromen. 4. In de risicobeoordeling dient de omgeving betrokken te worden: a. Gebruikers (o.a. weg- en vaarwegverkeer) b. Bedienaars. c. Onderhoudsmedewerkers d. Naburige infrastructuur (o.a. tram en spoor) e. Andere mogelijke naburige systemen (o.a. fabrieken en energie bedrijven). 5. Bevat overzicht van de EM-zone indeling volgens NEN-EN-IEC 61000 2-5 6. Het dient een overzicht te bevatten van de gebruikte technieken volgens NEN-EN-IEC 61000 5-2 waardoor EMC bereikt wordt. 7. Het bevat een overzicht van de emissie en immuniteit niveaus van alle subsystemen in het object en de verwachte niveaus van de in punt 3 genoemde systemen in de omgeving. 8. Bevat overzicht van certificaten en testrapporten van alle in het object gebruikte subsystemen. Testen moeten worden uitgevoerd conform de NEN-EN-IEC 61000 serie. 9. Voldoet aan de Guide for the EMC Directive 2004/108/EC 10. Overzicht van EMC aansluitinstructies van alle subsystemen. Realisatiefase: --		EMC richtlijn 2004/108/EG. Guide for the EMC Directive 2004/108/EC R&TTE richtlijn 1999/5/EC. NEN-EN-IEC 61000 serie * <i>* de van toepassing zijnde normen</i>
Toelichting		

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Eis GEEI-EMC/EMV-02 Veilig systeem op EMV (Elektromagnetische Velden)	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het systeem dient dusdanig ontworpen te zijn en in stand gehouden te kunnen worden zodat het geen gevaar vormt voor de gezondheid en veiligheid van werknemers en de gebruikers van het systeem met betrekking tot de blootstelling aan de risico's van elektromagnetische velden.	GEEI-EMC/EMV-01	GEEI-EMC/EMV-03
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Documentcontrole: -Het ontwerp dient te voldoen aan EMV richtlijn 2004/40/EG -Het "EMC Management Plan" (EMC-MP) bevat de EMV aspecten waaronder minimaal: 1. Bevat een risicobeoordeling van onveiligheden door EMV. 2. Bevat beheersmaatregelen voor de risico's vermeld onder punt 2 en een overzicht van de restrisico's. Realisatiefase: --		EMV richtlijn 2004/40/EG
Toelichting		

Eis GEEI-EMC/EMV-03 De subsystemen van het object dienen adequate emissie en immuniteit niveaus te bezitten voor het beoogde gebruik.	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De subsystemen van het object dienen adequate emissie en immuniteit niveaus te bezitten voor het beoogde gebruik en omgeving en dienen minimaal de Immuniteit en Emissie niveaus te bezitten voor Industriële omgevingen conform NEN-EN-IEC 61000-6-2 en NEN-EN-IEC 61000-6-4.	GEEI-EMC/EMV-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Documentcontrole: Het ontwerp dient minimaal te voldoen aan NEN-EN-IEC 61000-6-2 en NEN-EN-IEC 61000-6-4. Realisatiefase: --		NEN-EN-IEC 61000-6-2 en NEN-EN-IEC 61000-6-4.
Toelichting		

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

2.3 *Beveiliging*

Eis GEEI-BEV-01 Voldoen aan de NEN 2535	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De brandmeldinstallatie dient in overeenstemming te zijn met NEN 2535	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT, Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		

Eis GEEI-BEV-02 Voldoen aan de regeling brandmeldinstallaties	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Installaties voor detectie en melding van brand dienen te zijn opgebouwd volgens de 'regeling brandmeldinstallaties', uitgegeven door het CCV	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT, Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		

Eis GEEI-BEV-03 Voldoen aan klasse 3	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Installaties voor inbraakbeveiliging dienen opgebouwd te worden volgens klasse 3 zoals geformuleerd door het CCV en opgenomen in de VRKI 2012	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT, Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		

Eis GEEI-BEV-04 Voldoen aan EN 50131	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Onderdelen van installaties voor inbraakbeveiliging dienen te voldoen aan NEN-EN 50131.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT, Documentbeoordeling T(C)D		
Toelichting		

3. Energievoorziening

3.1 Algemeen

Eis GEEI-EV-01 Modulair opbouwen energievoorziening	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het systeem energievoorziening dient over een energieverdeling te beschikken die alle energiegebruikers op logische wijze modulair groepeerd en de energielevering op ongestoorde wijze distribueert.	[vraagspecificatie]	GEEI-EV-02 GEEI-EV-03 GEEI-VNSA-07 GEEI-MNSA-01
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: --		
Toelichting		
Alle energiegebruikers en hieruit voortvloeiende (operationele) processen hebben een functionele afhankelijk van de energievoorziening. Het verdelen in onafhankelijke voedingszones is een logische stap om onderlinge beïnvloeding en mogelijke belemmering uit te sluiten.		

Eis GEEI-EV-02 Toegepaste lijnspanning	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De binnen het systeem energievoorziening toegepaste lijnspanningen dienen voor laagspanningsinstallaties 400V of 690V te zijn.	GEEI-EV-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: --		
Toelichting		

Eis GEEI-EV-03 Laagspanningsverdeelinrichting	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Apparatuur dient als onderdeel van de laagspanningsverdeelinrichting, opgesteld te worden in de laagspanningsruimte.	GEEI-EV-01	GEEI-EV-03
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: --		
Toelichting		
In het algemeen begint de aansluiting voor laagspanning op het meterbord of op het laagspanningsrek in de transformatorruimte. Gedistribueerde verdeelinrichtingen kunnen hierop een uitzondering vormen.		

Eis GEEI-EV-04 Meetinrichting	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het meetbedrijf dient de bemetering aan te brengen in de laagspanningsruimte.	GEEI-EV-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: --.	Objectbeheerder/ energiecoördinator	
Toelichting		
Er wordt door OG geen telefoonverbinding verstrekt voor het uitlezen van bemetering.		

3.2 Aardingssysteem

Eis GEEI-AS-01 Aardingssysteem	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het systeem energievoorziening dient voorzien te zijn van een aardingssysteem dat ervoor zorgt dat; 1. de nul van een voedingssysteem aardpotentiaal heeft; 2. bij een fout in de elektrische installatie geen gevaarlijke aanraakspanningen optreden of dat deze snel genoeg worden afgeschakeld 3. de mogelijk optredende bliksemstromen worden afgeleid 4. de mogelijk optredende overspanningen (door bliksem of sluitingen in het net) worden beperkt tot een aanvaardbaar niveau 5. er geen ongewenste beïnvloeding plaatsvindt ten gevolge van hoogfrequente verschijnselen	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview, aantonen dat het aardingssysteem is ontworpen aan de hand van de randvoorwaarden uit; ▪ NEN 1010 tbv installatiedelen onderdeel van de utiliteitsinstallatie. ▪ NEN-60204-1 tbv installatiedelen als onderdeel van een machine; ▪ NEN-EN-IEC 62305 delen 1t/m 4; ▪ GEEI H2.2 eisen tav EMC. ▪ NEN-EN-IEC 61936-1 indien een hoogspanningsinstallatie onderdeel is van het systeem. Realisatiefase: SAT, minimaal meting aardverspreidingsweerstand		
Toelichting		

3.3 *Ononderbroken voedingen*

Eis GEEI-OOV-01 Voldoen aan IEC 62040-1	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De ononderbroken voeding dient te voldoen aan de NEN-EN-IEC 62040-1:2009	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: Documentbeoordeling T(C)D Criterium; Vermelding op conformiteitsverklaring		
Toelichting		
Ononderbroken voeding wordt ook benoemd als UPS (Uninterruptible power systems) of No-Break		

Eis GEEI-OOV-02 Signaal "uitgeput" tbv aangesloten apparatuur	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De ononderbroken voeding dient een signaal af te geven als deze uitgeput raakt. Hiermee dient aangesloten apparatuur gecontroleerd uitgeschakeld te worden.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-OOV-03 Minimaal nominaal en piekvermogen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De ononderbroken voeding dient minimaal uitgelegd te zijn voor 120% van het nominale vermogen en 110% van het gevraagde kortstondige piekvermogen.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-OVV-04 Titel	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Afdekplaten van wandcontactdozen ten behoeve van apparatuur aan te sluiten op een ononderbroken voeding dienen rood te zijn.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

3.4 *Vast opgesteld noodstroomaggregaat*

Eis GEEI-VNSA-01 Noodstroomaggregaat	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Een vast opgesteld noodstroomaggregaat dient in het systeem energievoorziening geïntegreerd te zijn.	[vraagspecificatie]	GEEI-VNSA-02
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		
Het vast opgesteld noodstroomaggregaat wordt in navolgende eisen afgekort door middel van VNSA		

Eis GEEI-VNSA-02 Brandstofinstallatie	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het VNSA dient voorzien te zijn van een brandstofinstallatie.	GEEI-VNSA-01	GEEI-VNSA-03 GEEI-VNSA-04 GEEI-VNSA-05
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-03 Brandstofvoorraad	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De brandstofinstallatie dient zodanig te zijn uitgelegd dat voldoende brandstof voor minimaal 72 uur ononderbroken VNSA-bedrijf kan worden opgeslagen, uitgaande van normaal bedrijf.	GEEI-VNSA-02	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview op de berekening brandstofverbruik in relatie tot het benodigde vermogen. Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		
Deze eis is geformuleerd om na een NSA bedrijf voldoende reserve brandstof op voorraad te hebben voor een eventuele 2 ^e NSA bedrijf. Tevens in verband met het aanleveren van nieuwe brandstof, leveranciers komen veelal niet voor kleine hoeveelheden. Minimaal 72 uur tenzij vanuit systeem specifieke RAMS eisen blijkt dat deze tijd voor het systeem niet voldoende is.		

Eis GEEI-VNSA-04 Brandstofvoorraad bij oplevering	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De brandstofinstallatie dient bij oplevering/ingebruikname volledig afgevuuld te zijn.	GEEI-VNSA-02	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: Toets op het volledig afgevuuld zijn		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-05 Vulpunt bereikbaar bevoorradingsvoertuig	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het vulpunt van de brandstofinstallatie moet zodanig zijn aangebracht dat een bevoorradingsvoertuig deze kan bereiken.	GEEI-VNSA-02	GEEI-VNSA-06
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Criteria, dusdanig bereikbaar dat er geen hinder is voor omgeving en (vaar)wegverkeer tijdens het bevoorraden. Realisatiefase: SAT/SIT, Visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-06 Vulpunt afsluiten cilinderslot	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het vulpunt van de brandstofinstallatie dient met een cilinderslot afgesloten te worden.	GEEI-VNSA-05 GEEI-EIA-07	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-06 Signaal "brandstofvoorraad uitgeput"	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het VNSA dient een signaal af te geven als de brandstofvoorraad uitgeput raakt. Hiermee dient het VNSA en op het VNSA aangesloten apparatuur gecontroleerd uitgeschakeld te worden.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-07 Voorziening periodiek testen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
In het systeem energievoorziening dient een voorziening aanwezig te zijn om voor de periodieke test het VNSA gedurende 20 minuten 100% van het nominaal af te geven vermogen te kunnen belasten.	GEEI-EV-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Criterium: Het aanwezig zijn van vaste aangebrachte ballastweerstand. Realisatiefase: SAT/SIT, duurproef		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-08 Voorkomen overlast rookgasafvoer	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De rookgasafvoer van het VNSA dient zodanig te zijn uitgevoerd dat geen overlast voor omwonenden kan ontstaan.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-09 Uitvoering ventilatie- en rookgaskanalen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Ventilatie- en rookgaskanalen dienen uitgerust te zijn met een vandalismebestendig, fijnmazig rooster om ongedierte, insecten, stuifsnieuw e.d te weren	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-10 Voldoen aan NRB 2012	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het VNSA en de bijkomende brandstofinstallatie dienen te voldoen aan de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming 2012.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: --		
Toelichting		

Eis GEEI-VNSA-11 Geluidsniveau maximaal	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Alle onderdelen van de installatie dienen zodanig geluidsgedempt uitgevoerd te worden dat het geluidsniveau als gevolg van het in bedrijf zijn van het NSA voldoende laag is.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Criterium: Tenzij anders aangegeven geldt voor ruimtes waar regelmatig personen in verblijven een geluidsniveau van 55 dB(A) en buiten 50 dB(A). Realisatiefase: SAT/SIT, geluidsmeting(en)		
Toelichting		

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

3.5 *Aansluiting en opstelling mobiel noodstroomaggregaat*

Eis GEEI-MNSA-01 Mobiel Noodstroomaggregaat	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Ten behoeve van een mobiel noodstroomaggregaat dient een apart voedingsveld in het systeem energievoorziening aangebracht te zijn.	GEEI-EV-01	GEEI-MNSA-02 GEEI-MNSA-03
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		
Het mobiel noodstroomaggregaat wordt in navolgende eisen afgekort door middel van MNSA		

Eis GEEI-MNSA-02 Controle draaiveld	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Er dient een automatische controle te zijn op de richting van het draaiveld met betrekking tot de aansluiting van het MNSA.	GEEI-MNSA-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Criteria: ▪ Een foutieve draairichting van het draaiveld dient optisch signaleerd te worden. ▪ Een foutieve draairichting van het draaiveld dient inschakelen van de voeding van het MNSA te blokkeren. Realisatiefase: SAT/SIT, functionele demonstratie		
Toelichting		

Eis GEEI-MNSA-03 Titel	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het omschakelen tussen de netaansluiting en de voeding van het MNSA dient met de hand te kunnen geschieden.	GEEI-MNSA-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MNSA-04 Kabelloop Mobiel Noodstroomaggregaat	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De kabels van het MNSA dienen op veilige en verantwoorde wijze vanaf de opstellingsplaats tot bij de laagspanningsverdeelinrichting gebracht te kunnen worden waarbij de ruimtes afgesloten kunnen worden/blijven.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Minimale criteria: ▪ Doorvoeren dienen water, vuil en ongedierte werend te zijn in gebruikte en ongebruikte situatie. ▪ Geen struikelgevaar voor de gebruikers. Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

4. Apparatenkasten

4.1 Apparatenkasten algemeen

Eis GEEI-AK-01 Minimale bescherming tegen stof, vocht en aanrakingsgevaar	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Apparatenkasten dienen componenten te beschermen tegen stof, vocht en gebruikers tegen aanrakingsgevaar.	[vraagspecificatie]	GEEI-AK-02 GEEI-AK-03 GEEI-AK-05 GEEI-AK-07
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
- Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Minimale criteria: - Kast: minimaal IP 55; - Bodemplaat bij opstelling op vloer met kabelinvoer van onder: minimaal IP 50; - Compartimenten onderling: minimaal IP 20; - Ingebouwde rail- en kabelcompartimenten: minimaal IP 40; Uittrekbare delen, in de teststand: minimaal IP 20. Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		
Begrip apparatenkast: besturings- en schakelkasten schakel- en verdeelinrichtingen		

Eis GEEI-AK-02 Kastklimaat	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Het klimaat in apparatenkasten waarin actieve elementen zijn opgenomen dienen maatregelen getroffen te worden voor het stabiliseren van de temperatuur en (lucht)vochtigheid in de kast.	GEEI-AK-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview, Analyse van klimaathuishouding Realisatiefase: SAT/SIT, toets op genomen maatregelen tbv klimaathuishouding		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-03 Geschiktheid voor de ruimte/omgeving	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Apparatenkasten dienen bestand te zijn tegen de uitwendige invloeden van de ruimte/omgeving waar ze opgesteld zijn.	GEEI-AK-01	GEEI-AK-04
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-04 Klimaatbeheersing	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Indien kasten buiten of in niet geconditioneerde ruimten, kelders en dergelijke worden opgesteld, dienen voorzieningen te worden aangebracht voor klimaatbeheersing in de kast, zodanig dat aan de vereiste omgevingscondities voor de in de kast aanwezige apparatuur wordt voldaan.	GEEI-AK-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview op de analyse van de klimaathuishouding Realisatiefase: -		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-05 Voorzien van kastdeuren	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Apparatenkasten dienen voorzien te zijn van kastdeuren.	GEEI-AK-01	GEEI-AK-06
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie Minimale criteria: - Kasten breder dan 600 mm dienen voorzien te zijn van twee uitneembare draaideuren. - Deuren moeten ten minste 110° geopend kunnen worden en moeten kunnen worden verwijderd zonder hulpmiddelen. - De constructie van twee in samenwerking draaiende deuren moet zodanig zijn, dat in gesloten stand de deuren elkaar borgen. Kastdeuren moeten worden voorzien van een uitzethaak, tenzij dit om Arbo-technische redenen niet mag (vluchtweg).		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-06 Uitvoering kastdeursloten	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De kastdeuren dienen afgesloten te worden doormiddel van deursloten met eurocilinders.	GEEI-AK-05 GEEI-EIA-07	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-07 Schoprاند/sokkel	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Op de vloer opgestelde apparatenkasten, lessenaars of bedieningspanelen dienen te zijn voorzien van een afneembare terugliggende schoprاند (sokkel).	GEEI-AK-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		

Eis GEEI-AK-08 Trekontlasting bij onder invoer	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Apparatenkasten met "onder invoer" dienen voorzien te zijn van montageprofielen voor het bevestigen van de afgaande kabels en voor het aanbrengen van eventuele trekontlastingen.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT Visuele inspectie		
Toelichting		

5. Installaties licht en kracht

5.1 Verlichting

Eis GEEI-ILK-01 Titel	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Voor binnenverlichting dient de NEN-EN 12464-1 inclusief referenties te worden gehanteerd. Er moet een bij de functie van de ruimte passende verlichtingssterkte worden toegepast.	[vraagspecificatie]	GEEI-ILK-02 GEEI-ILK-03 GEEI-ILK-04
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview op toepassen van passende verlichtingsterkte en de verlichtingsberekening Realisatiefase: SAT/SIT Verlichtingssterkte door middel van een Luxmeting.		
Toelichting		

Eis GEEI-ILK-02 Verlichting separaat in en uitschakelen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
De verlichting in de technische ruimtes dienen per ruimte separaat in- en uitgeschakeld te kunnen worden.	GEEI-ILK-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-ILK-03 Aanwezigheidsdetectie	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Alle ruimtes dienen van aanwezigheidsdetectie te worden voorzien waarmee bij afwezigheid van gebruikers de verlichting uitgeschakeld wordt.	GEEI-ILK-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Criterium: De uitschakelvertragingstijd van de aanwezigheidsdetectie dient instelbaar te zijn. Realisatiefase: SAT/SIT. De uitschakelvertragingstijd dient op 15 minuten ingesteld te zijn.		
Toelichting		
Om onnodig branden van verlichting toe voorkomen		

Eis GEEI-ILK-04 Daglichtafhankelijke regeling	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Ruimtes met daglichtinval dienen met een daglichtafhankelijke regeling te worden uitgevoerd en handmatig uitschakelbaar en naregelbaar te zijn.	GEEI-ILK-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-ILK-05 Dimmen bedienplekverlichting	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Bedienplekverlichting dient per werkplek individueel handmatig dimbaar te zijn.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-ILK-06 Verlichten van werkplekken buiten	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Voor verlichting van werkplekken buiten dient de NEN-EN 12464-2 inclusief referenties te worden gehanteerd. Er moet een bij de functie van de ruimte passende verlichtingssterkte worden toegepast.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview op toepassen van passende verlichtingsterkte en de verlichtingsberekening Realisatiefase: SAT/SIT Verlichtingssterkte door middel van een Luxmeting.		
Toelichting		

5.2 *Noodverlichting*

Eis GEEI-NV-01 Nood-, antipaniek en vluchtwegverlichting	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Nood-, antipaniek en vluchtwegverlichting dienen te voldoen aan NEN-EN 1838 inclusief referenties.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-NV-02 Tekstplaten noodverlichtingarmaturen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Tekstplaten van transparante noodverlichtingarmaturen voor de aanduiding van uitgangen en vluchtwegen dienen te voldoen aan de NEN 3011 en/of NEN 6088	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-NV-03 Combineren verlichtingsarmaturen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Nood- en antipaniekverlichting dient waar mogelijk gecombineerd te zijn met de ruimteverlichting.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpview, analyse op de mogelijkheden met de criteria; - eisen binnen systeem specifieke vormgevingsdocument - aanlegkosten bekabeling en armaturen, - kosten lampremplace tijdens beheer en onderhoudsfase, . Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

5.3 *Faciliteiten beheer en onderhoud*

Eis GEEI-FBO-01	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Faciliteiten in apparatenkasten		
Een apparatenkast dient voorzien te zijn van verlichting en een onderhoudswandcontactdoos ten behoeve van beheer, onderhoud.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Minimale criteria; ▪ "Aan-/uit-schakelaar kastverlichting dmv een deurschakelaar ▪ Minimaal één ongeschakelde wandcontactdoos. ▪ Voldoen aan hoofdstuk 15 NEN-EN 60204-1 Realisatiefase: SAT/SIT, visuele inspectie		
Toelichting		
Zorg ervoor dat de werkzaamheden niet in de schaduw moeten worden uitgevoerd. Overweeg in een dergelijk geval het toepassen van twee tl-armaturen, bijvoorbeeld aan de twee zijden van de apparatenkast.		

Eis GEEI-WCD-01	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Algemene onderhoudscontactdozen in ruimtes		
Drie- en vijfpolige onderhoudswandcontactdozen ten behoeve van beheer en onderhoud (inclusief beschermingscontact) moeten van het type CEE-form 32A met geïntegreerde installatieautomaat zijn.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

.

6. Markeren van elektrotechnische installaties

Eis GEEI-MEI-01 Markeringen conform decompositie	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Onderdelen van de elektrotechnische installaties dienen ten behoeve van doelmatig beheer en onderhoud gemarkeerd te worden conform de decompositie van de installaties.	GEEI-IEA-01	GEEI-MEI-02 GEEI-MEI-03
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-02 Markeren algemeen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Kabels, aders, bedieningselementen, contactdozen, meters, signaalverlichting en displays dienen systematisch, eenduidig en onuitwisbaar gemarkeerd te worden.	GEEI-MEI-01	GEEI-MEI-04 GEEI-MEI-08 GEEI-MEI-09
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-03 Markeren door middel van naamplaten	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Alle apparatuur, toestellen, kasten en andere relevante onderdelen van de elektrische installatie dienen te worden voorzien van een naamplaat. Op deze naamplaat dient ook eventuele nadere informatie te worden aangebracht.	GEEI-MEI-01	GEEI-MEI-04 GEEI-MEI-05 GEEI-MEI-06 GEEI-MEI-07 GEEI-MEI-08 GEEI-MEI-09
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-04 Duurzaamheid	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Markeringen en naamplaten dienen duurzaam bevestigd te zijn en leesbaar te blijven gedurende de technische levensduur, waarbij uitgegaan dient te worden van normaal gebruik.	GEEI-MEI-02 GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-05 Naamplaten niet verwisselbaar van locatie	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Naamplaten mogen niet aangebracht worden op delen die bij normaal onderhoud en/of storing zoeken moeten worden verwijderd dan wel kunnen worden verwisseld na herplaatsing.	GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase:-- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-06 Functie vermelding	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Bij werkschakelaars, sleutelschakelaars en noodschakelaars dient op de eerste regel van de naamplaat de functie te worden vermeld.	GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-07 Waarschuwing bijzondere functies	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
In elke verdeelinrichting dient bij de hoofdschakelaars van de voedingen voor de brandpreventieve installaties een naamplaat te worden aangebracht met een waarschuwende tekst	GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		
Voorbeelden brandpreventieve installaties; brandweerlift, brandpomp, sprinklerinstallatie e.d. Voorbeeld waarschuwende tekst: "NIET SCHAKELEN: BRANDPOMP".		

Eis GEEI-MEI-08 Toe te passen lettertype	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Er dient een schreefloos lettertype toegepast te worden, met als minimale lettergrootte: • Componenten in panelen: 4 mm • Instrumenten op panelen: 6 mm • Aanduiding van panelen: 10 mm	GEEI-MEI-02 GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-MEI-09 Kleur lettertype	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Markeringen dienen een zwarte tekst op een witte achtergrond te hebben. Voor speciale aanduidingen met betrekking tot gevaar / brandinstallaties dient een witte tekst op een rode achtergrond te worden gebruikt.	GEEI-MEI-02 GEEI-MEI-03	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

7. Kabels en kanalisatie

7.1 Kanalisatie algemeen

Eis GEEI-KAN-01 Kabelondersteunend materiaal	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Kabels dienen te worden aangebracht op kabelondersteunend materiaal (goten, kokers, ladderbanen, mantelbuizen)	[vraagspecificatie]	GEEI-KAN-01 GEEI-KAN-02 GEEI-KAN-03 GEEI-KAN-04 GEEI-KAN-05
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerp preview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-KAN-02 Kwaliteit hulpmaterialen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Scheidingsschotten, deksels, scheidingsgoten en bevestigingsmaterialen dienen kwalitatief ten minste van gelijkwaardig materiaal te zijn vervaardigd als waar zij worden toegepast.	GEEI-KAN-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-KAN-03 Afdekplaten	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Goten en kokers dienen van dekplaten (deksels) te worden voorzien.	GEEI-KAN-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-KAN-04 Trekkoord	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Mantelbuizen dienen voorzien te zijn van een trekkoord.	GEEI-KAN-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI-KAN-05 Afdoppen niet afgewerkte mantelbuis	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Binnentreden van vocht en vuil in mantelbuis dient voorkomen te worden.	GEEI-KAN-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: Te nemen maatregel, afdoppen van beide uiteinden.		
Toelichting		

Eis GEEI-KAN-06 Brandwerende eigenschap doorvoeren	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Doorvoeringen ten behoeve van de kanalisatie dienen minimaal dezelfde brandwerende eigenschappen te hebben als de vloeren en/of wanden waar zij doorheen voeren.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

I

7.2 *In de grond aangebrachte kabels*

Eis GEEI-KIG-01 Beschermen van in de grond aangebrachte kabels	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
In de grond aangebrachte kabels dienen beschermd te worden door deze op voldoende diepte te leggen en te markeren.	[vraagspecificatie]	GEEI-KIG-02
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: -- Realisatiefase: SAT/SIT Minimale criteria: - De diepte van de kabelsleuf dient voor laagspanningskabels 700 mm en voor hoogspanningskabels 1100 mm te zijn. - De kabelsleuf dient te worden gevuld met een 100 mm dikke laag zand. Nadat de kabels zijn aangebracht dienen deze worden afgedekt met een 100 mm dikke laag zand, gevolgd door de uitgegraven grond, die regelmatig in lagen mechanisch wordt verdicht . - Op een diepte van circa 250 mm dient een kunststof markeerlint aangebracht te worden met de tekst: "PAS OP: ELEKTRICITEITSKABEL".		
Toelichting		

Eis GEEI-KIG-02 Kruisen bestaande infrastructuur	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
In de grond aangebrachte kabels bestaande kabels dient leidingen infrastructuur te kruisen door middel van slagvaste mantelbuis en/of betonnen kokers.	GEEI-KIG-01	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerp preview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

8. Beseining

8.1 Landverkeer- en Scheepvaartseinen

Eis GEEI-LED-01 Eisen LED seinlampen ca.	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Seinlampen, dimtrafo's en stroombewakingsrelais, dienen te voldoen aan de eisen van bijlage C van deze specificatie.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

9. Meetsystemen

9.1 Meteoinstallaties

Eis GEEI_METEO-01 Titel	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Installatie tbv het bepalen van windsnelheid en windrichting dienen zonder bewegende delen te worden uitgevoerd.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI_METEO-02 Invloed omgeving op meteometingen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Bruggen, bedieningsgebouwen en andere objecten in de omgeving mogen geen invloed hebben op de metingen.	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Eis GEEI_METEO-03 Meetwaarde meteometingen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Eisen aan meteometingen; • windrichting [in 0-359°, onnauwkeurigheid max. 5%], • windsnelheid [in m/s, onnauwkeurigheid max. 5%], • temperatuur [in °C, onnauwkeurigheid max. 0,1 °C], • relatieve vochtigheid [in %, onnauwkeurigheid max. 5%].	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerppreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

9.2 Overige meetsystemen

Eis GEEI_MOM-01 Meetwaarde overige metingen	Bovenliggende eis(en)	Onderliggende eis(en)
Eisen aan meetsystemen: • Waterstanden [in mNAP 1 minuut gemiddelde, onnauwkeurigheid maximaal 1%] • Debietmeting [in m³/s, onnauwkeurigheid maximaal 10%] • Zoutgehalte [in o/oo, onnauwkeurigheid maximaal 5%] • Continue positiemetingen [in %, onnauwkeurigheid maximaal 1%] • Stroommetingen (elektrische stromen, ampere) [in A, onnauwkeurigheid maximaal 2%] • Golfhoogte [in m, onnauwkeurigheid maximaal 3% 10 minuten gemiddelde en piek per uur] • Stroomsnelheid in aanstroming [in m/s, onnauwkeurigheid maximaal 5%]	[vraagspecificatie]	
Verificatiemethode	Stakeholder(s)	Brondocument
Ontwikkelingsfase: Ontwerpreview Realisatiefase: SAT/SIT		
Toelichting		

Bijlage A Afkortingen- en begrippenlijst

Hier staan alle niet-standaard afkortingen en begrippen waar twijfel over zou kunnen bestaan.

<i>Besturingssysteem</i>	Systeem dat zorgt voor de besturing en controle van een installatie
<i>CCV</i>	Centrum voor Criminaliteitspreventie
<i>EMC</i>	ElektroMagnetische Compatibiliteit
<i>EN</i>	Europese Norm
<i>IEC</i>	International Electrotechnical Commission
<i>Installatie</i>	Samenhangend technisch systeem met een bepaald doel.
<i>Kunstwerk</i>	<i>Een civieltechnische constructie of installatie in de infrastructuur die een of meer functies vervult.</i>
<i>Laagspanning</i>	Dit betreft dit wisselstroom met een spanning van 230/400 volt.
<i>Machine</i>	Samenstel van onderling verbonden onderdelen of organen waarvan ten minste één kan bewegen en/of een aandrijfmechanisme, bedienings- en vermogensschakeling, bestemd voor een bepaalde toepassing.
<i>MCC</i>	Motor Control Center
<i>NEN</i>	Nederlandse Norm
<i>Normaal gebruik</i>	Het gebruik als gevolg van het in bedrijf hebben en bedienen van het betreffende object, met alle daarbij voorkomende handelingen in alle omstandigheden die kunnen voorkomen.
<i>NRB 2012</i>	Nederlandse Richtlijn Bodembescherming
<i>MNSA</i>	Mobiel noodstroomaggregaat
<i>VNSA</i>	Vast opgesteld noodstroomaggregaat
<i>OG</i>	Opdrachtgever
<i>ON</i>	Opdrachtnemer
<i>RWS</i>	Rijkswaterstaat
<i>Vraagspecificatie</i>	Document dat bij de aanvraag van het werk door de OG opgesteld wordt met daarin alle specifieke eisen voor het betreffende werk.
<i>VRKI</i>	Verbeterde risicoklasse-indeling

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Bijlage B Lijst met documentreferenties

Document	Te verkrijgen bij:
IEC standaarden	International Electrical Commission
NEN, NEN-EN, NEN-EN-IEC standaarden	Nederlands Normalisatie instituut
Nederlandse Richtlijn Bodembescherming, NRB:2012	AgentschapNL.nl
Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 30:1999	PGS projectbureau
ASTRIN Grensvlakdefinities	ASTRIN

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Bijlage C Eisen Led2-lamp

C.1 Eisen Led2-lamp (versie 31-10-2003)

Cat	No.	Grootheid	Vereiste waarde
Omgevingscondities			
NEN-EN12368			
N	1	Bedrijfstemperatuur	Klasse B NEN-EN 12368 (-25 °C < T < + 55 °C)
Elektrische eisen			
G	1	Bedrijfsspanning	nominale lichtopbrengst: 42 Volt (36 Volt - 50 Volt) eerste dimstand: 31 Volt (26 Volt - 34 Volt) tweede dimstand: 20 Volt (15 Volt - 24 Volt)
G	2	Opgenomen vermogen	Maximaal 15 Watt
G	3	Opgenomen stroom (stationair)	Minimaal 80 mA, maximaal 450 mA
G	4	Arbeidsfactor (power factor)	> 0,9
G	5	Totale harmonische vervorming (THD) stroom	< 33 %
G	6	Verloop stroom bij inschakelen	Binnen 50 ms: 80 mA < I < 450 mA, en voldoende aan de eisen 3 (p.f.) en 4 (THD) als in stationaire situatie. Topwaarde inschakelstroom < 5 A .
G	7	Optische reactietijd bij inschakelen	< 50 ms
G	8	Restspanning bij uitschakelen door toestel	Binnen 30 ms: U < 4 V
G	9	Optische reactietijd bij uitschakelen	< 50 ms
G	10	Verloop stroom bij inschakelen van defecte lamp	Binnen 50 ms: I < 10 mA
G	11	Opgenomen stroom defecte lamp (stationair)	Maximaal 10 mA
G	12	Verloop stroom bij uitschakelen door lamp (defect)	Indien lichtsterkte < 80 % van de minimaal vereiste waarde: Binnen 50 ms I < 10 mA Indien lichtsterkte > 80 % van de minimaal vereiste waarde: Binnen 300 ms I < 10 mA
G	13	Relatie opgenomen stroom - lichtopbrengst <u>buiten</u> bedrijfsspanningsgebied.	Lamp zonder tweede dimstand: I < 10 mA indien U < 26 V en I < 100 cd Lamp met tweede dimstand: I < 10 mA indien U < 15 V en I < 25 cd
N	14	EMC eisen	NEN-EN 50293, Signal / Control Port
Optische eisen			
NEN-EN12368 en NEN-EN 3322			
N	1	Lichtsterkte ongedimd	Prestatieniveau A 3/1 NEN-EN 12368 (400 < I < 1000 cd)
A	2	Lichtsterkte dimstanden	100 < I < 200 cd in eerste dimstand 25 < I < 50 cd in tweede dimstand
N	3	Lichtsterkteverdeling	W
N	4	Maximaal fantoomsignaal	Klasse 2 NEN-EN 12368 (Is/Iph > 5)
N	5	Realisatie figuren / symbolen	Door middel van sjabloon, door middel van led's, of door middel van beiden. Klasse S1 NEN-EN 12368
	6	Lichtsterkte bij inschakelen	I < 0,05 cd

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

Cat.	No.	Grootheid	Vereiste waarde
		van een defecte lamp	
Mechanische eisen en beproevingen			
NEN-EN12368			
A	1	Voorkeursafmetingen lamp	Zie tekening toelichting
A	2	Afdichting lamp	IP 65 , of: IP 55 met eis 4. Lamp vormt één gesloten geheel
N	3	Slagbestendigheid (lens)	IR3 (tabel 9 NEN EN 12368)
A	4	Damp heat test	Tabel 12 NEN-EN 12368, echter verzwaarde beproeving, zie IEC 60068-2-30 proef Dd
Overige eisen			
1		Achteruitgang lichtsterkte door veroudering	I > 80 % van de eis gedurende de levensduur, bij schone lamp
2		Faalcriterium	Lichtsterkte 80 % van de minimaal vereiste waarde
3		Kans op onveilig falen	Kleiner dan 1 maal per 1.000.000 jaar

Toelichting

In de tabel worden diverse normen genoemd. Dit betekent dat de Led2-lamp aan de eisen gesteld in deze normen dienen te voldoen. Deze eisen worden in de tabel niet afzonderlijk genoemd.

In de kolom "Cat." wordt de categorie aangegeven waarin de betreffende eis valt:

N; Dit betreft een eis volgens een wettelijke norm. De eis wordt genoemd omdat de betreffende norm op dit punt ruimte laat voor keuze uit een aantal klassen.

A ; Dit betreft een eis die een aanvulling vormt op eisen die in een norm gesteld worden.

G; Dit betreft een eis voortkomend uit de ASTRIN Grensvlakdefinities. Het doel hiervan is om een willekeurige Led2-lamp probleemloos te laten functioneren met een willekeurig regeltoestel dat voldoet aan de Grensvlakdefinities.

C.2 Eisen aan HR trafo's

Vermogen VA		50-150-300
Primaire spanningen ²⁾		230 en 210 V
Spanningen vollast, ⁴⁾		42 - 31 - 20 V
nullastspanning max.	50VA	46 - 34 - 22 V
	150VA	44- 32,5- 21 V
	300VA	44- 32,5- 21 V
Correctiespanning ¹⁾		-3 V
Nullast-stroom		<30-100-100mA
Vollast-rendement		> 90-93-94%
Vollast-verlies trafo		< 5-10-20 W
Wikkelingen		primair en sec. gescheiden
Zekeren ⁵⁾ 50 VA		1,25 A
150 VA		4 A
300 VA		8 A
Elektrische veiligheid ³⁾		IEC 61558-2-6
Isolatieklasse		E
Max.omgevingtemp		40°C
Uitvoering beschermingsklasse		gesloten, IP 67 ingegoten in kunststof behuizing, Aan-sluitklemmen IP 20
MTBF		200.00 h
		Op trafo de tekst HR- dimtrafo + typenummer en op de klemmen de spanning vermelden

Toelichting

De secundaire spanning van de HR-trafo mag maar binnen beperkte grenzen variëren omdat de lichtsterkte van de ledlamp hiermee wordt aangestuurd; 42 (50-36 Vac), 31 (34-26 Vac) en 20 (24-16 Vac).

In de (hoog rendement) HR-dimtrafo's dient het verliesarme VM111-35 blik te worden gebruikt waardoor de (stand-by) verliezen zeer sterk gereduceerd worden.

- 1.) De trafo is voorzien zijn van een (-3V) correctiespanning om eventuele grote kabelverliezen te kunnen compenseren. De nul van de betreffende lampen moet op deze klem aangesloten worden.
- 2.) De uitgaande spanning zijn verder nog 9,5% te verhogen door de trafo op 210 V aan te sluiten, de trafo is geschikt om continu op deze overspanning te worden aangesloten.
- 3.) Veiligheidstransformator voor algemene toepassingen volgens IEC 61558-2-6 (testspanning 4000 Vac).
- 4.) De spanningstolerantie bedraagt voor de 50 -150 en 300 VA respectievelijk +/- 0,5 - 0,75 en 1 Volt.
- 5.) Aan de secundaire zijde van de trafo zijn de nul en de -3 V correctiespanning gezekeerd met een glasbuis zekering Ø 5 x 20 in/bij de aansluitklem.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

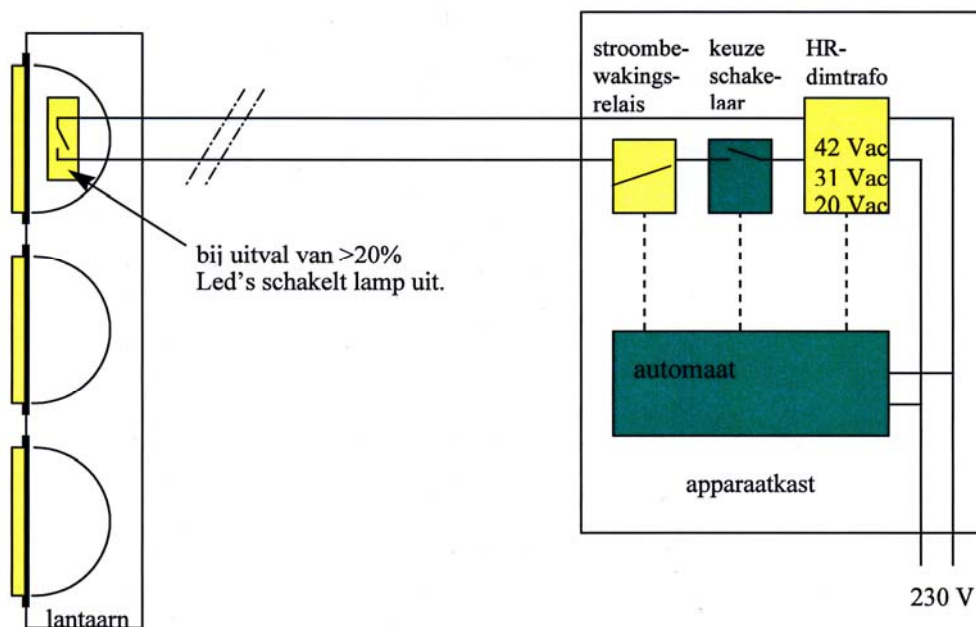
C.3 Eisen aan stroombewakingsrelais

Spanningsbereik meetstroom	14-60 Vac
Schakelpunt	50 mA
in Imin.	45-50 mA
uit Imin.	
Input Imax.	>500 mA
Bij instelbare ¹⁾ ondergrens Imin.	Voorkeur 40-100 mA
Hysteresis tussen in-/uitschakelen	< 5 mA
Spanningsverlies	< 3V
Relaiscontact	potentiaalvrij wisselcontact
Reactietijd in	<200 ms
Output Imax	0,1 A ac/dc
Output Imin.	10 mA
Hulpspanning ²⁾ relais indien nodig	<42 Vac
Verbruik relais	max. 1 W
Omgevings temp. en rel. vochtigheid	-20°...+50°C RV 90%
Montagewijze	bijvoorkeur Din-rail

Toelichting:

- 1.) Voordeel van instelbare relais is dat ze ingesteld kunnen worden bij afwijkende lampstomen. Nadeel is dat deze relais altijd ingeregeld moeten worden.
- 2.) De voeding van een hulprelais kan geschieden vanaf de HR-dimtrafo; aangesloten op de 20 en -3 V levert dit 23 V op.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief

C.4 Ombouw- en ontwerpadvies:

Figuur C.4.1 Basisschema Led2-installatie met lampbewaking.

1. Bereken eerst het vermogen van de trafo, neem 15 watt per lamp en vermenigvuldig dit met het aantal lampen dat maximaal gelijktijdig ingeschakeld kan zijn.
2. Kies een gesloten HR-dimtrafo die voldoet aan de eisen aan **HR-dimtrafo's**. Let op: **bij trafo's kunnen te hoge spanning afgeven waardoor gevaarlijke situaties kunnen ontstaan of lampen defect kunnen gaan.**
3. Plaats de HR-dimtrafo in de centraal bij de automaat.
4. Meet de lampstroom op bij de drie spanningsniveaus.
5. Controleer of het bestaande bewakingsrelais vervangen moet worden; als dit nodig is ga dan verder.
6. Kies een van de die voldoet aan de eisen aan **stroombewakingsrelais** en controleer de te meten stromen.
7. Bij renovatie met een bestaande lantaarn; verwijder de oude lens uit de lantaarn, monteer het lensrubber om de lamp en plaats deze in de lantaarn. Kies eventueel een ander lensrubber of kies anders een andere lantaarn of zet de lamp eventueel vast in de siliconenkit.
8. Sluit de lampen aan en controleer de werking van de relais, meet de spanning op de aansluitpunten van de lampen. Bij grote spanningsverliezen deze lampen 3 V extra spanningsverlies compenseren door de nul op -3 V aan te sluiten.
9. Laat de lampen een kwartier inbranden en controleer het lichtbeeld bij dag en nacht vanuit de gewenste richtingen.

Opsteller	toetsen	autorisator	uitgave	status
C. Tettero	G. Bruggink	C. Tettero	17-12-2012	definitief



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Eisen voor kunststofslijtlagen

Doc.nr.:	RTD 1015
Versie:	1.1
Status:	Definitief
Datum:	01-12-2014

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Eisen voor Kunststofslijtlagen

RTD 1015

Datum	01-12-2014
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Informatie	rok-info@rws.nl
Datum	01-12-2014
Status	Definitief
Versienummer	1.1

Voorwoord

Kunststofslijtlagen zijn kritische onderdelen in wegen en dienen aan zware eisen te voldoen. Daarbij zijn met name de volgende aspecten belangrijk:

- 1) Duurzaamheid:
Vanwege de hoge eisen die gesteld worden aan beschikbaarheid is er maar weinig tijd beschikbaar voor onderhoud. Een lange levensduur van de slijtlaag is gewenst.
- 2) Stroefheid:
Het wegverkeer dient veilig gebruik te kunnen maken van de infrastructuur.
- 3) Waterdichtheid:
Onderliggende constructies dienen duurzaam te worden beschermd tegen de schadelijke invloeden van water en dooizouten.

Dit Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD) geeft de eisen voor kunststofslijtlagen op basis van thermohardende kunststoffen, aan te brengen op stalen, betonnen, bitumineuze of houten ondergronden van kunstwerken.

Het document vervangt het volgend document:

- NBD 10201 versie d.d. 09-09-2004

Rijkswaterstaat GPO
Hoofdingenieur Directeur
Ing. C. Brandsen

Inhoud

1	ALGEMEEN	6
1.1	Onderwerp en toepassingsgebied	6
1.2	Termen en definities	6
2	OVERZICHT NORMATIEVE VERWIJZINGEN	7
3	EISEN AAN DE ONDERGROND	9
3.1	Aanvullende bepalingen stalen ondergronden	9
3.2	Aanvullende bepalingen betonnen ondergronden	9
3.3	Aanvullende bepalingen bestaande ondergronden	10
4	EISEN AAN PRODUCT EN SLIJTLAAGSYSTEEM	11
4.1	Oplosmiddelgehalte	11
4.2	Bestandheid tegen warmte	11
4.3	Verlies van afstrooimateriaal	11
4.4	Waterafvoerend vermogen	11
4.5	Polijstgetal	11
4.6	Weerstand tegen indrukkingen	11
4.7	Bepalen van de scheurbestendigheid	11
4.8	Corrosietest	12
4.9	Fingerprints	12
4.10	Aanvullend onderzoek bij wijzigingen	12
5	APPLICATIE VAN DE SLIJTLAAG	13
5.1	Algemene bepalingen voor applicatie	13
5.2	Applicatie op een stalen ondergrond	13
5.3	Applicatie op een betonnen ondergrond	14
5.4	Applicatie op een houten ondergrond	14
6	BEPROEVING NA APLICATIE	15
6.1	Algemeen	15
6.2	Hechtsterkte staal	15
6.3	Hechtsterkte beton en hout	15
7	DOCUMENTATIE	16
7.1	Product	16
7.2	Uitvoering	16
8	GARANTIE	17

1 ALGEMEEN

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

Kunststofslijtlagen op basis van thermohardende kunststoffen, aan te brengen op bereiden en/of belopen stalen, betonnen, bitumineuze of houten ondergronden van kunstwerken.

1.2 Termen en definities

1.2.1 Product

Het product omvat een compleet slijtlaagsysteem, aangebracht volgens de specificaties van de leverancier en bestaande uit een combinatie van een (eventuele) primerlaag, één of meer kunststoflagen en een afstrooimateriaal

1.2.2 Slijtlaagsysteem

Een uit één of meerdere lagen opgebouwd systeem dat de stroefheid van het onder verkeer liggende oppervlak voor langere termijn garandeert en in sommige gevallen een beschermende werking heeft naar de ondergrond.

1.2.3 Primerlaag

Een (eerste) laag die als functie heeft het bevorderen van de hechting tussen de ondergrond en de rest van het slijtlaagsysteem en/of corrosiewering.

1.2.4 Kunststoflaag

De samenstelling van thermohardende kunststoffen met eventuele (an)organische vulmiddelen.

1.2.5 Afstrooimateriaal

Slijtvaste en stroefmakende korrel, die op een niet uitgeharde kunststoflaag wordt uitgestrooid en na een bepaalde tijd is verankerd in de uitgeharde kunststof.

1.2.6 Vol en zat afstrooien

Het aanbrengen van afstrooimateriaal op een zodanige wijze dat er een overmaat aan materiaal op het ingestrooide oppervlak aanwezig is.

2

OVERZICHT NORMATIEVE VERWIJZINGEN

De bepalingen van onderstaande normatieve documenten maken onderdeel uit van deze RTD. Op het ogenblik van publicatie van de onderhavige RTD waren de vermelde versies van kracht. Alle normatieve documenten kunnen echter worden herzien; partijen die overeenkomsten sluiten op basis van deze RTD dienen de meest recente versie van onderstaande normatieve documenten toe te passen.

Verwijzing	Documentnummer	Versie	Nederlandse titel en toelichting
EN 1097-8	NEN-EN 1097-8	2009	Beproevingmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 8: Bepaling van de polijstwaarde
ISO 4624	NEN-EN-ISO 4624	2003	Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting
EN 6722	NEN-EN 6722	2002	Voorschriften Beton uitvoering
ISO 8501-1	NEN-EN-ISO 8501-1	2007	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten – Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid – Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen
ISO 8502-6	NEN-EN-ISO 8502-6	2006	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Beproevingen voor de beoordeling van de oppervlaktereinheid - Deel 6: Extractie van oplosbare verontreinigingen voor analyse - Methode volgens Bresle
ISO 8503-4	NEN-EN-ISO 8503-4	2012	Vorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante produkten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 4: Methode voor de kalibratie van vergelijkingmonsters voor de ISO ruwheid en voor de bepaling van de ruwheid - Methode met taster
ISO 9001	NEN-EN-ISO 9001	2008	Kwaliteitsmanagementsystemen - Eisen
ISO 12944	NEN-EN-ISO 12944-2	1998	Verven en vernissen - Bescherming van staalconstructies tegen corrosie door middel van verfsystemen – Deel 2: Indeling van belastingsklassen
ISO 20340	NEN-ISO 20340	2009	Paints and varnishes — Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures
ISO/IEC 17025	NEN-EN-ISO/IEC 17025	2005	Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria
	CUR-aanbeveling 20	2011	Bepaling van de hechtsterkte van mortels op beton, methode 1

Verwijzing	Documentnummer	Versie	Nederlandse titel en toelichting
	CROW Werk in Uitvoering 96a	2013	Maatregelen op autosnelwegen
	CROW Werk in Uitvoering 96b	2005	Maatregelen op de rijbaan

3 EISEN AAN DE ONDERGROND

3.1 Aanvullende bepalingen stalen ondergronden

- 3.1.1 De gerepareerde plekken in de slijtlaag bijwerken conform het productblad van de leverancier.
- 3.1.2 De opdrachtnemer moet door meting aantonen dat de ruwheid aan gestelde eisen voldoet. De ruwheid moet voorafgaande aan het overlagen volgens ISO 8503-4 worden gemeten. De oppervlakteruwheid van het gestraalde oppervlak moet overeenkomen met een Rz-waarde tussen 50 en 100 μm . Frequentie vereiste metingen: 1 per 10 m^2 doch minimaal per brugdek of brugsectie (afhankelijk van de constructie en behandeld gedeelte). De opdrachtnemer moet vooraf aangeven hoe de meting wordt ingericht, het aantal metingen en hoe de resultaten worden gepresenteerd. Visuele ruwheid bepalingsmethoden (bijvoorbeeld de Rugotest) zijn alleen als indicatie toegestaan.
- 3.1.3 Het staaloppervlak moet Sa 2 ½ worden gestraald. De reinheidsgraad van het gestraalde oppervlak moet integraal worden beoordeeld op basis van de ISO 8501. Het resultaat moet worden vastgelegd in het dagrapport.
Het gebruik pianodraad en/of koperslak als straalmiddelen is niet toegestaan.
- 3.1.4 De hoeveelheid oplosbare zouten op het gestraalde oppervlak mag maximaal 50 mg/m^2 bedragen, gemeten volgens de ISO 8502-6.

3.2 Aanvullende bepalingen betonnen ondergronden

- 3.2.1. Betonnen ondergronden moeten zodanig worden gereinigd/opgeruwd en voorbehandeld, dat de hechting aan het oppervlak van het beton minimaal 1,5 N/mm^2 is.
- 3.2.2 Om een goede inbedding van het afstrooimateriaal te waarborgen moet het te behandelen betonoppervlak een vlakheid hebben conform het gestelde in Hoofdstuk 42.12.10 van de "Standaard 2010".
- 3.2.3 De afwijking in de vlakheid meten met behulp van een rei bestaande uit een rechte metalen geleider met stelpootjes. Langs de geleider een meetklokje bewegen zonder de geleider te verplaatsen.
- 3.2.4 In ten minste zes punten de afwijking in de vlakheid meten als de afwijking van het bovenvlak ten opzichte van de denkbeeldige echte lijn tussen de raakpunten van de stelpootjes met het oppervlak.
- 3.2.5 In aanvulling op artikel 12.8.3 van NEN 6722 mogen bij de bovenvlakken van de vloeren en dekken die in het zicht blijven of waar een verhardingslaag of een slijtlaag wordt aangebracht, de in lid 02 bedoelde afwijkingen onder een rei van 1 m en 3 m lengte, respectievelijk ten hoogste 3 mm en 5 mm mag bedragen.
- 3.2.6 Het gestelde in lid 03 is niet van toepassing als uitgaande van een normale verdeling het 95%- punt van de in lid 02 bedoelde afwijkingen ten hoogste gelijk is aan de in lid 03 gestelde eis.
- 3.2.7 In aanvulling op artikel 12.8.3 van NEN 6722 mogen bij de bovenvlakken van wanden met een hoogte van h m, die in het zicht blijven, de in lid 02 bedoelde afwijkingen onder een rei van 1 m en 2 m in lengte, respectievelijk ten hoogste 3 + 0,5.h mm en 5 + 0,5.h mm bedragen.

- 3.2.8 Het gestelde in lid 05 is niet van toepassing als uitgaande van een normale verdeling het 95%-punt van de in lid 02 bedoelde afwijkingen ten hoogstens gelijk is aan de in lid 05 gestelde eis.

3.3 Aanvullende bepalingen bestaande ondergronden

- 3.4.1 Oude slijtlaagdelen moeten geheel worden verwijderd, tenzij in het contract anders is omschreven.
- 3.4.2 Het verwijderen van bestaande slijtlagen moet zodanig worden uitgevoerd, dat de ondergrond niet wordt beschadigd.
- 3.4.3 In geval, volgens het contract, de bestaande slijtlaag (deels) niet hoeft te worden verwijderd, moet deze voorafgaande aan het overlagen grondig worden geïnspecteerd, zowel visueel als door afkloppen, steken, etc.
Alle losse plekken, of daar waar voor de slijtlaag negatieve effecten vanuit de ondergrond visueel waarneembaar zijn aan het slijtlaagoppervlak (bijv. roestverschijnselen), moet de slijtlaag worden verwijderd tot in het omliggende gebied met een gezonde ondergrond. Deze plekken moeten worden behandeld overeenkomstig voorschriften voor de desbetreffende ondergrond in de productbladen.
- 3.4.4 De uitgevoerde reparaties moeten door de opdrachtnemer in kaart worden gebracht en in een meetprotocol worden vastgelegd, met vermelding van de toegepaste reparatiemethode.

4 EISEN AAN PRODUCT EN SLIJTLAAGSYSTEEM

In dit hoofdstuk zijn de eisen opgenomen waaraan het slijtlaagsysteem (product) aantoonbaar moet voldoen. De uitvoering en rapportage van de testen moet worden uitgevoerd door een onafhankelijk en volgens NEN-EN-ISO/IEC 17025 geaccrediteerd laboratorium.

Indien een kunststofslijtlaagsysteem gekeurd is volgens de BRL K19143 (de voormalige Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 9143) en een Kiwa productcertificaat heeft, vervallen de proeven uit dit hoofdstuk en moet voorafgaand aan de werkzaamheden een Kiwa productcertificaat worden overlegd.

Het is niet toegestaan producten van verschillende productcertificaten te combineren, zonder dat ook deze combinatie door Kiwa N.V. is goedgekeurd.

4.1 Oplosmiddelgehalte

De toegepaste bindmiddelen in de kunststoflaag moeten, behoudens de primer, oplosmiddelvrij zijn.

4.2 Bestandheid tegen warmte

De bestandheid tegen warmte van de kunststoflaag moet zodanig zijn dat het massaverlies na de proef kleiner of gelijk is aan 3% (m/m).

Het beoordelen van blazen, scheuren of uitzweten van de kunststoflaag is hier niet van toepassing.

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143

4.3 Verlies van afstrooimateriaal

Het maximum verlies van afstrooimateriaal ($\alpha_{\max}$) moet kleiner dan 26,0 % (m/m).

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143

4.4 Waterafvoerend vermogen

Van een nog niet bereden product moet de uitstroomtijd volgens Becker kleiner of gelijk aan 150 seconden zijn.

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143

4.5 Polijstgetal

Het polijstgetal van het afstrooimateriaal moet tenminste 53 zijn.

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143.

4.6 Weerstand tegen indrukkingen

Er mag geen doorponsing tijdens de wielspoorproef optreden.

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143

4.7 Bepalen van de scheurbestendigheid

Scheurvorming mag pas optreden na 1.900.000 aslastherhalingen

Bepalingsmethode: Conform BRL K19143

4.8 Corrosietest

De corrosiebescherming van de slijtlaag moet voldoen aan de eisen conform NEN-ISO 20340.

Bepalingsmethode

Conform NEN-ISO 20340. De proef volgens de ISO 15711 (cathodic disbonding) uit de NEN-ISO 20340 hoeft niet uitgevoerd te worden

Als alternatief kan er voor worden gekozen om de Van Balen Corrosieradproef uit te voeren; onder het systeem onderworpen aan een wisseldompelproef in kunstmatig zeewater mag na 13 weken testen geen blaarvorming zijn opgetreden. Deze proef is omschreven in de BRL K19143 .

4.9 Fingerprints

Fingerprints van de afzonderlijke componenten moeten worden vastgelegd.

Bepalingsmethode

Conform BRL K19143. Bepaling van fingerprints van blanco, afzonderlijke componenten, geen mengels.

Bij het toepassen van een eerder getest product zonder Kiwa productcertificaat zullen de eerdere testresultaten, inclusief fingerprints, moeten worden overlegd. Tevens moeten van het op het werk aangeleverde product monsters genomen worden ter bepaling van de fingerprints om aan te tonen dat de samenstelling van het geleverde product niet gewijzigd is ten opzichte van het eerdere product.

4.10 Aanvullend onderzoek bij wijzigingen

In matrix 1 van BRL K19143 wordt aangegeven welk onderzoek verricht moet worden bij wijzigingen aan het goedgekeurde basisproduct of aan de ondergrond.

5 APPLICATIE VAN DE SLIJTLAAG

5.1 Algemene bepalingen voor applicatie

- 5.1.1 De behandeling van de ondergrond, alsmede de applicatie van de slijtlaag moet volgens de bijbehorende productbladen/ verwerkingsvoorschriften worden uitgevoerd.
- 5.1.2 Tijdens de werkzaamheden moeten alle daarvoor in aanmerking komende delen zoals draaipunten, asdelen, machinewerken, lagers, ventilatieopeningen, hemelwaterafvoeren, tandbanen, etc. geheel worden afgeschermd tegen vervuiling. Er moeten tevens maatregelen getroffen worden om te voorkomen dat (slijtlaag)-materialen op onderliggende (brug)constructies, etc. terecht komen.
- 5.1.3 Afkomende materialen moeten worden afgevoerd naar een erkend verwerkingsbedrijf. Deze bedrijven zijn vermeld in de "Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit".
<http://www.bodemrichtlijn.nl>
- 5.1.4 Tijdens de werkzaamheden moeten de omgevingscondities (temperatuur omgeving en ondergrond, relatieve vochtigheid, dauwpunt) 24 uur per dag gemeten worden, zowel tijdens voorbehandeling, applicatie als uitharding.
De meetresultaten moeten schriftelijk worden vastgelegd.
- 5.1.5 Uiterlijk
Het oppervlak van de primer en de daarop aangebrachte lagen mogen geen gebreken zoals blazen en vuilinsluitingen vertonen.
- 5.1.6 Laagdikte
De minimum c.q. maximum dikte van de kunststofslijtlaag moet voldoen aan de opgave van de leverancier (gespecificeerde dikte) met inbegrip van de door de producent opgegeven toleranties.
- Bepalingsmethode
Bepaal de laagdikte per opgebrachte laag door middel van het volume per aangebrachte laag te bepalen.
- Als alternatief op de bovengenoemde methode kan de laagdikte bepaald worden met behulp van de trekblokjes (dolly's) die hij de beproeving op hechtsterkte beschikbaar komen.
Met optische hulpmiddelen (bijvoorbeeld een loep) kan de laagdikte rondom bepaald worden.
- 5.1.7 Direct na het aanbrengen van de in te strooien slurrylaag moet het afstrooimateriaal gelijkmatig vol en zat worden ingestrooid.
- 5.1.8 Na het uitharden van de slurrylaag moet het losliggende afstrooimateriaal worden verwijderd.

5.2 Applicatie op een stalen ondergrond

Ter plaatse van lasverbindingen in een rijdek welke meer dan 2 millimeter boven de plaat uitsteken en bij overgangen van de lasnaden welke niet vloeiend verlopen kan de beoogde laagdikte plaatselijk niet worden gerealiseerd. In deze gevallen moet de laagdikte van de (eerste) slurrylaag zodanig zijn afgestemd op de overdikte van deze lassen dat de minimum laagdikte ook op deze plaatsen bereikt wordt. Zo nodig moet eerst een uitvullaag worden aangebracht.

5.3 Applicatie op een betonnen ondergrond

Tijdens het aanbrengen van de eerste laag mag er geen direct zonlicht op het oppervlak staan.

5.4 Applicatie op een houten ondergrond

Bij verwerking van de slurrylaag op een houten brugdek moeten zodanige maatregelen worden getroffen zodat de planken onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen zonder dat de slurrylaag kan worden opgedrukt.

6 BEPROEVING NA APLICATIE

6.1 Algemeen

Per 500 m² behandeld brugdekoppervlak, doch minimaal per brugdek of brugsectie of dagproductie, moeten ten minste vier hechtproeven op a-selecte plaatsen, op voldoende afstand van elkaar worden uitgevoerd. Bij overschrijding van bovenvermelde waarde vindt, bij afkeuring, maximaal tweemaal een herkeuring plaats waarbij telkens het aantal metingen wordt verdubbeld. Als hierbij opnieuw overschrijding van de minimum hechtwaarde wordt aangetoond volgt afkeuring van de slijtlaag op het betreffende meetvak.

De hechtproef vindt plaats nadat het materiaal is uitgehard conform het productblad van de leverancier. Na proefneming moet de slijtlaag op deze locatie gerepareerd worden, conform voorschriften op het productblad.

6.2 Hechtsterkte staal

De hechting tussen de onderlinge lagen en/of de ondergrond moet tenminste 4 N/mm² bedragen.

Bepalingsmethode
ISO 4624

6.3 Hechtsterkte beton en hout

De gemiddelde hechtsterkte tussen de onderlinge lagen en/of de ondergrond van drie metingen moet minimaal 1,5 N/mm² bedragen, gemeten bij een temperatuur van de ondergrond van minimaal 15 en maximaal 35 graden Celsius. De individuele waarnemingen mogen niet lager zijn dan 1,0 N/mm²

Bepalingsmethode
De hechtsterkte van het slijtlaagsysteem op het proefstuk moet bepaald worden conform CUR aanbeveling 20, methode 1.

7 DOCUMENTATIE

In het opleverdossier van het Werk levert de opdrachtnemer minimaal de volgende complete documentatie aan:

7.1 Product

De leverancier van het slijtlaagsysteem dient (naast wettelijk vereiste informatie) minimaal de hierna volgende gegevens op de productinformatiebladen te verschaffen:

- a. soort en type product;
- b. omschrijving en wijze van het aanbrengen;
- c. minimaal benodigde uithardings- en behandeltijden voor inbedrijfsname;
- d. gespecificeerde droge laagdikte met de bijbehorende toleranties;
- e. dichtheid van primer en kunststoflaag;
- f. volumepercentage vaste stof van het mengsel;
- g. mengverhouding van de componenten, op te geven in volumedelen en/of in massadelen;
- h. opslagstabiliteit (tijd en temperatuur) na productiedatum;
- j. merking;
- i. vochtgehalte minerale oppervlak voor het aanbrengen van het beschermingssysteem;
- j. de wijze van voorbehandeling van de ondergrond;
- k. maximale verwerkingsduur, bij verschillende omgevingstemperaturen;
- l. minimale en maximale verwerkingscondities;
- m. wijze van nabehandeling indien van toepassing.

7.2 Uitvoering

- a. productbladen van alle gebruikte materialen;
- b. gebruikte afstrooimateriaal met minimaal gegevens over:
 - korrelverdeling;
 - polijstgetal;
 - handelsnaam.
- c. keuringsregistraties, voortvloeiend uit de eisen in de productbladen en in dit document, ingevuld tijdens voorbehandeling/applicatie/uitharding, waaronder:
 - 24-uursregistratie van de temperatuur van omgeving en ondergrond, relatieve vochtigheid, dauwpunt;
 - de toegepaste straalmiddelen en ruwheidsmetingen;
 - de toegepaste primer onder vermelding van de batchnummers en de laagdiktemetingen;
 - hoeveelheid verwerkt slijtlaagmateriaal onder vermelding van de chargenummers alsook de dikte van de afzonderlijke lagen;
 - eventuele bijzonderheden;
 - welk gedeelte van de constructie werd behandeld (zo nodig op een schets weergegeven).
- d. meetschets met exacte locaties van niet verwijderde en overlaagde slijtlaagresten alsmede van gerepareerde plekken in de ondergrond;
- e. resultaten hechtproeven;
- f. garantieverklaring conform het gestelde onder hoofdstuk 8 van dit document, inclusief voorwaarden/onderhoudsadvies;
- g. verklaring dat de geleverde producten voldoen en de werkzaamheden uitgevoerd zijn volgens de eisen van deze RTD.

8 GARANTIE

- 8.1 De opdrachtnemer garandeert de deugdelijkheid van de door hem geleverde en aangebrachte kunststofslijtlaag inclusief primer- en afstrooilagen gedurende drie (3) jaar na de oplevering van het werk.

De garantie houdt in dat de onderdelen van het Werk gedurende de garantieperiode blijven voldoen aan de onder 8.2 vermelde eisen.

Indien tijdens de garantieperiode blijkt dat een onderdeel van het Werk niet of niet langer voldoet aan één of meerdere van de vermelde eisen, zal de Opdrachtnemer voor zijn rekening en risico, op eerste schriftelijk verzoek van de Opdrachtgever, het onderdeel herstellen of vervangen en wel zodanig dat het onderdeel weer (geheel) voldoet aan de vermelde eisen.

In de schriftelijke aanzegging van de Opdrachtgever wordt een redelijke termijn vermeldt waarbinnen de Opdrachtnemer met het herstel of de vervanging moet zijn aangevangen en een redelijke termijn waarbinnen het herstel of de vervanging moet zijn voltooid.

Indien de Opdrachtnemer geen gevolg geeft aan de schriftelijke aanzegging van de Opdrachtgever, is de Opdrachtgever gerechtigd, zonder nadere sommatie of ingebrekestelling, het herstel of de vervanging voor rekening van de Opdrachtnemer door derden te laten uitvoeren.

De garantieverplichting van de Opdrachtnemer vervalt in die gevallen waarbij de Opdrachtnemer bewijst dat het niet voldoen aan de vermelde eisen een gevolg is van factoren die niet voor zijn rekening en/of risico komen.

Het bepaalde in § 28 en § 32 van de UAV-GC 2005 is uitdrukkelijk niet van toepassing in het kader van de garantieverplichtingen van de Opdrachtnemer.

Indien gedurende de garantieperiode(s) één van de partijen gebreken aan de door de Opdrachtnemer aangebrachte constructie(s) constateert of er aanwijzingen zijn dat deze kunnen worden verwacht, stelt zij de andere partij daarvan schriftelijk op de hoogte.

Uiterlijk één maand voor het verstrijken van elke garantieperiode, nemen de Opdrachtgever en de Opdrachtnemer gezamenlijk de toestand op waarin de desbetreffende, door de Opdrachtnemer, aangebrachte constructie(s) verkeert c.q. verkeren. De Opdrachtgever neemt daartoe het initiatief. De toestand wordt vastgelegd in een door beide partijen ondertekend proces-verbaal.

Paragraaf 46 van de UAV-GC 2005 is tijdens de garantieperiode van overeenkomstige van toepassing.

- 8.2 De Opdrachtnemer garandeert dat de slijtlaag voldoet aan de volgende eisen:
- op niet meer dan 10% van een rechthoekig oppervlak van tenminste 1 m² mag het slijtlaagmateriaal dan wel afstrooimiddel verdwenen zijn;
 - geen roestvorming onder de slijtlaag aanwezig is;
 - geen scheurvorming in de slijtlaag aanwezig is;
 - de hechting tussen slijtlaag en ondergrond dan wel tussen de lagen onderling minstens 1,5 N/mm² zijn.
- 8.3 De opdrachtnemer moet gebreken, die onder de garantie vallen, herstellen onder de door de Opdrachtgever (beheerder) aan te geven uitvoeringstijdstippen en omstandigheden. Hierin zijn begrepen het afvoeren van de afkomende en het leveren van de nieuwe goedgekeurde materialen; e.e.a. volgens de geldende milieubepalingen.
- Indien de verkeersveiligheid hierbij in het geding is moet de opdrachtnemer de herstelwerkzaamheden onverwijld op eerste aanzegging van de Opdrachtgever (beheerder) uitvoeren. De hiervoor benodigde verkeersmaatregelen overeenkomstig het gestelde in CROW Werk in Uitvoering 96a en 96b moeten in overleg met de beheerder door de opdrachtnemer of door derden worden verzorgd en komen ten alle tijden ten laste van de opdrachtnemer.

EISEN HANDELSPRODUCTEN

Handelsproducten zoals toegepast in
werktuigbouwkundige installaties van kunstwerken

Document : **RTD 1018**
Versie : 2.0
uitgave : 01-07-2014

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Inhoud

1.	ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED	3
2.	ALGEMENE EISEN EN VOORWAARDEN	3
3	HYDRAULISCHE CILINDERS c.a.	4
3.1	Algemeen c.q. toepassingsgebied.....	4
3.2	Eisen	4
4	KABELSCHIJVEN	4
4.1	Algemeen c.q. toepassingsgebied.....	4
4.2	Eisen	4
5	SPINDEL-HEFELEMENTEN EN LINEAIRE VERSTELEENHEDEN.....	5
5.1	Algemeen c.q. toepassingsgebied.....	5
5.2	Algemene eisen	5
5.3	Aanvullende eisen voor spindel-hefelementen	5
5.4	Aanvullende eisen voor lineaire versteleenheden	5
6	KETTINGEN	5
6.1	Eisen voor aandrijfkettingen	5
6.2	Eisen voor Gallse ketting	5
7	Motorreductoren en kleine tandwielkasten.....	6
7.1	Algemeen c.q. toepassingsgebied.....	6
7.2	Eisen	6
8.	NORMATIEVE VERWIJZINGEN	7

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

1. ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED

Deze richtlijn geeft de eisen die zijn gesteld aan een aantal handelsproducten.

De richtlijn is van toepassing op onderstaande handelsproducten wanneer deze toegepast worden in het project / het contract.

- Hydraulische cilinders c.a.;
- Kabelschijven;
- Aandrijvingen voor spindels van deurschuifbewegingswerken (spindelhefelementen);
- Complete lineaire versteleenheden (elektro-mechanisch en elektro-hydraulisch);
- Kettingen en takels;
- Motorreductoren en kleine tandwielkasten.

2. ALGEMENE EISEN EN VOORWAARDEN

Voor handelsproducten geldt het gestelde in NEN 6786 lid 5.6 en 8.4.2.1.2.

De fabrikant of leverancier van het handelsproduct behoeft de goedkeuring van de opdrachtgever.

Fabrieksmatig geconserveerde onderdelen moeten geschikt zijn voor een niet afgeschermd buitenopstelling. Na montage en samenbouw moeten de te schilderen oppervlakten van de onderdelen worden ontvet en gereinigd. Beschadigde en geroeste plaatsen moeten grondig worden uitgeschuurd c.q. ontroest en worden bijgewerkt met twee lagen sneldrogende zf/mio primer.

Hierna moeten de onderdelen geheel licht worden opgeruwd door schuren en worden voorzien van een één laag mio grondverf, sneldrogend, in een laagdikte van 60 micrometer en vervolgens dekkend worden afgeschilderd met tenminste één olieresistente synthetische dekverf in een laagdikte van 50 micrometer

De totale laagdikte van het conserveringssysteem moet na het aanbrengen van de lagen tenminste 230 micrometer bedragen. Indien deze laagdikte niet is bereikt, moet een extra laag dekverf worden aangebracht.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

3 HYDRAULISCHE CILINDERS c.a.**3.1 Algemeen c.q. toepassingsgebied**

De eisen gelden voor hydraulische cilinders met een boring van de cilindermantel tot en met 150 millimeter.

3.2 Eisen

De in de catalogus opgegeven maximaal toelaatbare werkdruk in de cilinder dient minstens 2 maal zo groot te zijn als de optredende maximale druk in het hydraulisch systeem

De beproevingsresultaten dienen te worden vastgelegd in een fabrieksverklaring type 2.1 volgens NEN-EN 10204.

Aansluitende delen zoals assen, astappen, lagers en op trek belaste stang- of cilinderogen dienen te voldoen aan de beoordelingseisen (zowel t.a.v. vermoeiing als t.a.v. overbelasten) zoals gesteld in hoofdstuk 9 van de NEN 6786.

4 KABELSCHIJVEN**4.1 Algemeen c.q. toepassingsgebied**

De eisen gelden voor kabelschijven in gelaste uitvoering, met een gewalste groefvorm en met een schijfmiddellijn kleiner dan 1600 mm.

4.2 Eisen

Voor de vorm en afmeting van het groefprofiel geldt NEN 3508 of DIN 15061. Voor de toegestane afwijking van de vorm en afmeting van het groefprofiel geldt Genauigkeit 1 volgens DIN 15061, Teil 1.

Voor de toegestane excentriciteit en onrondheid van de kabelgroef (radiale slag, t_3) geldt tabelle 2, Genauigkeit 1 volgens DIN 15063.

Voor de toegestane slingering van de kabelgroef (axiale slag, t_4) geldt

$$t_4 = \frac{d_1}{300} \leq 3 \text{ mm.}$$

Voor de oppervlakteruwheid van de kabelgroef geldt dat deze de gestelde waarde (4 μm) volgens NEN 3508 niet overschrijdt.

De hardheid van de bodem van de kabelgroef moet voldoen aan de eisen van NEN 6786 en tenminste 180 HB bedragen.

De toelaatbare belasting van de kabelschijf moet zijn gebaseerd op DIN 15018 met stootfactor 1,2; belastinggroep B4; kerfgevoeligheidsfactor K4 en moet door een(TÜV) certificaat zijn aangetoond.

De kabelschijven moeten zijn voorzien van 2 wentellagers.

Opsteller	toetser	autorisor	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

5 SPINDEL-HEFELEMENTEN EN LINEAIRE VERSTEELLENHEDEN**5.1 Algemeen c.q. toepassingsgebied**

De eisen gelden voor spindel-hefelementen en lineaire versteleenheden zoals elektromechanische actuatoren e.d. welke toegepast worden bij nivelleerschuiven, grendels, bewegingswerk sluisdeuren e.d.

5.2 Algemene eisen

De in de catalogus opgegeven maximale druk(trek)kracht welke kan worden opgenomen, moet minstens 2 maal zo groot zijn als de maximale representatieve waarde van de voor de toepassing berekende hefkracht. Deze eis geldt niet voor de toepassing van lineaire versteleenheden als bewegingswerk voor sluisdeuren. In zo'n situatie moet de lineaire versteleenheid voldoen aan de ROK met de NEN 6786 en aan DIN 19704-1 art 10.2.3.2

Op druk belaste spindels en lineaire versteleenheden moeten worden getoetst op sterkte en stabiliteit conform par. 9.8.11 van de NEN 6786.

Aansluitende delen zoals assen, astappen, lagers en op trek belaste stangogen moeten voldoen aan de beoordelingseisen (zowel t.a.v. vermoeiing als t.a.v. overbelasten) zoals gesteld in hoofdstuk 9 van de NEN 6786.

Spindels en lineaire versteleenheden zijn niet toegestaan als het bewegingswerk voor beweegbare bruggen en hefdeuren. Voor vergrendelingen e.d. is dit type aandrijving wel toelaatbaar

5.3 Aanvullende eisen voor spindel-hefelementen

Voor de oppervlakteruwheid van de schroefdraad geldt dat deze = 0,4 µm moet zijn.

5.4 Aanvullende eisen voor lineaire versteleenheden

Bij een lineaire versteleenheid, waarbij de druk-trekstang respectievelijk zuigerstang door een dwarskracht wordt belast, moet de minimum afstand tussen de lagering van de moer en de stanggeleiding/spindellager zodanig zijn dat bij de maximum knikbelasting de toelaatbare vlaktedruk op de lagering niet wordt overschreden. De pakkingdrukker mag ten gevolge van de doorbuiging de druk-trekstang respectievelijk zuigerstang niet raken.

Voor de druk-trekstang respectievelijk zuigerstang geldt het gestelde in 6.2.3; 6.3.2; 6.3.3 en 6.4.4 van NBD 06000.

Aan de versteleenheid dient een voorziening te zijn aangebracht om deze met de hand naar een eindstand te kunnen brengen (bijvoorbeeld handwiel of handpomp).

6 KETTINGEN**6.1 Eisen voor aandrijfkettingen**

De in de catalogus opgegeven gebruiksbelasting welke kan worden opgenomen, moet minstens 2 maal zo groot zijn als de maximale representatieve waarde van de berekende belasting.

6.2 Eisen voor Gallse ketting

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Gallse kettingen moeten voldoen aan het gestelde in 10.16 van DIN 19704-1, waarbij ook de belastingen conform deze norm dienen te zijn bepaald. Gallse kettingen moeten voor wat betreft de breekkracht en afmetingen bij voorkeur zijn conform DIN 8150.

7 Motorreductoren en kleine tandwielkasten

7.1 Algemeen c.q. toepassingsgebied

De eisen gelden voor motorreductoren en kleine tandwielkasten met een maximaal capaciteit (uitgedrukt in koppel of moment), bij een oneindige levensduur, aan de uitgaande as van 1350 Nm.

Deze tandwielkasten mogen toegepast worden in nood aandrijvingen van bewegingswerken voor o.a. beweegbare bruggen, sluisdeuren, schuiven en pompen voor gemalen. Ook in hoofdaandrijvingen van voornoemde bewegingswerken m.u.v. beweegbare bruggen en hefdeuren mogen deze tandwielkasten worden toegepast.

Voor motorreductoren en kleine tandwielkasten met een benodigde capaciteit groter dan 1350 Nm aan de uitgaande as wordt verwezen naar de ROK (NEN 6786 + RTD 1019)

7.2 Eisen

De door de fabrikant opgegeven maximale capaciteit (uitgedrukt in koppel of moment) bij een oneindige levensduur moet tenminste gelijk zijn aan het maatgevende moment behorend bij de belastingsituatie 'overbelasten overbrenging' gedeeld door 1,5. Zie voor definities NEN 6786

De door de fabrikant opgegeven maximale capaciteit (uitgedrukt in koppel of moment) bij een oneindige levensduur moet ten minste een factor 2 groter zijn dan het maatgevende moment behorend bij de belastingsituatie 'vermoeiing overbrenging'. Bij een wisselend moment met een aantal wisselingen groter dan 1 000 in de ontwerplevensduur van de reductor/tandwielkast mag maar 70 % van de door de fabrikant opgegeven maximale capaciteit zijn genomen.

Bij een wisselend moment met een aantal wisselingen groter dan 1 000 in de ontwerplevensduur van de reductor/tandwielkast moeten de as/naaf verbindingen, aanvullend op de spieverbinding, zijn verlijmd. Verlijmen is niet noodzakelijk, als is aangetoond dat de as/naaf verbindingen voldoen aan de eisen in NEN 6786

Tandwielkasten moeten geleverd worden met een fabrieksverklaring type 2.1 volgens EN 10204 en standaard fabrieksdocumentatie, zoals een doorsnede tekening en de betreffende info uit de catalogus

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

8. NORMATIEVE VERWIJZINGEN

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn.

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm
DIN 15018-1:1984	Krane; Grundsätze für Stahltragwerke; Berechnung
DIN 15061-1:1977	Hebezeuge; Rillenprofile für Seilrollen
DIN 15063:1977	Hebezeuge; Seilrollen, Technische Lieferbedingungen
DIN 19704-1:2014	Stahlwasserbauten -Teil 1: Berechnungsgrundlagen
DIN 8150:1984	Gallketten
NEN 3508:1988	Staalkabels, schijven en trommels voor hijs- en transportdoeleinden - Aanwijzingen voor keuze en ontwerp
NEN 6786:2001/A1:2002	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen (VOBB)
NEN-EN 10204:2004	Producten van metaal - Soorten keuringsdocumenten
RTD 1019 :2014	Eisen Tandwielkasten
NBD06000:2006	Eisen voor Hydraulische Bewegingswerken
RTD 1001 :2015	Richtlijn Ontwerp Kunstwerken (ROK 1.3)

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	Versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

**Titel: EISEN TANDWIELKASTEN,
OPEN OVERBRENGINGEN
EN BOOGTANDKOPPELINGEN**

document :RTD 1019
uitgave :01-07-2014
pagina :1 van 13

**EISEN TANDWIELKASTEN, OPEN OVERBRENGINGEN
EN BOOGTANDKOPPELINGEN**

Document: **RTD 1019**
Versie : **2.0**
Uitgave: 01-07-2014

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Inhoud

1 TOEPASSINGSGEBIED	3
2 DEFINITIES EN BEGRIPPEN	3
3 ALGEMENE EISEN	3
3.1 Voorzieningen	3
3.2 Smering	3
3.3 Identificatie	4
4 TEKENINGEN EN BEREKENINGEN	4
4.1 Tekeningen.....	4
4.3 Berekeningen.....	5
5 MATERIALEN	5
5.1 Algemeen	5
5.2 Keuringsdocumenten	5
5.3 Gietstaal, Smeedstaal, carboneerstaal, nodulair gietijzer en gewalst staal	6
5.4 Grijs gietijzer	6
5.5 Corrosievast staal	6
6 VERVAARDIGING	7
6.1 Nummeringsstelsel	7
6.2 Machinale bewerking.....	7
6.3 Lassen en lasverbindingen	7
6.4 Spanningsarm gloeien van gelaste constructies	7
6.5 Conservering	7
7 AANVULLENDE EISEN	7
7.1 Dichtheid.....	7
7.2 Rechte heugels	7
8 Beproeving en afname	9
8.1 Draagbeeld controle.....	9
8.2 Maatcontrole.....	9
8.3 Spelingen	9
8.4 Beproevingen.....	10
8.5 Beproevingresultaten.....	10
8.6 Aflevering.....	10
9 Documentatie.....	10
9.1 Afleverdossier	10
9.2 CE-normering	11
10 NORMATIEVE VEWIJZINGEN	11
Bijlage afwijkende draagbeelden	13

1 TOEPASSINGSGEBIED

Deze norm geeft de eisen die gelden voor bewegingswerken voor de aandrijving van o.a. beweegbare bruggen, sluisdeuren, stuwen, schuiven en pompen voor gemalen.

De eisen hebben betrekking op de levering van tandwielkasten, open overbrengingen, boogtandkoppelingen, motorreductoren e.d.

Tandwielkasten, motorreductoren en noodaandrijvingen met een capaciteit (uitgedrukt in koppel of moment), bij een oneindige levensduur, aan de uitgaande as van maximaal 1350 Nm mogen worden geleverd volgens de eisen uit de RTD 1018. Een uitzondering daarop zijn hoofdaandrijvingen van beweegbare bruggen en hefdeuren. Deze tandwielkasten moeten altijd voldoen aan de eisen van dit voorschrift.

2 DEFINITIES EN BEGRIPPEN

Voor de toepassing van deze RTD gelden termen en definities van de normen naar wordt verwezen.

3 ALGEMENE EISEN

3.1 Voorzieningen

Alle te vervaardigen tandwielkasten dienen ten minste van de hieronder omschreven voorzieningen te worden voorzien.

- hijsvoorzieningen
- inspectievoorzieningen
- vul-, ontucht- en aftapvoorzieningen
- een peilglas met hierop duidelijk aangegeven een minimaal en maximaal olieniveau, aangebracht op een goed zichtbare plaats (ook gelet op stand en locatie van de kast na montage).
- voorzieningen voor bevestigingspunten t.b.v. de bekabeling en het smeersysteem.
- indien een smeeroliepomp is toegepast dienen, een oliefilter, een doorstroomindicator en een glycerine gevulde manometer gemonteerd te worden.

3.2 Smering

- a. Tandwielkasten dienen voorzien te zijn van een smeersysteem.
Bij aandrijvingen die gekenmerkt worden door een intermitterend bedrijf, zoals beweegbare bruggen of sluizen, dient het smeersysteem alle tanden vooraf aan het bewegen reeds te voorzien van een smeerfilm.
 - de tandwielkastfabrikant moet afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden een oliesoort opgeven, waarbij het mogelijk is ook bij de laagste temperatuur te kunnen starten en draaien:
 - Opstelling in een kelder: temperatuur kelderruimte -5°C tot +25°C;
 - Buiten opstelling (hameistijl, afsluitboomkast): temperatuur buitenlucht -20°C tot +45°C;
 - alle in aanmerking komende onderdelen moeten worden voorzien van de nodige vlakke smeernippels en/of pluggen met smeerleidingen.
 - het merk smeermiddel dient door de fabrikant te worden opgegeven.
- b. Open tandwieloverbrengingen dienen te worden voorzien van een goed dragend smeermiddel, waarbij rekening wordt gehouden met de gebruiks- en omgevingsomstandigheden.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

**Titel: EISEN TANDWIELKASTEN
OPEN OVERBRENGINGEN
EN BOOGTANDKOPPELINGEN**

document :RTD 1019
uitgave :01-07-2014
pagina :4 van 13

- het toe te passen smeermiddel (qua merk en soort/type) moet geaccepteerd zijn door de fabrikant van de open tandwieloverbrenging
 - Bij overeenkomsten met een onderhoudstermijn kleiner dan 5 jaar dient het smeermiddel in overleg met de opdrachtgever gekozen te worden
 - Het eerste jaar na oplevering dient er een smeerinterval van maximaal één maand aangehouden te worden, waarbij tevens de ontwikkeling van het draagbeeld in een inspectierapport wordt vastgelegd
 - Het smeermiddel moet EP additieven bevatten.
- c. Bij boogtandkoppelingen dient de fabrikant de toe te passen olie/vetsoort op te geven.

3.3 Identificatie

Elke tandwielkast dient te zijn voorzien van een identificatieplaat van corrosiebestendig metaal met ten minste de hieronder vermelde gegevens:

- ordernummer en volgnummer
- fabrikant
- bouwjaar
- type
- vermogen (catalogus waarde)
- overbrengingsverhouding
- in- en uitgaande toerentallen
- totaal massa inclusief olie.
- Viscositeit en type olie

4 TEKENINGEN EN BEREKENINGEN

4.1 Tekeningen

Documenten en overzichts- en detailtekeningen van tenminste de volgende onderdelen dienen door de fabrikant ter toetsing aangeboden te worden:

- De besteltekeningen voor het smeed- en gietstaal (alleen voor open tandwieloverbrengingen)
- Een onderhouds- en bedrijfsvoorschrift.
- Een maatschets van de tandwielkast.
- Een samenstelling van de inwendige delen van de tandwielkast met stuklijst.
- Een tekening van de kast.
- Tekeningen van de wielen, rondsels, assen en lagerdeksels.
- Een tekening van het smeersysteem met leidingloop.

Deze tekeningen moeten zodanige informatie bevatten dat een goede beoordeling, ook van alle boutverbindingen mogelijk is. Informatie welke ten minste op de tekeningen vermeld moet worden is:

- De nauwkeurigheid van de concentriciteit voor de assen en wielen volgens DIN 42955.
- De tolerantie op de hartafstand van de assen en asslingering. Deze moet voldoen aan DIN 3964 met vermelding van het tolerantievelld en de asslingeringsklasse.
- De kwaliteit van de bewerking van de tanden volgens NEN 6786
- De minimale en maximale grenswaarde van de vereiste W-maat over een x-aantal tanden gemeten.
- De minimale en maximale grenswaarde van de vereiste tandspeling per overbrenging.
- De minimale en maximale grenswaarde van de vereiste oppervlakte hardheid

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

van de tandflanken.

- De minimaal vereiste Eht-waarde na het harden en na het slijpen bij toepassing van gecarboneerde tanden.
- Opgave van voorspankracht en aandraaimomenten van de voor te spannen bouten.
- de mechanische eigenschappen van de diverse materialen

4.3 Berekeningen

Voor de te vervaardigen tandwielkasten, open overbrengingen en/of boogtandkoppelingen moeten sterkteberekeningen worden aangeboden. Deze berekeningen moeten - voor zover van toepassing - ten minste omvatten:

- tandberekeningen
- berekening van de lagers
- berekening van de assen en de toegepaste as-naafverbindingen
- berekening van de vervorming van de assen bij nominale belasting
- berekening van de kast
- berekening van de hijsogen
- berekening van de boutverbindingen van onder- aan bovenkast, lagerdeksels en de bevestiging van de tandwielkast aan het frame.
- materiaalkwaliteit incl. mechanische gegevens.

De berekeningen moeten worden uitgevoerd en de resultaten worden getoetst conform NEN 6786.

Van de op tekening aangegeven grenswaarden voor de vereiste W-maat, tandspeling per overbrenging, oppervlaktehardheid van de tandflanken en de Eht-waarde van gecarboneerde tanden dient te worden aangegeven hoe deze waarden zijn bepaald.

5 MATERIALEN

5.1 Algemeen

- Tandwielen inclusief de bijbehorende assen, open overbrengingen en boogtandkoppelingen moeten worden vervaardigd uit smeedstaal. Gewalst staan is toegestaan tot een bepaalde afmeting, zie ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.12
- Tandrenen voor heugels e.d. dienen vervaardigd te worden uit smeedstaal
- Aftakkingen, zoals die voor de handbeweging, aandrijvingen van schakelaars en dergelijke mogen worden vervaardigd uit gewalst staal.
- Bij toepassing van oppervlak geharde tanden is alleen carboneren toegestaan.
- De kasten, lantaarnstukken en dergelijke kunnen vervaardigd worden uit grijs gietijzer, constructiestaal of gietstaal.

5.2 Keuringsdocumenten

De keuringsdocumenten waarop de beproevingsresultaten vastgelegd, moeten voldoen aan de eisen uit de NEN-EN 10168.

Tandwielkasten, inclusief de bijbehorende halffabrikaten, moeten geleverd worden met een 3.2 keuringscertificaat volgen NEN-EN 10204. In overleg met de opdrachtgever, kan bij een gerenommeerd leverancier van de tandwielkast, ook een 3.1 keuringscertificaat acceptabel zijn.

Open tandwieloverbrengingen, inclusief de bijbehorende halffabrikaten moeten geleverd met een 3.2 keuringscertificaat volgens NEN-EN 10204

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

5.3 Gietstaal, Smeedstaal, carboneerstaal, nodulair gietijzer en gewalst staal

- Voor gietstalen onderdelen gelden de eisen in ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.4
- Voor smeedstalen onderdelen, gewalste assen e.d, onderdelen van carboneerstaal gelden de eisen in ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.12
- Voor nodulair gietijzer gelden de eisen in ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.13
- Voor constructiestaal voor tandwielkasten, heugels e.d. gelden de eisen in ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.3.1

Daarnaast moeten de tandwieloverbrengingen zelf voldoen aan de NEN-ISO 6336-5, kwaliteitsklasse tenminste MQ

Voor het vereiste keuringscertificaten volgens NEN-EN 10204 wordt verwezen naar artikel 5.2 van dit voorschrift. Dit kan afwijkend zijn van de eisen in de ROK

5.4 Grijs gietijzer

Grijs gietijzer moet zijn volgens NEN-EN 1561 en geleverd worden volgens NEN-EN 1559-3. Per gietcharge moeten ter bepaling van de mechanische eigenschappen minimaal 2 proefstaven uit aangegoten stukken worden getest. De beproevingsresultaten moeten worden vastgelegd in een keuringsrapport volgens NEN-EN 10204 – type 3.2 en aan de opdrachtgever worden verstrekt.

De overgangen bij naven, kastdelingen en voetplaat moeten 100 % non-destructief (ultrasonoor en magnaflux c.q. penetrant) worden onderzocht (ernstigheidsniveau 2), conform de NEN-EN 12680-1, respectievelijk de NEN-EN 1369 en de NEN-EN 1371-1. Overige te onderzoeken plaatsen en aantallen dienen nader te worden overeengekomen.

De resultaten van het non destructief onderzoek moeten worden vastgelegd in een keuringsrapport volgens NEN-EN 10204-type 3.1 en aan de opdrachtgever worden verstrekt.

5.5 Corrosievast staal

Smeerolieleidingen ten behoeve van tandwielkasten moeten worden vervaardigd van corrosievast staal volgens NEN-EN 10088-3, materiaalnummer 1.4435 (AISI 316L). Indien aan de smeerolieleidingen wordt gelast, moeten deze voor montage worden gebeitst en gepassiveerd.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

6 VERVAARDIGING

6.1 Nummeringsysteem

Alle tandwielen en assen moeten traceerbaar zijn naar het materiaalcertificaat van het uitgangsmateriaal

6.2 Machinale bewerking

Voor de maatafwijkingen en fouten van evolvente vertandingen gelden de normen DIN 3961 t/m DIN 3965 en DIN 3967.

Voor evolvente splinevertanding geldt de norm DIN 5480-1.

Na machinale bewerking moeten alle scherpe kanten worden gebroken.

6.3 Lassen en lasverbindingen

Voor lassen en het non-destructief onderzoek aan lasverbindingen gelden de eisen zoals vermeld in de ROK, EXC 4

De overgangen bij naven, kastdelingen en voetplaat moeten 100 % niet-destructief (ultrasonoor en magnaflux) worden onderzocht.

6.4 Spanningsarm gloeien van gelaste constructies

Gelaste constructies (tandwielkasten, tandheugels en dergelijke) moeten na het lassen spanningsarm worden gegloeid volgens de eisen van NEN-EN 17663

6.5 Conservering

Tandwielkasten moeten uitwendig worden voorzien van een conserveringssysteem conform de eisen in de ROK of de VSE.

Het inwendige van de kast moet voorzien worden van een conserveringssysteem dat geschikt is voor een olie of vet belasting.

7 AANVULLENDE EISEN

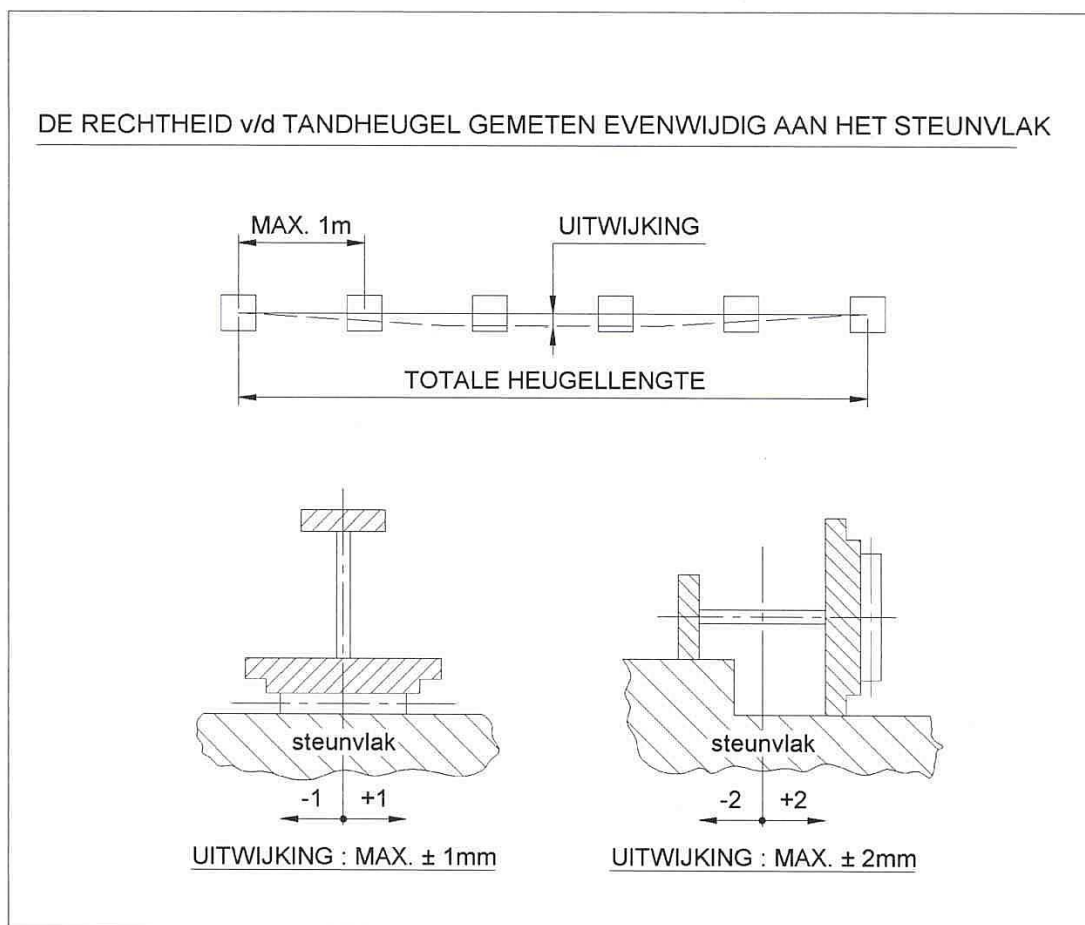
7.1 Dichtheid

Alle tandwielkasten moeten conform de bedrijfssituatie op oliedichtheid worden gecontroleerd. De resultaten van deze beproeving moeten schriftelijk worden vastgelegd en aan de opdrachtgever worden verstrekt. In geval van lekkage(s) moet de fabrikant een reparatie procedure ter acceptatie overleggen. Na reparatie moet de oliedichtheid opnieuw worden aangetoond.

7.2 Rechte heugels

De toelaatbare afwijkingen van de rechtheid voor rechte tandheugels, samenwerkend met een schamelstel, moeten kleiner of gelijk zijn aan de waarden weergegeven in afbeelding 1.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0



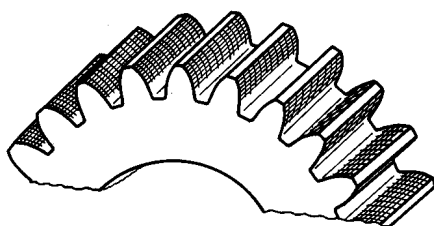
Afbeelding 1

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

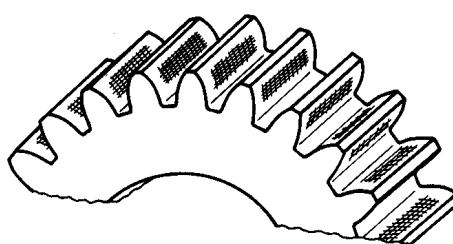
8 Beproeving en afname

8.1 Draagbeeld controle

- Van elke tandwieloverbrenging moet het draagbeeld in de fabriek worden bepaald door middel van het aanbrengen van Pruisisch blauwe olieverf of een gelijkwaardig product.
- Om de 120 graden, bij panamawielen en heugels bij het begin halverwege en aan het einde van de tandbaan, moeten over 2 tanden het draagbeeld gecontroleerd worden.
- 1 maand voor het einde van de onderhoudstermijn moet het draagbeeld van alle bereikbare overbrengingen in normaal belaste toestand gecontroleerd worden. De tanden moeten om de 120 graden over 2 tanden van een blauwe aftekeninkt of een ander gelijkwaardig product welke niet in olie oplost worden voorzien.
- Het draagbeeld voor cilindrische tandwielen met rechte tanden moet gelijkmatig verdeeld zijn over de gehele breedte van de tand en gelijkmatig verdeeld ten opzichte van de steekcirkel zoals weergegeven in afbeelding 2. Dit beeld geldt eveneens voor cilindrische tandwielen met schuine tanden en voor kegel- en schroefwiel-overbrengingen met rechte, schuine of gebogen tanden.
- Voor andere tandvormen moet het draagbeeld overeenkomen met het aangenomen draagbeeld in de berekening.



Draagbeeld van een vertanding zonder of met geringe afwijkingen waarbij assen zuiver parallel of met geringe afwijking zijn opgesteld.



Draagbeeld van een vertanding met breedtwelving waarbij de assen zuiver parallel of met geringe afwijking zijn opgesteld.

Rustige, gelijkmatige beweging in beide richtingen.

Afbeelding 2

8.2 Maatcontrole

Van elk machinaal bewerkt onderdeel (kast, tandwielen, assen en dergelijke) dat essentieel is voor het functioneren moeten de afmetingen worden vastgelegd in een meetrapport. Geconstateerde afwijkingen moeten aan de opdrachtgever worden gemeld en vastgelegd in een afwijklingsrapport.

8.3 Spelingen

- Bij de afname van tandwielkasten moet de totale hoekverdraaiing tussen de ingaande en uitgaande as worden gemeten t.p.v. de ingaande as en worden vastgelegd in een meetrapport.
Opm.: Op basis van deze meting kan eventueel naderhand opgetreden slijtage worden beoordeeld.
- Van open overbrengingen moet - na het samenbouwen van de wielstellen - per overbrenging de flankspeling over de tandbreedte (twee uiteinden zijn voldoende) worden gemeten en worden vastgelegd in een meetrapport

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

8.4 Beproevingen

Elke kast dient in een positie conform de bedrijfssituatie te worden opgesteld en per draairichting minimaal 4 uur onbelast proefdraaien met het nominale toerental. Tijdens het proefdraaien moeten iedere 30 minuten de volgende metingen worden verricht:

- olietemperatuur;
- temperatuur van de hoofdlagers;
- omgevingstemperatuur;
- opgenomen vermogen;

Voorts dient de tandwielkast tijdens het proefdraaien te worden gecontroleerd op het functioneren van de instrumentatie en op de oliedichtheid.

Beproeving van een open overbrenging dient direct na de montage te geschieden.

8.5 Beproevingresultaten

Van alle hiervoor omschreven beproevingen moeten beproevingsrapporten worden vervaardigd door de fabrikant, welke een onderdeel vormen van de einddocumentatie.

8.6 Aflevering

Na het proefdraaien, moet de tandwielkast inwendig worden geconserveerd. De smeerolie moet worden verwijderd, filter gereinigd en de tandwielen en assen moeten worden behandeld met een conserveerolie die naderhand bij het ingebruikstellen zal oplossen en de smerende werking van de smeerolie niet nadelig beïnvloedt.

De opdrachtnemer moet, ter voorkoming van corrosie van de onderdelen in de tandwielkasten, de standtijd van de conserveerolie aangeven. Tevens moet worden aangegeven, welke maatregelen genomen moeten worden, indien de opgegeven standtijd van de conserveerolie wordt overschreden.

9 Documentatie

9.1 Afleverdossier

De inhoud van het afleverdossier moet minimaal het volgende omvatten:

- tekeningen met onderdelenlijst.
- berekeningen.
- keuringsdocumenten van de materialen.
- beproevingsrapporten.
- NDO-rapporten.
- maatcontrolerapporten.
- conserveringsrapporten.
- bedrijfsvoorschriften.
- onderhoudsvoorschriften.
- documentatie van hulpapparatuur.
- eventuele elektrische schema's.
- eventuele gloeiprocedures.
- eventuele gloeidiagrammen.
- eventuele hardingsgrafieken
- as built gegevens.
- afwijkingsrapporten.
- Rapportage dat voldaan is aan de eisen van NEN-ISO 6336-5

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

**Titel: EISEN TANDWIELKASTEN
OPEN OVERBRENGINGEN
EN BOOGTANDKOPPELINGEN**

 document :RTD 1019
 uitgave :01-07-2014
 pagina :11 van 13

Het afleverdossier moet in het Technisch Constructie Dossier worden opgenomen

9.2 CE-normering

De leverancier van de tandwielkast en/of boogtandkoppeling moet aantonen dat zijn product voldoet aan de Europese richtlijnen in zake veiligheid en gezondheid door verklaringen van overeenstemming te verstrekken.

10 NORMATIEVE VEWIJZINGEN

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn.

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm.
DIN 3961:1978	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Grundlagen / Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 23961 (2000-06).
DIN 3962-1:1978	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Abweichungen einzelner Bestimmungsgrößen / Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 23962 (2000-06, t), DIN 23963-1 (2000-06).
DIN 3962-2:1978	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Flankenlinienabweichungen / Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 23962 (2000-06, t), DIN 23963-1 (2000-06).
DIN 3962-3:1978	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Teilungs-Spannenabweichungen / Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 23962 (2000-06, t), DIN 23963-1 (2000-06)
DIN 3963:1978	Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Wälzabweichungen / Achtung: Vorgesehener Ersatz durch DIN 23963-2 (2000-06, t), DIN 23963-3 (2000-06).
DIN 3964:1980	Achsabstandsabmaße und Achslagetoleranzen von Gehäusen für Stirnradgetriebe
DIN 3965-1:1986	Toleranzen für Kegelaradverzahnungen; Grundlagen
DIN 3965-2:1986	Toleranzen für Kegelaradverzahnungen; Toleranzen für Abweichungen einzelner Bestimmungsgrößen
DIN 3965-3:1986	Toleranzen für Kegelaradverzahnungen Toleranzen für Wälzabweichungen
DIN 3965-4:1986	Toleranzen für Kegelaradverzahnungen Toleranzen für Achsenwinkelabweichungen und Achsen Schnittpunktabweichungen
DIN 3967:1978	Getriebe-Paßsystem; Flankenspiel, Zahndickenabmaße, Zahndickentoleranzen, Grundlagen

Opsteller	toetser	autorisor	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

**Titel: EISEN TANDWIELKASTEN
OPEN OVERBRENGINGEN
EN BOOGTANDKOPPELINGEN**

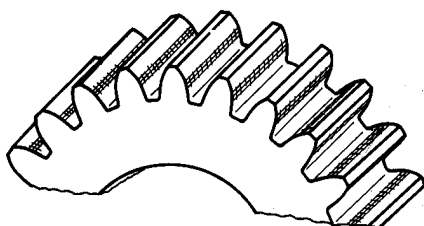
 document :RTD 1019
 uitgave :01-07-2014
 pagina :12 van 13

DIN 42955:2012	Rundlauf der Wellenenden, Koaxialität und Planlauf der Befestigungsflansche umlaufender elektrischer Maschinen; Toleranzen, Prüfung / Achtung:
DIN 5480-1:2006	Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser - Teil 1: Grundlagen / Achtung: Vorgesehen als Ersatz für DIN 5480-1 (1991-10), DIN 5480-14 (1986-03).
NEN 6786:2001+A1:2002	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen (VOBB)
NEN-EN 1369:2012	Gieterijtechniek - Magnetisch onderzoek
NEN-EN 1371-1:2011	Gieterijtechniek - Penetrantonderzoek - Deel 1: In zand, met de zwaartekracht en onder lagedruk gegoten gietstukken
NEN-EN 1559-1:2011	Gieterijtechniek - Technische leveringsvoorwaarden - Deel 1: Algemeen.
NEN-EN 1561:2011	Gieterijtechniek - Grijs gietijzer
NEN-EN 10168:2004	Producten van staal - Keuringsdocumenten - Lijst van informatie en omschrijving
NEN-EN 10204:2004	Producten van metaal - Soorten keuringsdocumenten
NEN-EN 12680-1:2003	Gieterijtechniek - Ultrasoon onderzoek - Deel 1: Gietstukken van staal voor algemene doeleinden
NEN-ISO 6336-5:2003	Berekening van de belastbaarheid van tandwielen met rechte en schuine vertanding - Deel 5: Sterkte en kwaliteit van de materialen
NEN-EN 17663:2009	Lassen - Richtlijnen voor kwaliteitseisen voor warmtebehandeling in verbinding met lassen en verwante processes
RTD 1018:2014	Eisen Handelsproducten; Handelsproducten zoals toegepast in werktuigkundige installaties van kunstwerken
ROK 1.3	Richtlijn Ontwerp Kunstwerken

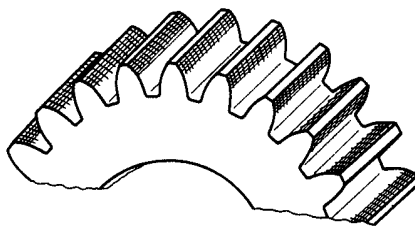
Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Bijlage afwijkende draagbeelden

In onderstaande figuur zijn ter informatie afwijkende draagbeelden weergegeven en de mogelijke oorzaak.

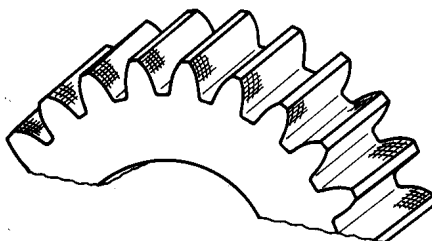


Draagbeeld van een vertanding met drukhoekafwijking (te grote drukhoek).

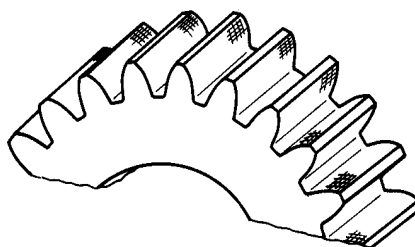


Draagbeeld van een vertanding met drukhoekafwijking (te kleine drukhoek).

De assen lopen parallel.

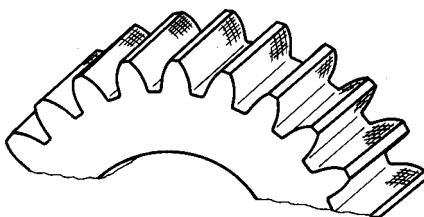


Draagbeeld van een vertanding met tandhoekafwijking (te grote tandhoek).

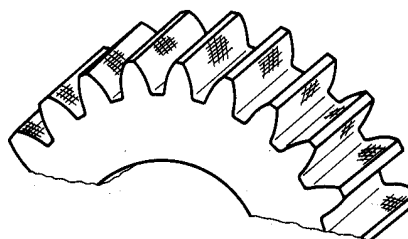


Draagbeeld van een vertanding met tandhoekafwijking (te kleine tandhoek).

De overhoekse draging kan ook veroorzaakt worden door askruisingsafwijking van het huis.



Draagbeeld van een vertanding met tegengestelde tandhoekafwijking aan linker- en rechterflanken (conische vertanding).De eenzijdige draging kan ook veroorzaakt worden door asparalleliteitsafwijking van het huis.



Draagbeeld van een tuimelende vertanding; De ashartlijnen van de vertanding en van de boring kruisen elkaar.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :1 van 9

EISEN STAALKABELS

Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en
keuringseisen voor staalkabels.

document : **RTD 1020**
uitgave : 01-07-2014

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :2 van 9

Inhoud

1 ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED.....	3
2 DEFINITIES.....	3
3. ALGEMENE EISEN EN VOORWAARDEN.....	3
4. EISEN AAN KABELSOKKEN (KABELSOCKETS)	4
5. KEURINGSEISEN EN –METHODEN.....	4
5.1 Algemeen	4
5.1.1 Uit de handelsvoorraad geleverde staalkabels	4
5.1.2 Speciaal voor het project geslagen staalkabels	4
5.2 Keuringseisen en –methoden voor staalkabel.....	4
5.2.1 Algemene keuringseisen.	4
5.2.2 Lassen in draden	4
5.2.3 Kabelmiddellijn en onrondheid.....	4
5.2.4. Breeksterkte	4
5.3 Keuringseisen en -methoden voor onverwerkt staaldraad (zie punt 5.1.2)	5
5.3.1 Monsterneming.....	5
5.3.2 Uit te voeren proeven.....	5
5.4 Keuringseisen en – methoden voor verwerkt staaldraad genomen uit de ongebruikte kabel (zie punt 5.1.1.)	6
5.4.1 Monsterneming.....	6
5.4.2. Uit te voeren proeven.....	6
6. CERTIFICATEN	7
6.1 Mee te leveren certificaten	7
7. NORMATIEVE VERWIJZINGEN.....	9
7.1 Lijst van normen	9

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :3 van 9

1 ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED

In deze norm zijn de leveringsvoorwaarden, de kwaliteitseisen en de keuringseisen voor, in het project toe te passen, staalkabels omschreven. Deze norm is van toepassing op staaldraad en daarvan vervaardigde staalkabels voor bewegingswerken van infrastructurele waterbouwkundige constructies zoals stuwen, sluizen en bruggen.

2 DEFINITIES

In deze norm dient te zijn verstaan onder:

Staalkabel

Een aantal om een kern geslagen strengen volgens NEN-EN 12385-1, inclusief de afwerking van de einden die samen één staalkabel vormen;

Fabricagelengte

Een, zonder onderbrekingen, in één keer geslagen kabellengte (uit één fabricagelengte kunnen meerdere staalkabels zijn vervaardigd).

Verder geldt de terminologie zoals die in NEN 3560 en in NEN-EN 12385-1 gebruikt is.

3. ALGEMENE EISEN EN VOORWAARDEN

Alle staalkabels dienen:

- Een staalkabelconstructie type 3 of 5 volgens NEN 3575 te hebben. Afwijkingen van deze typen staalkabelconstructies is alleen toegestaan na toestemming van de opdrachtgever;
- Te voldoen aan: NEN 3231:1989 Staalkabels - Parallelconstructies voor algemeen gebruik;
- uit één fabricagelengte vervaardigd te zijn (voor zover dat fabricage-technisch mogelijk is);
- vervaardigd te zijn van nagetrokken, verzinkt staaldraad kwaliteit B, met een treksterkteklasse van 1770 of 1960 (zie NEN 3560 punt 3.1);
- gevormd te zijn;
- voorzien zijn van een kenmerk, dat bestaat uit:
 - een id-nummer;
 - het positienummer;
 - een volgnummer, indien het aantal kabels, per positienummer, meer dan één is.
- bij aflevering in- en uitwendig te zijn ingevet, met een vetsoort welke voldoet aan de eisen van de leverancier, die tenminste voldoet aan NEN 3560 punt 4.3.5.

Staalkabels die binnen één jaar na ingebruikname vervormingen overeenkomstig DIN 15020 blad 2 punt 3.4.1 g fig. 1 t/m 6 vertonen, dienen door de opdrachtnemer vervangen te worden. Indien binnen één jaar na het in gebruik nemen van de levering blijkt dat door het verschil tussen de onderlinge verlengingen van de kabels, deze niet meer functioneren zoals in het ontwerp bedoeld dan dient de opdrachtnemer, op zijn kosten, nieuwe kabels te leveren.

Opsteller	toetsers	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :4 van 9

4. EISEN AAN KABELSOKKEN (KABELSOCKETS)

Alle kabelsokken dienen:

- vervaardigd te zijn uit gietstaal;
- koud aangegoten te worden met kunsthars;
- Aangieten van de kabelsokken volgens NEN EN 13411-4:2011
- te voldoen aan de eisen in ROK hoofdstuk 7.20 (aanvullingen op NEN-EN 1090-2) artikel 5.4
- van een unieke identificatie voorzien te worden, methode van identificatie mag geen invloed hebben op kwaliteit

5. KEURINGSEISEN EN –METHODEN

5.1 Algemeen

5.1.1 Uit de handelsvoorraad geleverde staalkabels

Op deze kabels zijn de punten 5.2 (keuringseisen en -methoden voor staalkabels) en 5.4 (keuringseisen en -methoden voor verwerkt staaldraad, genomen uit de ongebruikte staalkabel) van toepassing.

5.1.2 Speciaal voor het project geslagen staalkabels

Op deze kabels zijn de punten 5.2 (keuringseisen en -methoden voor staalkabels) en 5.3 (keuringseisen en -methoden voor onverwerkt staaldraad) van toepassing.

5.2 Keuringseisen en –methoden voor staalkabel

5.2.1 Algemene keuringseisen.

Elke staalkabel moet voldoen aan de algemene keuringseisen zoals die in NEN 3560 punt 4 omschreven zijn

5.2.2 Lassen in draden

Lassen in de draden moeten op vakkundige wijze gemaakt en glad afgewerkt zijn. Draden dunner dan 0.45 mm mogen in elkaar gedraaid zijn. In een staalkabel mogen per draadlaag in een streng en per strekkende meter niet meer dan 2-draadlassen voorkomen

5.2.3 Kabelmiddellijn en onrondheid

Voor de toelaatbare afwijking op de nominale kabelmiddellijn en de onrondheid geldt NEN 3560 punt 4.3.2. Het meten van de kabelmiddellijn dient te geschieden overeenkomstig NEN 3560 punt 5.1.2.

5.2.4. Breeksterkte

De breeksterkte, gevonden met de trekproef volgens NEN 3560 punt 5.5, moet tenminste gelijk zijn aan de minimale breeksterkte die in NEN-EN 12385-4 voor de betreffende staalkabel is vermeld. De kabelleverancier dient, per fabricagelengte één proefstuk (voor het uitvoeren van de trekproef) te vervaardigen, dat aan de volgende eisen moet voldoen:

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :5 van 9

- het proefstuk moet vervaardigd zijn uit een overlengte van de te leveren staalkabel, of, indien er meerdere staalkabels uit één fabricagelengte vervaardigd zijn, uit een overlengte van één van die staalkabels. (zie ook punt 5.4.1);
- beide einden moeten door middel van aangegoten sokken afgewerkt zijn (De bij de beproeving gebruikte sokken mogen niet voor het definitieve werk gebruikt worden);
- de vrije lengte, tussen de aangegoten sokken, moet voldoen aan NEN 3560 punt 5.5.

5.3 Keuringseisen en -methoden voor onverwerkt staaldraad (zie punt 5.1.2)

5.3.1 Monsterneming

Uit elke (voor het vervaardigen van een staalkabel benodigde) partij onverwerkt staaldraad dient een aantal monsters genomen te zijn, overeenkomstig NEN 3560 punt 3.3.1.

5.3.2 Uit te voeren proeven

Voor een partij onverwerkt staaldraad dienen onderstaande proeven te worden uitgevoerd.

proef	Zie NEN 3560 Punt 3.4 Eisen
- beoordeling van het uiterlijk	3.4.1
- bepalen van de afwijking van de nominale middellijn en de onrondheid	3.4.2
- bepalen van de breeksterkte	3.4.3
- bepalen van het aantal wringingen	3.4.4
- bepalen van de hoeveelheid zink	3.4.5
- bepalen hechting van de zinklaag	3.4.6

Opsteller	toetsers	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :6 van 9

5.4 Keuringseisen en – methoden voor verwerkt staaldraad genomen uit de ongebruikte kabel (zie punt 5.1.1.)

5.4.1 Monsterneming

De kabelleverancier dient, per fabricagelengte een monster van voldoende lengte te nemen om de, in NEN 3560 punt 5.2 en 5.3, voorgeschreven proeven uit te kunnen voeren. Dit monster en het onder punt 5.2.5 genoemde proefstuk moeten uit dezelfde overlengte vervaardigd zijn. Uit dit monster moet, overeenkomstig NEN 3560 punt 3.3.2, een aantal draden gekozen zijn voor het uitvoeren van de in punt 5.4.2 te noemen proeven.

5.4.2. Uit te voeren proeven

Voor een kabel, waaruit het monster volgens punt 5.4.1 genomen is, dienen onderstaande proeven te worden uitgevoerd.

proef	Zie NEN 3560 Punt 3.4 Eisen
- beoordeling van de breeksterkte	3.4.3
- bepalen van het aantal wringing	3.4.4
- bepalen van de hoeveelheid zink	3.4.5
- bepalen hechting van de zinklaag	3.4.6

5.5 Eindbeoordeling staalkabel (goed- of afkeur)

Elke staalkabel die niet aan de, onder de punten 5.2.3 of 5.2.4 gestelde eisen voldoet, wordt afgekeurd.

Voldoet een kabel niet aan de, onder punt 5.2.1 of 5.2.2 gestelde eisen maar wel aan de overige eisen, dan beslist de opdrachtgever over de goed- of afkeur.

Elke staalkabel die aan alle, onder punt 5.2.1 t/m 5.2.4 gestelde eisen voldoet wordt goedgekeurd, mits ook de samenstellende staaldraden aan de onder punt 5.3.2 voor onverwerkt staaldraad en 5.4.2 voor verwerkt staaldraad gestelde eisen voldoen.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :7 van 9

6. CERTIFICATEN

6.1 Mee te leveren certificaten

De kabelleverancier dient, bij elke kabel een ondertekend certificaat mee te leveren. In dit certificaat dienen tenminste de gegevens en beproevingsresultaten overeenkomstig het voorbeeld in paragraaf 6.1 vermeld te zijn.

Bovendien dient de kabelleverancier de verslagen over de beproevingen van de samenstellende staaldraden mee te leveren. In deze verslagen moeten tenminste de beproevingsresultaten van de onder punt 5.3.2 voor onverwerkt staaldraad of punt 5.4.2 voor verwerkt staaldraad genoemde proeven vermeld zijn.

Per kabelsok dient een testrapport te worden opgesteld waarin het identificatienummer en de onderzoeksresultaten met acceptatiecriteria staan.

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :8 van 9

VOORBEELD CERTIFICAAT

Kenmerk	Tekeningnummer	:	
	Kenmerk staalkabel	:	
Afmetingen	Nominale kabelmiddellijn	:	mm
	Gemeten kabelmiddellijn	:	mm
	Lengte van de kabel	:	mm
	Gemeten lengte van de kabel	:	mm
	Massa per lengte van de gevette kabel	:	kg/100m
Constructie	Opbouw van de staalkabel	:	x + st.k.
	Kabel volgens norm		
	Slagrichting		rechts/links ¹⁾
	Slagwijze		kruis/langslag ¹⁾
	Slaglengte van de kabel		x d
	Voorgevormd		wel/niet ¹⁾
	Voorgerekt		wel/niet ¹⁾
Draden	Treksterkte	:	
	Afwerking draadoppervlak	:	
Sterkte	Minimale breekkracht kabel	:	kN
	Vastgestelde breekkracht bij trekproef	:	kN
Opmerkingen			
	Kabels in-en uitwendig ingevet met		
Aanvullingen			
Bijlage			
Naam firma waar de kabel beproefd is:			
gekeurd:	datum:	in aanwezigheid van	
naam		namens	
handtekening			

1) doorhalen wat niet van toepassing is

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0

Titel:	EISEN STAALKABELS	document :RTD 1020
	Leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en	uitgave :01-07-2014
	keuringseisen voor staalkabels	pagina :9 van 9

7. NORMATIEVE VERWIJZINGEN

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn.

7.1 Lijst van normen

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm	Internationaal equivalent
NEN 3231:1989	Staalkabels; Parallelconstructies voor algemeen gebruik. Opm. Norm is deels vervangen door: NEN-EN 12385-4:2002+A1:2008	NEN-EN 12385-4:2002+A1:2008
NEN 3560:1983	Staalkabels; Eisen en beproevingsmethoden voor de keuring van staaldraad en staalkabels. Opm. Norm is deels vervangen door: NEN-EN 10264-1:2012. NEN-EN 10264-2:2012 en NEN-EN 10218-1:2012	EN 10264-1:2012 EN 10264-2:2012 EN 10218-1:2012
NEN 3575:1981	Staalkabels; Kabel; Karakteristieken en leveringsvoorwaarden. Opm. Norm is deels vervangen door: NEN-EN 12385-1:2002+A1:2008	EN 12385-1:2002+A1:2008
NEN-EN 13411-4:2011	Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 4: Metal and resin socketing	
DIN 15020-2:1974	Hebezeuge, Grundsätze für Seiltreibe, Überwachung im Gebrauch.	

Opsteller	toetser	autorisator	uitgave	status	versie
Hertogh/Verbeek	J.den Toom	J. den Toom	01-07-2014	definitief	2.0



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Richtlijnen Veiligheidsschermen

Doc.nr.: RTD 1022
Versie: 1.0
Status: Definitief
Datum: 1 april 2015

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.





Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.

Richtlijnen Veiligheidsschermen

RTD 1022

Datum	1 april 2015
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Informatie	rok-info@rws.nl
Datum	1 april 2015
Status	Definitief
Versienummer	1.0

Voorwoord

Dit Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD) is de opvolger van het document 'Veiligheidsschermen op viaducten - Functioneel programma van eisen en aanvullende constructieve eisen' van 4 juli 2006.

Veiligheidsschermen moeten het voor personen moeilijker maken om harde voorwerpen gericht te gooien naar het verkeer. Voorbeelden van harde voorwerpen zijn betonnen tegels, klinkers, putdeksels, glazen flessen, (volle) drankblikjes, fietsen, verkeersborden en baakschilden. Veiligheidsschermen kunnen bijvoorbeeld geplaatst worden op bruggen, viaducten en tunnelmonden.

Deze RTD beschrijft de eisen die Rijkswaterstaat stelt aan veiligheidsschermen. Door middel van de handreiking "Risicoinventarisatie stenen gooien vanaf viaducten" (Werkwijze Aanleg-document 1415) kunnen projecten afwegen of het plaatsen ervan verstandig is. Deze inventarisatie kan ook gebruikt worden bij de verstrekking van een vergunning in het kader de Wet beheer rijkswaterstaatswerken (Wbr).

Deze RTD is voortgekomen uit eerstgenoemd document en de invoering van de Eurocodes, ROK en RBK.

Inhoud

	Voorwoord 6
1	Algemeen 8
1.1	Onderwerp en toepassingsgebied 8
1.2	Leeswijzer 8
1.3	Terminologie 8
2	Overzicht verwijzingen 9
3	Eisen 11
3.1	Functionele eis 11
3.2	Ontwerprandvoorwaarden veiligheidsschermen 12
3.3	Eisen constructief ontwerp veiligheidsschermen 15

1 Algemeen

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

(1) Veiligheidsschermen worden geplaatst op locaties waar het risico op het gooien van harde voorwerpen naar het verkeer groot is.

De handreiking "Risicoinventarisatie stenen gooien vanaf viaducten" (Werkwijze Aanleg-document 1415) helpt projecten bij deze afweging.

(2) Deze RTD geldt niet voor het beoordelen van bestaande veiligheidsschermen.

(3) Deze RTD geldt ook bij uitbreidingen van bestaande veiligheidsschermen.

1.2 Leeswijzer

Tekst in normale opmaak is normatieve tekst. *Cursieve teksten zijn informatief.*

1.3 Terminologie

Term	Uitleg
Brug	Civil-bouwkundige constructie die onderdeel is van een weg bij kruising van een andere weg, spoorweg, waterweg of een terreinverdieping.
Profiel van vrije ruimte	Zie NOA en betreffende CROW-publicaties.
Randconstructie brug	De (betonnen) opstort op de rand van een rijdek die afstromend regenwater geleidt en waarop leuningen en eventuele voertuigkeringen zijn verankerd. Vaak ook voorzien van kabeldoorvoeren. Bij stalen bruggen zijn randconstructies minder gebruikelijk.
Werkende breedte voertuigkering	Zie 'Working width' in §3.5 van EN 1337-2.

2 Overzicht verwijzingen

Verwijzing	Documentnummer	Versie	Nederlandse titel en toelichting
RWS			
ROK	RTD 1001	1.3	Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken
RBK	RTD 1013	1.1	Richtlijnen beoordelen kunstwerken
DWW-wijzer 104	DWW-wijzer 104	2004	Minder vogelslachtoffers door markeringen op transparante geluidsschermen
CROW-publicatie 230	CROW-publicatie 230		Ontwerpwijzer Fietsverkeer
GCW 2012	GCW 2012		Richtlijnen geluidwerende voorzieningen langs wegen
NEN-EN normen (inclusief correctiebladen en Nationale Bijlagen).			
EN 1090	NEN-EN 1090	Zie ROK H2	Vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies
EN 1337-2	NEN-EN 1337-2 (en)	2010	Afscherpende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, botsproefbeoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding
EN 1990	NEN-EN 1990	Zie ROK H2	Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp
EN 1991-1-4	NEN-EN 1991-1-4	Zie ROK H2	Eurocode 1: Ontwerpgrondslagen en belastingen op constructies – Deel 1-4: Windbelastingen
EN 1991-2	NEN-EN 1991-2	Zie ROK H2	Eurocode 1: Ontwerpgrondslagen en belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelastingen op bruggen
EN 1992-1-1	NEN-EN 1992-1-1	Zie ROK H2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1 Algemene regels en regels voor gebouwen
EN 1992-4	NVN CEN/TS 1992-4	Zie ROK H2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 4: Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton
NEN 8700	NEN 8700	2011	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Grondslagen

Verwijzing	Documentnummer	Versie	Nederlandse titel en toelichting
EN 13051-1	NEN-EN 13051-1	2009	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen – Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van brandgedrag

Rijkswaterstaat			
Richtlijnen Veiligheidsschermen		Pagina:	11 van 17
		Uitgave:	1 april 2015
		Versie :	1.0
RTD 1022:2015		Status:	Definitief

3 Eisen

3.1 Functionele eis

(1) Veiligheidsschermen moeten het voor personen moeilijker maken om harde voorwerpen gericht te gooien naar het verkeer.

Voorbeelden van harde voorwerpen zijn: betonnen tegels, klinkers, putdeksels, glazen flessen, (volle) drankblikjes, fietsen, verkeersborden en baakschilden.

Nabij spoorwegen gelden de eisen van de beheerder van de spoorweg (veelal ProRail).

Rijkswaterstaat		
Richtlijnen Veiligheidsschermen	Pagina:	12 van 17
	Uitgave:	1 april 2015
	Versie :	1.0
RTD 1022:2015	Status:	Definitief

3.2 Ontwerprandvoorwaarden veiligheidsschermen

(1) Op bruggen moet aan iedere zijde waar zich een voet- of fietspad bevindt, over de volledige lengte een veiligheidsscherm staan.

Op bruggen met bijvoorbeeld een in twee richtingen bereden fietspad aan één zijde kan een scherm alleen aan die betreffende zijde voldoende zijn.

De volledige lengte van een brug loopt van het ene einde van de landhoofdvlugel tot aan het andere einde van de landhoofdvlugel.

(2) Bij bruggen die niet aanzienlijk langer zijn dan de onderdoorgaande weg breed is, moeten de schermen op zijn minst vijf meter worden doorgetrokken op de aardenbaan.

Een voorbeeld van 'niet aanzienlijk' is een landhoofd zonder koptalud en een onderdoorgaande rijbaan vlak langs de landhoofdwand.

(3) Openingen zijn in geen enkele richting groter dan 50 mm. Uitgezonderd bij dilatatievoegen.

(4) De hoogte is minimaal 3,0 meter.

Het is toegestaan om naar de uiteinden de hoogte te laten afnemen, als de functionaliteit dit toelaat.

(5) Beklimmen moet niet mogelijk zijn.

Mogelijke oplossingen zijn:

- glad oppervlak;
- een overhellend stuk;
- als het scherm achter een bestaande leuning staat het scherm onder een hoek plaatsen zodat de afstand met bestaande leuning voldoende groot wordt;
- een bestaande leuning verwijderen;
- een vertikaal scherm op een afstand van 1,0 meter van de bestaande leuning (bijvoorbeeld door middel van uithouders); nadeel hiervan is een extra buigend moment op de ondersteuningsconstructie.

(6) Uitstekende of scherpe onderdelen zijn niet toegestaan.

(7) Personen achter schermen moeten vanaf weg die beschermd wordt, zichtbaar zijn.

In verband met de herkenning en het vergroten van de pakkans.

Rijkswaterstaat	
Richtlijnen Veiligheidsschermen	Pagina: 13 van 17
	Uitgave: 1 april 2015
	Versie : 1.0
RTD 1022:2015	Status: Definitief

(8) Het architectonisch ontwerp van schermen bij wegen met routeontwerpen moet voldoen aan de architectonische specificaties van de routeontwerpen. Bij overige projecten moet het architectonisch ontwerp van het scherm een onderdeel zijn van de ontwerpopgave.

(9) Op bruggen moet de kleur en inpassing aansluiten bij de architectuur van het kunstwerk.

(10) Op bruggen moeten veiligheidsschermen een integraal onderdeel vormen met de randconstructie van de brug.

(11) Onder invloed van wind mag geen hinderlijk geluid voor de omgeving optreden.

(12) Zonlicht mag niet leiden tot licht- en beeldreflecties, en flikkeringen die hinderlijk zijn voor de weggebruiker.

In §3.1.5 en 3.1.6 van de GCW 2012 staan maatregelen beschreven om licht- en beeldreflecties, en flikkeringen te verminderen.

(13) Veiligheidsschermen moeten voor vogels goed zichtbaar zijn.

In de DWW-wijzer 104 en GCW 2012 staan maatregelen beschreven om botsingen door vogels tegen transparante schermen te verminderen.

(14) Veiligheidsschermen op bruggen mogen niet leiden tot vorming van ijspegels.

Mocht dit onvermijdelijk zijn dan moet het scherm zodanig zijn ontworpen dat eventuele ijspegels niet op de onderdoorgaande weg kunnen vallen.

(15) Minimaal 15 jaar onderhoudsvrij.

Onder 'onderhoudsvrij' wordt verstaan dat veiligheidsschermen 15 jaar na oplevering in dezelfde constructieve staat verkeren als bij oplevering, zonder dat daarvoor enig onderhoud of reiniging nodig is.

Bij de keuze van de materialen ook rekening met de invloed van dooizouten.

(16) Veiligheidsschermen op bruggen moeten zonder sloop van onderdelen van bruggen kunnen worden vervangen.

(17) De vormgeving moet zodanig zijn dat ophoping van water, vuil en afval wordt voorkomen.

(18) De vormgeving moet zodanig zijn dat verwaaiing van vuil en afval wordt voorkomen.

Rijkswaterstaat	
Richtlijnen Veiligheidsschermen	Pagina: 14 van 17
	Uitgave: 1 april 2015
	Versie : 1.0
RTD 1022:2015	Status: Definitief

(19) Onderdelen moeten niet met handkracht losgenomen kunnen worden.

(20) Bestand tegen moedwillig negatief gebruik van eenvoudige voorwerpen.

Enkele voorbeelden van eenvoudige voorwerpen zijn (zak)messen, schroevendraaiers, nijptangen en aanstekers.

(21) De materialen die toegepast worden, moeten minimaal voldoen aan brandklasse A2 volgens EN 13051-1.

(22) Niet bevinden binnen de werkende breedte van voertuigkeringen.

Rijkswaterstaat	
Richtlijnen Veiligheidsschermen	Pagina: 15 van 17
	Uitgave: 1 april 2015
	Versie : 1.0
RTD 1022:2015	Status: Definitief

3.3 Eisen constructief ontwerp veiligheidsschermen

(1) Binnen het Eurocode normenstelsel het veiligheidsscherm beschouwen als gebouw.

(2) De gevolgklasse op bruggen is CC3 (EN 1990).

(3) De ontwerplevensduur is 50 jaar (EN 1990).

(4) De betrouwbaarheidsklasse is RC3 (EN 1990).

(5) De uitvoeringsklasse van stalen en aluminium onderdelen is EXC3 (EN 1090).

(6) De veranderlijke belasting door personen is gelijk aan de lijnlast genoemd in §4.8(1) van EN 1991-2.

(7) Op bruggen moeten de vervormingen van de brug kunnen worden opgenomen.

Bruggen vervormen door thermische- en verkeersbelastingen. Ter voorkomen van spanningen in bruggen ten gevolge van deze belastingen zijn vaak dilatatievoegen aangebracht.

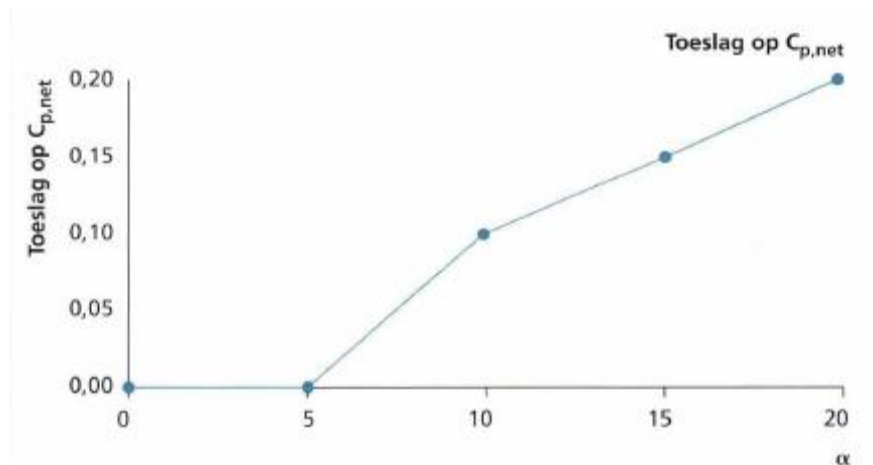
(8) Vervormingen van hoofddraagconstructies gemeten haaks op het vlak van veiligheidsschermen, mogen in de frequente belastingscombinatie (vergelijking 6.15a of 6.15b volgens EN 1990) niet groter zijn dan 1:100 van de schermhoogte. Hierbij moet voor de windbelasting $\psi_1 = 0,8$ worden aangehouden.

Overige eisen aan vervormingen volgens bijlage A.1.4.3 van EN 1990.

(9) Voor bepalen van de windbelasting tegen veiligheidsschermen op bruggen geldt niet de opmerking onder §7.4.(1) van EN 1991-1-4 'Voor leuningen en geluidsschermen op bruggen, zie hoofdstuk 8'.

Hoofdstuk 8 van EN 1991-1-4 is alleen bedoeld voor brugconstructies, maar niet voor daarop staande schermen.

(10) Bij schermen die niet verticaal staan en met een dichtheid ϕ volgens §7.11(2) van EN-1991-1-4 groter dan 0,8, moet de nettodrukcoëfficiënt $C_{p,net}$ volgens tabel N.B.17 -7.9 van EN 1991-1-4 worden verhoogd met een toeslag volgens figuur 1. Bij een tussenliggende hoek mag worden geïnterpoleerd.



Figuur 1: toeslag op $C_{p,net}$ afhankelijk van hoek α .

Deze toeslag is gelijk als bij geluidsschermen.

(11) Bij schermen die niet verticaal staan en met een volheidsgraad ϕ volgens §7.11(2) van EN-1991-1-4 kleiner dan 0,8, moet de krachtcoëfficiënt $C_{f,0}$ volgens figuur 7.33 van EN 1991-1-4 worden verhoogd met een toeslag volgens figuur 1 (lees daarbij $C_{p,net}$ als $C_{f,0}$). Bij een tussenliggende hoek mag worden geïnterpoleerd.

(12) Beschouwen als vermoeiingsgevoelige constructie en derhalve geldt de ROK-aanvulling op §2(5) van EN 1991-1-4.

(13) Voor bevestigingsmiddelen geldt de ROK-aanvulling op §2.7(1) van EN 1992-1-1.

(14) De sterkte van ondersteunde constructies voor veiligheidsschermen op bruggen moet voldoen aan §4.8(3) van EN 1991-2 waarbij 'leuning' moet worden gelezen als 'veiligheidsschermen'.

Een 'ondersteunde constructie' is veelal de randconstructie van de brug.

(15) Bij veiligheidsschermen op bestaande kunstwerken gelden NEN 8700 en RBK alleen voor de bestaande constructies.

Veiligheidsschermen (inclusief verankering) ontwerpen als nieuwbouw.

Rijkswaterstaat	
Richtlijnen Veiligheidsschermen	Pagina: 17 van 17
	Uitgave: 1 april 2015
	Versie : 1.0
RTD 1022:2015	Status: Definitief

(16) Bij veiligheidsschermen op bestaande kunstwerken moet aangetoond worden dat de aanwezige functionaliteit en constructieve betrouwbaarheid van de bestaande constructie blijft voldoen.

Belangrijk onderdeel van de bestaande constructie is de randconstructie.

(17) Voor wapeningsstaven gelijmd in geboorde gaten die dienen als verankering of overlapping, gelden de ROK-aanvullingen §8.4.1 (7) (nieuw artikel), 8.4.2 (2) en 8.7.2 (5) (nieuw artikel) van EN 1992-1-1.

Wapeningsstaven gelijmd in geboorde gaten kunnen nodig zijn bij veiligheidsschermen op bestaande bruggen.

Einde RTD 1022

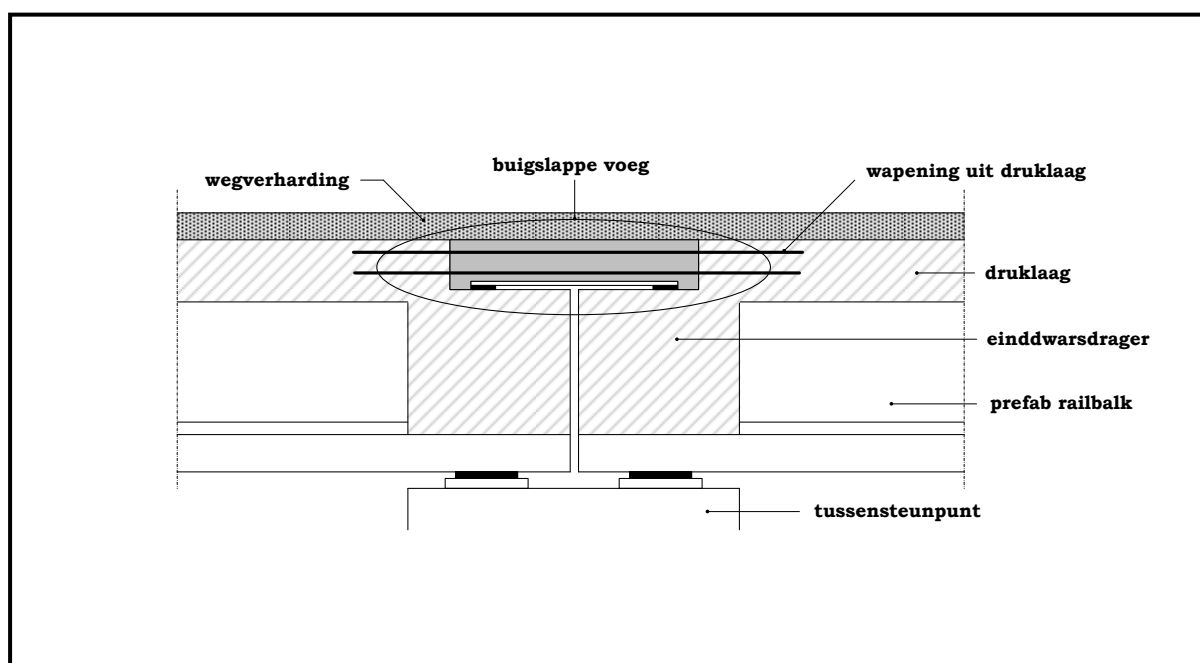


Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Buigslappe voegen

Doc.nr.: RTD 1023
Versie: 1.2
Status: Definitief
Datum: 24 januari 2017

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Richtlijn Buigslappe voegen

RTD 1023:2017

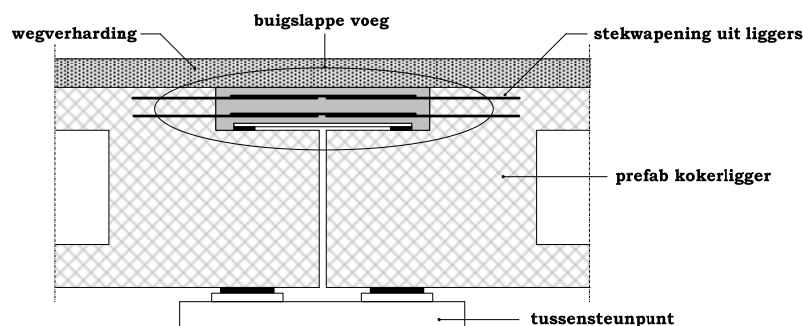
Datum	24 januari 2017
Status	versie 1.2, definitief

Colofon

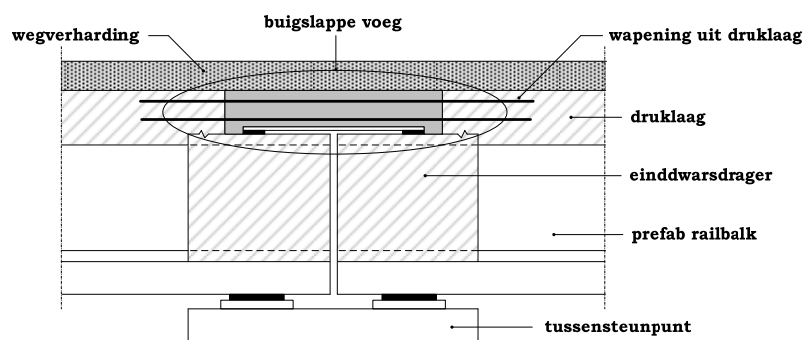
Uitgegeven door	Rijkswaterstaat
Informatie	rok-info@rws.nl
Datum	24 januari 2017
Status	Definitief
Versienummer	1.2

Voorwoord

Buigslappe voegen worden in Nederland al tientallen jaren toegepast als voegovergang tussen brugdekken uit geprefabriceerde betonnen liggers. De buigslappe voeg bestaat uit een relatief dunne, gewapende betonnen plaat onder het asfalt, die middels wapening is verbonden met beide aangrenzende brugdekken. Buigslappe voegen worden het meest toegepast bij brugdekken die zijn opgebouwd uit prefab kokerliggers (figuur 1) of uit railbalken met druklaag (figuur 2).



Figuur 1: Principe buigslappe voeg bij prefab kokerliggers



Figuur 2: Principe buigslappe voeg bij prefab railbalken met druklaag

De buigslappe voeg moet in staat zijn om opgelegde vervormingen vanuit de aangrenzende velden te ondergaan en trekkrachten door te geven zonder dat ontoelaatbare scheurvorming in de voeg ontstaat. Daarnaast moet de voeg in staat zijn om de verkeersbelasting op de voeg (wielprenten) af te dragen naar de aangrenzende brugdekken.

Eind jaren '90 is door Rijkswaterstaat een standaarddetail voor de buigslappe voeg ontwikkeld, dat samen met andere standaarddetails was opgenomen in NBD00730 "Standaarddetails voor Betonnen Bruggen". Als gevolg van de invoering van de Eurocodes is het noodzakelijk gebleken om het oude standaarddetail te herzien, met name vanwege een toename van de belasting door wielprenten. In RTD 1023 zijn nieuwe standaarddetails gegeven en zijn eisen en aanwijzingen gegeven voor het ontwerp en de berekening van buigslappe voegen buiten het toepassingsgebied van de standaarddetails.

Voor tekeningen van de nieuwe standaarddetails voor buigslappe voegen wordt verwezen naar RTD 1010 "Standaarddetails betonnen bruggen".

Inhoudsopgave

	Voorwoord	4
1	Algemeen	6
1.1	Onderwerp en toepassingsgebied	6
1.2	Leeswijzer	6
1.3	Terminologie	6
2	Overzicht verwijzingen	7
3	Eisen	8
3.1	Functionele eisen	8
3.2	Verificatiemethoden	8
3.3	Ontwerpeisen	8
3.4	Uitvoeringseisen	9
4	Standaarddetails	10
4.1	Toepassingsgebied	10
4.2	Brugdekken uit railbalken met druklaag	10
4.3	Brugdekken uit kokerliggers	11
5	Aanwijzingen voor het ontwerp en de berekening	12
5.1	Algemeen	12
5.2	Rekenmethodiek	12
5.3	Belastingsgevallen	16
5.4	Belastingscombinaties	21
5.5	Berekeningen van momenten en staalspanningen	22
5.6	Resultaten parameterstudie	23
5.7	Scheve kruisingen	24

1 Algemeen

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze RTD is van toepassing op buigslappe voegen die worden toegepast als voegovergang in bruggen. In het kader van deze RTD wordt een buigslappe voeg gedefinieerd als een betonnen plaat onder de wegverharding, die is voorzien van traditionele wapening en die door middel van (stek)wapening is verbonden aan beide aansluitende betonconstructies (brugdek of steunpunt).

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 3 bevat eisen voor het ontwerp en de berekening van een buigslappe voeg en is normatief. Informatieve en toelichtende teksten zijn in dat hoofdstuk *in cursief* weergegeven.

Hoofdstuk 4 geeft standaarddetails voor buigslappe voegen, die onder bepaalde voorwaarden mogen worden toegepast. In hoofdstuk 5 zijn aanwijzingen gegeven voor situaties buiten het toepassingsgebied van de standaarddetails. Hoofdstukken 4 en 5 zijn beide als advies bedoeld (niet normatief).

1.3 Terminologie

Term	Uitleg
buigslappe voeg	betonnen plaat onder de wegverharding, die is voorzien van traditionele wapening en die door middel van (stek)wapening is verbonden aan beide aansluitende betonconstructies (brugdek of steunpunt)
ongedilateerde lengte	afstand tussen de voegovergangen; bij toepassing van slechts één voegovergang geldt 2x de bruglengte
voegovergang	een voegconstructie waar lengteveranderingen van het brugdek ongehinderd kunnen plaatsvinden (dit geldt niet voor de buigslappe voeg)

2 Overzicht verwijzingen

Document (versie)	Titel
RWS Richtlijnen :	
RTD1001 (2017)	ROK 1.4 – Richtlijnen Ontwerpen Kunstwerken
RTD1007-2 (2014)	Eisen voor voegovergangen, versie 3.0, d.d. 1-12-2014
RTD1010 (2017)	Standaarddetails betonnen bruggen
Eurocodedelen :	
NEN-EN 1990 + NB (zie ROK)	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-2+NB (zie ROK)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
NEN-EN 1992-1-1+NB (zie ROK)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-2+NB (zie ROK)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 2: Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering
Overige NEN normen:	
NEN-EN 13670 (zie ROK)	Het vervaardigen van betonconstructies

3 Eisen

3.1 Functionele eisen

Voor het ontwerp van buigslappe voegen gelden de volgende functionele eisen:

- de buigslappe voeg, inclusief aansluitingen, moet voldoende sterk zijn (statische sterkte en vermoeiingssterkte) om de verkeersbelasting op de voeg gedurende een ontwerplevensduur van 50 jaar te kunnen dragen;
- de buigslappe voeg, inclusief aansluitingen, moet in staat zijn om de belastingen te dragen en de opgelegde vervormingen vanuit aangrenzende brugdekken te volgen zonder dat ontoelaatbare scheurvorming ontstaat;
- de buigslappe voeg moet water keren.

3.2 Verificatiemethoden

Indien de buigslappe voeg wordt ontworpen en berekend volgens de eisen en regels in de Eurocodes en de aanvullingen daarop in de ROK, in combinatie met de navolgende ontwerpeisen, mag worden verondersteld dat wordt voldaan aan de hiervoor beschreven functionele eisen.

Binnen het bijbehorende toepassingsgebied mogen de standaarddetails volgens hoofdstuk 4 worden toegepast. Een berekening is dan niet noodzakelijk.

3.3 Ontwerpeisen

Voor het ontwerp en de berekening van buigslappe voegen gelden de regels volgens de relevante delen uit de Eurocode reeks. Navolgend zijn enkele uitgangspunten en aanvullende of afwijkende eisen gegeven.

Toelichting:

Voor nadere informatie over de verschillende aspecten die een rol spelen bij het ontwerp en de berekening wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

Bij het ontwerp en de berekening van buigslappe voegen moeten de volgende uitgangspunten worden aangehouden:

- gevolgklasse CC2;
- ontwerplevensduur 50 jaar.

De bovenzijde van buigslappe voegen moet over de lengte van de voegwapening vermeerderd met 200 mm worden voorzien van een strook bitumenafdichtingspasta Plastikol® UDM 2S (of gelijkwaardig) om water te keren. Vanwege de beschermende werking van deze strook geldt:

- een versoepeling van de maximale scheurwijdte tot $w_{\max} = 0,4$ mm;
- een reductie van 5 mm voor de betondekking op de bovenwapening.

In het Beheer- en Onderhoudsplan moet worden opgenomen dat deze bescherming bij vervanging van het asfalt opnieuw moet worden aangebracht.

Toelichting:

In de navolgende tabel is een voorbeeld voor de bepaling van de nominale betondekking c_{nom} gegeven.

	bovenzijde	onderzijde
milieuklasse	XD3	XC3
ontwerplevensduur	50 jaar	50 jaar
bepaling constructieklasse: basis constructieklasse ontwerplevensduur 100 jaar sterkteklasse $\geq$ C45/55 (XD3) sterkteklasse $\geq$ C35/45 (XC3) plaatgeometrie* kwaliteitsbeheersing** resulterende constructieklasse	S4 -1 S3	S4 -1 -1 S2
reductie bitumineuze afdichting	-5	
toeslag niet inspecteerbaar*	+5 mm	+5 mm
toeslag onbekist*	+5 mm	
minimale dekking c_{min}	30 + 5 + 5 = 40 mm	15 + 5 = 20 mm
uitvoeringstolerantie Δc_{dev}	10 mm	10 mm
nominale dekking c_{nom}	50 mm	30 mm

* zie de ROK, aanvullingen bij NEN-EN 1992-1-1, 4.4.1.2 (5).

** volgens de ROK mag de reductie in verband met kwaliteitsbeheersing alleen in rekening worden gebracht bij prefab.

3.4 Uitvoeringseisen

Er mogen vanuit het oogpunt van vermoeding geen (hecht)lassen worden toegepast voor het samenstellen van de voegwapening.

Voor buigslappe voegen zijn verder geen specifieke aanvullingen van toepassing op NEN-EN 13670 en de aanvullingen daarop in de ROK.

Voor de toleranties geldt tolerantieklasse 2 volgens NEN-EN 13670.

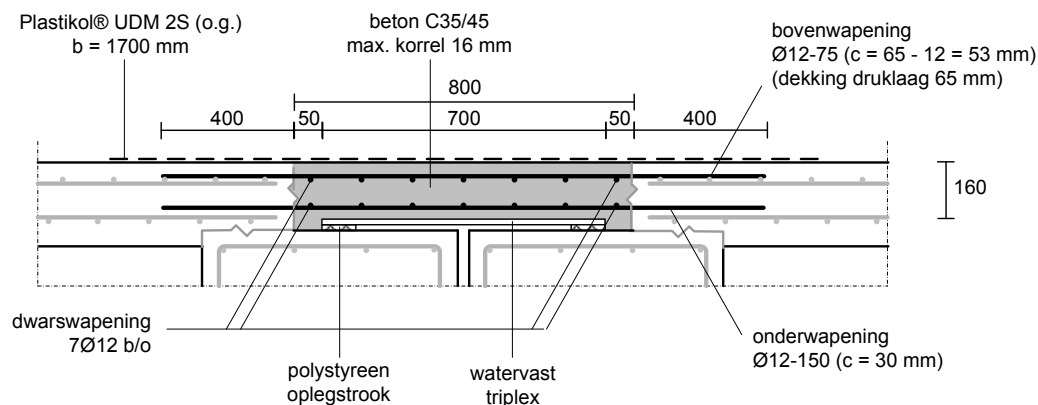
4 Standaarddetails

4.1 Toepassingsgebied

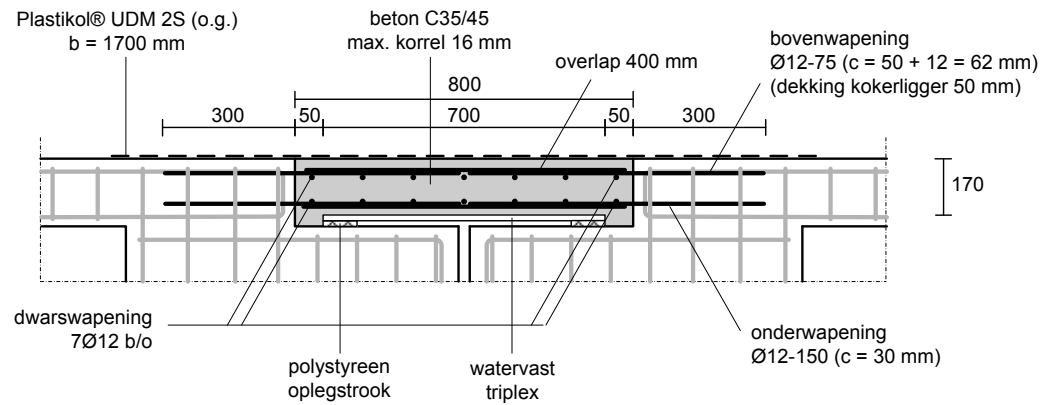
De standaarddetails mogen onder de volgende voorwaarden worden toegepast:

- brugdekken opgebouwd uit railbalken met druklaag of uit kokerliggers, beide opgelegd op gewapende rubber oplegblokken.
- buigslappe voegen die aan één zijde zijn ingeklemd in bijvoorbeeld een pijlertafel vallen niet binnen het toepassingsgebied;
- kruisingshoek $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$, waarbij α de hoek is tussen de as van de ondersteuning en de richting van de prefab liggers. De langswapening ligt in de richting van de liggers en de voegoverspanning geldt loodrecht op de oplegging;
- constructiehoogte:
 - $h \geq 1/26 L$ voor railbalken met druklaag;
 - $h \geq 1/32 L$ voor kokerliggers;
- betonsterkteklasse prefab $\geq C55/67$;
- ongedilateerde lengte ≤ 150 m;
- brugbreedte ≥ 9 m;
- asfaltdikte ≥ 120 mm (ter plaatse van voeg);
- hoogteligging voegwapening conform details.

4.2 Brugdekken uit railbalken met druklaag



4.3 Brugdekken uit kokerliggers



5 Aanwijzingen voor het ontwerp en de berekening

5.1 Algemeen

Buiten het toepassingsgebied van de standaarddetails moet de opdrachtnemer een nieuw voegontwerp maken en toetsen aan de geldende eisen. In dit hoofdstuk zijn aanwijzingen gegeven voor het ontwerp en de berekening.

Door Rijkswaterstaat is ten behoeve van de ontwikkeling van de standaarddetails een rekensheet in het computerprogramma Mathcad® ontwikkeld. Een afdruk van de rekensheets voor de standaarddetails met railbalken en met kokerliggers is opgenomen in bijlage A. Deze afdruk kan als voorbeeld worden gebruikt voor de berekening van buigslappe voegen buiten het toepassingsgebied van de standaarddetails.

Om te komen tot een voegontwerp dat voldoet aan de eisen, zijn veelal iteratieve berekeningen noodzakelijk. Daarbij wordt gevarieerd met de voegdikte, de voegoverspanning, de hoeveelheid wapening en zo nodig de betonsterkteklasse. De volgende aspecten zijn meestal bepalend voor het ontwerp:

- de dwarskrachtcapaciteit moet voldoende zijn om de belasting door wielprenten af te dragen. Deze eis geeft, in combinatie met de detailleringsregels met betrekking tot de minimale verticale afstand tussen het boven- en ondernet, een ondergrens voor de voegdikte;
- de voeg moet voldoende buigslap zijn om de momenten door opgelegde vervormingen vanuit de aangrenzende brugdekken, en daarmee de staalspanning (van belang voor vermoeiing en scheurwijdte), in voldoende mate te beperken. De voeg kan buigslapper worden gemaakt door de voegoverspanning te vergroten en door de voegdikte te minimaliseren.

Het verhogen van de betonsterkteklasse kan in sommige gevallen zinvol zijn om de voegdikte en daarmee de buigstijfheid van de voeg te beperken. Daarbij moet worden bedacht dat het effect beperkt is, omdat een hogere sterkteklasse anderzijds ook leidt tot een toename van de stijfheid.

In dit hoofdstuk is achtereenvolgens ingegaan op:

- paragraaf 5.2: de rekenmethodiek voor buigslappe voegen
- paragraaf 5.3: de belastingsgevallen
- paragraaf 5.4: de belastingscombinaties
- paragraaf 5.5: het berekenen van momenten en spanningen in de voeg
- paragraaf 5.6: resultaten van een parameterstudie, die is uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling van de standaarddetails
- paragraaf 5.7: scheve kruisingen

Het rekenvoorbeeld in bijlage A sluit aan bij de uitgangspunten en aanwijzingen die in dit hoofdstuk zijn gegeven en kan daarmee in samenhang worden gelezen.

5.2 Rekenmethodiek

Buigslappe voegen worden toegepast tussen prefab brugdekken die vrij opgelegd (statisch bepaald) zijn ontworpen. De buigende momenten en de dwarskrachten in het brugdek worden niet noemenswaardig beïnvloed door de aanwezigheid van de buigslappe voegen, omdat de buigstijfheid van de voeg slechts een fractie bedraagt van de buigstijfheid van het brugdek. Enerzijds is namelijk de hoogte veel kleiner en

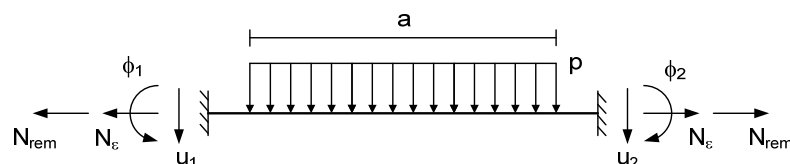
anderzijds kan de voeg gescheurd worden verondersteld, terwijl de voorgespannen liggers in de praktijk ongescheurd zullen zijn. Het beschreven gedrag betekent eveneens dat de buigslappe voeg de opgelegde hoekverdraaiingen vanuit de aansluitende velden niet of nauwelijks zal verhinderen. Voor het ontwerp wordt daarom verondersteld dat de voeg deze hoekverdraaiingen volledig moet volgen. Voor de beperkte verticale opgelegde verplaatsingen, die ontstaan door indrukking van de oplegblokken, geldt dat deze ook nauwelijks worden verhinderd door de voeg en volledig worden gevolgd. Opgelegde horizontale verplaatsingen door lengteveranderingen van het brugdek worden wel verhinderd door de buigslappe voeg c.q. doorgegeven.

De buigslappe voeg wordt onderworpen aan:

1. Verkeersbelasting op de voeg;
2. Normaalkracht door rembelasting;
3. Opgelegde vervormingen vanuit de aansluitende velden.

De belasting door het eigen gewicht van de voeg en het daarop aanwezige asfalt kunnen worden verwaarloosd.

Vanwege de relatief kleine overspanning kan de belasting door wielprenten op de voeg worden geschematiseerd tot een gelijkmatig verdeelde belasting. De buigslappe voeg kan daarom worden geschematiseerd als een ligger, die is ingeklemd in de aansluitende velden. Het model met de beschreven belastingen en opgelegde vervormingen is weergegeven in figuur 3.



p = gelijkmatig verdeelde belasting door wielprenten over afstand a

N_{rem} = normaalkracht door rembelasting

N_e = normaalkracht door verhinderde lengteveranderingen van de brug

ϕ_i = opgelegde hoekverdraaiing vanuit brugdek i

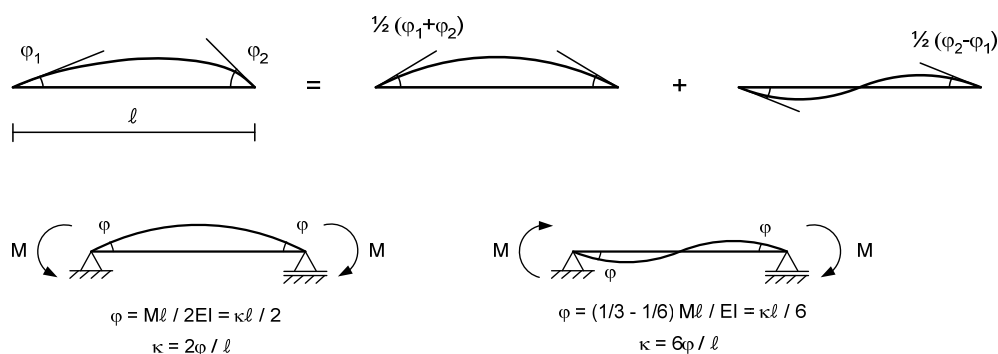
u_i = opgelegde verticale verplaatsing vanuit brugdek i

Figuur 3: Model met belastingen en opgelegde vervormingen

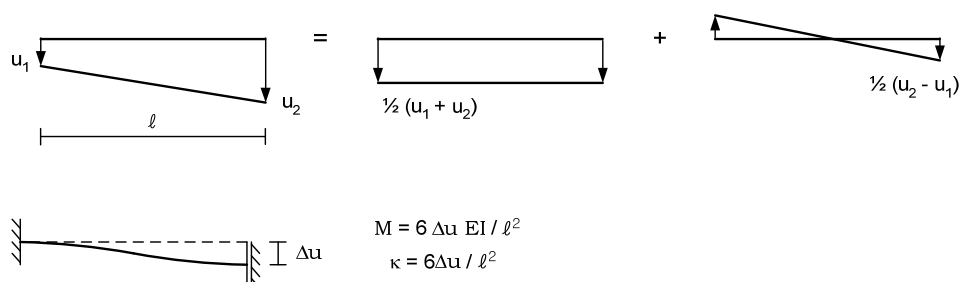
In de rekenvoorbeelden in bijlage A is alleen de bovenwapening ter plaatse van de maatgevende steunpuntsdoorsnede bij de inklemming beschouwd, waar een negatief moment optreedt. Het positieve buigende moment in het veld voor de onderwapening is, zowel door de gelijkmatig verdeelde belasting als door de opgelegde vervormingen, maximaal de helft van het steunpuntsmoment. Vanuit praktisch oogpunt is gekozen voor een onderwapening die gelijk is aan de helft van de bovenwapening. Berekeningen voor de onderwapening zijn dan niet nodig.

De opgelegde hoekverdraaiingen en verticale verplaatsingen kunnen worden vertaald naar opgelegde krommingen in de maatgevende steunpuntsdoorsnede. Met een doorsnede-berekening kunnen vervolgens bij deze opgelegde kromming, na ook het effect van de belastingen door wielprenten in rekening te hebben gebracht, de spanningen in de wapening en in het beton worden bepaald. De opgelegde krommingen ter plaatse van de inklemming waar negatieve buiging optreedt, kunnen worden bepaald met de volgende formules, zie ook figuur 4 en figuur 5:

door hoekverdraaiingen $\kappa = 4\varphi_1 - 2\varphi_2 / L$ (linker inklemming)
 door verticale verplaatsingen $\kappa = 6\Delta u / L^2$ (linker inklemming)



Figuur 4: Krommingen door opgelegde hoekverdraaiingen



Figuur 5: Kromming door opgelegde verschilverplaatsing

Hoekverdraaiingen treden op als gevolg van een kromming van het brugdek door kruip, rustende belasting, verkeersbelasting en een temperatuurgradiënt. Verschilverplaatsingen treden op door een (verschil)indrukking van oplegblokken door rustende belasting en verkeersbelasting.

Uit verschillende beschouwingen is gebleken dat de invloed van een verschilverplaatsing Δu zeer beperkt is ($< 10\%$). En belangrijker nog, het moment dat daardoor ontstaat in de maatgevende steunpuntsdoorsnede bij de inklemming is tegengesteld aan het moment door de opgelegde hoekverdraaiingen en werkt daarom gunstig. Aangezien de invloed erg beperkt is en een verschilverplaatsing bovendien gunstig werkt, is deze invloed buiten beschouwing gelaten in de rekenvoorbeelden in bijlage A.

Navolgend is ingegaan op de toetsingen in de verschillende grenstoestanden en de aspecten die daarbij een rol spelen.

Uiterste grenstoestand - Sterkte

De volgende toetsen moeten worden uitgevoerd bij de fundamentele combinatie:

Buiging	toets 1	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	NEN-EN 1992-1-1, 6.1
	toets 2	$x_u \leq (500/500+f) \cdot d$	NEN-EN 1992-1-1/NB, 6.1(9)
Dwarskracht	toets 3	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$	NEN-EN 1992-1-1, 6.2
	toets 4	$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	NEN-EN 1992-1-1, 6.2

Uit NEN-EN 1992-1-1, art. 2.3.1.2, 2.3.1.3 en 2.3.2.2 volgt dat opgelegde vervormingen bij de toets van de statische sterkte buiten beschouwing mogen worden gelaten, mits voldoende ductiliteit aanwezig is. In overeenstemming met de ROK mag worden verondersteld dat de ductiliteit van buigslappe voegen voldoende is, vanwege de eis met betrekking tot de betondrukzonehoogte. Om de benodigde ductiliteit te verzekeren, moet de drukzonehoogte x_u worden getoetst bij de toegepaste wapening en niet bij de benodigde wapening voor sterkte, zoals normaliter is toegestaan volgens NEN-EN 1992-1-1/NB, art. 6.1.

Voor de dwarskrachttoets mag volgens NEN-EN 1992-1-1/NB, art. 6.2.2 de invloed van een trekkracht ten gevolge van opgelegde vervormingen door krimp en temperatuursveranderingen kleiner dan 40K worden verwaarloosd. In de buigslappe voeg treedt niet alleen een trekkracht op door krimp en een temperatuursdaling, maar ook door de kruipverkortening van de prefab liggers en de verandering daarvan door de oplegblokken. De Nationale Bijlage geeft voor deze opgelegde vervorming geen grenzen aan. Desalniettemin kan worden gesteld dat ook deze opgelegde vervorming voor de dwarskrachttoets buiten beschouwing kan worden gelaten, omdat alle opgelegde vervormingen samen (inclusief kruip) kleiner zullen zijn dan de grens volgens de norm. De verandering door de oplegblokken is immers redelijk beperkt en kleiner dan de verandering bij veel andere betonconstructies. Ook is de krimp van de prefab liggers kleiner dan betonconstructies in bijvoorbeeld binnenklimaat. Een belangrijke randvoorwaarde is wel dat lengteveranderingen alleen worden verhinderd door gewapend rubber oplegblokken. Er zal daarom altijd bij ten minste één voegovergang geen sprake kunnen zijn van een buigslappe voeg, maar van een voeg waar lengteveranderingen ongehinderd kunnen optreden, omdat anders de mate van verandering veel groter wordt.

Resumerend geldt dat opgelegde vervormingen onder de gegeven randvoorwaarden alleen bij de toets van de scheurwijdte en de vermoeiingstoets in rekening hoeven te worden gebracht.

Bij de dwarskrachttoets mag gebruik worden gemaakt van een reductie vanwege directe afdracht, overeenkomstig NEN-EN 1992-1-1, art. 6.2.2 (6). De dwarskracht (toets 3) mag daarbij worden getoetst op een afstand d van de oplegging, overeenkomstig NEN-EN 1992-1-1, art. 6.2.1 (8), omdat sprake is van een gelijkmatig verdeelde belasting. Bezijken van de drukdiagonaal (toets 4) moet wel worden getoetst bij de oplegging.

Bruikbaarheidsgrenstoestand – Scheurwijdte

De volgende toetsen moeten worden uitgevoerd:

Maximale staalspanning	toets 5	$\sigma_s \leq k_4 f_{yk}$	NEN-EN 1992-1-1, 7.2
Scheurwijdte	toets 6	$w_k \leq k_x w_{max}$	NEN-EN 1992-1-1, 7.3.4

De maximale staalspanning moet worden getoetst bij de karakteristieke belastingscombinatie en de scheurwijdte bij de frequente belastingscombinatie.

Het grootste gedeelte van de staalspanning σ_s wordt bepaald door de opgelegde hoekverdraaiing vanuit de aansluitende velden en in mindere mate door de verkeersbelasting op de voeg. Om deze reden is, in overeenstemming met hetgeen is voorgeschreven in NEN-EN 1992-1-1, 7.2, voor toets 5 uitgegaan van de grenswaarde $k_4 f_{yk}$ (opgelegde vervorming) en niet van $k_3 f_{yk}$ (opgelegde belasting).

De aanbevolen waarden voor k_3 en k_4 zijn respectievelijk 0,8 en 1,0. In de Nationale Bijlage zijn beide waarden echter op 0,0 gesteld. Uit navraag bij de normcommissie

die de Nationale Bijlage heeft opgesteld, blijkt dat de waarden op nul zijn gesteld, omdat de normcommissie wil voorkomen dat alleen deze toets wordt uitgevoerd en een verdere scheurwijdte toets achterwege wordt gelaten. Voor de buigslappe voeg wordt de scheurwijdte echter afzonderlijk getoetst met toets 6. Aanvullend wordt toets 5 van de staalspanning uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van de aanbevolen waarde $k_4 = 1,0$. Met andere woorden, de staalspanning bij de karakteristieke combinatie (inclusief opgelegde vervormingen) wordt beperkt tot 500 MPa.

Uiterste grenstoestand – Vermoeiing

Bij de vermoeiingstoets moeten, in tegenstelling tot bij de toets van de statische sterkte, de opgelegde vervormingen vanuit de aansluitende velden door de verkeersbelasting wel worden meegenomen, omdat deze leiden tot spanningswisselingen in het betonstaal die aanleiding geven tot vermoeiingsschade.

Voor de vermoeiingstoets wordt aanbevolen om gebruik te maken van het belastingsmodel FLM4b met de aanpassingen daarvan in ROK 1.3, omdat het eenvoudige belastingsmodel FLM1 zou leiden tot meer benodigde wapening.

Vermoeiing betonstaal	toets 7	$\sum n_i/N_i \leq 1$	NEN-EN 1992-1-1, 6.8
Vermoeiing beton	toets 8	$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1$	NEN-EN 1992-2, 6.8.7

Spanningswisselingen in het betonstaal en in het beton worden veroorzaakt door voertuigpassages in de aansluitende velden en door aslasten op de voeg zelf. Bij kleinere overspanningen en relatief lange voertuigen kunnen beide wisselingen tegelijk optreden, waardoor ze bij elkaar opgeteld zouden moeten worden. Aanvullend onderzoek heeft echter uitgewezen dat deze optelling niet noodzakelijk is, vanwege diverse gunstige effecten die niet zijn meegenomen in de vermoeiingsberekeningen. De genoemde spanningswisselingen kunnen dus afzonderlijk in rekening worden gebracht.

5.3

Belastingsgevallen

De volgende belastingsgevallen kunnen worden onderscheiden:

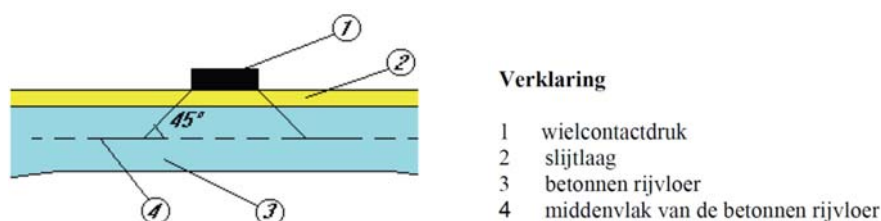
- BG 1 Verkeersbelasting
- BG 2 Normaaltrekkkracht door rembelasting
- BG 3 Opgelegde vervormingen:
 - a) hoekverdraaiingen door kruip
 - b) hoekverdraaiingen door rustende belasting
 - c) hoekverdraaiingen door verkeer configuratie 1
 - d) hoekverdraaiingen door verkeer configuratie 2
 - e) hoekverdraaiingen door temperatuurgradiënt
 - f) normaaltrekkkracht door verkorting brugdek

Hierna is nader ingegaan op de afzonderlijke belastingsgevallen en daarna zijn de relevante belastingscombinaties gegeven.

BG 1: Verkeersbelasting

De verkeersbelasting op de voeg bestaat uit een gelijkmatig verdeelde belasting (UDL) en uit wielprenten van de tandemstelsels (TS). De gelijkmatige verdeelde belasting (UDL) hoeft volgens RTD 1007-2 niet te worden meegenomen. De wielprenten kunnen worden vertaald naar een gelijkmatig verdeelde belasting, waarbij de geconcentreerde belastingen worden gespreid volgens NEN-EN 1991-2, zie figuur 6. Momenten en dwarskrachten kunnen vervolgens eenvoudig worden

bepaald met het eerder besproken liggermodel van de voeg. Verdere uitwerking is opgenomen in het rekenvoorbeeld in bijlage A.



Figuur 6: Spreiding van geconcentreerde belasting volgens NEN-EN 1991-2

BG 2: Normaaltrekkkracht door rembelasting

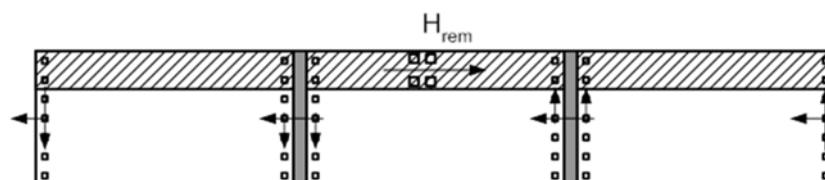
Een rembelasting kan, afhankelijk van de positie op het brugdek, zorgen voor een normaaltrekkkracht in de buigslappe voeg. De voorgeschreven rembelasting volgens NEN-EN 1991-2, 4.4.1 is:

$$H_{\text{rem}} = 0,6 \alpha_{Q1} (2 Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L \quad \text{waarbij } 180 \alpha_{Q1} \leq H_{\text{rem}} \leq 800 \text{ kN}$$

waarin:

- H_{rem} karakteristieke waarde van de rembelasting
- α_{Q1}, α_{q1} correctiefactoren
- Q_{1k} aslast tandemstelsel TS1
- q_{1k} gelijkmatig verdeelde verkeersbelasting rijstrook 1
- w_1 breedte rijstrook 1
- L lengte van het brugdek of het beschouwde deel

Uit de formule volgt dat de rembelasting wordt veroorzaakt door het zwaarste tandemstelsel TS1 en door de verzwaarde rijstrookbelasting. Voor de afdracht van de rembelasting geldt dat het brugdek als schijf fungeert en dat de rembelasting wordt verdeeld over de oplegblokken naar rato van horizontale stijfheid. Aangezien de totale (ongedilateerde) lengte van een brugdek over het algemeen langer is dan de brugbreedte, wordt aangenomen dat een excentriciteit wordt opgenomen door reactiekrachten loodrecht op de brugas. In figuur 7 is de afdracht van de rembelasting schematisch weergegeven voor een brug met drie gelijke overspanningen, waarbij alle oplegblokken een gelijke horizontale stijfheid hebben.



Figuur 7: Mogelijke afdracht rembelasting bij 3 gelijke velden

Op basis van de beschreven afdracht kan de (maatgevende) normaaltrekkkracht in de buigslappe voeg worden berekend. De normaaltrekkkracht door de verzwaarde rijstrookbelasting kan gelijkmatig worden verdeeld over de gehele voeglengte, oftewel de brugbreedte. Voor de normaaltrekkkracht door het tandemstelsel is het rekenen met de gehele brugbreedte te gunstig in situaties waarbij vlakbij of direct op een buigslappe voeg wordt geremd, omdat de rembelasting moet worden ingeleid in de schijf. Voor die situaties kan bijvoorbeeld een meewerkende breedte van 4 m worden verondersteld.

De maatgevende voeg met de grootste normaaltrekkracht door de rembelasting zal veelal de eerste of de tweede buigslappe voeg vanuit het landhoofd zijn. Daarbij geldt dat de normaaltrekkracht groter wordt naarmate het aantal overspanningen toeneemt, omdat dan een groter aandeel van de rembelasting door de buigslappe voeg naar de oplegblokken aan de andere zijde van de voeg moet worden afgedragen. Uitwerking van de rembelasting geeft:

$$H_{\text{rem}} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 300 + 0,10 \cdot 1,15 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot L = 360 + 3,11 L \text{ [kN]} \leq 800 \text{ [kN]}$$

De bovengrens van 800 kN hoort bij een beschouwde lengte van circa 150 m. Voor de buigslappe voeg is deze bovengrens niet van belang, omdat deze lengte veel groter is dan de som van de overspanningen van de eerste velden. Bij gelijke overspanningen en gelijke horizontale stijfheden van de oplegblokken kan de normaaltrekkracht N_{rem} in voegnummer i als volgt worden bepaald:

$$N_{\text{rem}}(i) = \left(\frac{360}{4} + \frac{i \cdot 3,11 \cdot L}{b} \right) \cdot \left(\frac{n_o - i}{n_o} \right)$$

waarin:

N_{rem} normaaltrekkracht in buigslappe voeg in [kN/m]

i voegnummer (1, 2, etc.)

L overspanning per veld in [m]

n_o aantal overspanningen

b brugdekbreedte in [m]

In gevallen waarvoor de formule niet geschikt is, namelijk bij ongelijke overspanningen en/of verschillende oplegblokken, zal de normaaltrekkracht met bijvoorbeeld een schijfberekening met veren moeten worden bepaald of kan worden uitgegaan van een bovengrens van:

$$N_{\text{rem}} = \left(\frac{360}{4} + \frac{3,11 \cdot \frac{1}{4} L_{\text{brug}}}{b} \right)$$

Deze bovengrens is gebaseerd op een groot aantal overspanningen. De achtergrond van de tweede term is dat de helft van de bruglengte is belast door een rembelasting door UDL. De helft van deze rembelasting wordt als normaaltrekkracht door de middelste voeg overgedragen. Deze normaalkracht komt overeen met een belaste lengte van $\frac{1}{4} L_{\text{brug}}$. Daarbij kan nog worden opgemerkt dat dit een veilige aanname is, omdat voor de middelste voeg geldt dat de eerste term te groot is.

BG 3: Opgelegde vervormingen

In algemene zin geldt dat opgelegde hoekverdraaiingen veelal kunnen worden ontleend aan de berekening van de oplegblokken en/of de liggerberekeningen c.q. plaatberekeningen van het brugdek. Hierna zijn enkele aanvullende aanwijzingen bij de verschillende opgelegde vervormingen gegeven.

a. kruip

De hoekverdraaiingen door kruipvervormingen onder permanente belasting (eigen gewicht, rustende belasting en voorspanning) volgen uit de liggerberekeningen. De hoekverdraaiingen mogen vanwege het langdurende karakter worden vermenigvuldigd met een relaxatiecoëfficiënt:

$$k_{\varphi} = \frac{1 - e^{-\varphi}}{\varphi}$$

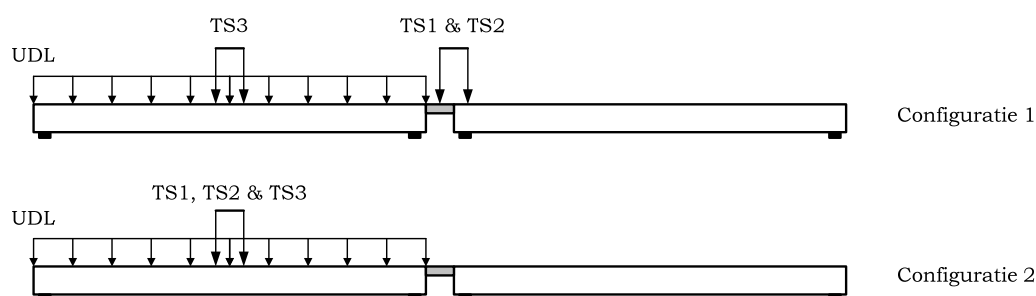
De hoekverdraaiingen door kruip zullen veelal relatief beperkt of verwaarloosbaar zijn ten opzichte van bijvoorbeeld de hoekverdraaiing door verkeersbelasting.

b. rustende belasting

De rustende belasting wordt na de realisatie van de buigslappe voeg aangebracht en leidt daarom tot opgelegde hoekverdraaiingen. Ter vereenvoudiging kunnen de direct optredende hoekverdraaiingen φ_1 en φ_2 veelal worden berekend met een gemiddelde asfaltbelasting van 150 mm en kan de overige rustende belasting worden verwaarloosd.

c en d. hoekverdraaiingen door verkeer configuraties 1 en 2

Voor negatieve buiging zijn twee mogelijk maatgevende configuraties voor de verkeersbelasting van belang, zie figuur 8. Configuratie 1 geeft het maximale moment en de maximale dwarskracht door wielprenten op de voeg. Het tandemstelsel TS3 is daarbij in het veld geplaatst, omdat dit laststelsel bij plaatsing op de voeg zich buiten het invloedsgebied van het maximale moment en de maximale dwarskracht zou bevinden. Configuratie 2 geeft het maximale negatieve moment door de opgelegde hoekverdraaiing vanuit het aansluitende veld.



Figuur 8: Mogelijk maatgevende configuraties

Configuratie 1 is veelal maatgevend voor de statische sterkte (UGT) en configuratie 2 voor scheurwijde (BGT).

Bij de vermoeiingstoets is belastingsmodel 4b voor vermoeiing beschouwd. Het betonstaal is getoetst met de schaderegel van Miner. Daarbij geldt dat zowel passerend verkeer op de voeg als in de aansluitende velden leidt tot spanningswisselingen in de bovenwapening. Alleen het veld met de grootste hoekverdraaiing is van belang, omdat een wagen in het andere veld leidt tot een (beperkte) drukspanning in bovenwapening in dezelfde doorsnede.

In het rekenvoorbeeld in bijlage A worden de hoekverdraaiingen door de verschillende wagen in FLM4b afgeleid uit de hoekverdraaiing door het zwaarste tandemstelsel TS1. Met andere woorden, de hoekverdraaiing door TS1 in de rijstrook voor zwaar verkeer is een invoerparameter. Daarbij kan het tandemstelsel eenvoudigheidshalve in het midden van de overspanning worden geplaatst, omdat een positie dicht bij de oplegging slechts een beperkt grotere hoekverdraaiing geeft (3%). Vervolgens wordt een fictieve (ligger)buigstijfheid berekend met:

$$EI = \frac{Pl^2}{16\varphi}$$

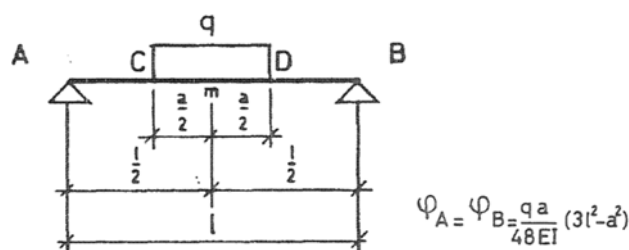
waarbij

$$P = 2 \times 300 = 600 \text{ kN}$$

$$L = \text{de overspanning van het brugdek}$$

$$\varphi = \text{hoekverdraaiing door TS1}$$

Met deze fictieve buigstijfheid kan de hoekverdraaiing door andere wagens worden berekend met de formule in figuur 9. De wagens worden daarbij vereenvoudigd tot een bloklast.



Figuur 9: Hoekverdraaiing door bloklast in het veldmidden

Bij de gekozen methode wordt voor de wagens in FLM4b impliciet dezelfde spreidingsbreedte aangehouden als voor het tandemstelsel TS1. In een situatie met assen dicht bij de oplegging (bij kleinere overspanningen) is deze aanname iets te gunstig. Deze assen leveren echter een beperkte bijdrage aan de hoekverdraaiing en bovendien wordt de meewerkende breedte begrensd door de nabijgelegen brugrand. De gekozen aanpak is geverifieerd met plaatberekeningen en daaruit blijkt dat de foutmarge acceptabel is (< 10%).

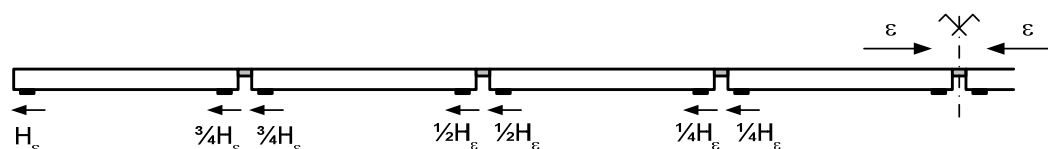
e. hoekverdraaiingen door temperatuurgradiënt

Voor de bovenwapening is alleen een afkoeling van de bovenzijde van het brugdek van belang, omdat dit leidt tot een trekspanning. Verder gelden geen aanvullende aanwijzingen voor dit belastingsgeval.

f. normaaltrekkracht door verkorting van het brugdek

Een verkorting van het brugdek wordt verhinderd door de oplegblokken en leidt daardoor tot een normaaltrekkracht in de buigslappe voegen. Een verkorting wordt veroorzaakt door krimp, kruip (voorspanning) en een temperatuursdaling. Ook hoekverdraaiingen leiden tot een verkorting, omdat het rotatiepunt ter hoogte van de buigslappe voeg ligt en niet ter hoogte van het zwaartepunt van het brugdek.

De grootte van de normaaltrekkracht is afhankelijk van de grootte van de verkorting en van de horizontale stijfheid van de oplegblokken. De horizontale oplegreacties nemen toe naar de uiteinden van de brug, omdat daar de horizontale verplaatsing het grootst is. In figuur 10 zijn de oplegreacties gegeven voor een brug met gelijke overspanningen en gelijke oplegblokken.



Figuur 10: Horizontale oplegreacties door verkorting

De normaaltrekkracht per meter voeg is maximaal gelijk aan (middelste voeg):

$$N_\epsilon = \frac{\frac{1}{2} n_o H_\epsilon}{b_w}$$

waarin:

N_ϵ maximale normaaltrekkracht per meter voegbreedte

n_o aantal overspanningen

H_ϵ horizontale kracht per oplegblok aan de uiteinden van de brug

b_w werkende breedte van een prefab ligger

De horizontale kracht H_e kan veelal worden afgeleid uit de ontwerpberekening van de oplegblokken. Als alternatief kan deze kracht worden bepaald op basis van de maximaal toelaatbare horizontale kracht op het toegepaste type oplegblok.

Voor afwijkende situaties (ongelijke velden en/of ongelijke oplegblokken) kan de maximale trekkracht in de buigslappe voeg ook veelal worden afgeleid uit de ontwerpberekening van de oplegblokken.

Tot slot wordt opgemerkt dat het niet nodig is om de normaaltrekkracht door verkorting zeer nauwkeurig te bepalen, omdat de invloed redelijk beperkt is.

5.4

Belastingscombinaties

Navolgend zijn de belastingscombinaties voor sterkte, scheurwijdte en vermoeiing gegeven. De belastingscombinaties zijn ontleend aan NEN-EN 1990, hoofdstuk 6 en de momentaanfactoren aan NEN-EN 1991-2/NB, Tabel NB.9. In de belastingscombinaties is de verkeersbelasting dominant ten opzichte van de temperatuursbelasting. Binnen de verkeersbelasting is de verticale belasting dominant ten opzichte van de rembelasting. Voor de rembelasting geldt in dat geval een factor 0,8 in overeenstemming met NEN-EN 1991-2/NB, Tabel NB.3.

Uiterste grenstoestand – Sterkte

Fundamentele combinatie, groep 1a:

NEN-EN 1990 vgl. (6.10a) $\gamma_G G + \gamma_Q \psi_0 (Q_{\text{verkeer}} + 0,8 Q_{\text{rem}})$ niet maatgevend

NEN-EN 1990 vgl. (6.10b) $\gamma_G G + \gamma_Q (Q_{\text{verkeer}} + 0,8 Q_{\text{rem}})$ maatgevend

Uitwerking van combinatie 6.10b bij gevolgklasse 2 geeft:

$$1,35 \cdot BG1 + 1,35 \cdot 0,8 \cdot BG2$$

Bruikbaarheidsgrenstoestand – Scheurwijdte

Karakteristieke combinatie (staalspanning):

NEN-EN 1990 vgl. (6.14b) $G + (Q_{\text{verkeer}} + 0,8 Q_{\text{rem}}) + \psi_0 Q_{\text{temp}}$

Uitwerking geeft:

configuratie 1 $BG1 + 0,8 \cdot BG2 + BG3a + BG3b + BG3c + 0,3 \cdot BG3e + BG3f$

configuratie 2 $0,8 \cdot BG2 + BG3a + BG3b + BG3d + 0,3 \cdot BG3e + BG3f$

Frequente combinatie (scheurwijdte):

NEN-EN 1990 vgl. (6.15b) $G + \psi_1 (Q_{\text{verkeer}} + 0,8 Q_{\text{rem}}) + \psi_2 Q_{\text{temp}}$

Uitwerking geeft:

configuratie 1

$0,8 \cdot BG1 + 0,8 \cdot 0,8 \cdot BG2 + BG3a + BG3b + 0,8 \cdot BG3c + 0,3 \cdot BG3e + BG3f$

configuratie 2

$0,8 \cdot 0,8 \cdot BG2 + BG3a + BG3b + 0,8 \cdot BG3d + 0,3 \cdot BG3e + BG3f$

Uiterste grenstoestand – Vermoeiing

Voor vermoeiing geldt de belastingscombinatie volgens NEN-EN 1992-1-1, 6.8.3. Voor vermoeiing is alleen de (wisselende) verticale verkeersbelasting Q_{fat} volgens belastingsmodel FLM4b op de voeg en in de aansluitende velden van belang. Hierbij geldt een belastingsfactor $\gamma_{F,\text{fat}} = 1,0$. Bij de vermoeiingstoets moet rekening worden gehouden met het feit dat de passage van een laststelsel tot meerdere wisselingen

leidt, namelijk bij passage in een aansluitend veld en meerdere malen bij passage van de voeg (wisseling per as).

De belastingscombinaties voor sterkte en scheurwijdte zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1: Belastingscombinaties (UGT & BGT)

	Belastingscombinatie				
	fundamenteel (UGT)	karakteristiek (BGT)		frequent (BGT)	
		config 1	config 2	config 1	config 2
BG1, verkeer op de voeg	1,35	1		0,8	
BG2, rembelasting	$1,35 \cdot 0,8$	0,8	0,8	$0,8 \cdot 0,8$	$0,8 \cdot 0,8$
BG3a, kruip		1	1	1	1
BG3b, rustende belasting		1	1	1	1
BG3c, verkeer in veld (1)		1		0,8	
BG3d, verkeer in veld (2)			1		0,8
BG3e, temperatuur		0,3	0,3	0,3	0,3
BG3f, verkorting		1	1	1	1

5.5

Berekeningen van momenten en staalspanningen

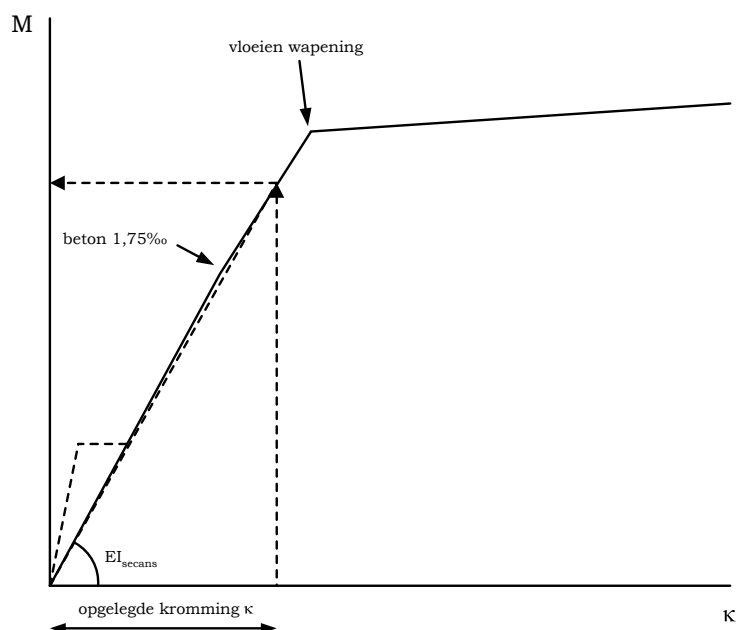
In het rekenvoorbeeld in bijlage A wordt gebruik gemaakt van momenten- en normaalkrachtenevenwicht ($\Sigma M = 0$ en $\Sigma N = 0$) om de staalspanning te berekenen bij een bekend moment en een bekende normaal(trek)kracht.

De normaaltrekkrachten door de rembelasting en door verkorting volgen uit de eerder gegeven rekenmethodiek en behoeven geen nadere toelichting. De bepaling van het buigende moment in de buigslappe voeg wordt navolgend toegelicht.

Buigende momenten in de buigslappe voeg worden enerzijds veroorzaakt door de wielprenten op de voeg en anderzijds door de opgelegde vervormingen vanuit de aansluitende brugdekken. Voor de sterkte-toets mogen, zoals eerder is beschreven, de momenten door opgelegde vervormingen buiten beschouwing worden gelaten. De navolgende beschouwing heeft daarom alleen betrekking op de bruikbaarheidsgrenstoestand en de grenstoestand vermoeiing. Bij beide toetsen is het noodzakelijk om de staalspanning te berekenen, waarbij lineair elastisch materiaalgedrag van het betonstaal geldt (geen vloeitak). Voor het beton geldt bilineair materiaalgedrag (knikpunt bij 1,75 ‰).

In het rekenvoorbeeld wordt het buigende moment door de opgelegde vervormingen berekend op basis van de opgelegde kromming κ in de beschouwde steunpuntsdoorsnede. Bij een bekende kromming κ kan, met een doorsnede-berekening, het bijbehorende moment M worden berekend. Het moment door de wielprenten wordt daar vervolgens bij opgeteld om het totale moment te verkrijgen. Met deze superpositie wordt een kleine fout gemaakt, omdat het materiaalgedrag van het beton niet-lineair is. In figuur 11 is het M_{κ} -diagram schematisch weergegeven. Voor de bepaling van het moment door de kromming is uitgegaan van het gedrag vanaf de oorsprong. Bij een combinatie van deze opgelegde kromming met een moment door de wielprenten, is het totale moment groter en de secans buigstijfheid iets lager. Ook een normaaltrekkracht heeft een (beperkte) invloed op de buigstijfheid en daarmee op het moment door de opgelegde kromming. Bij de superpositie wordt echter impliciet uitgegaan van een lineair verband tussen het moment en de kromming. De fout die wordt gemaakt, is

zeer beperkt, enerzijds omdat het M_k -diagram slechts licht geknikt is en anderzijds omdat het moment door de wielprenten relatief beperkt is ten opzichte van het moment door de opgelegde vervormingen.



Figuur 11: Bepaling moment door opgelegde kromming

5.6

Resultaten parameterstudie

Voor de ontwikkeling van de standaarddetails is een parameterstudie uitgevoerd om de grootte van de opgelegde vervormingen en de normaaltrekkkrachten te bepalen binnen het toepassingsgebied van de standaarddetails. De gehanteerde parameters voor de standaarddetails zijn gegeven in tabel 2.

Tabel 2: Gehanteerde parameters voor standaarddetails

	Railbalken met druklaag	Kokerliggers
Normaalkracht door rembelasting	$N_{rem} = 103 \text{ kN/m}$	$N_{rem} = 103 \text{ kN/m}$
Normaalkracht door verkorting	$N_e = 100 \text{ kN/m}$	$N_e = 96 \text{ kN/m}$
Hoekverdraaiing - kruip - rustende belasting - verkeer configuratie 1 - verkeer configuratie 2 - temperatuur	$\varphi_{1a} = \varphi_{2a} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1b} = 1,0 \text{ mrad}$ $\varphi_{2b} = \varphi_{1b} = 1,0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1c} = 3,3 \text{ mrad}$ $\varphi_{2c} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1d} = 5,9 \text{ mrad}$ $\varphi_{2d} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1e} = 0,8 \text{ mrad}$ $\varphi_{2e} = 0,8 \text{ mrad}$	$\varphi_{1a} = \varphi_{2a} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1b} = 1,8 \text{ mrad}$ $\varphi_{2b} = \varphi_{1b} = 2,0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1c} = 3,3 \text{ mrad}$ $\varphi_{2c} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1d} = 5,6 \text{ mrad}$ $\varphi_{2d} = 0 \text{ mrad}$ $\varphi_{1e} = 0,8 \text{ mrad}$ $\varphi_{2e} = 0,8 \text{ mrad}$
Hoekverdraaiing door TS1 in rijstrook voor zwaar verkeer (ten behoeve van vermoeiing)	$\varphi_1 = 1,9 \text{ mrad}$ bij $L = 15,6 \text{ m}$	$\varphi_1 = 1,9 \text{ mrad}$ bij $L = 21,0 \text{ m}$

Bij berekeningen van buigslappe voegen buiten de standaarddetails kunnen, bij brugdekken die zijn opgebouwd uit railbalken of kokerliggers, eventueel enkele waarden in de berekening worden overgenomen. Hiermee kan het benodigde

rekenwerk worden beperkt. De volgende voorwaarden uit het toepassingsgebied zijn daarbij van toepassing:

opgelegde hoekverdraaiingen:

- kruisingshoek $60 \text{ graden} \leq \alpha \leq 120 \text{ graden}$
- randvoorwaarde constructiehoogte:
 - $h \geq 1/25 L$ voor railbalken met druklaag
 - $h \geq 1/31 L$ voor kokerliggers
- betonsterkteklasse prefab $\geq C55/67$

normaaltrekkracht door verkorting:

- ongedilateerde lengte $\leq 150 \text{ m}$

normaaltrekkracht door rembelasting:

- brugbreedte $\geq 9 \text{ m}$

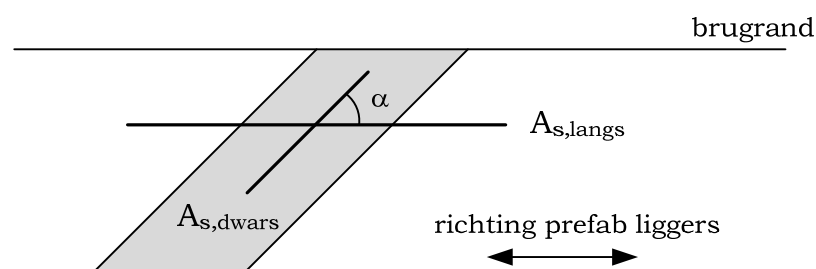
Voor de hoekverdraaiing door kruip moet worden nagegaan of een waarde nul terecht is voor de beschouwde situatie.

Bij het overnemen van waarden moet worden bedacht dat deze waarden aan de veilige kant zijn. Zo is bijvoorbeeld uitgegaan van erg slanke brugdekken. In de praktijk zal het veelal lonend zijn om de invoerparameters zelf te bepalen.

5.7

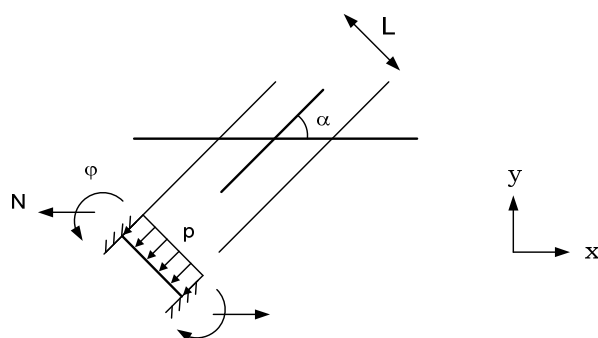
Scheve kruisingen

Bij scheve kruisingen is sprake van niet orthogonale wapening in de buigslappe voeg. De hoofdwapening ligt in de richting evenwijdig aan de prefab liggers, terwijl de dwarswapening daar niet loodrecht op ligt, zie figuur 12.



Figuur 12: Wapeningsrichtingen in buigslappe voeg bij scheve kruising

Buiten het "storingsgebied" aan de rand van het brugdek, zal de voeg zich hoofdzakelijk als rechte plaat in de korte overspanningsrichting willen gedragen, zie figuur 13. Wielprenten worden hoofdzakelijk in die richting afgedragen en opgelegde hoekverdraaiingen werken om de as van het steunpunt. Alleen de opgelegde normaaltrekkracht werkt in een afwijkende richting, namelijk in richting van de prefab liggers.



Figuur 13: Werking buigslappe voeg in middengebied bij scheve kruising

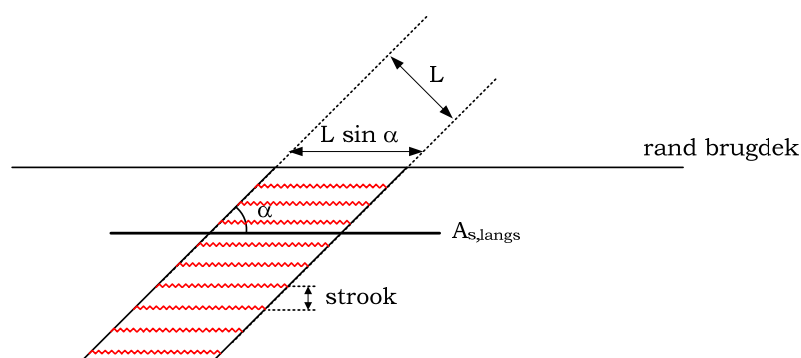
Voor de berekening van niet-orthogonale wapening zijn verschillende mogelijkheden voorhanden. CUR Rapport 54 "Wapenen van platen" geeft bijvoorbeeld een rekenmethodiek op basis van een evenwichtsmodel, waarbij wordt uitgegaan van een gedrukte en getrokken gewapende schijf voor opname van het moment en een tussenlaag voor opname van de dwarskracht. Deze methodiek is geschikt voor opgelegde belastingen, maar niet bruikbaar voor opgelegde vervormingen. Met fysisch niet-lineaire eindige elementenberekeningen is nagegaan hoe kan worden omgegaan met opgelegde vervormingen bij niet-orthogonale wapening. Op basis van het inzicht dat is verkregen met de eindige elementenberekeningen, is voor scheve kruisingen een rekenmethodiek voor buigslappe voegen ontwikkeld. Hierna is deze methodiek beschreven aan de hand van de verschillende relevante toetsingen voor de buigslappe voeg:

1. Statische sterkte van de voeg
 - a. Momentcapaciteit
 - b. Dwarskrachtcapaciteit
2. Scheurwijdte
3. Vermoeiingssterkte

Ad. 1, Statische sterkte van de voeg

Zoals eerder is toegelicht, zijn voor de toets van de statische sterkte alleen de belasting door de wielprenten op de voeg en de rembelasting van belang. Opgelegde vervormingen worden niet meegenomen in de uiterste grenstoestand, omdat de buigslappe voeg voldoende ductiel gedrag vertoont.

Voor de belasting door de wielprenten zou CUR 54 kunnen worden toegepast. Dit leidt echter bij kleinere hoeken tot grote hoeveelheden wapening. Voor een beschouwing van de sterkte van de voeg mag ook een ander evenwichtsmodel worden gekozen. Daarom wordt, in plaats van toepassing van CUR 54, uitgegaan van de schuine overspanning van de voeg. Bij een hoek van 45° neemt het maximale buigende moment dan toe met een factor $\sqrt{2}^2 = 2$ en de maximale dwarskracht met een factor $\sqrt{2}$. De voeg wordt als het ware opgedeeld in afzonderlijke stroken met een overspanning gelijk aan $L / \sin \alpha$, zie figuur 14.



Figuur 14: Evenwichtsmodel voor beschouwing sterkte (strokenmethode)

Ad. 2, Scheurwijdte

Uit berekeningen die zijn gemaakt voor de ontwikkeling van de standaarddetails, volgt dat de scheurwijdte hoofdzakelijk wordt bepaald door de opgelegde hoekverdraaiing vanuit het aansluitende veld. Deze hoekverdraaiing wordt met name veroorzaakt door de verkeersbelasting in het veld. De belastingscombinatie met alle verkeersbelasting in het veld en dus zonder wielprenten op de voeg zelf, is veelal maatgevend. Voor de belastingscombinatie waarbij wel wielprenten op de voeg aanwezig zijn, spelen deze wielprenten een ondergeschikte rol en is de invloed van de opgelegde hoekverdraaiing dominant.

Om iets te kunnen zeggen over de scheurwijdte bij een scheve kruising, is eerst het gedrag bij een rechte kruising nader toegelicht. In de rekensheet (zie bijlage A) is de staalspanning bij de opgelegde hoekverdraaiing, eventueel in combinatie met wielprenten op de voeg, berekend. Vervolgens is op basis van deze staalspanning de scheurwijdte w volgens EC-2 berekend. Zoals hiervoor is aangegeven, is de hoekverdraaiing dominant. In dat geval bestaat in werkelijkheid een directe relatie tussen de som van de wijdten van de aanwezige scheuren en de (dominante) opgelegde hoekverdraaiing. Of anders gezegd, de som van de scheurwijdten aan de bovenzijde van de voeg moet gelijk zijn aan de horizontale verplaatsing die aan het uiteinde van de voeg aan de bovenzijde wordt opgelegd door de hoekverdraaiing.

Bij een scheve kruising loopt de langswapening in de voeg niet meer in de richting van de opgelegde hoekverdraaiing. De scheurrichting kan hierdoor ook enigszins wijzigen, maar deze verandering van richting zal beperkt zijn. De scheur ter plaatse van de aansluiting tussen de voeg en het rijdek zal namelijk niet van richting veranderen. Gezien de relatief korte lengte van een buigslappe voeg en het gering aantal scheuren, wordt verwacht dat ook andere scheuren nauwelijks van richting zullen veranderen door de "gedwongen" richting ter plaatse van de aansluitingen met de aansluitende brugdekken. Ook bij een scheve kruising zal gelden dat de som van de scheurwijdten, gemeten in de richting van de opgelegde hoekverdraaiing, gelijk moet zijn aan de opgelegde horizontale verplaatsing aan de bovenzijde van de voeg door de hoekverdraaiing ter plaatse van de aansluiting op het dek. Dit is dus niet anders dan in de rechte situatie. Een verschil is echter dat de wapening bij een afname van de kruisingshoek steeds minder effectief de scheurwijdte zal beperken. Verondersteld wordt dat dit tot uiting komt in de scheurafstand. Hoe kleiner de hoek, hoe groter de scheurafstand. Bij het extreme geval dat de kruisingshoek naar 0° toe gaat, zal uiteindelijk sprake zijn van slechts één scheur ter plaatse van de aansluiting met het rijdek. In uitgevoerde berekeningen voor de ontwikkeling van de standaarddetails voor de rechte situatie, varieerde de maximale scheurafstand van 290 tot 320 mm. Bij een voeglengte van 800 mm is het totaal aantal scheuren dus minimaal 2 of 3. Bij een scheve kruising wordt verwacht dat de maximale

scheurafstand zal toenemen. Als *pragmatische benadering* kan de scheurafstand s_{rmax} in de rekensheet worden gedeeld door $\sin \alpha$, waarbij de rest van de scheurwijdteberekening niet wordt gewijzigd. Bij een kruisingshoek van 45° leidt dit tot een toename van de scheurafstand (en dus de scheurwijdte) met een factor $\sqrt{2}$.

Ad. 3, Vermoeiingssterkte

Als veilig uitgangspunt kunnen de spanningswisselingen door de wielprenten worden bepaald met CUR 54. Met behulp van de formules in CUR 54 zijn factoren afgeleid voor verschillende kruisingshoeken, zie factor ξ_1 in tabel 3. De spanning in de langswapening kan worden berekend door de spanning voor de fictieve situatie met wapening in de kortste overspanningsrichting te vermenigvuldigen met ξ_1 .

Voor de spanningswisselingen door de opgelegde hoekverdraaiing kan gebruik worden gemaakt van factoren die zijn afgeleid uit EEM berekeningen, zie factor ξ_2 in tabel 3. Ook hier geldt dat de spanning in de langswapening kan worden berekend door de spanning voor de fictieve situatie met wapening in de kortste overspanningsrichting te vermenigvuldigen met de gegeven factor. Voor tussengelegen hoeken kan lineair worden geïnterpoleerd.

Tabel 3: Factoren voor bepaling spanning in de langswapening bij verschillende kruisingshoeken, factor ξ_1 voor de belasting door wielprenten op de voeg en ξ_2 voor opgelegde hoekverdraaiingen

kruisingshoek	90°	82.5°	75°	67.5°	60°	52.5°	45°
factor ξ_1	1.00	1.15	1.35	1.62	2.00	2.56	3.41
factor ξ_2	1.00	0.98	0.93	0.85	0.75	0.63	0.50

Uit de uitgevoerde EEM berekeningen volgt dat de dwarswapening slechts een beperkte rol vervult. Zeker als voor de sterkte wordt uitgegaan van stroken, zoals toegelicht onder punt 1, kan worden verondersteld dat de praktische dwarswapening in de standaarddetails voor een rechte kruising ook zal voldoen voor scheve kruisingen. Deze wapening hoeft daarom niet afzonderlijk te worden berekend. Dit betekent dat alleen de hoofdwapening in de voeg hoeft te worden beschouwd op vermoeiing.

Bijlage A:

Rekenvoorbeelden buigslappe voeg

- **standaarddetail kokerliggers ($\alpha = 90^\circ$)**
- **standaarddetail railbalken met druklaag ($\alpha = 90^\circ$)**

1. ALGEMENE GEGEVENS	2
1.1 Eenheden	
1.2 Afkortingen	
1.3 Beschouwde doorsnede	
2. UITGANGSPUNTEN	3
2.1 Geometrie	
2.2 Wapeningshoeveelheid en ligging	
2.3 Materialen	
2.3.1 Beton	
2.3.2 Betonstaal	
2.4 Belastingsgevallen	
2.4.1 Verkeersbelasting op de voeg (BG1)	
2.4.2 Normaaltrekkracht door rembelasting (BG2)	
2.4.3 Opgelegde vervormingen (BG3)	
2.5 Gevolgklasse en belastingsfactoren	
2.6 Toelaatbare scheurwijdte	
2.7 Ontwerplevensduur	
3. TOETS STERKTE (UGT/STR)	9
3.1 Buiging en trek	
3.1.1 <i>Toets momentcapaciteit (negatieve buiging)</i>	
3.1.2 <i>Toets betondrukzonehoogte</i>	
3.2 Dwarskracht en trek	
3.2.1 <i>Bepaling rekenwaarde dwarskracht en trekkracht</i>	
3.2.2 <i>Bepaling dwarskrachtcapaciteit</i>	
3.2.3 <i>Toets dwarskracht</i>	
4. TOETS SCHEURWIJDTE (BGT)	12
4.1 Krommingen door opgelegde vervormingen	
4.2 Momenten door opgelegde krommingen	
4.2.1 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristiek</i>	
4.2.2 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - frequent</i>	
4.2.3 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristiek</i>	
4.2.4 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - frequent</i>	
4.2.5 <i>Samenvatting van momenten door opgelegde krommingen</i>	
4.3 Berekening staalspanning door belasting en opgelegde vervormingen	
4.3.1 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristieke combinatie</i>	
4.3.2 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - frequente combinatie</i>	
4.3.3 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristieke combinatie</i>	
4.3.4 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - frequente combinatie</i>	
4.3.5 <i>Samenvatting van staalspanningen door belasting en opgelegde vervormingen</i>	
4.4 Toets maximale staalspanning	
4.5 Scheurwijdte toets	
5. TOETS VERMOEIING (UGT/FAT)	19
5.1 Staal- en betonspanning als functie van kromming en moment	
5.2 Vermoeiingsbelasting FLM4b	
5.3 Vermoeiingsschade volgens Miner	
5.4 Vermoeiingstoetsen	
6. DETAILLERING	41
6.1 Staafafstanden	
6.2 Verankerings- en overlaplengte	
7. SAMENVATTING	43

1. ALGEMENE GEGEVENS

1.1 Eenheden

SI eenheden

m (meter)

N (Newton)

rad (radialen)

Afgeleide eenheden:

mm (millimeter)

kN (kilonewton)

kNm (kilonewtonmeter)

$\text{kNm} := \text{kN} \cdot \text{m}$

MPa (megapascal = newton/millimeter²)

mrad (millirad)

$\text{mrad} := \text{rad} \cdot 10^{-3}$

1.2 Afkortingen

UGT = uiterste grenstoestand

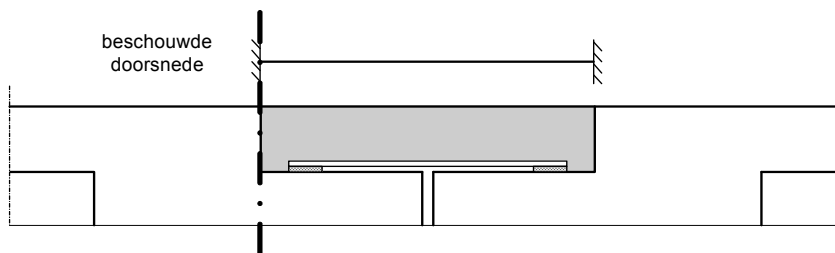
BGT = bruikbaarheidsgrenstoestand

STR = sterkte (strength)

FAT = vermoeiing (fatigue)

1.3 Beschouwde doorsnede

Deze rekensheet betreft een toetsing van de maatgevende steunpuntsdoorsnede op negatieve buiging. Verondersteld is dat een onderwapening gelijk aan ten minste de helft van de bovenwapening aanwezig is. Een toetsing op positieve buiging (steunpunt en veld) is in dat geval niet noodzakelijk.



2. UITGANGSPUNTEN

Invoerparameters zijn als volgt omkaderd en gearceerd:

invoerwaarde

Resultaten van toetsingen zijn als volgt omkaderd en gemarkeerd

resultaat

2.1 Geometrie

voeghoogte (zie figuur)

$h := 170\text{mm}$

voeglengte (zie figuur, gemeten loodrecht op as steunpunt)

$L := 800\text{mm}$

dagmaat (voor dwarskrachttoets)

$$L_{\text{dag}} := L - 2 \cdot 50\text{mm}$$

$$L_{\text{dag}} = 700\text{mm}$$

overspanning (NEN-EN 1992-1-1, fig. 5.4))

$$L_t := L_{\text{dag}} + h$$

$$L_t = 870\text{mm}$$

breedte van de buigslappe voeg (= brugbreedte)

$b := 9\text{m}$

totale ongedilateerde lengte van de brug

$L_{\text{brug}} := 150\text{m}$

aantal overspanningen

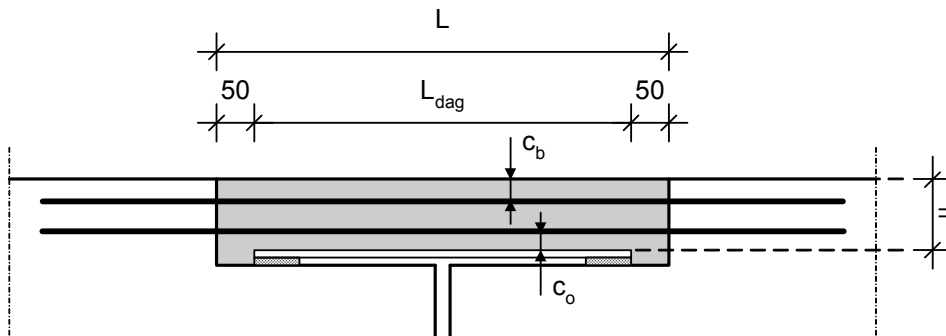
$n_0 := 6$

asfaltdikte bij buigslappe voeg

$d_{\text{asf}} := 0.12\text{m}$

kruisingshoek (recht = 90 graden)

$\alpha := 90\text{deg}$



2.2 Wapeningshoeveelheid en ligging

vereiste betondekking bovenzijde

$c_{\text{nom.b}} := 50\text{mm}$

vereiste betondekking onderzijde

$c_{\text{nom.o}} := 30\text{mm}$

bovenwapening:

staafdiameter

$\phi_b := 12\text{mm}$

staafafstand

$s_b := 75\text{mm}$

betondekking

$c_b := 62\text{mm}$

controle betondekking

controle1 := $\begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } c_b \geq c_{\text{nom.b}} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$

controle1 = "voldoet"

oppervlakte

$$A_{\text{sb}} := \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_b^2}{s_b}$$

$$A_{\text{sb}} = 1508 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

ligging t.o.v. onderzijde

$$d_b := h - c_b - \frac{1}{2} \cdot \phi_b$$

$$d_b = 102\text{mm}$$

onderwapening (50% van bovenwapening):

staafdiameter	$\varnothing_o := \varnothing_b$	$\varnothing_o = 12 \cdot \text{mm}$
staafafstand	$s_o := 2 \cdot s_b$	$s_o = 150 \cdot \text{mm}$
betondekking		$c_o := 30 \text{mm}$

controle betondekking	controle2 := $\begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } c_o \geq c_{\text{nom.o}} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$

controle2 = "voldoet"

oppervlakte	$A_{s_o} := \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing_o^2}{s_o}$	$A_{s_o} = 754 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$
ligging t.o.v. onderzijde	$d_o := c_o + \frac{1}{2} \cdot \varnothing_o$	$d_o = 36 \cdot \text{mm}$

dwarswapening:

staafdiameter	$\varnothing_{\text{dwars}} := 12 \text{mm}$

<u>totale hoeveelheid hoofdwapening</u>	$A_s := A_{s_b} + A_{s_o}$	$A_s = 2262 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

2.3 Materialen

2.3.1 Beton

NEN-EN 1992-1-1, art. 3.1.6 en 3.1.7 en Tabel 3.1

karacteristieke cilinderdruksterkte (bijv. C35/45 => $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$)	$f_{ck} := 35 \text{MPa}$

maximale korreldiameter (t.b.v. controle tussenafstanden)	$d_g := 16 \text{mm}$

materiaalfactor beton	$\gamma_C := 1.5$

langeduur effect	$\alpha_{cc} := 1.0$

rekenwaarde druksterkte	$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_C}$	$f_{cd} = 23.3 \cdot \text{MPa}$

gemiddelde druksterkte	$f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{MPa}$	$f_{cm} = 43 \cdot \text{MPa}$

gemiddelde treksterkte	$f_{ctm} := 0.3 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \text{MPa}$	$f_{ctm} = 3.21 \cdot \text{MPa}$

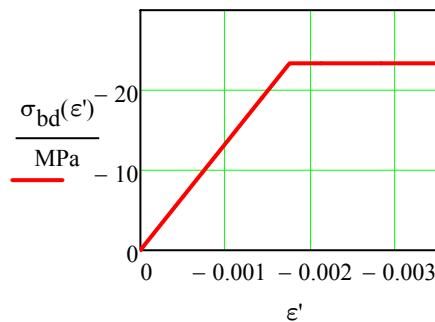
secans elasticiteitsmodulus	$E_{cm} := 22 \text{GPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10 \text{MPa}} \right)^{0.3}$	$E_{cm} = 34.1 \cdot \text{GPa}$

rek knikpunt bi-lineair diagram	$\epsilon_{c3} := -1.75 \cdot 10^{-3}$

maximale rek (stuikrek) bi-lineair diagram	$\epsilon_{cu} := -3.5 \cdot 10^{-3}$

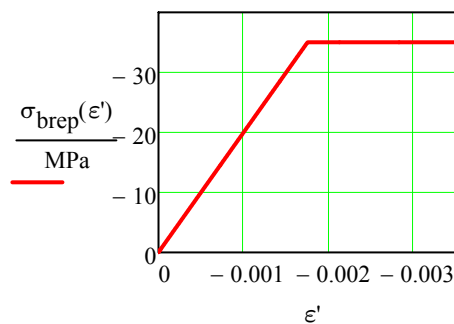
beschrijving σ - ϵ diagram UGT
(NEN-EN 1992-1-1, figuur 3.4)

$$\sigma_{bd}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{cd} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_{c3}} & \text{if } \epsilon \leq 0 \wedge \epsilon > \epsilon_{c3} \\ -f_{cd} & \text{if } \epsilon \leq \epsilon_{c3} \wedge \epsilon > \epsilon_{cu} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



beschrijving σ - ϵ diagram BGT

$$\sigma_{brep}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{ck} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_{c3}} & \text{if } \epsilon \leq 0 \wedge \epsilon > \epsilon_{c3} \\ -f_{ck} & \text{if } \epsilon \leq \epsilon_{c3} \wedge \epsilon > \epsilon_{cu} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



2.3.2 Betonstaal

NEN-EN 1992-1-1, art. 3.2.7

karacteristieke vloeigrens (B500B => $f_{yk} = 500$ MPa)

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

materiaalfactor betonstaal

$$\gamma_S := 1.15$$

rekenwaarde vloeigrens

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S}$$

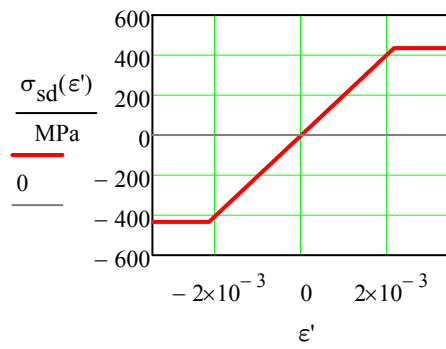
$$f_{yd} = 435 \cdot \text{MPa}$$

elasticiteitsmodulus

$$E_s := 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

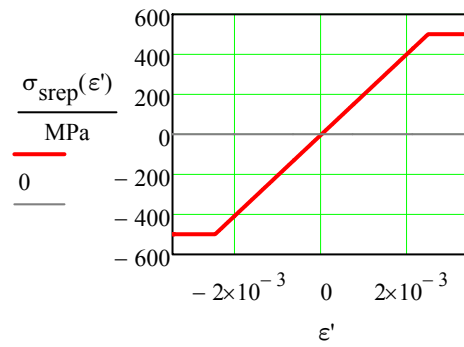
beschrijving σ - ϵ diagram UGT

$$\sigma_{sd}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{yd} & \text{if } \epsilon < \frac{-f_{yd}}{E_s} \\ \epsilon \cdot E_s & \text{if } \epsilon \geq \frac{-f_{yd}}{E_s} \wedge \epsilon \leq \frac{f_{yd}}{E_s} \\ f_{yd} & \text{if } \epsilon > \frac{f_{yd}}{E_s} \end{cases}$$



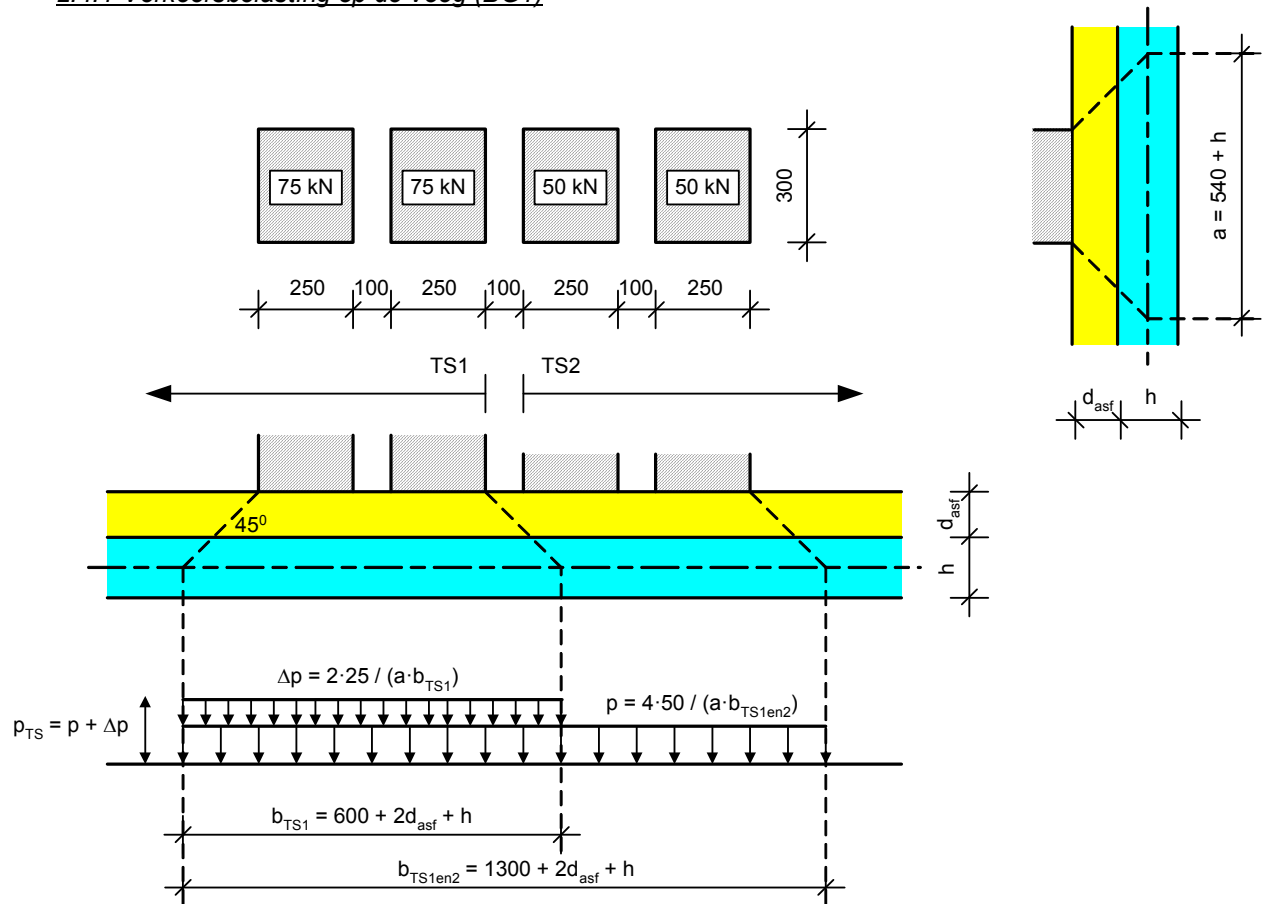
beschrijving σ - ϵ diagram BGT

$$\sigma_{srep}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{yk} & \text{if } \epsilon < \frac{-f_{yk}}{E_s} \\ \epsilon \cdot E_s & \text{if } \epsilon \geq \frac{-f_{yk}}{E_s} \wedge \epsilon \leq \frac{f_{yk}}{E_s} \\ f_{yk} & \text{if } \epsilon > \frac{f_{yk}}{E_s} \end{cases}$$



2.4 Belastingsgevallen

2.4.1 Verkeersbelasting op de voeg (BG1)



spreiding in langsrichting

$$a := 0.3\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$a = 0.71\text{ m}$$

spreiding dwarsrichting TS1

$$b_{\text{TS1}} := 0.6\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$b_{\text{TS1}} = 1.01\text{ m}$$

spreiding dwarsrichting TS1+TS2

$$b_{\text{TS1en2}} := 1.3\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$b_{\text{TS1en2}} = 1.71\text{ m}$$

gelijkmatig verdeelde belasting

$$p_{\text{TS}} := \frac{4 \cdot 50\text{kN}}{a \cdot b_{\text{TS1en2}}} + \frac{2 \cdot 25\text{kN}}{a \cdot b_{\text{TS1}}}$$

$$p_{\text{TS}} = 234 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.4.2 Normaaltrekkraft door rembelasting (BG2)

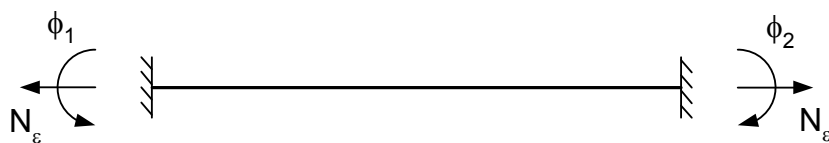
bovengrens voor normaaltrekkraft

$$N_{\text{rem}} := \frac{360\text{kN}}{4\text{m}} + \frac{3.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{4} \cdot L_{\text{brug}}}{b}$$

$$N_{\text{rem}} = 103 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.4.3 Opgelegde vervormingen (BG3)

LET OP: tekenafspraken volgens figuur



hoekverdraaiingen door kruip (BG3a)

$$\phi_{1a} := 0 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2a} := 0 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiingen door rustende belasting (BG3b)

$$\phi_{1b} := 1.8 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2b} := 1.8 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiing door verkeer config 1 (BG3c)

$$\phi_{1c} := 3.3 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiing door verkeer config 2 (BG3d)

$$\phi_{1d} := 5.6 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiingen door temperatuurgradiënt (BG3e)

$$\phi_{1e} := 0.8 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2e} := 0.8 \text{ mrad}$$

Voor de vermoeiingsberekening:

hoekverdraaiing door TS1 in het aangrenzende veld in het hart van de rijstrook voor zwaar verkeer

$$\phi_{TS1} := 1.9 \text{ mrad}$$

bijbehorende overspanning van het aangrenzend veld

$$L_{\text{veld}} := 21.0 \text{ m}$$

factor voor wielprenten scheve kruising (conform tabel RTD1023)

$$\xi_1 := 1$$

factor voor opgelegde hoekverdraaiingen scheve kruising (cf. RTD1023)

$$\xi_2 := 1$$

normaalkracht door verkorting (BG3f)

werkende breedte prefab ligger

$$b_w := 1.5 \text{ m}$$

max. horizontale reactie oplegblok

$$H_\epsilon := 48 \text{ kN}$$

maximale normaaltrekkkracht

$$N_\epsilon := \frac{1}{2} \cdot n_0 \cdot H_\epsilon$$

$$N_\epsilon = 96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.5 Gevolgklasse en belastingsfactoren

gevolgklasse

$$CC := 2$$

belastingfactor verkeersbelasting

$$\gamma_Q := \begin{cases} 1.2 & \text{if } CC = 1 \\ 1.35 & \text{if } CC = 2 \\ 1.5 & \text{if } CC = 3 \end{cases}$$

$$\gamma_Q = 1.35$$

2.6 Toelaatbare scheurwijdte

NEN-EN 1992-1-1, Tabel 7.1N (milieuklasse X0)

maximale scheurwijdte

$$w_{\text{max}} := 0.4 \text{ mm}$$

2.7 Ontwerplevensduur

ontwerplevensduur (voor vermoeiingstoets)

$$t_{\text{ref}} := 50 \text{ jaar}$$

3. TOETS STERKTE (UGT/STR)

3.1 Buiging en trek

3.1.1 Toets momentcapaciteit (negatieve buiging)

NEN-EN 1992-1-1, art. 6.1

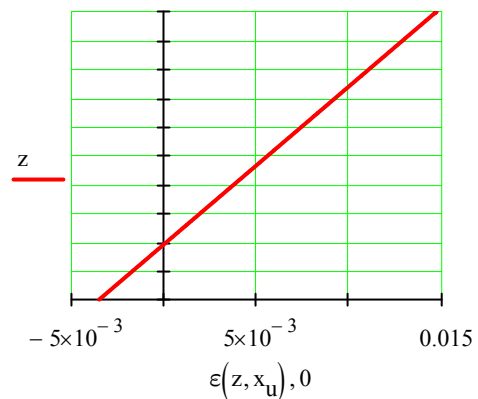
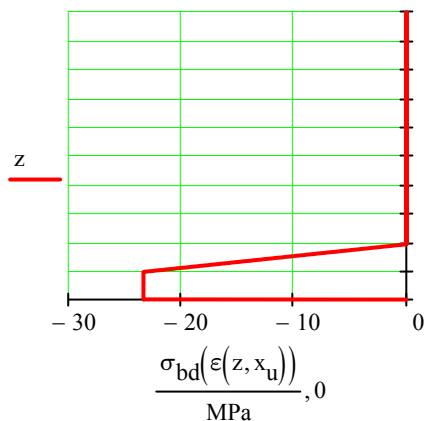
overspanning (in richting voegwapening)	$L_{\alpha} := \frac{L_t}{\sin(\alpha)}$	$L_{\alpha} = 0.87 \text{ m}$
spreidingslengte wielprenten	$a = 0.71 \text{ m}$	
steunpuntsmoment representatief	$a := \min(L_{\alpha}, a)$	$a = 0.71 \text{ m}$
	$M_{\text{rep}} := \frac{1}{12} \cdot p_{\text{TS}} \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_{\alpha}^2 - 8 \cdot a \cdot L_{\alpha} + 3 \cdot a^2)}{L_{\alpha}^2}$	$= 14.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
rekenwaarde steunpuntsmoment	$M_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$	$M_{\text{Ed}} = 19.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
rekenwaarde normaaltrekkracht	$N_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot N_{\text{rem}}$	$N_{\text{Ed}} = 139 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
rek onderzijde ($z = 0 \text{ mm}$)	$\varepsilon_0 := \varepsilon_{\text{cu}}$	
reklijn als functie van z en x	$\varepsilon(z, x) := \varepsilon_0 - \frac{\varepsilon_0}{x} \cdot z$	
bepaling drukzonehoogte uit normaalkrachtenevenwicht		
resulterende drukkracht beton	$N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{\text{bd}}(\varepsilon(z, x)) dz$	
kracht in bovenwapening	$N_{\text{sb}}(x) := A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{sd}}(\varepsilon(d_b, x))$	
kracht in onderwapening	$N_{\text{so}}(x) := A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{sd}}(\varepsilon(d_o, x))$	
schatwaarde drukzonehoogte	$x := 0.5 \cdot h$	

Given

$$N'_b(x) + N_{\text{sb}}(x) + N_{\text{so}}(x) - N_{\text{Ed}} = 0$$

$$x_u := \text{Find}(x) \quad x_u = 33 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{ mm}, 0.11 \text{ mm} \dots h$$



drukkracht beton	$N'_b(x_u) = -571 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
uitwendige normaaltrekkkracht	$N_{Ed} = 139 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
normaalkracht in bovenwapening	$N_{sb}(x_u) = 656 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{sb} := \frac{N_{sb}(x_u)}{A_{sb}} = 435 \cdot \text{MPa}$
normaalkracht in onderwapening	$N_{so}(x_u) = 54 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{so} := \frac{N_{so}(x_u)}{A_{so}} = 72 \cdot \text{MPa}$
momentcapaciteit		
$M_{Rd} := \int_0^h \sigma_{bd}(\varepsilon(z, x_u)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x_u) + d_b \cdot N_{sb}(x_u) - N_{Ed} \cdot 0.5 \cdot h$		$M_{Rd} = 49.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

toets momentcapaciteit	$uc_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$	$uc_1 = 0.39$

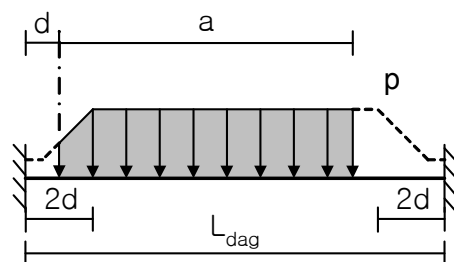
3.1.2 Toets betondrukzonehoogte NEN-EN 1992-1-1/NB, art. 6.1

maximale betondrukzonehoogte	$x_{umax} := \frac{-\varepsilon_{cu} \cdot 10^6}{-\varepsilon_{cu} \cdot 10^6 + 7 \cdot \frac{f_{yd}}{\text{MPa}}} \cdot d_b$	$x_{umax} = 54.6 \cdot \text{mm}$
toets betondrukzonehoogte	$uc_2 := \frac{x_u}{x_{umax}}$	$uc_2 = 0.60$

3.2 Dwarskracht en trek

3.2.1 Bepaling rekenwaarde dwarskracht en trekkkracht NEN-EN 1992-1-1, art. 6.2

Dwarskracht wordt getoetst op afstand d inclusief reductie β (zie 6.2.1 (8) en 6.2.2 (6)).



dagmaat in richting van de voegwapening:

$L_{d\alpha} := \frac{L_{dag}}{\sin(\alpha)}$	$L_{d\alpha} = 0.70 \text{ m}$

dwarskracht in dag oplegging
(zonder reductie met β)

$M_{links} := \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_{d\alpha}^2 - 8 \cdot a \cdot L_{d\alpha} + 3 \cdot a^2)}{L_{d\alpha}^2}$	$= 9.6 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

$M_{rechts} := \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot a^2 \cdot \frac{(4 \cdot L_{d\alpha} - 3 \cdot a) \cdot a}{L_{d\alpha}^2}$	$= 9.6 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

$V_{rep.0} := \frac{p_{TS} \cdot a \cdot (2 \cdot L_{d\alpha} - a)}{2 \cdot L_{d\alpha}} + \frac{M_{links}}{L_{d\alpha}} - \frac{M_{rechts}}{L_{d\alpha}}$	

$V_{rep.0} = 82.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

dwarskracht op afstand d
(inclusief reductie met β)

$$V_{\text{rep}\beta} := V_{\text{rep}.0} - 1.25 \cdot p_{\text{TS}} \cdot d_b$$

$$V_{\text{rep}\beta} = 52.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

normaaltrekkkracht representatief

$$N_{\text{rem}} = 103 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

combinatie γ_Q ($Q_{\text{vert}} + 0,8 Q_{\text{rem}}$)

$$N_{\text{Ed}} := -\gamma_Q \cdot 0,8 \cdot N_{\text{rem}}$$

$$N_{\text{Ed}} = -111 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{\text{cp}} := \frac{N_{\text{Ed}}}{h}$$

$$\sigma_{\text{cp}} = -0.65 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}.0}$$

$$V_{\text{Ed}} = 110.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{Ed}\beta} := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}\beta}$$

$$V_{\text{Ed}\beta} = 70.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2.2 Bepaling dwarskrachtcapaciteit

NEN-EN 1992-2, art. 6.2.2 (1)

wapeningsfractie

$$\rho_1 := \min\left(\frac{A_{\text{sb}}}{d_b}, 0.02\right)$$

$$\rho_1 = 0.015$$

dwarskrachtcapaciteit

$$k := \min\left(1 + \sqrt{\frac{200\text{mm}}{d_b}}, 2\right)$$

$$k = 2$$

$$C_{\text{Rd.c}} := 0.12$$

$$k_1 := 0.15$$

$$V_{\text{Rd.c1}} := \left[C_{\text{Rd.c}} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{\text{ck}} \cdot \text{MPa}^2 \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right] \cdot d_b$$

$$V_{\text{Rd.c1}} = 81.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$v_{\text{min}} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{f_{\text{ck}}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \text{MPa}$$

$$v_{\text{min}} = 0.59 \cdot \text{MPa}$$

$$V_{\text{Rd.c2}} := (v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}}) \cdot d_b$$

$$V_{\text{Rd.c2}} = 49.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_{\text{Rd.c}} := \max(V_{\text{Rd.c1}}, V_{\text{Rd.c2}})$$

$$V_{\text{Rd.c}} = 81.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

capaciteit betondrukdiagonaal

NEN-EN 1992-1-1, formule (6.5)

$$V_{\text{Rd.max}} := 0.5 \cdot d_b \cdot 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250\text{MPa}} \right) \cdot f_{\text{cd}}$$

$$V_{\text{Rd.max}} = 614 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2.3 Toets dwarskracht

toets dwarskracht op afstand d incl. β

$$uc_3 := \frac{V_{\text{Ed}\beta}}{V_{\text{Rd.c}}}$$

$$uc_3 = 0.87$$

toets bezwijken betondrukdiagonaal

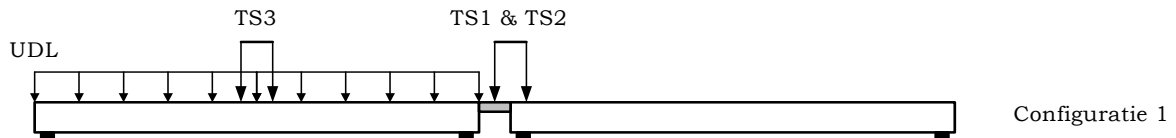
$$uc_4 := \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{Rd.max}}}$$

$$uc_4 = 0.18$$

4. TOETS SCHEURWIJDTE (BGT)

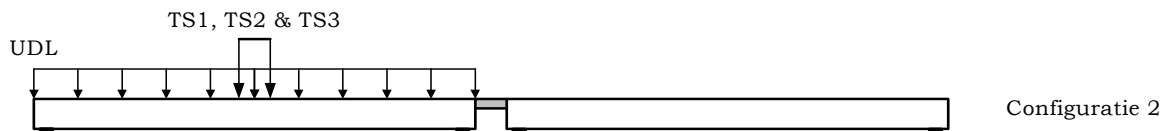
4.1 Krommingen door opgelegde vervormingen

verkeersbelasting configuratie 1 (TS1 en TS2 op de voeg, overige verkeersbelasting in het veld)



hoekverdraaiing belaste veld	karacteristiek	$\phi_{1kar} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + \phi_{1c} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 5.3 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{1freq} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + 0.8 \cdot \phi_{1c} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 4.7 \cdot \text{mrad}$
hoekverdraaiing onbelaste veld	karacteristiek	$\phi_{2kar} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 2.0 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{2freq} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 2.0 \cdot \text{mrad}$
maximale kromming steunpunt	karacteristiek	$\kappa_{1kar} := \frac{4 \cdot \phi_{1kar} - 2 \cdot \phi_{2kar}}{L_t}$
		$\kappa_{1kar} = 0.02 \frac{1}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{1freq} := \frac{4 \cdot \phi_{1freq} - 2 \cdot \phi_{2freq}}{L_t}$
		$\kappa_{1freq} = 0.017 \frac{1}{\text{m}}$

verkeersbelasting configuratie 2 (alle verkeersbelasting in het veld)



hoekverdraaiing belaste veld	karacteristiek	$\phi_{1kar} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + \phi_{1d} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 7.6 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{1freq} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + 0.8 \cdot \phi_{1d} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 6.5 \cdot \text{mrad}$
hoekverdraaiing onbelaste veld	karacteristiek	$\phi_{2kar} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 2.0 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{2freq} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 2.0 \cdot \text{mrad}$
maximale kromming steunpunt	karacteristiek	$\kappa_{2kar} := \frac{4 \cdot \phi_{1kar} - 2 \cdot \phi_{2kar}}{L_t}$
		$\kappa_{2kar} = 0.03 \frac{1}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{2freq} := \frac{4 \cdot \phi_{1freq} - 2 \cdot \phi_{2freq}}{L_t}$
		$\kappa_{2freq} = 0.025 \frac{1}{\text{m}}$

4.2 Momenten door opgelegde krommingen

4.2.1 Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristiek

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{1kar} \cdot x + \kappa_{1kar} \cdot z$$

bepaling drukzonehoogte uit normaalkrachtenevenwicht

resulterende drukkracht beton

$$N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x)) dz$$

kracht in bovenwapening

$$N_{sb}(x) := A_{sb} \cdot \sigma_{srep}(\varepsilon(d_b, x))$$

kracht in onderwapening

$$N_{so}(x) := A_{so} \cdot \sigma_{srep}(\varepsilon(d_o, x))$$

schatwaarde drukzonehoogte

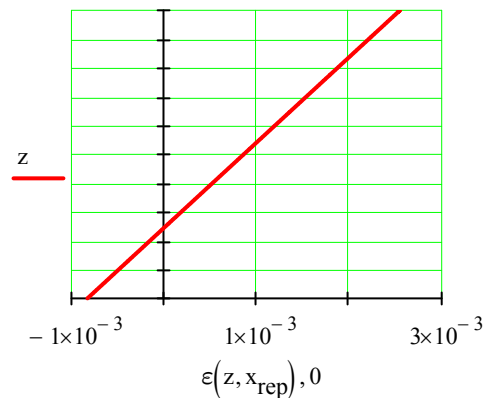
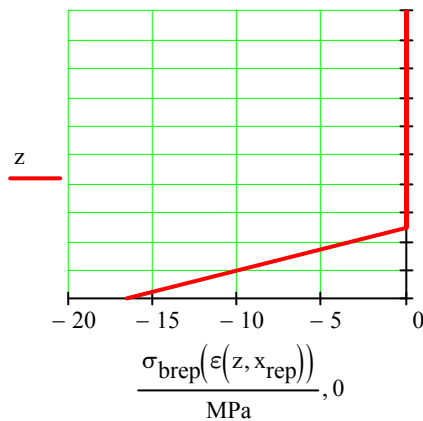
$$x := 0.5 \cdot h$$

Given

$$N'_b(x) + N_{sb}(x) + N_{so}(x) = 0$$

$$x_{rep} := \text{Find}(x) \quad x_{rep} = 41.7 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{ mm}, 0.11 \text{ mm} \dots h$$



drukkracht beton

$$N'_b(x_{rep}) = -345 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

maximale drukspanning beton

$$\sigma_{brep}(\varepsilon(0, x_{rep})) = -16.5 \cdot \text{MPa}$$

normaalkracht in bovenwapening

$$N_{sb}(x_{rep}) = 362 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{sb} := \frac{N_{sb}(x_{rep})}{A_{sb}} = 240 \cdot \text{MPa}$$

normaalkracht in onderwapening

$$N_{so}(x_{rep}) = -17 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{so} := \frac{N_{so}(x_{rep})}{A_{so}} = -22 \cdot \text{MPa}$$

representatief moment

$$M_{1kar} := \int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x_{rep})) \cdot z dz + d_o \cdot N_{so}(x_{rep}) + d_b \cdot N_{sb}(x_{rep})$$

$$M_{1kar} = 31.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

4.2.2 Verkeersbelasting configuratie 1 - frequent

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{1\text{freq}} \cdot x + \kappa_{1\text{freq}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.7 \cdot \text{mm}$$

$$M_{1\text{freq}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.3 Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristiek

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{2\text{kar}} \cdot x + \kappa_{2\text{kar}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.7 \cdot \text{mm}$$

$$M_{2\text{kar}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.4 Verkeersbelasting configuratie 2 - frequent

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{2\text{freq}} \cdot x + \kappa_{2\text{freq}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.7 \cdot \text{mm}$$

$$M_{2\text{freq}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.5 Samenvatting van momenten door opgelegde krommingen

verkeersbelasting configuratie 1	karakteristiek	$\kappa_{1\text{kar}} = 0.02 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{1\text{kar}} = 31.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{1\text{freq}} = 0.017 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{1\text{freq}} = 26.7 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
verkeersbelasting configuratie 2	karakteristiek	$\kappa_{2\text{kar}} = 0.03 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{2\text{kar}} = 48.2 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{2\text{freq}} = 0.025 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{2\text{freq}} = 40.1 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

4.3 Berekening staalspanning door belastingen en opgelegde vervormingen

4.3.1 Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristieke combinatie

moment door wielprenten op voeg $\frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 12.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

moment door kromming + verkeer $M_{1kar} := M_{1kar} + \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 44.0 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{1kar} := N_{\epsilon} + 0.8 \cdot N_{rem} = 178.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

bepaling drukzonehoogte uit momenten- en normaalkrachtenevenwicht

reklijn als functie van z en onbekenden x en ϵ_0 $\epsilon(z, x, \epsilon_0) := \epsilon_0 - \frac{\epsilon_0}{x} \cdot z$

resulterende drukkracht beton $N'_b(x, \epsilon_0) := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x, \epsilon_0)) dz$

kracht in bovenwapening $N_{sb}(x, \epsilon_0) := A_{sb} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_b, x, \epsilon_0)$

kracht in onderwapening $N_{so}(x, \epsilon_0) := A_{so} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_o, x, \epsilon_0)$

schatwaarde drukzonehoogte $x := 0.5 \cdot h$

schatwaarde rek onderzijde $\epsilon_0 := \epsilon_{c3} = -1.75 \times 10^{-3}$

Given

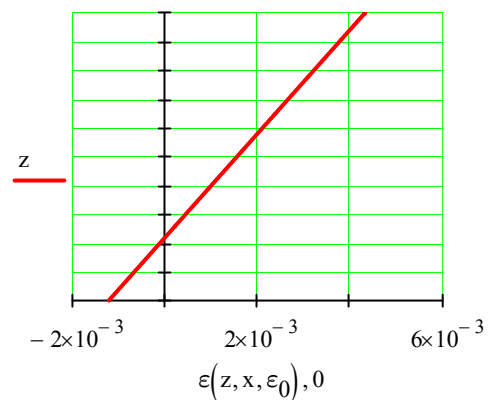
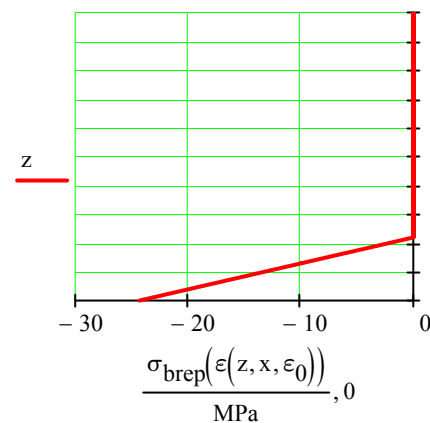
$$N'_b(x, \epsilon_0) + N_{sb}(x, \epsilon_0) + N_{so}(x, \epsilon_0) - N_{1kar} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x, \epsilon_0)) \cdot z dz + d_o \cdot N_{so}(x, \epsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \epsilon_0) - N_{1kar} \cdot 0.5 \cdot h - M_{1kar} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \epsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \epsilon_0)$$

$$x = 37.2 \cdot \text{mm}$$

$$\epsilon_0 = -1.22 \times 10^{-3}$$



kromming	$\frac{-\varepsilon_0}{x} = 0.033 \frac{1}{m}$	uit dek $\kappa_{1kar} = 0.02 \frac{1}{m}$
drukkracht beton	$N'_b(x, \varepsilon_0) = -453 \cdot \frac{kN}{m}$	
uitwendige normaaltrekkkracht	$N_{1kar} = 178 \cdot \frac{kN}{m}$	
normaalkracht in bovenwapening	$N_{sb}(x, \varepsilon_0) = 637 \cdot \frac{kN}{m}$	$\sigma_{s1kar} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 422 \cdot MPa$
normaalkracht in onderwapening	$N_{so}(x, \varepsilon_0) = -6 \cdot \frac{kN}{m}$	$\sigma_{so} := \frac{N_{so}(x, \varepsilon_0)}{A_{so}} = -8 \cdot MPa$

4.3.2 Verkeersbelasting configuratie 1 - frequente combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{1freq} := M_{1freq} + 0.8 \cdot \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 36.7 \cdot \frac{kNm}{m}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{1freq} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot 0.8 \cdot N_{rem} = 161.9 \cdot \frac{kN}{m}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{1freq} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{1freq} \cdot 0.5 \cdot h - M_{1freq} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x_{1freq} := x = 36.9 \cdot mm \quad \varepsilon_{1freq} := \varepsilon_0 = -1.02 \times 10^{-3}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s1freq} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 359 \cdot MPa$

4.3.3 Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristieke combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{2kar} = 48.2 \cdot \frac{kNm}{m}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{2kar} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot N_{rem} = 178.4 \cdot \frac{kN}{m}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{2kar} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{2kar} \cdot 0.5 \cdot h - M_{2kar} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x = 37.6 \cdot mm \quad \varepsilon_0 = -1.33 \times 10^{-3}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s2kar} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 455 \cdot MPa$

4.3.4 Verkeersbelasting configuratie 2 - frequente combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{2\text{freq}} = 40.1 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{2\text{freq}} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot 0.8 \cdot N_{\text{rem}} = 161.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{2\text{freq}} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{2\text{freq}} \cdot 0.5 \cdot h - M_{2\text{freq}} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x_{2\text{freq}} := x = 37.3 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{2\text{freq}} := \varepsilon_0 = -1.107 \times 10^{-3}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s2\text{freq}} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 385 \cdot \text{MPa}$

4.2.5 Samenvatting van staalspanningen door belastingen en opgelegde vervormingen

verkeer config 1	karakteristiek	$M_{1\text{kar}} = 44.0 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{1\text{kar}} = 178 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s1\text{kar}} = 422 \cdot \text{MPa}$
	frequent	$M_{1\text{freq}} = 36.7 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{1\text{freq}} = 162 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s1\text{freq}} = 359 \cdot \text{MPa}$
verkeer config 2	karakteristiek	$M_{2\text{kar}} = 48.2 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{2\text{kar}} = 178 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s2\text{kar}} = 455 \cdot \text{MPa}$
	frequent	$M_{2\text{freq}} = 40.1 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{2\text{freq}} = 162 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s2\text{freq}} = 385 \cdot \text{MPa}$

4.4 Toets maximale staalspanning

NEN-EN 1992-1-1, art. 7.2 (5)

maatgevende staalspanning	$\sigma_{\text{skar}} := \max(\sigma_{s1\text{kar}}, \sigma_{s2\text{kar}})$	$\sigma_{\text{skar}} = 455 \cdot \text{MPa}$
toelaatbare staalspanning	$k_4 := 1.0 \quad \sigma_{\text{max}} := k_4 \cdot f_{yk}$	$\sigma_{\text{max}} = 500 \cdot \text{MPa}$
toets staalspanning	$uc_5 := \frac{\sigma_{\text{skar}}}{\sigma_{\text{max}}}$	$uc_5 = 0.91$

4.5 Scheurwijdte toets

NEN-EN 1992-1-1, art. 7.3.4

maatgevende staalspanning	$\sigma_s := \max(\sigma_{s1\text{freq}}, \sigma_{s2\text{freq}})$	$\sigma_s = 385 \cdot \text{MPa}$
bijbehorende drukzonehoogte	$x_{\text{rep}} := \text{if}(\sigma_{s1\text{freq}} > \sigma_{s2\text{freq}}, x_{1\text{freq}}, x_{2\text{freq}})$	$x_{\text{rep}} = 37.3 \cdot \text{mm}$
bijbehorende rek onderzijde	$\varepsilon_2 := \text{if}(\sigma_{s1\text{freq}} > \sigma_{s2\text{freq}}, \varepsilon_{1\text{freq}}, \varepsilon_{2\text{freq}})$	$\varepsilon_2 = -1.11 \times 10^{-3}$
bijbehorende rek bovenzijde	$\varepsilon_1 := \frac{h - x}{x} \cdot -\varepsilon_2$	$\varepsilon_1 = 3.94 \times 10^{-3}$
verhouding elasticiteitsmoduli	$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}}$	$\alpha_e = 5.87$

factor belastingsduur

kortdurend (hoofdzakelijk verkeer)

$$k_t := 0.6$$

effectieve treksterkte

$$f_{ct,eff} := f_{ctm}$$

$$f_{ct,eff} = 3.21 \cdot \text{MPa}$$

effectieve hoogte

$$h_{c,ef} := \min \left[2.5 \cdot (h - d_b), \frac{h - x_{rep}}{3}, \frac{h}{2} \right]$$

$$h_{c,ef} = 44 \cdot \text{mm}$$

vergroting effectieve hoogte volgens Duitse NB

$$h_{c,ef} := \begin{cases} \frac{h - x_{rep}}{2} & \text{if } c_b + \frac{1}{2} \cdot \varnothing_b > h_{c,ef} \\ h_{c,ef} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h_{c,ef} = 66 \cdot \text{mm}$$

effectieve oppervlakte

$$A_{c,eff} := h_{c,ef}$$

$$A_{c,eff} = 66369 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

effectieve wapeningsfractie

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_{sb}}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = 0.023$$

rekverschil tussen scheuren

$$\Delta \epsilon := \max \left[\frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \right]$$

$$\Delta \epsilon = 0.00144$$

scheurafstand

$$k_1 := 0.8$$

$$k_2 := \max \left(\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2 \cdot \epsilon_1}, 0.5 \right)$$

$$k_2 = 0.5$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$s_{r,max} := \begin{cases} \left(k_3 \cdot c_b + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_b}{\rho_{p,eff}} \right) & \text{if } s_b < 5 \cdot \left(c_b + \frac{\varnothing_b}{2} \right) \\ 1.3 \cdot (h - x_{rep}) & \text{if } s_b > 5 \cdot \left(c_b + \frac{\varnothing_b}{2} \right) \end{cases}$$

$$s_{r,max} = 301 \cdot \text{mm}$$

scheurwijdte

$$w_k := \frac{s_{r,max}}{\sin(\alpha)} \cdot \Delta \epsilon$$

$$w_k = 0.43 \cdot \text{mm}$$

toelaatbare scheurwijdte

$$k_x := \frac{c_b}{c_{nom,b}}$$

$$k_x = 1.24$$

$$w_{max} = 0.40 \cdot \text{mm}$$

toets scheurwijdte

$$uc_6 := \frac{w_k}{k_x \cdot w_{max}}$$

$$uc_6 = 0.87$$

5. TOETS VERMOEIING (UGT/FAT)

5.1 Staal- en betonspanning als functie van moment en kromming

reklijn als functie van z en x $\epsilon(z, x) := \epsilon_{c3} - \frac{\epsilon_{c3}}{x} \cdot z$ $\epsilon_{c3} = -1.75 \times 10^{-3}$

resulterende drukkracht beton $N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x)) dz$

kracht in bovenwapening $N_{sb}(x) := A_{sb} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_b, x)$

kracht in onderwapening $N_{so}(x) := A_{so} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_o, x)$

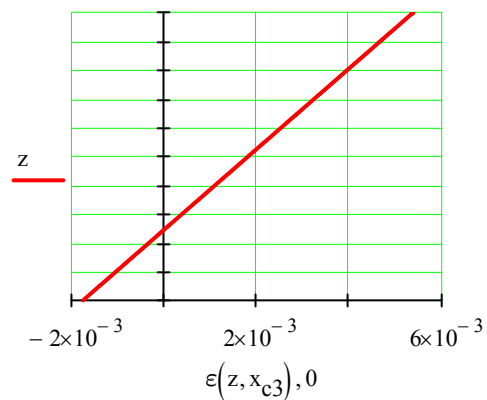
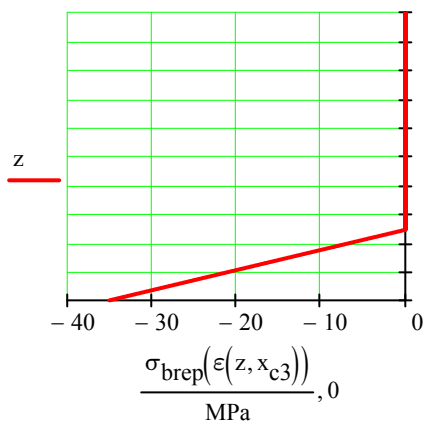
schatwaarde drukzonehoogte $x := 0.5 \cdot h$

Given

$$N'_b(x) + N_{sb}(x) + N_{so}(x) = 0$$

$$x_{c3} := \text{Find}(x) \quad x_{c3} = 41.7 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{mm}, 0.1 \text{mm} \dots h$$



drukkracht beton $N'_b(x_{c3}) = -729 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

kromming $\kappa_{c3} := \frac{-\epsilon_{c3}}{x_{c3}} = 0.042 \frac{1}{\text{m}}$

normaalkracht in bovenwapening $N_{sb}(x_{c3}) = 765 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $\sigma_{c3} := \frac{N_{sb}(x_{c3})}{A_{sb}} = 507 \cdot \text{MPa}$

representatief moment

$$M_{c3} := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x_{rep})) \cdot z dz + d_o \cdot N_{so}(x_{rep}) + d_b \cdot N_{sb}(x_{rep}) \quad M_{c3} = 85.1 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

lineaire relatie tussen kromming en staalspanning

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) := \frac{\kappa}{\kappa_{c3}} \cdot \sigma_{c3}$$

lineaire relatie tussen moment en staalspanning

$$\sigma_{sM}(M) := \frac{M}{M_{c3}} \cdot \sigma_{c3}$$

lineaire relatie tussen kromming en betondrukspanning

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) := \frac{\kappa}{\kappa_{c3}} \cdot f_{ck}$$

lineaire relatie tussen moment en betondrukspanning

$$\sigma_{bM}(M) := \frac{M}{M_{c3}} \cdot f_{ck}$$

5.2 Vermoeingsbelasting

hoekverdraaiing door TS1 in aangrenzend veld
in het hart van de rijstrook voor zwaar verkeer

$$\phi_{TS1} = 1.9 \cdot \text{mrad}$$

bijbehorende overspanning aangrenzend veld

$$L_{\text{veld}} = 21 \text{ m}$$

equivalente buigstijfheid aansluitend veld

$$EI_{\text{veld}} := \frac{600 \text{ kN} \cdot L_{\text{veld}}^2}{16 \cdot \phi_{TS1}} = 8.70 \times 10^6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

afmetingen wielprenten

type A

$$a_A := 0.3 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.71 \text{ m}$$

(ROK Tabel 5-7)

$$b_A := 0.25 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.66 \text{ m}$$

type B

$$a_B := a_A = 0.71 \text{ m}$$

$$b_B := 0.25 \text{ m} + 0.1 \text{ m} + 0.25 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 1.01 \text{ m}$$

type C

$$a_C := a_A = 0.71 \text{ m}$$

$$b_C := 0.333 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.743 \text{ m}$$

belaste lengte van de voeg

$$a := \min(L_t, a_A) \quad a = 0.71 \text{ m}$$

Voertuigtype 1 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_1 := 750000 \cdot t_{\text{ref}} = 3.75 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 1$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 130 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 200 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := 4.50 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 44.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 4.5 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 0.62 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 34.6 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 2.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 1

$$\sigma_{s1} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.3 \\ 34.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b1} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \\ 2.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 2 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_2 := 600000 \cdot t_{\text{ref}} = 3 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 2$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 120 \\ 120 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{[6 \cdot (L_t)^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2]}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.8 \\ 30.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 310 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (4.2 + 1.3) \text{ m} = 5.5 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 56.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 5.5 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 0.96 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 53.2 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 3.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 2

$$\sigma_{s2} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.8 \\ 30.8 \\ 53.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b2} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \\ 3.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 3 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_3 := 600000 \cdot t_{\text{ref}} = 3 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 4$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 150 \\ 90 \\ 90 \\ 90 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \\ a_C \\ a_C \\ a_C \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \\ b_C \\ b_C \\ b_C \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{(L_t)^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.5 \\ 31.4 \\ 31.4 \\ 31.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 490 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := 3.2\text{m} + 5.2\text{m} + 1.3\text{m} + 1.3\text{m} = 11\text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 44.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 11\text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.41 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 78.2 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 5.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 3

$$\sigma_{s3} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.5 \\ 31.4 \\ 31.4 \\ 31.4 \\ 78.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b3} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 5.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 4 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_4 := 230000 \cdot t_{\text{ref}} = 1.15 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 7$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 90 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_C \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_C \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

	$\sigma_s := 0$ $\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.4 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$
	$\sigma_b := 0$ $\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$
equivalent voertuiggewicht	$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 580 \cdot \text{kN}$
afstand tussen eerste en laatste as	$L_{\text{voertuig}} := (3.2 + 1.3 + 4.4 + 1.3 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{m}$
	$L_{\text{voertuig}} = 14.1 \text{ m}$
equivalente lijnlast over lengte a	$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 41.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
belaste lengte van veld	$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 14.1 \text{ m}$
hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld	$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.56 \cdot \text{mrad}$
kromming en staalspanning	$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$ $\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 86.6 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$ $\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 6.0 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$
resume spanningswisselingen voertuigtype 4	$\sigma_{s4} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.4 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 86.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b4} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$

Voertuigtype 5 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_5 := 66000 \cdot t_{\text{ref}} = 3.3 \times 10^6$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 7$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 70 \\ 170 \\ 160 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_A \\ a_B \\ a_B \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_A \\ b_B \\ b_B \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{(L_t)^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.6 \\ 41.0 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.0 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 750 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.5 + 2.4 + 1.3 + 9.5 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{ m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 18.6 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 40.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 18.6 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.75 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 97.3 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 6.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 5

$$\sigma_{s5} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.6 \\ 41.0 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 97.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b5} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 6.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 6 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_6 := 3100 \cdot t_{\text{ref}} = 1.55 \times 10^5$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 70 \\ 180 \\ 190 \\ 70 \\ 180 \\ 190 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_A \\ a_B \\ a_B \\ a_A \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_A \\ b_B \\ b_B \\ b_A \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 950 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.7 + 3.3 + 1.3 + 3.5 + 3.5 + 1.3) \text{m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 14.6 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 65.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 14.6 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.52 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t} \quad \sigma_{s\kappa}(\kappa) = 140.0 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 140.0 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 9.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 6

$$\sigma_{s6} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 140.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b6} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 9.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 7 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_7 := 500 \cdot t_{\text{ref}} = 2.5 \times 10^4$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0..5$$

$$Q := \begin{pmatrix} 170 \\ 170 \\ 200 \\ 180 \\ 180 \\ 190 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 43.6 \\ 43.6 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 48.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1090 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.4 + 1.3 + 5.5 + 1.3 + 1.3) \text{ m} = 11.8 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 92.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 11.8 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 3.09 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 171.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 11.8 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 7

$$\sigma_{s7} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 43.6 \\ 43.6 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 171.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b7} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 11.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 8 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_8 := 200 \cdot t_{\text{ref}} = 1 \times 10^4$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 130 \\ 160 \\ 170 \\ 220 \\ 200 \\ 170 \\ 170 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 41.0 \\ 43.6 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 43.6 \\ 43.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1220 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.5 + 1.3 + 5.2 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{m} = 12.9 \text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 94.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 12.9 \text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 3.38 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 187.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 12.9 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 8

$$\sigma_{s8} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 41.0 \\ 43.6 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 43.6 \\ 43.6 \\ 187.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b8} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \\ 12.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 9 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_9 := 100 \cdot t_{\text{ref}} = 5 \times 10^3$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 130 \\ 130 \\ 180 \\ 180 \\ 220 \\ 220 \\ 220 \end{pmatrix} \text{kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 33.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 56.4 \\ 56.4 \\ 56.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1280 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.4 + 2.6 + 1.3 + 6.1 + 1.9 + 1.9) \text{m} = 15.2 \text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 84.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 15.2 \text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 3.35 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 185.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 12.8 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 9

$$\sigma_{s9} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 33.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 56.4 \\ 56.4 \\ 56.4 \\ 185.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b9} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 12.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 10 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_{10} := 100 \cdot t_{\text{ref}} = 5 \times 10^3$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0..6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 90 \\ 90 \\ 240 \\ 220 \\ 200 \\ 180 \\ 190 \\ 200 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_C \\ a_C \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_C \\ b_C \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 31.4 \\ 31.4 \\ 61.5 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 48.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.2 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1410 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.4 + 1.3 + 1.3 + 9.5 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{ m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 18.4 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 76.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 18.4 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 3.32 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 184.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 12.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 10

$$\sigma_{s10} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 31.4 \\ 31.4 \\ 61.5 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 184.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b10} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.2 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 12.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

5.3 Vermoeiingsschade volgens Miner

SN-curve betonstaal
(NEN-EN 1992-1-1, 6.8.4)

NEN-EN 1992-1-1, 6.8.4 en NEN-EN 1992-2, 6.8.7

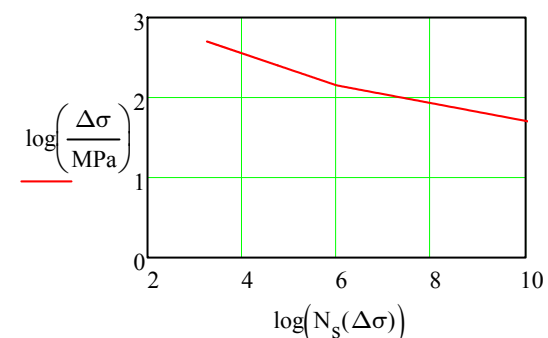
$$k_1 := 5 \quad k_2 := 9$$

$$\Delta\sigma_{\text{Rsk}} := 162.5 \text{MPa} \quad \gamma_{s,\text{fat}} := 1.15$$

$$N_{\text{ster}} := 10^6$$

$$N_s(\Delta\sigma) := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}} \cdot \Delta\sigma} \right)^{k_1} \cdot N_{\text{ster}} & \text{if } \Delta\sigma \geq \frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}}} \\ \left(\frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}} \cdot \Delta\sigma} \right)^{k_2} \cdot N_{\text{ster}} & \text{if } \Delta\sigma < \frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}}} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma := 0 \text{MPa}, 1 \text{MPa} \dots f_{yk}$$



SN-curve beton onder druk
(NEN-EN 1992-2, 6.8.7)

$$k_1 := 1.0 \quad \beta_{cc} := 1.0$$

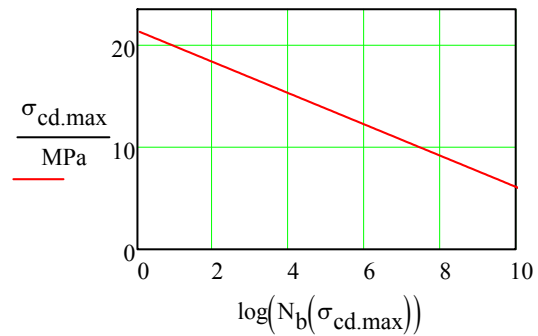
$$f_{cd,\text{fat}} := k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{400 \text{MPa}} \right)$$

$$f_{cd.fat} = 21.3 \cdot \text{MPa}$$

De minimale drukspanning is 0 MPa. Hieruit volgt:

$$N_b(\sigma_{cd.max}) := 10^{14 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cd.max}}{f_{cd.fat}}\right)}$$

$$\sigma_{cd.max} := 0 \text{MPa}, 0.1 \text{MPa} .. f_{cd.fat}$$



Voertuigtype 1

$$n_1 = 3.75 \times 10^7 \quad i := 0..2$$

$$\sigma_{s1} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.3 \\ 34.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{1i} := N_s(\sigma_{s1i}) \quad D_{s1} := \frac{n_1}{N_1} = \begin{pmatrix} 1.49 \times 10^{-5} \\ 8.49 \times 10^{-5} \\ 1.19 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s1} = 2.19 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_{b1} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \\ 2.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{1i} := N_b(\sigma_{b1i}) \quad D_{b1} := \frac{n_1}{N_1} = \begin{pmatrix} 6.62 \times 10^{-6} \\ 1.22 \times 10^{-5} \\ 1.39 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b1} = 3.28 \times 10^{-5}$$

Voertuigtype 2

$$n_2 = 3 \times 10^7 \quad i := 0..3$$

$$\sigma_{s2} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.8 \\ 30.8 \\ 53.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{2i} := N_s(\sigma_{s2i}) \quad D_{s2} := \frac{n_2}{N_2} = \begin{pmatrix} 1.19 \times 10^{-5} \\ 3.3 \times 10^{-5} \\ 3.3 \times 10^{-5} \\ 4.58 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s2} = 4.66 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{b2} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \\ 3.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{2i} := N_b(\sigma_{b2i}) \quad D_{b2} := \frac{n_2}{N_2} = \begin{pmatrix} 5.29 \times 10^{-6} \\ 7.47 \times 10^{-6} \\ 7.47 \times 10^{-6} \\ 7.81 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b2} = 9.84 \times 10^{-5}$$

Voertuigtype 3

$$n_3 = 3 \times 10^7$$

$$i := 0..5$$

$$\sigma_{s3} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.5 \\ 31.4 \\ 31.4 \\ 31.4 \\ 78.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{3_i} := N_s(\sigma_{s3_i}) \quad D_{s3} := \frac{n_3}{N_3} = \begin{pmatrix} 1.19 \times 10^{-5} \\ 2.46 \times 10^{-4} \\ 3.93 \times 10^{-5} \\ 3.93 \times 10^{-5} \\ 3.93 \times 10^{-5} \\ 0.15 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s3} = 0.15$$

$$\sigma_{b3} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 5.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{3_i} := N_b(\sigma_{b3_i}) \quad D_{b3} := \frac{n_3}{N_3} = \begin{pmatrix} 5.29 \times 10^{-6} \\ 1.67 \times 10^{-5} \\ 7.96 \times 10^{-6} \\ 7.96 \times 10^{-6} \\ 7.96 \times 10^{-6} \\ 1.07 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b3} = 1.11 \times 10^{-3}$$

Voertuigtype 4

$$n_4 = 1.15 \times 10^7$$

$$i := 0..8$$

$$\sigma_{s4} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.4 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 86.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{4_i} := N_s(\sigma_{s4_i}) \quad D_{s4} := \frac{n_4}{N_4} = \begin{pmatrix} 4.56 \times 10^{-6} \\ 1.51 \times 10^{-5} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 4.56 \times 10^{-6} \\ 0.14 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s4} = 0.14$$

$$\sigma_{b4} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 6.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{4_i} := N_b(\sigma_{b4_i}) \quad D_{b4} := \frac{n_4}{N_4} = \begin{pmatrix} 2.03 \times 10^{-6} \\ 3.05 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 2.03 \times 10^{-6} \\ 9.79 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b4} = 9.97 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 5

$$n_5 = 3.3 \times 10^6 \quad i := 0..8$$

$$\sigma_{s5} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.6 \\ 41.0 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 97.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{5_i} := N_s(\sigma_{s5_i}) \quad D_{s5} := \frac{n_5}{N_5} = \begin{pmatrix} 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 8.36 \times 10^{-5} \\ 4.84 \times 10^{-5} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 0.12 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s5} = 0.12$$

$$\sigma_{b5} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.0 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 6.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{5_i} := N_b(\sigma_{b5_i}) \quad D_{b5} := \frac{n_5}{N_5} = \begin{pmatrix} 5.82 \times 10^{-7} \\ 5.82 \times 10^{-7} \\ 3.14 \times 10^{-6} \\ 2.4 \times 10^{-6} \\ 5.82 \times 10^{-7} \\ 5.82 \times 10^{-7} \\ 5.82 \times 10^{-7} \\ 5.82 \times 10^{-7} \\ 8.62 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b5} = 8.71 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 6

$$n_6 = 1.55 \times 10^5$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s6} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 27.5 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 140.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{6i} := N_s(\sigma_{s6i}) \quad D_{s6} := \frac{n_6}{N_6} = \begin{pmatrix} 6.15 \times 10^{-8} \\ 6.15 \times 10^{-8} \\ 6.56 \times 10^{-6} \\ 1.07 \times 10^{-5} \\ 6.15 \times 10^{-8} \\ 6.56 \times 10^{-6} \\ 1.07 \times 10^{-5} \\ 0.14 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s6} = 0.14$$

$$\sigma_{b6} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 9.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{6i} := N_b(\sigma_{b6i}) \quad D_{b6} := \frac{n_6}{N_6} = \begin{pmatrix} 2.73 \times 10^{-8} \\ 2.73 \times 10^{-8} \\ 1.93 \times 10^{-7} \\ 2.52 \times 10^{-7} \\ 2.73 \times 10^{-8} \\ 1.93 \times 10^{-7} \\ 2.52 \times 10^{-7} \\ 3.51 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b6} = 3.51 \times 10^{-3}$$

Voertuigtype 7

$$n_7 = 2.5 \times 10^4$$

$$i := 0..6$$

$$\sigma_{s7} = \begin{pmatrix} 43.6 \\ 43.6 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 171.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{7i} := N_s(\sigma_{s7i}) \quad D_{s7} := \frac{n_7}{N_7} = \begin{pmatrix} 6.33 \times 10^{-7} \\ 6.33 \times 10^{-7} \\ 2.73 \times 10^{-6} \\ 1.06 \times 10^{-6} \\ 1.06 \times 10^{-6} \\ 1.72 \times 10^{-6} \\ 0.07 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s7} = 0.07$$

$$\sigma_{b7} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 11.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{7_i} := N_b(\sigma_{b7_i}) \quad D_{b7} := \frac{n_7}{N_7} = \begin{pmatrix} 2.38 \times 10^{-8} \\ 2.38 \times 10^{-8} \\ 5.31 \times 10^{-8} \\ 3.11 \times 10^{-8} \\ 3.11 \times 10^{-8} \\ 4.06 \times 10^{-8} \\ 0.01 \end{pmatrix} \quad \sum D_{b7} = 0.01$$

Voertuigtype 8

$$n_8 = 1 \times 10^4 \quad i := 0..7$$

$$\sigma_{s8} = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 41.0 \\ 43.6 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 43.6 \\ 43.6 \\ 187.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{8_i} := N_s(\sigma_{s8_i}) \quad D_{s8} := \frac{n_8}{N_8} = \begin{pmatrix} 2.26 \times 10^{-8} \\ 1.47 \times 10^{-7} \\ 2.53 \times 10^{-7} \\ 2.58 \times 10^{-6} \\ 1.09 \times 10^{-6} \\ 2.53 \times 10^{-7} \\ 2.53 \times 10^{-7} \\ 0.04 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s8} = 0.04$$

$$\sigma_{b8} = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \\ 12.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{8_i} := N_b(\sigma_{b8_i}) \quad D_{b8} := \frac{n_8}{N_8} = \begin{pmatrix} 3.26 \times 10^{-9} \\ 7.28 \times 10^{-9} \\ 9.51 \times 10^{-9} \\ 3.63 \times 10^{-8} \\ 2.13 \times 10^{-8} \\ 9.51 \times 10^{-9} \\ 9.51 \times 10^{-9} \\ 0.03 \end{pmatrix} \quad \sum D_{b8} = 0.03$$

Voertuigtype 9

$$n_9 = 5 \times 10^3$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s9} = \begin{pmatrix} 33.3 \\ 33.3 \\ 46.2 \\ 46.2 \\ 56.4 \\ 56.4 \\ 56.4 \\ 185.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{9_i} := N_s(\sigma_{s9_i}) \quad D_{s9} := \frac{n_9}{N_9} = \begin{pmatrix} 1.13 \times 10^{-8} \\ 1.13 \times 10^{-8} \\ 2.12 \times 10^{-7} \\ 2.12 \times 10^{-7} \\ 1.29 \times 10^{-6} \\ 1.29 \times 10^{-6} \\ 1.29 \times 10^{-6} \\ 0.02 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s9} = 0.02$$

$$\sigma_{b9} = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 12.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{9_i} := N_b(\sigma_{b9_i}) \quad D_{b9} := \frac{n_9}{N_9} = \begin{pmatrix} 1.63 \times 10^{-9} \\ 1.63 \times 10^{-9} \\ 6.22 \times 10^{-9} \\ 6.22 \times 10^{-9} \\ 1.82 \times 10^{-8} \\ 1.82 \times 10^{-8} \\ 1.82 \times 10^{-8} \\ 0.01 \end{pmatrix} \quad \sum D_{b9} = 0.01$$

Voertuigtype 10

$$n_{10} = 5 \times 10^3$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s10} = \begin{pmatrix} 31.4 \\ 31.4 \\ 61.5 \\ 56.4 \\ 51.3 \\ 46.2 \\ 48.7 \\ 184.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{10_i} := N_s(\sigma_{s10_i}) \quad D_{s10} := \frac{n_{10}}{N_{10}} = \begin{pmatrix} 6.55 \times 10^{-9} \\ 6.55 \times 10^{-9} \\ 2.82 \times 10^{-6} \\ 1.29 \times 10^{-6} \\ 5.47 \times 10^{-7} \\ 2.12 \times 10^{-7} \\ 3.44 \times 10^{-7} \\ 0.02 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s10} = 0.02$$

$$\sigma_{b10} = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.2 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 12.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{10_i} := N_b(\sigma_{b10_i}) \quad D_{b10} := \frac{n_{10}}{N_{10}} = \begin{pmatrix} 1.33 \times 10^{-9} \\ 1.33 \times 10^{-9} \\ 3.1 \times 10^{-8} \\ 1.82 \times 10^{-8} \\ 1.06 \times 10^{-8} \\ 6.22 \times 10^{-9} \\ 8.13 \times 10^{-9} \\ 0.01 \end{pmatrix} \quad \sum D_{b10} = 0.01$$

5.4 Vermoeiingstoetsen

Totale vermoeiingsschade betonstaal

$$D_s := \sum D_{s1} + \sum D_{s2} + \sum D_{s3} + \sum D_{s4} + \sum D_{s5} + \sum D_{s6} + \sum D_{s7} + \sum D_{s8} + \sum D_{s9} + \sum D_{s10}$$

$$uc_7 := D_s = 0.70$$

Totale vermoeiingsschade beton onder druk

$$D_b := \sum D_{b1} + \sum D_{b2} + \sum D_{b3} + \sum D_{b4} + \sum D_{b5} + \sum D_{b6} + \sum D_{b7} + \sum D_{b8} + \sum D_{b9} + \sum D_{b10}$$

$$uc_8 := D_b = 0.079$$

6. Detaillierungsregels

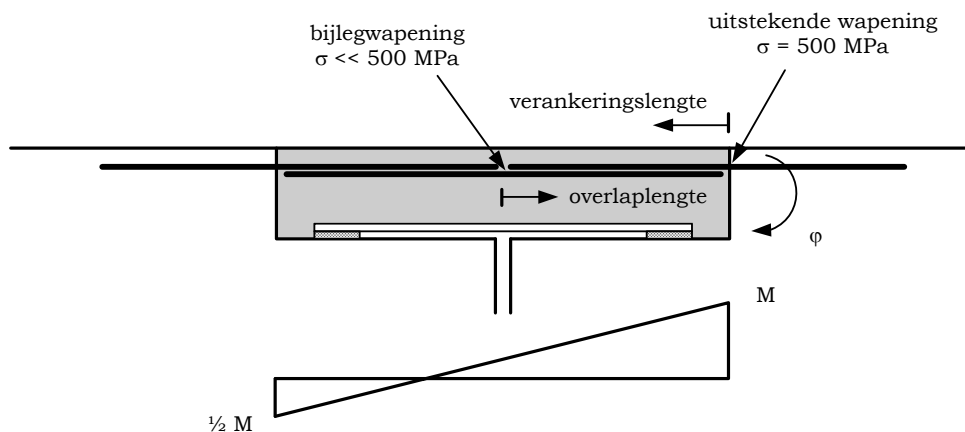
6.1 Tussenafstanden

NEN-EN 1992-1-1, art. 8.2 (2)

maximale staafdiameter	$\varnothing_{\max} := \max(\varnothing_b, \varnothing_o, \varnothing_{\text{dwars}})$	$\varnothing_{\max} = 12 \cdot \text{mm}$
factor k_1	$k_1 := 1$	
waarde k_2	$k_2 := 5 \text{ mm}$	
vereiste verticale tussenafstand	$s_{\min.v} := \max(k_1 \cdot \varnothing_{\max}, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$	
	$s_{\min.v} = 21 \cdot \text{mm}$	
aanwezige verticale tussenafstand	$s_{\text{vert}} := h - c_b - \varnothing_b - c_o - \varnothing_o - 2 \cdot \varnothing_{\text{dwars}} = 30 \cdot \text{mm}$	
controle verticale tussenafstand	$\text{controle3} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } s_{\text{vert}} \geq s_{\min.v} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$	
	controle3 = "voldoet"	
vereiste horizontale tussenafstand	$s_{\min.b} := \max(k_1 \cdot \varnothing_b, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$	
	$s_{\min.b} = 21 \cdot \text{mm}$	
aanwezige horizontale tussenafstand	$s_{\text{hor}} := s_b - 2 \cdot \varnothing_b = 51 \cdot \text{mm}$	
controle staafafstand boven	$\text{controle4} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } s_{\text{hor}} \geq s_{\min.b} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$	
	controle4 = "voldoet"	

6.2 Verankeringslengte

De minimaal benodigde verankeringslengte (= overlaplengte) in de voeg is met NEN-EN 1992-1-1, 8.4.2 t/m 8.4.4 bepaald. Daarbij hoeft de toeslag voor overlapping conform 8.7.3 niet in rekening te worden gebracht. Dit is in de figuur geïllustreerd voor kokerliggers, waarbij voegwapening wordt bijgelegd. De overlaplengte geldt alleen voor de resterende spanning in de bijlegwapening in het midden van de voeg en deze spanning is veel kleiner dan de spanning ter plaatse van de inklemming.



rekenwaarde treksterkte

$$\alpha_{ct} := 1.0$$

$$f_{ctk.0.05} := 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctk.0.05} = 2.25 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{ctd} := \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk.0.05}}{\gamma_C}$$

$$f_{ctd} = 1.50 \cdot \text{MPa}$$

opneembare aanhechtspanning

$$\eta_1 := 1.0 \quad (\text{goede aanhechtingsomstandigheden})$$

$$\eta_2 := 1.0 \quad (\text{staafdiameter} < 32 \text{ mm})$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.37 \cdot \text{MPa}$$

basisverankeringslengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\varnothing_b}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b.rqd} = 387 \cdot \text{mm}$$

bepaling factoren α_1 t/m α_5

$$\alpha_1 := 1.0$$

$$\alpha_3 := 1.0$$

$$\alpha_4 := 1.0$$

$$\alpha_5 := 1.0$$

$$c_d := \min\left(\frac{s_{hor}}{2}, c_b\right)$$

$$c_d = 25.5 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} \left(1 - 0.15 \cdot \frac{c_d - \varnothing_b}{\varnothing_b}\right) & \text{if } c_d \leq 3 \cdot \varnothing_b \wedge c_d \geq \varnothing_b \\ 0.7 & \text{if } c_d > 3 \cdot \varnothing_b \\ 1.0 & \text{if } c_d < \varnothing_b \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 0.83$$

ondergrens verankeringslengte

$$l_{b.min} := \max(0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \varnothing_b, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b.min} = 120 \cdot \text{mm}$$

rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}, l_{b.min})$$

$$l_{bd} = 322 \cdot \text{mm}$$

toets bij kokerliggers

$$\text{controle5} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } 0.5 \cdot L_t \geq l_{bd} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{controle5} = \text{"voldoet"}$$

7. SAMENVATTING

Toets sterkte (UGT/STR)

Buiging en trek

momentcapaciteit	$M_{Ed} = 19.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$M_{Rd} = 49.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$uc_1 = 0.39$

betondrukzonehoogte	$x_u = 32.6 \cdot \text{mm}$	$x_{u\max} = 54.6 \cdot \text{mm}$	$uc_2 = 0.60$

Dwarskracht en trek

dwarskrachtcapaciteit	$V_{Ed\beta} = 70.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$V_{Rd.c} = 81.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$uc_3 = 0.87$

betondrukdiagonaal	$V_{Ed} = 110.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$V_{Rd.\max} = 614.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$uc_4 = 0.18$

Toets scheurvorming (BGT)

maximale staalspanning	$\sigma_{skar} = 455 \cdot \text{MPa}$	$\sigma_{\max} = 500 \cdot \text{MPa}$	$uc_5 = 0.91$

scheurwijdte	$w_k = 0.43 \cdot \text{mm}$	$k_x \cdot w_{\max} = 0.50 \cdot \text{mm}$	$uc_6 = 0.87$

Toets vermoeiing (UGT/STR)

betonstaal	schade volgens Miner	$D_s = 0.696$	$uc_7 = 0.70$

beton onder druk	schade volgens Miner	$D_b = 0.0786$	$uc_8 = 0.08$

Controle betondekking

bovenzijde	$c_b = 62 \cdot \text{mm}$	$c_{\text{nom.b}} = 50 \cdot \text{mm}$

$\text{controle1} = \text{"voldoet"}$

onderzijde	$c_o = 30 \cdot \text{mm}$	$c_{\text{nom.o}} = 30 \cdot \text{mm}$

$\text{controle2} = \text{"voldoet"}$

Detaileringseisen

korreldiameter	$d_g = 16 \cdot \text{mm}$

verticale tussenafstand	$s_{\text{vert}} = 30 \cdot \text{mm}$	$s_{\text{min.v}} = 21 \cdot \text{mm}$

$\text{controle3} = \text{"voldoet"}$

tussenafstand bovenstaven	$s_{\text{hor}} = 51 \cdot \text{mm}$	$s_{\text{min.b}} = 21 \cdot \text{mm}$

$\text{controle4} = \text{"voldoet"}$

verankeringslengte (boven) voor kokerliggers	$0.5 \cdot L_t = 435 \cdot \text{mm}$	$l_{bd} = 322 \cdot \text{mm}$

$\text{controle5} = \text{"voldoet"}$

1. ALGEMENE GEGEVENS	2
1.1 Eenheden	
1.2 Afkortingen	
1.3 Beschouwde doorsnede	
2. UITGANGSPUNTEN	3
2.1 Geometrie	
2.2 Wapeningshoeveelheid en ligging	
2.3 Materialen	
2.3.1 Beton	
2.3.2 Betonstaal	
2.4 Belastinggevallen	
2.4.1 Verkeersbelasting op de voeg (BG1)	
2.4.2 Normaaltrekkkracht door rembelasting (BG2)	
2.4.3 Opgelegde vervormingen (BG3)	
2.5 Gevolgklasse en belastingsfactoren	
2.6 Toelaatbare scheurwijdte	
2.7 Ontwerplevensduur	
3. TOETS STERKTE (UGT/STR)	9
3.1 Buiging en trek	
3.1.1 <i>Toets momentcapaciteit (negatieve buiging)</i>	
3.1.2 <i>Toets betondrukzonehoogte</i>	
3.2 Dwarskracht en trek	
3.2.1 <i>Bepaling rekenwaarde dwarskracht en trekkracht</i>	
3.2.2 <i>Bepaling dwarskrachtcapaciteit</i>	
3.2.3 <i>Toets dwarskracht</i>	
4. TOETS SCHEURWIJDTE (BGT)	12
4.1 Krommingen door opgelegde vervormingen	
4.2 Momenten door opgelegde krommingen	
4.2.1 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristiek</i>	
4.2.2 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - frequent</i>	
4.2.3 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristiek</i>	
4.2.4 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - frequent</i>	
4.2.5 <i>Samenvatting van momenten door opgelegde krommingen</i>	
4.3 Berekening staalspanning door belasting en opgelegde vervormingen	
4.3.1 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristieke combinatie</i>	
4.3.2 <i>Verkeersbelasting configuratie 1 - frequente combinatie</i>	
4.3.3 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristieke combinatie</i>	
4.3.4 <i>Verkeersbelasting configuratie 2 - frequente combinatie</i>	
4.3.5 <i>Samenvatting van staalspanningen door belasting en opgelegde vervormingen</i>	
4.4 Toets maximale staalspanning	
4.5 Scheurwijdte toets	
5. TOETS VERMOEIING (UGT/FAT)	19
5.1 Staal- en betonspanning als functie van kromming en moment	
5.2 Vermoeiingsbelasting FLM4b	
5.3 Vermoeiingsschade volgens Miner	
5.4 Vermoeiingstoetsen	
6. DETAILLERING	41
6.1 Staafafstanden	
6.2 Verankerings- en overlaplengte	
7. SAMENVATTING	43

1. ALGEMENE GEGEVENS

1.1 Eenheden

SI eenheden

m (meter)

N (Newton)

rad (radialen)

Afgeleide eenheden:

mm (millimeter)

kN (kilonewton)

kNm (kilonewtonmeter)

$\text{kNm} := \text{kN} \cdot \text{m}$

MPa (megapascal = newton/millimeter²)

mrad (millirad)

$\text{mrad} := \text{rad} \cdot 10^{-3}$

1.2 Afkortingen

UGT = uiterste grenstoestand

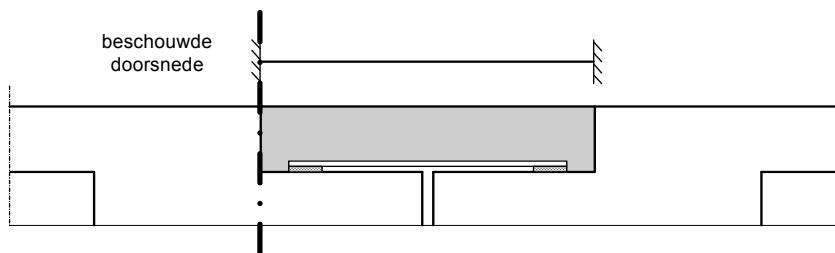
BGT = bruikbaarheidsgrenstoestand

STR = sterkte (strength)

FAT = vermoeiing (fatigue)

1.3 Beschouwde doorsnede

Deze rekensheet betreft een toetsing van de maatgevende steunpuntsdoorsnede op negatieve buiging. Verondersteld is dat een onderwapening gelijk aan ten minste de helft van de bovenwapening aanwezig is. Een toetsing op positieve buiging (steunpunt en veld) is in dat geval niet noodzakelijk.



2. UITGANGSPUNTEN

Invoerparameters zijn als volgt omkaderd en gearceerd:

invoerwaarde

Resultaten van toetsingen zijn als volgt omkaderd en gemarkeerd

resultaat

2.1 Geometrie

voeghoogte (zie figuur)

$h := 160\text{mm}$

voeglengte (zie figuur, gemeten loodrecht op as steunpunt)

$L := 800\text{mm}$

dagmaat (voor dwarskrachttoets)

$$L_{\text{dag}} := L - 2 \cdot 50\text{mm}$$

$$L_{\text{dag}} = 700\text{mm}$$

overspanning (NEN-EN 1992-1-1, fig. 5.4))

$$L_t := L_{\text{dag}} + h$$

$$L_t = 860\text{mm}$$

breedte van de buigslappe voeg (= brugbreedte)

$b := 9\text{m}$

totale ongedilateerde lengte van de brug

$L_{\text{brug}} := 150\text{m}$

aantal overspanningen

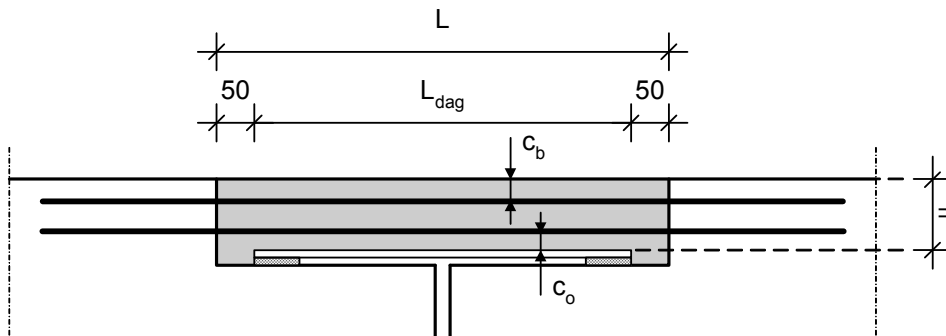
$n_0 := 6$

asfaltdikte bij buigslappe voeg

$d_{\text{asf}} := 0.12\text{m}$

kruisingshoek (recht = 90 graden)

$\alpha := 90\text{deg}$



2.2 Wapeningshoeveelheid en ligging

vereiste betondekking bovenzijde

$$c_{\text{nom.b}} := 50\text{mm}$$

vereiste betondekking onderzijde

$$c_{\text{nom.o}} := 30\text{mm}$$

bovenwapening:

staafdiameter

$\phi_b := 12\text{mm}$

staafafstand

$s_b := 75\text{mm}$

betondekking

$c_b := 53\text{mm}$

controle betondekking

$$\text{controle1} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } c_b \geq c_{\text{nom.b}} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

controle1 = "voldoet"

oppervlakte

$$A_{\text{sb}} := \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_b^2}{s_b}$$

$$A_{\text{sb}} = 1508 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

ligging t.o.v. onderzijde

$$d_b := h - c_b - \frac{1}{2} \cdot \phi_b$$

$$d_b = 101\text{mm}$$

onderwapening (50% van bovenwapening):

staafdiameter	$\varnothing_o := \varnothing_b$	$\varnothing_o = 12 \cdot \text{mm}$
staafafstand	$s_o := 2 \cdot s_b$	$s_o = 150 \cdot \text{mm}$
betondekking		$c_o := 30 \text{mm}$

controle betondekking	$\text{controle2} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } c_o \geq c_{\text{nom.o}} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$\text{controle2} = \text{"voldoet"}$

oppervlakte	$A_{s_o} := \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing_o^2}{s_o}$	$A_{s_o} = 754 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$
ligging t.o.v. onderzijde	$d_o := c_o + \frac{1}{2} \cdot \varnothing_o$	$d_o = 36 \cdot \text{mm}$

dwarswapening:

staafdiameter	$\varnothing_{\text{dwars}} := 12 \text{mm}$

<u>totale hoeveelheid hoofdwapening</u>	$A_s := A_{s_b} + A_{s_o}$	$A_s = 2262 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

2.3 Materialen

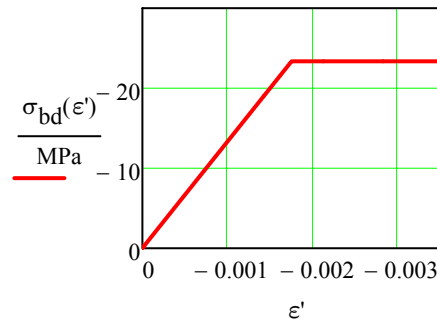
2.3.1 Beton

NEN-EN 1992-1-1, art. 3.1.6 en 3.1.7 en Tabel 3.1

karacteristieke cilinderdruksterkte (bijv. C35/45 => $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$)		$f_{ck} := 35 \text{ MPa}$
maximale korreldiameter (t.b.v. controle tussenafstanden)		$d_g := 16 \text{mm}$
materiaalfactor beton		$\gamma_C := 1.5$
langeduur effect		$\alpha_{cc} := 1.0$
rekenwaarde druksterkte	$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_C}$	$f_{cd} = 23.3 \cdot \text{MPa}$
gemiddelde druksterkte	$f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa}$	$f_{cm} = 43 \cdot \text{MPa}$
gemiddelde treksterkte	$f_{ctm} := 0.3 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \text{MPa}$	$f_{ctm} = 3.21 \cdot \text{MPa}$
secans elasticiteitsmodulus	$E_{cm} := 22 \text{ GPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10 \text{ MPa}} \right)^{0.3}$	$E_{cm} = 34.1 \cdot \text{GPa}$
rek knikpunt bi-lineair diagram		$\epsilon_{c3} := -1.75 \cdot 10^{-3}$
maximale rek (stuikrek) bi-lineair diagram		$\epsilon_{cu} := -3.5 \cdot 10^{-3}$

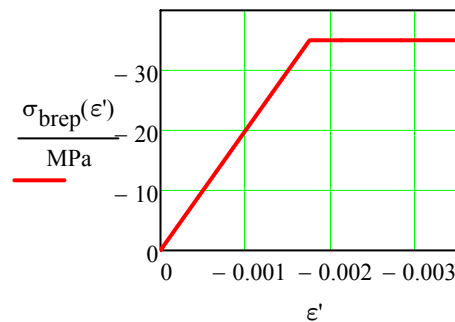
beschrijving σ - ϵ diagram UGT
(NEN-EN 1992-1-1, figuur 3.4)

$$\sigma_{bd}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{cd} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_{c3}} & \text{if } \epsilon \leq 0 \wedge \epsilon > \epsilon_{c3} \\ -f_{cd} & \text{if } \epsilon \leq \epsilon_{c3} \wedge \epsilon > \epsilon_{cu} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



beschrijving σ - ϵ diagram BGT

$$\sigma_{brep}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{ck} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_{c3}} & \text{if } \epsilon \leq 0 \wedge \epsilon > \epsilon_{c3} \\ -f_{ck} & \text{if } \epsilon \leq \epsilon_{c3} \wedge \epsilon > \epsilon_{cu} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



2.3.2 Betonstaal

NEN-EN 1992-1-1, art. 3.2.7

karacteristieke vloeigrens (B500B => $f_{yk} = 500$ MPa)

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

materiaalfactor betonstaal

$$\gamma_S := 1.15$$

rekenwaarde vloeigrens

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_S}$$

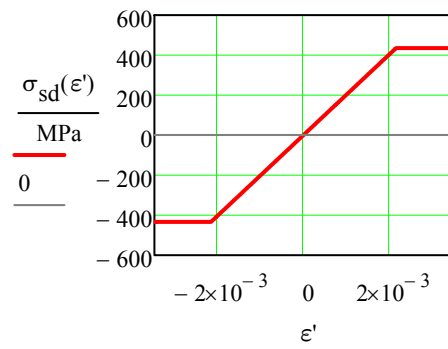
$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

elasticiteitsmodulus

$$E_s := 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

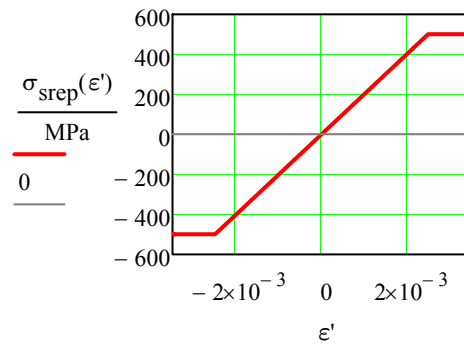
beschrijving σ - ϵ diagram UGT

$$\sigma_{sd}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{yd} & \text{if } \epsilon < \frac{-f_{yd}}{E_s} \\ \epsilon \cdot E_s & \text{if } \epsilon \geq \frac{-f_{yd}}{E_s} \wedge \epsilon \leq \frac{f_{yd}}{E_s} \\ f_{yd} & \text{if } \epsilon > \frac{f_{yd}}{E_s} \end{cases}$$



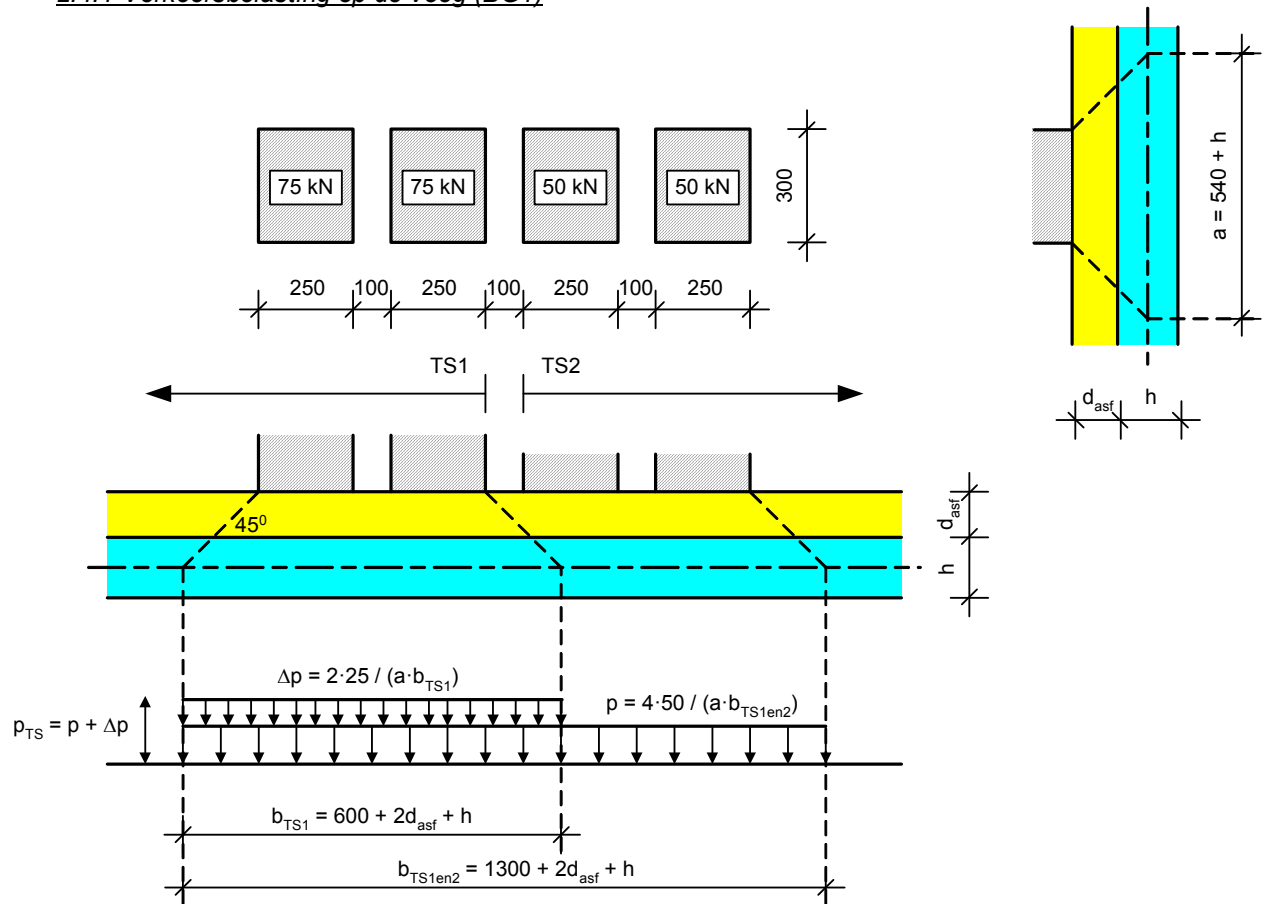
beschrijving σ - ϵ diagram BGT

$$\sigma_{srep}(\epsilon) := \begin{cases} -f_{yk} & \text{if } \epsilon < \frac{-f_{yk}}{E_s} \\ \epsilon \cdot E_s & \text{if } \epsilon \geq \frac{-f_{yk}}{E_s} \wedge \epsilon \leq \frac{f_{yk}}{E_s} \\ f_{yk} & \text{if } \epsilon > \frac{f_{yk}}{E_s} \end{cases}$$



2.4 Belastingsgevallen

2.4.1 Verkeersbelasting op de voeg (BG1)



spreiding in langsrichting

$$a := 0.3\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$a = 0.70\text{ m}$$

spreiding dwarsrichting TS1

$$b_{\text{TS1}} := 0.6\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$b_{\text{TS1}} = 1.00\text{ m}$$

spreiding dwarsrichting TS1+TS2

$$b_{\text{TS1en2}} := 1.3\text{m} + 2 \cdot d_{\text{asf}} + h$$

$$b_{\text{TS1en2}} = 1.70\text{ m}$$

gelijkmatig verdeelde belasting

$$p_{\text{TS}} := \frac{4 \cdot 50\text{kN}}{a \cdot b_{\text{TS1en2}}} + \frac{2 \cdot 25\text{kN}}{a \cdot b_{\text{TS1}}}$$

$$p_{\text{TS}} = 239 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.4.2 Normaaltrekkkracht door rembelasting (BG2)

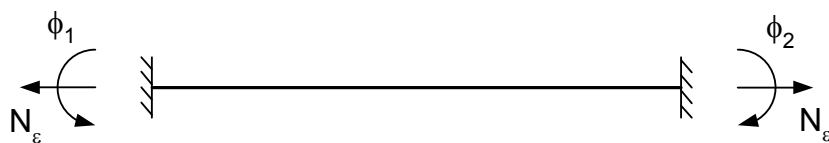
bovengrens voor normaaltrekkkracht

$$N_{\text{rem}} := \frac{360\text{kN}}{4\text{m}} + \frac{3.11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{4} \cdot L_{\text{brug}}}{b}$$

$$N_{\text{rem}} = 103 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.4.3 Opgelegde vervormingen (BG3)

LET OP: tekenafspraken volgens figuur



hoekverdraaiingen door kruip (BG3a)

$$\phi_{1a} := 0 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2a} := 0 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiingen door rustende belasting (BG3b)

$$\phi_{1b} := 1.0 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2b} := 1.0 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiing door verkeer config 1 (BG3c)

$$\phi_{1c} := 3.3 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiing door verkeer config 2 (BG3d)

$$\phi_{1d} := 5.9 \text{ mrad}$$

hoekverdraaiingen door temperatuurgradiënt (BG3e)

$$\phi_{1e} := 0.8 \text{ mrad}$$

$$\phi_{2e} := 0.8 \text{ mrad}$$

Voor de vermoeiingsberekening:

hoekverdraaiing door TS1 in het aangrenzende veld in het hart van de rijstrook voor zwaar verkeer

$$\phi_{TS1} := 1.9 \text{ mrad}$$

bijbehorende overspanning van het aangrenzend veld

$$L_{\text{veld}} := 15.6 \text{ m}$$

factor wielprenten scheve kruising (conform tabel)

$$\xi_1 := 1$$

factor opgelegde hoekverdraaiingen scheve kruising (conform tabel)

$$\xi_2 := 1$$

normaalkracht door verkorting (BG3f)

werkende breedte prefab ligger

$$b_w := 1.2 \text{ m}$$

max. horizontale reactie oplegblok

$$H_\epsilon := 40 \text{ kN}$$

maximale normaaltrekkkracht

$$N_\epsilon := \frac{1}{2} \cdot n_0 \cdot H_\epsilon$$

$$N_\epsilon = 100 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.5 Gevolgklasse en belastingsfactoren

gevolgklasse

$$CC := 2$$

belastingsfactor verkeersbelasting

$$\gamma_Q := \begin{cases} 1.2 & \text{if } CC = 1 \\ 1.35 & \text{if } CC = 2 \\ 1.5 & \text{if } CC = 3 \end{cases}$$

$$\gamma_Q = 1.35$$

2.6 Toelaatbare scheurwijdte

NEN-EN 1992-1-1, Tabel 7.1N (milieuklasse X0)

maximale scheurwijdte

$$w_{\text{max}} := 0.4 \text{ mm}$$

2.7 Ontwerplevensduur

ontwerplevensduur (voor vermoeiingstoets)

$$t_{\text{ref}} := 50 \text{ jaar}$$

3. TOETS STERKTE (UGT/STR)

3.1 Buiging en trek

3.1.1 Toets momentcapaciteit (negatieve buiging)

NEN-EN 1992-1-1, art. 6.1

overspanning (in richting voegwapening) $L_{\alpha} := \frac{L_t}{\sin(\alpha)}$ $L_{\alpha} = 0.86 \text{ m}$

spreidingslengte wielprenten $a = 0.7 \text{ m}$

steunpuntsmoment representatief $a := \min(L_{\alpha}, a)$ $a = 0.7 \text{ m}$

$$M_{\text{rep}} := \frac{1}{12} \cdot p_{\text{TS}} \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_{\alpha}^2 - 8 \cdot a \cdot L_{\alpha} + 3 \cdot a^2)}{L_{\alpha}^2} = 14.4 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

rekenwaarde steunpuntsmoment $M_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot M_{\text{rep}}$ $M_{\text{Ed}} = 19.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

rekenwaarde normaaltrekkracht $N_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot N_{\text{rem}}$ $N_{\text{Ed}} = 139 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

rek onderzijde ($z = 0 \text{ mm}$) $\varepsilon_0 := \varepsilon_{\text{cu}}$

reklijn als functie van z en x $\varepsilon(z, x) := \varepsilon_0 - \frac{\varepsilon_0}{x} \cdot z$

bepaling drukzonehoogte uit normaalkrachtenevenwicht

resulterende drukkracht beton $N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{\text{bd}}(\varepsilon(z, x)) dz$

kracht in bovenwapening $N_{\text{sb}}(x) := A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{sd}}(\varepsilon(d_b, x))$

kracht in onderwapening $N_{\text{so}}(x) := A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{sd}}(\varepsilon(d_o, x))$

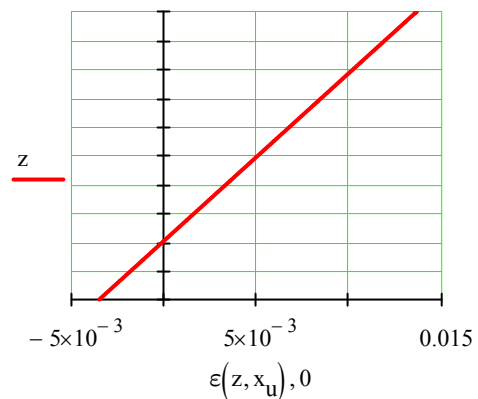
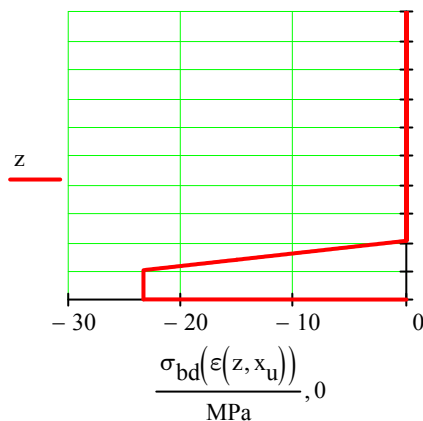
schatwaarde drukzonehoogte $x := 0.5 \cdot h$

Given

$$N'_b(x) + N_{\text{sb}}(x) + N_{\text{so}}(x) - N_{\text{Ed}} = 0$$

$$x_u := \text{Find}(x) \quad x_u = 33 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{ mm}, 0.11 \text{ mm} \dots h$$



drukkracht beton	$N'_b(x_u) = -571 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
uitwendige normaaltrekkkracht	$N_{Ed} = 139 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
normaalkracht in bovenwapening	$N_{sb}(x_u) = 656 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{sb} := \frac{N_{sb}(x_u)}{A_{sb}} = 435 \cdot \text{MPa}$
normaalkracht in onderwapening	$N_{so}(x_u) = 54 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{so} := \frac{N_{so}(x_u)}{A_{so}} = 72 \cdot \text{MPa}$
momentcapaciteit		
$M_{Rd} := \int_0^h \sigma_{bd}(\epsilon(z, x_u)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x_u) + d_b \cdot N_{sb}(x_u) - N_{Ed} \cdot 0.5 \cdot h$		$M_{Rd} = 49.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

toets momentcapaciteit	$uc_1 := \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$	$uc_1 = 0.39$

3.1.2 Toets betondrukzonehoogte NEN-EN 1992-1-1/NB, art. 6.1

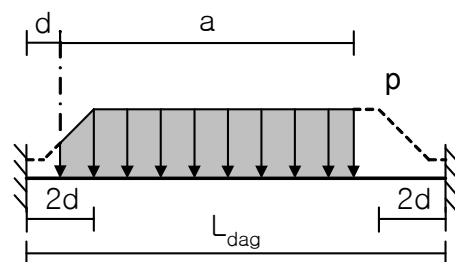
maximale betondrukzonehoogte	$x_{u\max} := \frac{-\epsilon_{cu} \cdot 10^6}{-\epsilon_{cu} \cdot 10^6 + 7 \cdot \frac{f_{yd}}{\text{MPa}}} \cdot d_b$	$x_{u\max} = 54 \cdot \text{mm}$

toets betondrukzonehoogte	$uc_2 := \frac{x_u}{x_{u\max}}$	$uc_2 = 0.60$

3.2 Dwarskracht en trek

3.2.1 Bepaling rekenwaarde dwarskracht en trekkkracht NEN-EN 1992-1-1, art. 6.2

Dwarskracht wordt getoetst op afstand d inclusief reductie β (zie 6.2.1 (8) en 6.2.2 (6)).



dagmaat in richting van de voegwapening:

$L_{d\alpha} := \frac{L_{dag}}{\sin(\alpha)}$	$L_{d\alpha} = 0.70 \text{ m}$

dwarskracht in dag oplegging
(zonder reductie met β)

$M_{links} := \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_{d\alpha}^2 - 8 \cdot a \cdot L_{d\alpha} + 3 \cdot a^2)}{L_{d\alpha}^2} = 9.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

$M_{rechts} := \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot a^2 \cdot \frac{(4 \cdot L_{d\alpha} - 3 \cdot a) \cdot a}{L_{d\alpha}^2} = 9.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

$V_{rep.0} := \frac{p_{TS} \cdot a \cdot (2 \cdot L_{d\alpha} - a)}{2 \cdot L_{d\alpha}} + \frac{M_{links}}{L_{d\alpha}} - \frac{M_{rechts}}{L_{d\alpha}}$

$V_{rep.0} = 83.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

dwarskracht op afstand d (inclusief reductie met β)	$V_{\text{rep}\beta} := V_{\text{rep}.0} - 1.25 \cdot p_{\text{TS}} \cdot d_b$	$V_{\text{rep}\beta} = 53.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

normaaltrekkkracht representatief	$N_{\text{rem}} = 103 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

combinatie γ_Q ($Q_{\text{vert}} + 0,8 Q_{\text{rem}}$)	$N_{\text{Ed}} := -\gamma_Q \cdot 0,8 \cdot N_{\text{rem}}$	$N_{\text{Ed}} = -111 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
	$\sigma_{\text{cp}} := \frac{N_{\text{Ed}}}{h}$	$\sigma_{\text{cp}} = -0,69 \cdot \text{MPa}$
	$V_{\text{Ed}} := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}.0}$	$V_{\text{Ed}} = 113,2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
	$V_{\text{Ed}\beta} := \gamma_Q \cdot V_{\text{rep}\beta}$	$V_{\text{Ed}\beta} = 72,3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

3.2.2 Bepaling dwarskrachtcapaciteit NEN-EN 1992-2, art. 6.2.2 (1)

wapeningsfractie	$\rho_1 := \min\left(\frac{A_{\text{sb}}}{d_b}, 0,02\right)$	$\rho_1 = 0,015$

dwarskrachtcapaciteit	$k := \min\left(1 + \sqrt{\frac{200\text{mm}}{d_b}}, 2\right)$	$k = 2$
	$C_{\text{Rd.c}} := 0,12 \quad k_1 := 0,15$	

$$V_{\text{Rd.c1}} := \left[C_{\text{Rd.c}} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{\text{ck}} \cdot \text{MPa}^2 \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right] \cdot d_b$$

$$V_{\text{Rd.c1}} = 80,1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$v_{\text{min}} := 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{f_{\text{ck}}}{\text{MPa}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \text{MPa}$	$v_{\text{min}} = 0,59 \cdot \text{MPa}$

$V_{\text{Rd.c2}} := (v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}}) \cdot d_b$	$V_{\text{Rd.c2}} = 48,6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$V_{\text{Rd.c}} := \max(V_{\text{Rd.c1}}, V_{\text{Rd.c2}})$	$V_{\text{Rd.c}} = 80,1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

capaciteit betondrukdiagonaal	$V_{\text{Rd.max}} := 0,5 \cdot d_b \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250\text{MPa}} \right) \cdot f_{\text{cd}}$

NEN-EN 1992-1-1, formule (6.5)

$$V_{\text{Rd.max}} = 608 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

3.2.3 Toets dwarskracht

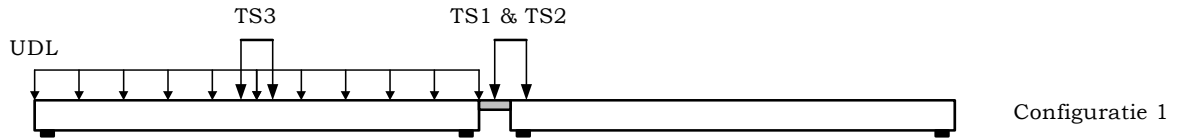
toets dwarskracht op afstand d incl. β	$uc_3 := \frac{V_{\text{Ed}\beta}}{V_{\text{Rd.c}}}$	$uc_3 = 0,90$

toets bezwijken betondrukdiagonaal	$uc_4 := \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{Rd.max}}}$	$uc_4 = 0,19$

4. TOETS SCHEURWIJDTE (BGT)

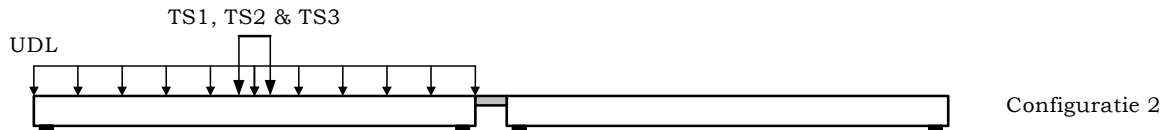
4.1 Krommingen door opgelegde vervormingen

verkeersbelasting configuratie 1 (TS1 en TS2 op de voeg, overige verkeersbelasting in het veld)



hoekverdraaiing belaste veld	karacteristiek	$\phi_{1kar} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + \phi_{1c} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 4.5 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{1freq} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + 0.8 \cdot \phi_{1c} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 3.9 \cdot \text{mrad}$
hoekverdraaiing onbelaste veld	karacteristiek	$\phi_{2kar} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 1.2 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{2freq} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 1.2 \cdot \text{mrad}$
maximale kromming steunpunt	karacteristiek	$\kappa_{1kar} := \frac{4 \cdot \phi_{1kar} - 2 \cdot \phi_{2kar}}{L_t}$
		$\kappa_{1kar} = 0.018 \frac{1}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{1freq} := \frac{4 \cdot \phi_{1freq} - 2 \cdot \phi_{2freq}}{L_t}$
		$\kappa_{1freq} = 0.015 \frac{1}{\text{m}}$

verkeersbelasting configuratie 2 (alle verkeersbelasting in het veld)



hoekverdraaiing belaste veld	karacteristiek	$\phi_{1kar} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + \phi_{1d} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 7.1 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{1freq} := \phi_{1a} + \phi_{1b} + 0.8 \cdot \phi_{1d} + 0.3 \cdot \phi_{1e} = 6.0 \cdot \text{mrad}$
hoekverdraaiing onbelaste veld	karacteristiek	$\phi_{2kar} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 1.2 \cdot \text{mrad}$
	frequent	$\phi_{2freq} := \phi_{2a} + \phi_{2b} + 0.3 \cdot \phi_{2e} = 1.2 \cdot \text{mrad}$
maximale kromming steunpunt	karacteristiek	$\kappa_{2kar} := \frac{4 \cdot \phi_{1kar} - 2 \cdot \phi_{2kar}}{L_t}$
		$\kappa_{2kar} = 0.03 \frac{1}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{2freq} := \frac{4 \cdot \phi_{1freq} - 2 \cdot \phi_{2freq}}{L_t}$
		$\kappa_{2freq} = 0.025 \frac{1}{\text{m}}$

4.2 Momenten door opgelegde krommingen

4.2.1 Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristiek

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{1\text{kar}} \cdot x + \kappa_{1\text{kar}} \cdot z$$

bepaling drukzonehoogte uit normaalkrachtenevenwicht

resulterende drukkracht beton

$$N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz$$

kracht in bovenwapening

$$N_{\text{sb}}(x) := A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x))$$

kracht in onderwapening

$$N_{\text{so}}(x) := A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x))$$

schatwaarde drukzonehoogte

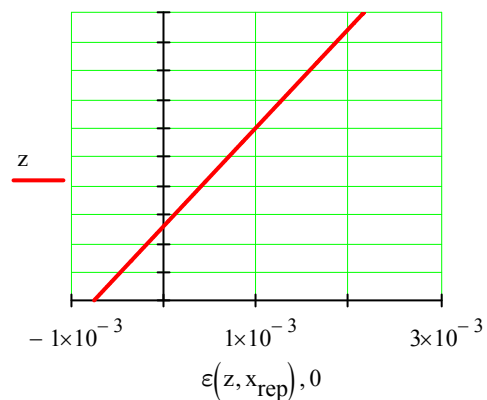
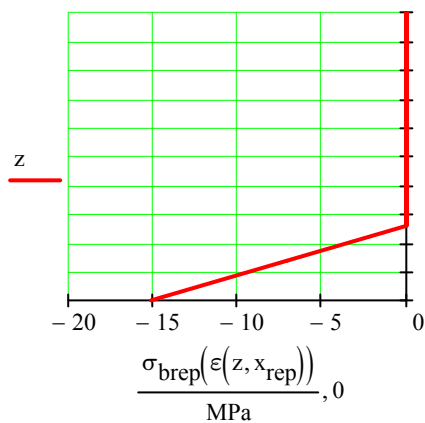
$$x := 0.5 \cdot h$$

Given

$$N'_b(x) + N_{\text{sb}}(x) + N_{\text{so}}(x) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.4 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{ mm}, 0.1 \text{ mm} \dots h$$



drukkracht beton

$$N'_b(x_{\text{rep}}) = -313 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

maximale drukspanning beton

$$\sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(0, x_{\text{rep}})) = -15.1 \cdot \text{MPa}$$

normaalkracht in bovenwapening

$$N_{\text{sb}}(x_{\text{rep}}) = 328 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \sigma_{\text{sb}} := \frac{N_{\text{sb}}(x_{\text{rep}})}{A_{\text{sb}}} = 217 \cdot \text{MPa}$$

normaalkracht in onderwapening

$$N_{\text{so}}(x_{\text{rep}}) = -15 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \sigma_{\text{so}} := \frac{N_{\text{so}}(x_{\text{rep}})}{A_{\text{so}}} = -20 \cdot \text{MPa}$$

representatief moment

$$M_{1\text{kar}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot N_{\text{so}}(x_{\text{rep}}) + d_b \cdot N_{\text{sb}}(x_{\text{rep}}) \quad M_{1\text{kar}} = 28.2 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

4.2.2 Verkeersbelasting configuratie 1 - frequent

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{1\text{freq}} \cdot x + \kappa_{1\text{freq}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.4 \cdot \text{mm}$$

$$M_{1\text{freq}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.3 Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristiek

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{2\text{kar}} \cdot x + \kappa_{2\text{kar}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.4 \cdot \text{mm}$$

$$M_{2\text{kar}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.4 Verkeersbelasting configuratie 2 - frequent

reklijn als functie van z en x

$$\varepsilon(z, x) := -\kappa_{2\text{freq}} \cdot x + \kappa_{2\text{freq}} \cdot z$$

Given

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x)) dz + A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x)) + A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x)) = 0$$

$$x_{\text{rep}} := \text{Find}(x) \quad x_{\text{rep}} = 41.4 \cdot \text{mm}$$

$$M_{2\text{freq}} := \int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x_{\text{rep}})) \cdot z dz + d_o \cdot (A_{\text{so}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_o, x_{\text{rep}}))) + d_b \cdot (A_{\text{sb}} \cdot \sigma_{\text{srep}}(\varepsilon(d_b, x_{\text{rep}})))$$

4.2.5 Samenvatting van momenten door opgelegde krommingen

verkeersbelasting configuratie 1	karakteristiek	$\kappa_{1\text{kar}} = 0.018 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{1\text{kar}} = 28.2 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{1\text{freq}} = 0.015 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{1\text{freq}} = 23.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
verkeersbelasting configuratie 2	karakteristiek	$\kappa_{2\text{kar}} = 0.03 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{2\text{kar}} = 47 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$
	frequent	$\kappa_{2\text{freq}} = 0.025 \frac{1}{\text{m}}$	$M_{2\text{freq}} = 38.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

4.3 Berekening staalspanning door belastingen en opgelegde vervormingen

4.3.1 Verkeersbelasting configuratie 1 - karakteristieke combinatie

moment door wielprenten op voeg $\frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 12.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

moment door kromming + verkeer $M_{1kar} := M_{1kar} + \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 41.0 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{1kar} := N_{\epsilon} + 0.8 \cdot N_{rem} = 182.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

bepaling drukzonehoogte uit momenten- en normaalkrachtenevenwicht

reklijn als functie van z en onbekenden x en ϵ_0 $\epsilon(z, x, \epsilon_0) := \epsilon_0 - \frac{\epsilon_0}{x} \cdot z$

resulterende drukkracht beton $N'_b(x, \epsilon_0) := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x, \epsilon_0)) dz$

kracht in bovenwapening $N_{sb}(x, \epsilon_0) := A_{sb} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_b, x, \epsilon_0)$

kracht in onderwapening $N_{so}(x, \epsilon_0) := A_{so} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_o, x, \epsilon_0)$

schatwaarde drukzonehoogte $x := 0.5 \cdot h$

schatwaarde rek onderzijde $\epsilon_0 := \epsilon_{c3} = -1.75 \times 10^{-3}$

Given

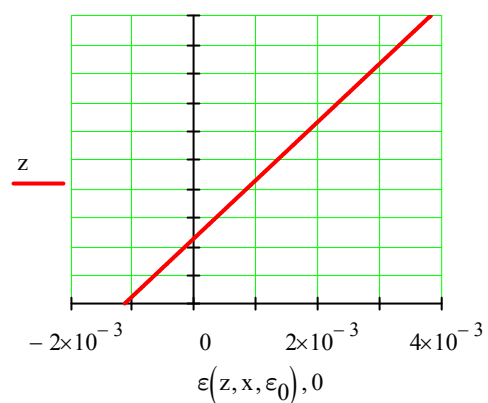
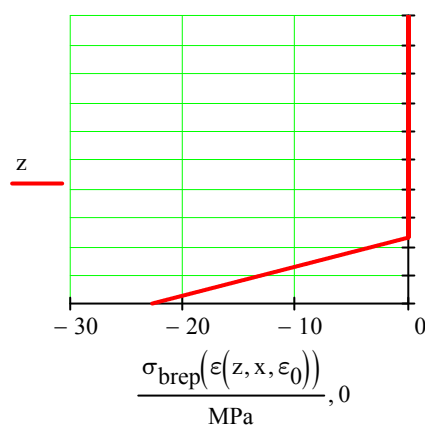
$$N'_b(x, \epsilon_0) + N_{sb}(x, \epsilon_0) + N_{so}(x, \epsilon_0) - N_{1kar} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x, \epsilon_0)) \cdot z dz + d_o \cdot N_{so}(x, \epsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \epsilon_0) - N_{1kar} \cdot 0.5 \cdot h - M_{1kar} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \epsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \epsilon_0)$$

$$x = 36.6 \cdot \text{mm}$$

$$\epsilon_0 = -1.14 \times 10^{-3}$$



kromming	$\frac{-\varepsilon_0}{x} = 0.031 \frac{1}{m}$	uit dek $\kappa_{1kar} = 0.018 \frac{1}{m}$
drukkracht beton	$N'_b(x, \varepsilon_0) = -417 \cdot \frac{kN}{m}$	
uitwendige normaaltrekkkracht	$N_{1kar} = 182 \cdot \frac{kN}{m}$	
normaalkracht in bovenwapening	$N_{sb}(x, \varepsilon_0) = 602 \cdot \frac{kN}{m}$	$\sigma_{s1kar} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 1 \cdot MPa$
normaalkracht in onderwapening	$N_{so}(x, \varepsilon_0) = -3 \cdot \frac{kN}{m}$	$\sigma_{so} := \frac{N_{so}(x, \varepsilon_0)}{A_{so}} = -4 \cdot MPa$

4.3.2 Verkeersbelasting configuratie 1 - frequente combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{1freq} := M_{1freq} + 0.8 \cdot \frac{1}{12} \cdot p_{TS} \cdot L^2 = 33.7 \cdot \frac{kNm}{m}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{1freq} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot 0.8 \cdot N_{rem} = 165.9 \cdot \frac{kN}{m}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{1freq} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{1freq} \cdot 0.5 \cdot h - M_{1freq} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x_{1freq} := x = 36.2 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{1freq} := \varepsilon_0 = -9.37 \times 10^{-4}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s1freq} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 335 \cdot MPa$

4.3.3 Verkeersbelasting configuratie 2 - karakteristieke combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{2kar} = 47.0 \cdot \frac{kNm}{m}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{2kar} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot N_{rem} = 182.4 \cdot \frac{kN}{m}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{2kar} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{brep}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{2kar} \cdot 0.5 \cdot h - M_{2kar} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x = 37.2 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_0 = -1.3 \times 10^{-3}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s2kar} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 445 \cdot MPa$

4.3.4 Verkeersbelasting configuratie 2 - frequente combinatie

moment door kromming + verkeer $M_{2\text{freq}} = 38.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$

normaalkracht door verkorting + rembelasting $N_{2\text{freq}} := N_{\varepsilon} + 0.8 \cdot 0.8 \cdot N_{\text{rem}} = 165.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Given

$$N'_b(x, \varepsilon_0) + N_{sb}(x, \varepsilon_0) + N_{so}(x, \varepsilon_0) - N_{2\text{freq}} = 0$$

$$\int_0^h \sigma_{\text{brep}}(\varepsilon(z, x, \varepsilon_0)) \cdot z \, dz + d_o \cdot N_{so}(x, \varepsilon_0) + d_b \cdot N_{sb}(x, \varepsilon_0) - N_{2\text{freq}} \cdot 0.5 \cdot h - M_{2\text{freq}} = 0$$

$$\begin{pmatrix} x \\ \varepsilon_0 \end{pmatrix} := \text{Find}(x, \varepsilon_0) \quad x_{2\text{freq}} := x = 36.8 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{2\text{freq}} := \varepsilon_0 = -1.065 \times 10^{-3}$$

staalspanning in bovenwapening $\sigma_{s2\text{freq}} := \frac{N_{sb}(x, \varepsilon_0)}{A_{sb}} = 372 \cdot \text{MPa}$

4.2.5 Samenvatting van staalspanningen door belastingen en opgelegde vervormingen

verkeer config 1	karakteristiek	$M_{1\text{kar}} = 41.0 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{1\text{kar}} = 182 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s1\text{kar}} = 399 \cdot \text{MPa}$
	frequent	$M_{1\text{freq}} = 33.7 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{1\text{freq}} = 166 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s1\text{freq}} = 335 \cdot \text{MPa}$
verkeer config 2	karakteristiek	$M_{2\text{kar}} = 47.0 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{2\text{kar}} = 182 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s2\text{kar}} = 445 \cdot \text{MPa}$
	frequent	$M_{2\text{freq}} = 38.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$N_{2\text{freq}} = 166 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$\sigma_{s2\text{freq}} = 372 \cdot \text{MPa}$

4.4 Toets maximale staalspanning

NEN-EN 1992-1-1, art. 7.2 (5)

maatgevende staalspanning	$\sigma_{\text{skar}} := \max(\sigma_{s1\text{kar}}, \sigma_{s2\text{kar}})$	$\sigma_{\text{skar}} = 445 \cdot \text{MPa}$
toelaatbare staalspanning	$k_4 := 1.0 \quad \sigma_{\text{max}} := k_4 \cdot f_{yk}$	$\sigma_{\text{max}} = 500 \cdot \text{MPa}$
toets staalspanning	$uc_5 := \frac{\sigma_{\text{skar}}}{\sigma_{\text{max}}}$	$uc_5 = 0.89$

4.5 Scheurwijdte toets

NEN-EN 1992-1-1, art. 7.3.4

maatgevende staalspanning	$\sigma_s := \max(\sigma_{s1\text{freq}}, \sigma_{s2\text{freq}})$	$\sigma_s = 372 \cdot \text{MPa}$
bijbehorende drukzonehoogte	$x_{\text{rep}} := \text{if}(\sigma_{s1\text{freq}} > \sigma_{s2\text{freq}}, x_{1\text{freq}}, x_{2\text{freq}})$	$x_{\text{rep}} = 36.8 \cdot \text{mm}$
bijbehorende rek onderzijde	$\varepsilon_2 := \text{if}(\sigma_{s1\text{freq}} > \sigma_{s2\text{freq}}, \varepsilon_{1\text{freq}}, \varepsilon_{2\text{freq}})$	$\varepsilon_2 = -1.07 \times 10^{-3}$
bijbehorende rek bovenzijde	$\varepsilon_1 := \frac{h - x}{x} \cdot -\varepsilon_2$	$\varepsilon_1 = 3.57 \times 10^{-3}$
verhouding elasticiteitsmoduli	$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}}$	$\alpha_e = 5.87$

factor belastingsduur	kortdurend (hoofdzakelijk verkeer)	$k_t := 0.6$
effectieve treksterkte	$f_{ct,eff} := f_{ctm}$	$f_{ct,eff} = 3.21 \cdot \text{MPa}$
effectieve hoogte	$h_{c,ef} := \min \left[2.5 \cdot (h - d_b), \frac{h - x_{rep}}{3}, \frac{h}{2} \right]$	$h_{c,ef} = 41 \cdot \text{mm}$
vergroting effectieve hoogte volgens Duitse NB	$h_{c,ef} := \begin{cases} \frac{h - x_{rep}}{2} & \text{if } c_b + \frac{1}{2} \cdot \varnothing_b > h_{c,ef} \\ h_{c,ef} & \text{otherwise} \end{cases}$	$h_{c,ef} = 62 \cdot \text{mm}$
effectieve oppervlakte	$A_{c,eff} := h_{c,ef}$	$A_{c,eff} = 61612 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$
effectieve wapeningsfractie	$\rho_{p,eff} := \frac{A_{sb}}{A_{c,eff}}$	$\rho_{p,eff} = 0.024$
rekverschil tussen scheuren	$\Delta \epsilon := \max \left[\frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \right]$ $\Delta \epsilon = 0.00141$	
scheurafstand	$k_1 := 0.8$ $k_2 := \max \left(\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2 \cdot \epsilon_1}, 0.5 \right)$ $k_3 := 3.4$ $k_4 := 0.425$ $s_{r,max} := \begin{cases} \left(k_3 \cdot c_b + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varnothing_b}{\rho_{p,eff}} \right) & \text{if } s_b < 5 \cdot \left(c_b + \frac{\varnothing_b}{2} \right) \\ 1.3 \cdot (h - x_{rep}) & \text{if } s_b > 5 \cdot \left(c_b + \frac{\varnothing_b}{2} \right) \end{cases}$ $s_{r,max} = 264 \cdot \text{mm}$	$k_2 = 0.5$
scheurwijdte	$w_k := \frac{s_{r,max}}{\sin(\alpha)} \cdot \Delta \epsilon$	$w_k = 0.37 \cdot \text{mm}$
toelaatbare scheurwijdte	$k_x := \frac{c_b}{c_{nom,b}}$ $w_{max} = 0.40 \cdot \text{mm}$	$k_x = 1.06$
toets scheurwijdte	$uc_6 := \frac{w_k}{k_x \cdot w_{max}}$	$uc_6 = 0.88$

5. TOETS VERMOEIING (UGT/FAT)

5.1 Staal- en betonspanning als functie van moment en kromming

reklijn als functie van z en x $\epsilon(z, x) := \epsilon_{c3} - \frac{\epsilon_{c3}}{x} \cdot z$ $\epsilon_{c3} = -1.75 \times 10^{-3}$

resulterende drukkracht beton $N'_b(x) := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x)) dz$

kracht in bovenwapening $N_{sb}(x) := A_{sb} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_b, x)$

kracht in onderwapening $N_{so}(x) := A_{so} \cdot E_s \cdot \epsilon(d_o, x)$

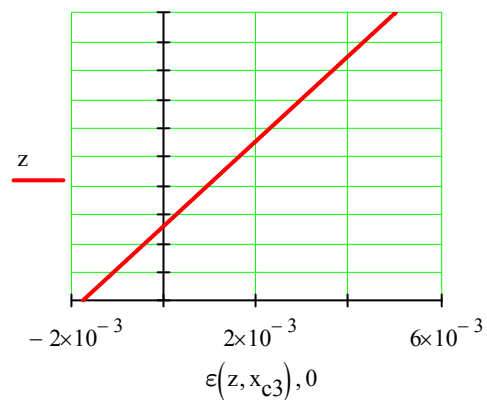
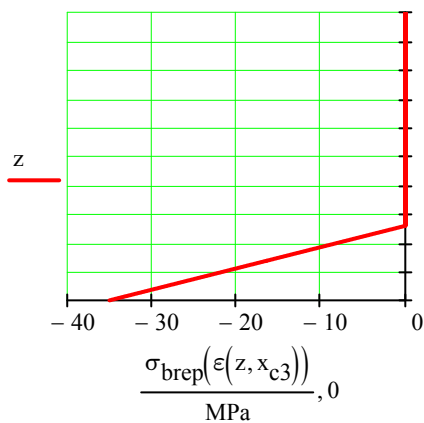
schatwaarde drukzonehoogte $x := 0.5 \cdot h$

Given

$$N'_b(x) + N_{sb}(x) + N_{so}(x) = 0$$

$$x_{c3} := \text{Find}(x) \quad x_{c3} = 41.4 \cdot \text{mm}$$

$$z := 0 \text{mm}, 0.1 \text{mm} \dots h$$



drukkracht beton $N'_b(x_{c3}) = -725 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

kromming $\kappa_{c3} := \frac{-\epsilon_{c3}}{x_{c3}} = 0.042 \frac{1}{\text{m}}$

normaalkracht in bovenwapening $N_{sb}(x_{c3}) = 759 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $\sigma_{c3} := \frac{N_{sb}(x_{c3})}{A_{sb}} = 504 \cdot \text{MPa}$

representatief moment

$$M_{c3} := \int_0^h \sigma_{brep}(\epsilon(z, x_{rep})) \cdot z dz + d_o \cdot N_{so}(x_{rep}) + d_b \cdot N_{sb}(x_{rep}) \quad M_{c3} = 85 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

lineaire relatie tussen kromming en staalspanning

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) := \frac{\kappa}{\kappa_{c3}} \cdot \sigma_{c3}$$

lineaire relatie tussen moment en staalspanning

$$\sigma_{sM}(M) := \frac{M}{M_{c3}} \cdot \sigma_{c3}$$

lineaire relatie tussen kromming en betondrukspanning

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) := \frac{\kappa}{\kappa_{c3}} \cdot f_{ck}$$

lineaire relatie tussen moment en betondrukspanning

$$\sigma_{bM}(M) := \frac{M}{M_{c3}} \cdot f_{ck}$$

5.2 Vermoeingsbelasting

hoekverdraaiing door TS1 in aangrenzend veld
in het hart van de rijstrook voor zwaar verkeer

$$\phi_{TS1} = 1.9 \cdot \text{mrad}$$

bijbehorende overspanning aangrenzend veld

$$L_{\text{veld}} = 15.6 \text{ m}$$

equivalente buigstijfheid aansluitend veld

$$EI_{\text{veld}} := \frac{600 \text{ kN} \cdot L_{\text{veld}}^2}{16 \cdot \phi_{TS1}} = 4.80 \times 10^6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^2$$

afmetingen wielprenten

type A

$$a_A := 0.3 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.7 \text{ m}$$

(ROK Tabel 5-7)

$$b_A := 0.25 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.65 \text{ m}$$

type B

$$a_B := a_A = 0.7 \text{ m}$$

$$b_B := 0.25 \text{ m} + 0.1 \text{ m} + 0.25 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 1 \text{ m}$$

type C

$$a_C := a_A = 0.7 \text{ m}$$

$$b_C := 0.333 \text{ m} + 2 \cdot 0.12 \text{ m} + h = 0.733 \text{ m}$$

belaste lengte van de voeg

$$a := \min(L_t, a_A) \quad a = 0.7 \text{ m}$$

Voertuigtype 1 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_1 := 750000 \cdot t_{\text{ref}} = 3.75 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 1$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 130 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 200 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := 4.50 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 44.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 4.5 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 0.62 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 34.1 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 2.4 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 1

$$\sigma_{s1} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.2 \\ 34.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b1} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \\ 2.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 2 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_2 := 600000 \cdot t_{\text{ref}} = 3 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 2$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 120 \\ 120 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{[6 \cdot (L_t)^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2]}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.6 \\ 30.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 310 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (4.2 + 1.3) \text{ m} = 5.5 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 56.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 5.5 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 0.94 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 52.2 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 3.6 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 2

$$\sigma_{s2} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.6 \\ 30.6 \\ 52.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b2} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \\ 3.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 3 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_3 := 600000 \cdot t_{\text{ref}} = 3 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 4$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 150 \\ 90 \\ 90 \\ 90 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_B \\ a_C \\ a_C \\ a_C \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_B \\ b_C \\ b_C \\ b_C \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{(L_t)^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 490 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := 3.2\text{m} + 5.2\text{m} + 1.3\text{m} + 1.3\text{m} = 11\text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 44.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 11\text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.29 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 71.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 5.0 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 3

$$\sigma_{s3} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \\ 71.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b3} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 4 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_4 := 230000 \cdot t_{\text{ref}} = 1.15 \times 10^7$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 7$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 90 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_C \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_C \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

	$\sigma_s := 0$ $\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.3 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$
	$\sigma_b := 0$ $\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$
equivalent voertuiggewicht	$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 580 \cdot \text{kN}$
afstand tussen eerste en laatste as	$L_{\text{voertuig}} := (3.2 + 1.3 + 4.4 + 1.3 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{m}$
	$L_{\text{voertuig}} = 14.1 \text{ m}$
equivalente lijnlast over lengte a	$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 41.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
belaste lengte van veld	$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 14.1 \text{ m}$
hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld	$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.34 \cdot \text{mrad}$
kromming en staalspanning	$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$ $\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 74.1 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$ $\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 5.1 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$
resume spanningswisselingen voertuigtype 4	$\sigma_{s4} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.3 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 74.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b4} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 5.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$

Voertuigtype 5 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_5 := 66000 \cdot t_{\text{ref}} = 3.3 \times 10^6$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0..7$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 70 \\ 170 \\ 160 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \\ 70 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_A \\ a_B \\ a_B \\ a_A \\ a_A \\ a_A \\ a_A \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_A \\ b_B \\ b_B \\ b_A \\ b_A \\ b_A \\ b_A \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{(L_t)^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.4 \\ 40.8 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.0 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 750 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.5 + 2.4 + 1.3 + 9.5 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{ m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 18.6 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 40.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 15.6 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 1.33 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 73.6 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 5.1 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 5

$$\sigma_{s5} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.4 \\ 40.8 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 73.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b5} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 5.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 6 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_6 := 3100 \cdot t_{\text{ref}} = 1.55 \times 10^5$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 70 \\ 70 \\ 180 \\ 190 \\ 190 \\ 70 \\ 180 \\ 190 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_A \\ a_A \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_A \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_A \\ b_A \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_A \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 950 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.7 + 3.3 + 1.3 + 3.5 + 3.5 + 1.3) \text{m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 14.6 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 65.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 14.6 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.13 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t} \quad \sigma_{s\kappa}(\kappa) = 118.1 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 118.1 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 8.2 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 6

$$\sigma_{s6} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 118.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b6} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 8.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 7 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_7 := 500 \cdot t_{\text{ref}} = 2.5 \times 10^4$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0..5$$

$$Q := \begin{pmatrix} 170 \\ 170 \\ 200 \\ 180 \\ 180 \\ 190 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 43.4 \\ 43.4 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 48.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1090 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.4 + 1.3 + 5.5 + 1.3 + 1.3) \text{ m} = 11.8 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 92.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 11.8 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.79 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 154.8 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 10.8 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 7

$$\sigma_{s7} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 43.4 \\ 43.4 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 154.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b7} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 10.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 8 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_8 := 200 \cdot t_{\text{ref}} = 1 \times 10^4$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 130 \\ 160 \\ 170 \\ 220 \\ 200 \\ 170 \\ 170 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0$$

$$\sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 40.8 \\ 43.4 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 43.4 \\ 43.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0$$

$$\sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1220 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.5 + 1.3 + 5.2 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{m} = 12.9 \text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 94.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 12.9 \text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.98 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 165.3 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 11.5 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 8

$$\sigma_{s8} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 40.8 \\ 43.4 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 43.4 \\ 43.4 \\ 165.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b8} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \\ 11.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 9 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_9 := 100 \cdot t_{\text{ref}} = 5 \times 10^3$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0 \dots 6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 130 \\ 130 \\ 180 \\ 180 \\ 220 \\ 220 \\ 220 \end{pmatrix} \text{kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 33.2 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 56.1 \\ 56.1 \\ 56.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1280 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (1.4 + 2.6 + 1.3 + 6.1 + 1.9 + 1.9) \text{m} = 15.2 \text{m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 84.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 15.2 \text{m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.77 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 153.6 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 10.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 9

$$\sigma_{s9} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 33.2 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 56.1 \\ 56.1 \\ 56.1 \\ 153.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b9} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 10.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

Voertuigtype 10 (ROK tabel 5-7)

aantal passages over ontwerplevensduur

$$n_{10} := 100 \cdot t_{\text{ref}} = 5 \times 10^3$$

aslasten en afmetingen wielprenten

$$i := 0..6$$

$$Q := \begin{pmatrix} 90 \\ 90 \\ 240 \\ 220 \\ 200 \\ 180 \\ 190 \\ 200 \end{pmatrix} \text{ kN} \quad x := \begin{pmatrix} a_C \\ a_C \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \\ a_B \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} b_C \\ b_C \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \\ b_B \end{pmatrix}$$

spanningswisselingen door aslasten op voeg

$$p_i := \frac{0.5 \cdot Q_i}{x_i \cdot y_i}$$

$$M_i := \frac{1}{12} \cdot p_i \cdot a^2 \cdot \frac{(6 \cdot L_t^2 - 8 \cdot a \cdot L_t + 3 \cdot a^2)}{L_t^2}$$

$$\sigma_s := 0 \quad \sigma_{s_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{sM}(M_i) \quad \sigma_s = \begin{pmatrix} 31.3 \\ 31.3 \\ 61.2 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 48.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_b := 0 \quad \sigma_{b_i} := \xi_1 \cdot \sigma_{bM}(M_i) \quad \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.3 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

equivalent voertuiggewicht

$$Q_{\text{tot}} := \sum Q = 1410 \cdot \text{kN}$$

afstand tussen eerste en laatste as

$$L_{\text{voertuig}} := (2.4 + 1.3 + 1.3 + 9.5 + 1.3 + 1.3 + 1.3) \text{ m}$$

$$L_{\text{voertuig}} = 18.4 \text{ m}$$

equivalente lijnlast over lengte a

$$q := \frac{Q_{\text{tot}}}{L_{\text{voertuig}}} = 76.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

belaste lengte van veld

$$L_{\text{bel}} := \min(L_{\text{voertuig}}, L_{\text{veld}}) = 15.6 \text{ m}$$

hoekverdraaiing vanuit aangrenzend veld

$$\phi := \frac{1}{48} \cdot \frac{q \cdot L_{\text{bel}} \cdot (3 \cdot L_{\text{veld}}^2 - L_{\text{bel}}^2)}{EI_{\text{veld}}} = 2.52 \cdot \text{mrad}$$

kromming en staalspanning

$$\kappa := \xi_2 \cdot \frac{4 \cdot \phi}{L_t}$$

$$\sigma_{s\kappa}(\kappa) = 139.9 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{s\text{rows}}(\sigma_s) := \sigma_{s\kappa}(\kappa)$$

$$\sigma_{b\kappa}(\kappa) = 9.7 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b\text{rows}}(\sigma_b) := \sigma_{b\kappa}(\kappa)$$

resume spanningswisselingen voertuigtype 10

$$\sigma_{s10} := \sigma_s = \begin{pmatrix} 31.3 \\ 31.3 \\ 61.2 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 139.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{b10} := \sigma_b = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.3 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 9.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa}$$

5.3 Vermoeiingsschade volgens Miner

SN-curve betonstaal
(NEN-EN 1992-1-1, 6.8.4)

NEN-EN 1992-1-1, 6.8.4 en NEN-EN 1992-2, 6.8.7

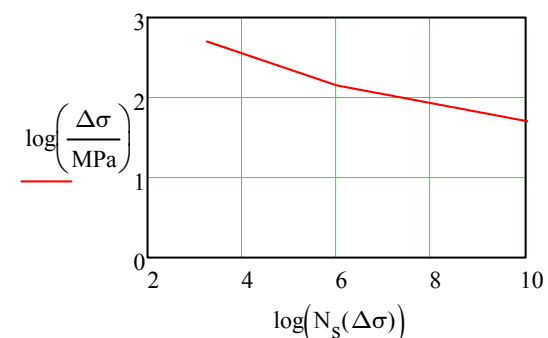
$$k_1 := 5 \quad k_2 := 9$$

$$\Delta\sigma_{\text{Rsk}} := 162.5 \text{MPa} \quad \gamma_{s,\text{fat}} := 1.15$$

$$N_{\text{ster}} := 10^6$$

$$N_s(\Delta\sigma) := \begin{cases} \left(\frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}} \cdot \Delta\sigma} \right)^{k_1} \cdot N_{\text{ster}} & \text{if } \Delta\sigma \geq \frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}}} \\ \left(\frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}} \cdot \Delta\sigma} \right)^{k_2} \cdot N_{\text{ster}} & \text{if } \Delta\sigma < \frac{\Delta\sigma_{\text{Rsk}}}{\gamma_{s,\text{fat}}} \end{cases}$$

$$\Delta\sigma := 0 \text{MPa}, 1 \text{MPa} \dots f_{yk}$$



SN-curve beton onder druk
(NEN-EN 1992-2, 6.8.7)

$$k_1 := 1.0 \quad \beta_{cc} := 1.0$$

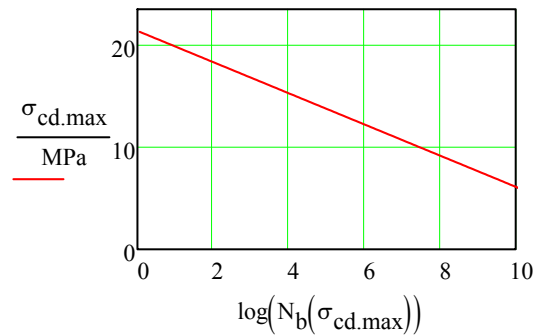
$$f_{cd,\text{fat}} := k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{400 \text{MPa}} \right)$$

$$f_{cd.fat} = 21.3 \cdot \text{MPa}$$

De minimale drukspanning is 0 MPa. Hieruit volgt:

$$N_b(\sigma_{cd.max}) := 10^{14 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cd.max}}{f_{cd.fat}}\right)}$$

$$\sigma_{cd.max} := 0 \text{MPa}, 0.1 \text{MPa} .. f_{cd.fat}$$



Voertuigtype 1

$$n_1 = 3.75 \times 10^7 \quad i := 0..2$$

$$\sigma_{s1} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 33.2 \\ 34.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{1i} := N_s(\sigma_{s1i}) \quad D_{s1} := \frac{n_1}{N_1} = \begin{pmatrix} 1.48 \times 10^{-5} \\ 8.07 \times 10^{-5} \\ 1.05 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s1} = 2.00 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_{b1} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.3 \\ 2.4 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{1i} := N_b(\sigma_{b1i}) \quad D_{b1} := \frac{n_1}{N_1} = \begin{pmatrix} 6.75 \times 10^{-6} \\ 1.23 \times 10^{-5} \\ 1.36 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b1} = 3.26 \times 10^{-5}$$

Voertuigtype 2

$$n_2 = 3 \times 10^7 \quad i := 0..3$$

$$\sigma_{s2} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 30.6 \\ 30.6 \\ 52.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{2i} := N_s(\sigma_{s2i}) \quad D_{s2} := \frac{n_2}{N_2} = \begin{pmatrix} 1.19 \times 10^{-5} \\ 3.14 \times 10^{-5} \\ 3.14 \times 10^{-5} \\ 3.81 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s2} = 3.89 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{b2} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.1 \\ 2.1 \\ 3.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{2i} := N_b(\sigma_{b2i}) \quad D_{b2} := \frac{n_2}{N_2} = \begin{pmatrix} 5.4 \times 10^{-6} \\ 7.51 \times 10^{-6} \\ 7.51 \times 10^{-6} \\ 7.26 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b2} = 9.30 \times 10^{-5}$$

Voertuigtype 3

$$n_3 = 3 \times 10^7$$

$$i := 0..5$$

$$\sigma_{s3} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 38.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \\ 31.3 \\ 71.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{3_i} := N_s(\sigma_{s3_i}) \quad D_{s3} := \frac{n_3}{N_3} = \begin{pmatrix} 1.19 \times 10^{-5} \\ 2.34 \times 10^{-4} \\ 3.86 \times 10^{-5} \\ 3.86 \times 10^{-5} \\ 3.86 \times 10^{-5} \\ 0.07 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s3} = 0.07$$

$$\sigma_{b3} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.7 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 2.2 \\ 5.0 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{3_i} := N_b(\sigma_{b3_i}) \quad D_{b3} := \frac{n_3}{N_3} = \begin{pmatrix} 5.4 \times 10^{-6} \\ 1.68 \times 10^{-5} \\ 8.09 \times 10^{-6} \\ 8.09 \times 10^{-6} \\ 8.09 \times 10^{-6} \\ 5.71 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b3} = 6.17 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 4

$$n_4 = 1.15 \times 10^7$$

$$i := 0..8$$

$$\sigma_{s4} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 31.3 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 74.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{4_i} := N_s(\sigma_{s4_i}) \quad D_{s4} := \frac{n_4}{N_4} = \begin{pmatrix} 4.55 \times 10^{-6} \\ 1.48 \times 10^{-5} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 4.55 \times 10^{-6} \\ 0.03 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s4} = 0.03$$

$$\sigma_{b4} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 2.2 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 5.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{4_i} := N_b(\sigma_{b4_i}) \quad D_{b4} := \frac{n_4}{N_4} = \begin{pmatrix} 2.07 \times 10^{-6} \\ 3.1 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.07 \times 10^{-6} \\ 2.8 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b4} = 2.97 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 5

$$n_5 = 3.3 \times 10^6 \quad i := 0..8$$

$$\sigma_{s5} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 43.4 \\ 40.8 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 27.5 \\ 73.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{5_i} := N_s(\sigma_{s5_i}) \quad D_{s5} := \frac{n_5}{N_5} = \begin{pmatrix} 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 7.94 \times 10^{-5} \\ 4.6 \times 10^{-5} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 1.31 \times 10^{-6} \\ 9.32 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s5} = 9.45 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{b5} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.0 \\ 2.8 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 1.9 \\ 5.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{5_i} := N_b(\sigma_{b5_i}) \quad D_{b5} := \frac{n_5}{N_5} = \begin{pmatrix} 5.94 \times 10^{-7} \\ 5.94 \times 10^{-7} \\ 3.16 \times 10^{-6} \\ 2.42 \times 10^{-6} \\ 5.94 \times 10^{-7} \\ 5.94 \times 10^{-7} \\ 5.94 \times 10^{-7} \\ 5.94 \times 10^{-7} \\ 7.63 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b5} = 8.55 \times 10^{-5}$$

Voertuigtype 6

$$n_6 = 1.55 \times 10^5$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s6} = \begin{pmatrix} 27.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 27.5 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 118.1 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{6i} := N_s(\sigma_{s6i}) \quad D_{s6} := \frac{n_6}{N_6} = \begin{pmatrix} 6.13 \times 10^{-8} \\ 6.13 \times 10^{-8} \\ 6.24 \times 10^{-6} \\ 1.02 \times 10^{-5} \\ 6.13 \times 10^{-8} \\ 6.24 \times 10^{-6} \\ 1.02 \times 10^{-5} \\ 0.03 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s6} = 0.03$$

$$\sigma_{b6} = \begin{pmatrix} 1.9 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 1.9 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 8.2 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{6i} := N_b(\sigma_{b6i}) \quad D_{b6} := \frac{n_6}{N_6} = \begin{pmatrix} 2.79 \times 10^{-8} \\ 2.79 \times 10^{-8} \\ 1.94 \times 10^{-7} \\ 2.54 \times 10^{-7} \\ 2.79 \times 10^{-8} \\ 1.94 \times 10^{-7} \\ 2.54 \times 10^{-7} \\ 3.86 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b6} = 3.87 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 7

$$n_7 = 2.5 \times 10^4$$

$$i := 0..6$$

$$\sigma_{s7} = \begin{pmatrix} 43.4 \\ 43.4 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 154.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{7i} := N_s(\sigma_{s7i}) \quad D_{s7} := \frac{n_7}{N_7} = \begin{pmatrix} 6.02 \times 10^{-7} \\ 6.02 \times 10^{-7} \\ 2.6 \times 10^{-6} \\ 1.01 \times 10^{-6} \\ 1.01 \times 10^{-6} \\ 1.64 \times 10^{-6} \\ 0.04 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s7} = 0.04$$

$$\sigma_{b7} = \begin{pmatrix} 3.0 \\ 3.0 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 10.8 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{7_i} := N_b(\sigma_{b7_i}) \quad D_{b7} := \frac{n_7}{N_7} = \begin{pmatrix} 2.39 \times 10^{-8} \\ 2.39 \times 10^{-8} \\ 5.36 \times 10^{-8} \\ 3.13 \times 10^{-8} \\ 3.13 \times 10^{-8} \\ 4.1 \times 10^{-8} \\ 2.98 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b7} = 2.98 \times 10^{-3}$$

Voertuigtype 8

$$n_8 = 1 \times 10^4 \quad i := 0..7$$

$$\sigma_{s8} = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 40.8 \\ 43.4 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 43.4 \\ 43.4 \\ 165.3 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{8_i} := N_s(\sigma_{s8_i}) \quad D_{s8} := \frac{n_8}{N_8} = \begin{pmatrix} 2.15 \times 10^{-8} \\ 1.4 \times 10^{-7} \\ 2.41 \times 10^{-7} \\ 2.45 \times 10^{-6} \\ 1.04 \times 10^{-6} \\ 2.41 \times 10^{-7} \\ 2.41 \times 10^{-7} \\ 0.02 \end{pmatrix} \quad \sum D_{s8} = 0.02$$

$$\sigma_{b8} = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.8 \\ 3.0 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.0 \\ 3.0 \\ 11.5 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{8_i} := N_b(\sigma_{b8_i}) \quad D_{b8} := \frac{n_8}{N_8} = \begin{pmatrix} 3.27 \times 10^{-9} \\ 7.32 \times 10^{-9} \\ 9.58 \times 10^{-9} \\ 3.67 \times 10^{-8} \\ 2.14 \times 10^{-8} \\ 9.58 \times 10^{-9} \\ 9.58 \times 10^{-9} \\ 3.6 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b8} = 3.60 \times 10^{-3}$$

Voertuigtype 9

$$n_9 = 5 \times 10^3$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s9} = \begin{pmatrix} 33.2 \\ 33.2 \\ 45.9 \\ 45.9 \\ 56.1 \\ 56.1 \\ 56.1 \\ 153.6 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{9i} := N_s(\sigma_{s9i}) \quad D_{s9} := \frac{n_9}{N_9} = \begin{pmatrix} 1.08 \times 10^{-8} \\ 1.08 \times 10^{-8} \\ 2.01 \times 10^{-7} \\ 2.01 \times 10^{-7} \\ 1.23 \times 10^{-6} \\ 1.23 \times 10^{-6} \\ 1.23 \times 10^{-6} \\ 7.58 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s9} = 7.58 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{b9} = \begin{pmatrix} 2.3 \\ 2.3 \\ 3.2 \\ 3.2 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 3.9 \\ 10.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{9i} := N_b(\sigma_{b9i}) \quad D_{b9} := \frac{n_9}{N_9} = \begin{pmatrix} 1.64 \times 10^{-9} \\ 1.64 \times 10^{-9} \\ 6.26 \times 10^{-9} \\ 6.26 \times 10^{-9} \\ 1.83 \times 10^{-8} \\ 1.83 \times 10^{-8} \\ 1.83 \times 10^{-8} \\ 5.22 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b9} = 5.22 \times 10^{-4}$$

Voertuigtype 10

$$n_{10} = 5 \times 10^3$$

$$i := 0..7$$

$$\sigma_{s10} = \begin{pmatrix} 31.3 \\ 31.3 \\ 61.2 \\ 56.1 \\ 51.0 \\ 45.9 \\ 48.5 \\ 139.9 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{10i} := N_s(\sigma_{s10i}) \quad D_{s10} := \frac{n_{10}}{N_{10}} = \begin{pmatrix} 6.44 \times 10^{-9} \\ 6.44 \times 10^{-9} \\ 2.68 \times 10^{-6} \\ 1.23 \times 10^{-6} \\ 5.2 \times 10^{-7} \\ 2.01 \times 10^{-7} \\ 3.28 \times 10^{-7} \\ 4.56 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad \sum D_{s10} = 4.57 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_{b10} = \begin{pmatrix} 2.2 \\ 2.2 \\ 4.3 \\ 3.9 \\ 3.5 \\ 3.2 \\ 3.4 \\ 9.7 \end{pmatrix} \cdot \text{MPa} \quad N_{10_i} := N_b(\sigma_{b10_i}) \quad D_{b10} := \frac{n_{10}}{N_{10}} = \begin{pmatrix} 1.35 \times 10^{-9} \\ 1.35 \times 10^{-9} \\ 3.13 \times 10^{-8} \\ 1.83 \times 10^{-8} \\ 1.07 \times 10^{-8} \\ 6.26 \times 10^{-9} \\ 8.19 \times 10^{-9} \\ 1.24 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \sum D_{b10} = 1.24 \times 10^{-4}$$

5.4 Vermoeiingstoetsen

Totale vermoeiingsschade betonstaal

$$D_s := \sum D_{s1} + \sum D_{s2} + \sum D_{s3} + \sum D_{s4} + \sum D_{s5} + \sum D_{s6} + \sum D_{s7} + \sum D_{s8} + \sum D_{s9} + \sum D_{s10}$$

$$uc_7 := D_s = 0.22$$

Totale vermoeiingsschade beton onder druk

$$D_b := \sum D_{b1} + \sum D_{b2} + \sum D_{b3} + \sum D_{b4} + \sum D_{b5} + \sum D_{b6} + \sum D_{b7} + \sum D_{b8} + \sum D_{b9} + \sum D_{b10}$$

$$uc_8 := D_b = 0.009$$

6. Detaillierungsregels

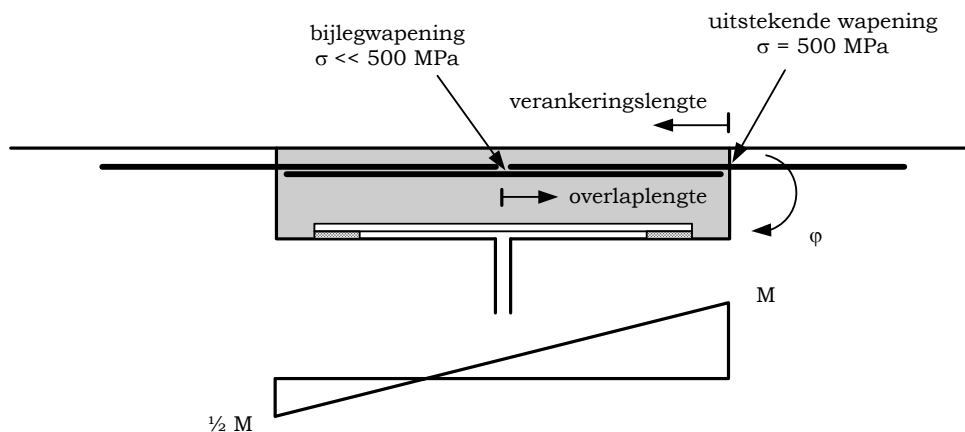
6.1 Tussenafstanden

NEN-EN 1992-1-1, art. 8.2 (2)

maximale staafdiameter	$\varnothing_{\max} := \max(\varnothing_b, \varnothing_o, \varnothing_{\text{dwars}})$	$\varnothing_{\max} = 12 \cdot \text{mm}$
factor k_1	$k_1 := 1$	
waarde k_2	$k_2 := 5 \text{ mm}$	
vereiste verticale tussenafstand	$s_{\min.v} := \max(k_1 \cdot \varnothing_{\max}, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$	
	$s_{\min.v} = 21 \cdot \text{mm}$	
aanwezige verticale tussenafstand	$s_{\text{vert}} := h - c_b - \varnothing_b - c_o - \varnothing_o - 2 \cdot \varnothing_{\text{dwars}} = 29 \cdot \text{mm}$	
controle verticale tussenafstand	$\text{controle3} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } s_{\text{vert}} \geq s_{\min.v} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$	
	controle3 = "voldoet"	
vereiste horizontale tussenafstand	$s_{\min.b} := \max(k_1 \cdot \varnothing_b, d_g + k_2, 20 \text{ mm})$	
	$s_{\min.b} = 21 \cdot \text{mm}$	
aanwezige horizontale tussenafstand	$s_{\text{hor}} := s_b - 2 \cdot \varnothing_b = 51 \cdot \text{mm}$	
controle staafafstand boven	$\text{controle4} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } s_{\text{hor}} \geq s_{\min.b} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$	
	controle4 = "voldoet"	

6.2 Verankeringslengte

De minimaal benodigde verankeringslengte (= overlaplengte) in de voeg is met NEN-EN 1992-1-1, 8.4.2 t/m 8.4.4 bepaald. Daarbij hoeft de toeslag voor overlapping conform 8.7.3 niet in rekening te worden gebracht. Dit is in de figuur geïllustreerd voor kokerliggers, waarbij voegwapening wordt bijgelegd. De overlaplengte geldt alleen voor de resterende spanning in de bijlegwapening in het midden van de voeg en deze spanning is veel kleiner dan de spanning ter plaatse van de inklemming.



rekenwaarde treksterkte

$$\alpha_{ct} := 1.0$$

$$f_{ctk.0.05} := 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctk.0.05} = 2.25 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{ctd} := \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk.0.05}}{\gamma_C}$$

$$f_{ctd} = 1.50 \cdot \text{MPa}$$

opneembare aanhechtspanning

$$\eta_1 := 1.0 \quad (\text{goede aanhechtingsomstandigheden})$$

$$\eta_2 := 1.0 \quad (\text{staafdiameter} < 32 \text{ mm})$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$f_{bd} = 3.37 \cdot \text{MPa}$$

basisverankeringslengte

$$l_{b.rqd} := \frac{\varnothing_b}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

$$l_{b.rqd} = 387 \cdot \text{mm}$$

bepaling factoren α_1 t/m α_5

$$\alpha_1 := 1.0 \quad \alpha_3 := 1.0 \quad \alpha_4 := 1.0 \quad \alpha_5 := 1.0$$

$$c_d := \min\left(\frac{s_{hor}}{2}, c_b\right)$$

$$c_d = 25.5 \cdot \text{mm}$$

$$\alpha_2 := \begin{cases} \left(1 - 0.15 \cdot \frac{c_d - \varnothing_b}{\varnothing_b}\right) & \text{if } c_d \leq 3 \cdot \varnothing_b \wedge c_d \geq \varnothing_b \\ 0.7 & \text{if } c_d > 3 \cdot \varnothing_b \\ 1.0 & \text{if } c_d < \varnothing_b \end{cases}$$

$$\alpha_2 = 0.83$$

ondergrens verankeringslengte

$$l_{b.min} := \max(0.3 \cdot l_{b.rqd}, 10 \cdot \varnothing_b, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b.min} = 120 \cdot \text{mm}$$

rekenwaarde verankeringslengte

$$l_{bd} := \max(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b.rqd}, l_{b.min})$$

$$l_{bd} = 322 \cdot \text{mm}$$

toets bij kokerliggers

$$\text{controle5} := \begin{cases} \text{"voldoet"} & \text{if } 0.5 \cdot L_t \geq l_{bd} \\ \text{"voldoet niet"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{controle5} = \text{"voldoet"}$$

7. SAMENVATTING

Toets sterkte (UGT/STR)

Buiging en trek

momentcapaciteit	$M_{Ed} = 19.5 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$M_{Rd} = 49.8 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$	$uc_1 = 0.39$

betondrukzonehoogte	$x_u = 32.6 \cdot \text{mm}$	$x_{u\max} = 54.0 \cdot \text{mm}$	$uc_2 = 0.60$

Dwarskracht en trek

dwarskrachtcapaciteit	$V_{Ed\beta} = 72.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$V_{Rd.c} = 80.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$uc_3 = 0.90$

betondrukdiagonaal	$V_{Ed} = 113.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$V_{Rd.\max} = 608.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	$uc_4 = 0.19$

Toets scheurvorming (BGT)

maximale staalspanning	$\sigma_{skar} = 445 \cdot \text{MPa}$	$\sigma_{\max} = 500 \cdot \text{MPa}$	$uc_5 = 0.89$

scheurwijdte	$w_k = 0.37 \cdot \text{mm}$	$k_x \cdot w_{\max} = 0.42 \cdot \text{mm}$	$uc_6 = 0.88$

Toets vermoeiing (UGT/STR)

betonstaal	schade volgens Miner	$D_s = 0.22$	$uc_7 = 0.22$

beton onder druk	schade volgens Miner	$D_b = 0.0087$	$uc_8 = 0.01$

Controle betondekking

bovenzijde	$c_b = 53 \cdot \text{mm}$	$c_{\text{nom.b}} = 50 \cdot \text{mm}$

controle1 = "voldoet"

onderzijde	$c_o = 30 \cdot \text{mm}$	$c_{\text{nom.o}} = 30 \cdot \text{mm}$

controle2 = "voldoet"

Detaileringseisen

korreldiameter	$d_g = 16 \cdot \text{mm}$

verticale tussenafstand	$s_{\text{vert}} = 29 \cdot \text{mm}$	$s_{\text{min.v}} = 21 \cdot \text{mm}$

controle3 = "voldoet"

tussenafstand bovenstaven	$s_{\text{hor}} = 51 \cdot \text{mm}$	$s_{\text{min.b}} = 21 \cdot \text{mm}$

controle4 = "voldoet"

verankeringslengte (boven) voor kokerliggers	$0.5 \cdot L_t = 430 \cdot \text{mm}$	$l_{bd} = 322 \cdot \text{mm}$

controle5 = "voldoet"

EISEN VOOR HYDRAULISCHE BEWEGINGSWERKEN

document : **NBD 06000**

uitgave : **1 november 2005**

INHOUDSOPGAVE

1.	ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED	4
2.	ALGEMEEN	4
2.1	Toepassing norm	4
2.2	Definities	4
2.3	Algemene eisen	7
2.4	Eisen voor de hydraulische installaties	7
2.5	Dynamische stabiliteit	9
2.6	Lasvoorschriften	10
3.	HYDRAULISCH SCHEMA	11
3.1	Algemeen	11
3.2	Elektrische componenten	11
3.3	Meet- en ontluuchtingspunten	12
3.4	Werkingsdiagrammen	12
4.	HYDRAULISCHE EENHEID	13
4.1	Oliereservoir	13
4.2	Pompen en hydromotoren	15
4.3	Stuurkleppen, drukregelkleppen, balanceerklappen e.d.	16
4.4	Accumulatoren	17
4.5	Drukmeting	17
4.6	Afsluiters	18
4.7	Filters	18
4.8	Kleppenblokken	19
4.9	Frames	19
4.10	Pompfiltratie systeem	19
4.11	Spoel-/suppletiepomp	20
4.12	Lekbak	20
5.	LEIDINGWERK	21
5.1	Vloeistofsnelheden	21
5.2	Materialen	21
5.3	Afmetingen leidingen	21
5.4	Leidingbochten	21
5.5	Bewerken van de leidingen	21
5.6	Aftappen en ontluuchten	22
5.7	Slangen	22
5.8	Pijpverbindingen	22
5.9	Bevestigingen	23
5.10	Lasdetails	24
5.11	Boutverbindingen	24
6.	HYDRAULISCHE CILINDER	25
6.1	Algemeen	25
6.2	Zuiger	25
6.3	Zuigerstang	25
6.4	Cilinderkop	26
6.5	Cilindermantel	27
6.6	Cilinderbodem	27
6.7	Cilinder bevestiging	28
7.	HYDRAULISCHE OLIE	29
7.1	Oliesoort	29
7.2	Water contaminatie	29
8.	TEKENINGEN EN BEREKENINGEN	30
8.1	Tekeningen	30
8.2	Berekeningen	30
9.	EINDDOCUMENTATIE	32
9.1	Algemeen	32

9.2	De bedienings- en onderhoudsvoorschriften	32
9.3	Instructie-/draaiboeken	33
9.4	Keuringsdocumenten en beproevingsprotocollen	33
9.5	Instandhoudingsplan voor de hydraulische installatie	33
10.	CONSERVERING	35
10.1	Algemeen	35
10.2	Conversielagen	35
10.3	Thermisch verzinken	36
10.4	Conserveringssystemen	36
11.	SPOELEN	37
11.1	Spoelvoorwaarden	37
11.2	Spoelen hydraulische installatie	37
11.3	Bemonstering bij spoelprocedures	37
12.	KEURINGS- EN AFNAME EISEN	39
12.1	Algemeen	39
12.2	Hydraulische eenheid	39
12.3	Hydraulisch leidingwerk	39
12.4	Hydraulische cilinders	40
12.5	Spanningsarm gloeien van gelaste constructies	40
12.6	Niet-destructief onderzoek aan gelaste verbindingen	40
13.	AFNAMEBEPROEVING	42
13.1	Algemeen	42
13.2	Beproeving in de fabriek (F.A.T.)	42
13.3	Beproeving op de bouwplaats (S.A.T.)	42
13.4	F.A.T. en S.A.T. protocol	43
14.	VERWIJZINGEN	44
14.1	Lijst van normen	44

BIJLAGEN

Bijlage A

Bijlage B

Bijlage C

1. ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED

Deze norm geeft de eisen voor het ontwerpen, samenstellen, leveren, installeren en afname van hydraulische bewegingswerken voor beweegbare bruggen, waterkeringen en/of specifieke delen daarvan.

De norm is van toepassing op nieuwbouw-, verbeterings- en onderhoudswerken.

2. ALGEMEEN

2.1 Toepassing norm

De eisen voor hydraulische bewegingswerken zoals ze hierna verder worden vermeld, worden gedefinieerd als een bedrijfsnorm of ook wel norm. Als in de tekst van de voorwaarden het woord norm wordt vermeld dan wordt steeds dit hele document bedoeld. Als sprake is van een nationale-, internationale- of Europese norm dan wordt dat ook als zodanig aangegeven.

Afwijkingen van deze norm zijn alléén toegestaan na schriftelijke toestemming van de opdrachtgever

2.2 Definities

In aanvulling op de in de NEN-EN 982 en de NEN 6786 gegeven definities gelden de navolgende definities:

2.2.1 **Actuator**

De actuator is het onderdeel van de hydraulische installatie dat de energie van het drukmedium transformeert in mechanische energie (bijvoorbeeld motor, cilinder).

2.2.2 **Normale belasting**

De normale belasting is een belasting(scombinatie) die de actuator onder normale bedrijfsomstandigheden moet kunnen leveren of opnemen.

2.2.3 **Buitengewone belasting**

De buitengewone belasting is een belasting(scombinatie) die de actuator onder de meest ongunstige bedrijfsomstandigheden moet kunnen leveren of opnemen.

2.2.4 **Gemiddelde (werk)druk**

De gemiddelde (werk)druk is de gemiddelde effectieve druk welke gedurende een bewegingscyclus ter plaatse van de pomp(en) in de hydraulische installatie optreedt.

2.2.5 **Maximale (werk)druk**

De maximale (werk)druk is de hoogste druk die de pomp(en) moet(en) kunnen leveren.

2.2.6 **Overstortdruk**

De overstortdruk is de waarde, waarop de overstortkleppen in de hydraulische installatie of een deel daarvan afgesteld moeten staan.

2.2.7 **Beproevedruk**

De beproevedruk is de druk, waarop de hydraulische installatie moet worden beproefd.

2.2.8 **Pompeenheid**

Een pompeenheid bestaat uit een samengebouwde (elektro)motor met één of meerdere pompen op één as (zie figuur 1).

2.2.9 Kleppenblok

Een kleppenblok is een eenheid van, op een blok samengebouwde, stuur-en/of regelapparatuur en dergelijke.

2.2.10 Pompaggregaat

Een pompaggregaat is een eenheid welke bestaat uit één of meerdere, op één frame samengebouwde, pompeenheid(-heden), kleppenblok(ken) en eventueel, hulpapparaten (zie figuur 1).

2.2.11 Oliereservoir

Een oliereservoir is een eenheid welke bestaat uit een reservoir, met er aan bevestigd alle benodigde (hulp)apparatuur zoals filters, peilglas, niveausignalering en dergelijke.

2.2.12 Hydraulische eenheid

Een hydraulische eenheid bestaat uit een oliereservoir en een pompaggregaat (eventueel samengebouwd tot één, geïntegreerde combinatie, zie figuur 1).

2.2.13 Leidingwerk

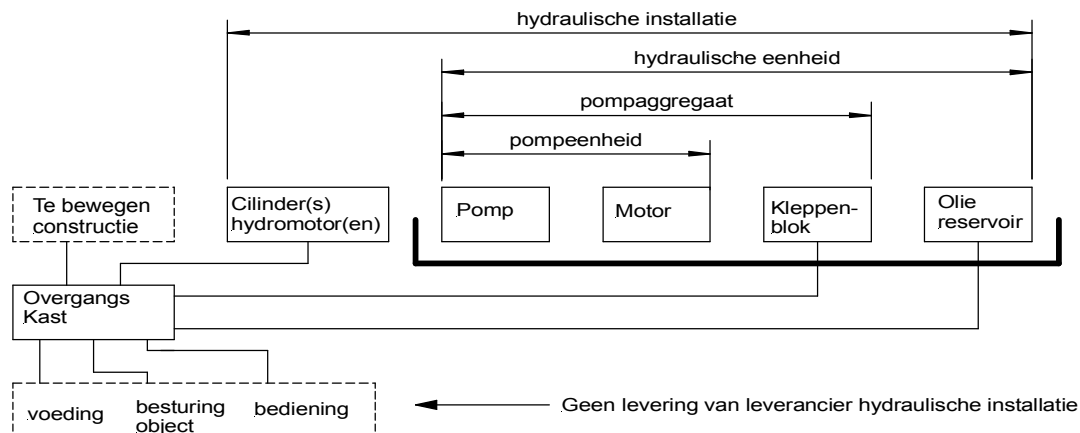
Leidingwerk is elke combinatie van fittingen, koppelingen of aansluitstukken met leidingen, slangen of buizen die een vloeistofstroming tussen componenten en/of eenheden toelaten.

2.2.14 Hydraulische installatie

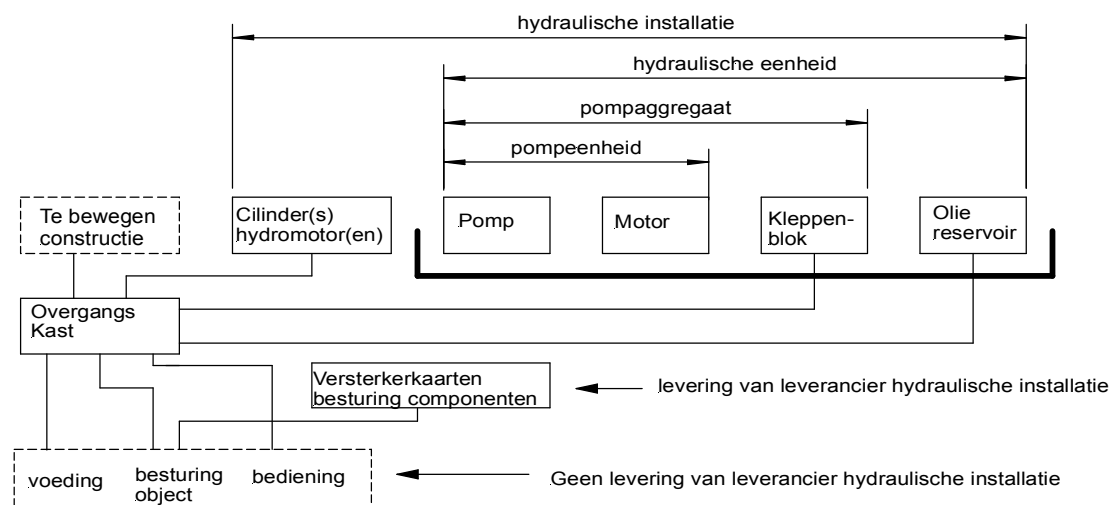
Een hydraulische installatie bestaat uit de hydraulische eenheid tezamen met de hydraulische cilinder(s) of de hydraulische motor(en) en het verbindend leidingwerk (zie figuur 1).

2.2.15 Te bewegen constructie

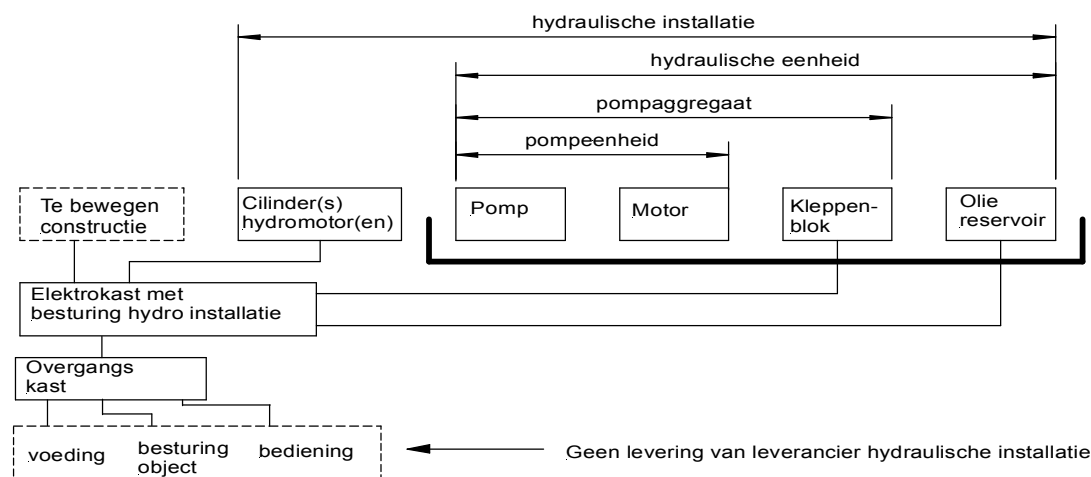
Een te bewegen constructie is het constructiedeel dat aangedreven/bewogen wordt door de hydraulische installatie.
Het constructiedeel kan bijvoorbeeld zijn: een sluisdeur, een schuif, een brugklap en dergelijke.

Schematisatie hydraulische installaties

Toepassingsgebied figuur " 1A "



Toepassingsgebied figuur " 1B "



Toepassingsgebied figuur " 1C "

Figuur 1

2.3 Algemene eisen

- 2.3.1 De leverancier van de hydraulische installatie moet aantonen dat zijn product voldoet aan de Europese richtlijnen in zake veiligheid en gezondheid door verklaringen van overeenstemming te verstrekken. Daarbij dient voldaan te worden aan de eisen uit de NEN-EN 982 en voor de elektrische onderdelen aan de NEN-EN-IEC 60204.
- 2.3.2 De werking van de hydraulische installatie moet voldoen aan de eisen die gesteld zijn in de functionele specificatie, functionele eisen en/of werkingsbeschrijving. Een en ander te verduidelijken middels bewegingsdiagrammen voor het openen en sluiten (kracht-weg-, snelheid-weg-, vermogen-weg- en volumestroom-weg-diagrammen).
- 2.3.3 Voor beweegbare bruggen geeft de norm NEN 6786 de in rekening te brengen belastingen en belastingscombinaties.
- 2.3.4 Voor de grootte van de normale en buitengewone belasting, belastingsfactoren, belastingscombinaties en aantal belastingswisselingen op beweegbare waterkeringen in de verschillende bedrijfssituaties/-toestanden wordt verwezen naar de meegeleverde functionele eisen.

2.4 Eisen voor de hydraulische installaties

- 2.4.1 Bij het ontwerp van de hydraulische installatie moet rekening houden met een startconditie waarbij de temperatuur van het systeem -10°C bedraagt. De maximale temperatuur in de installatie mag nooit meer zijn dan $+60^{\circ}\text{C}$.
Het olietype en de hydraulische componenten moeten bestand zijn en veilig kunnen functioneren in het temperatuurbereik van -10°C tot $+60^{\circ}\text{C}$.
Het olietype en de componenten van de hydraulische installatie die geplaatst zijn in buitenopstelling, moeten bestand zijn in het temperatuurbereik van -25°C tot $+60^{\circ}\text{C}$.
- 2.4.2 De installatie moet zo gedimensioneerd worden dat de drukval over het leidingwerk (exclusief kleppen(blokken)) tijdens het bewegen van de constructie niet hoger is dan 10% van de maximum werkdruk.
- 2.4.3
- De maximaal toelaatbare (werk)druk in de hydraulische installatie ter plaatse van de pomp(en) mag niet meer bedragen dan 200 bar.
 - De aan te houden waarde voor de overstortdruk moet altijd 10 % groter zijn dan de berekende waarde van de maximale (werk)druk.
 - Overstortveiligheden mogen niet hoger afgesteld staan dan 250 bar.
 - Tijdens een noodstop mag de druk in de installatie nooit hoger worden dan 1.2 x de waarde van de overstortdruk, hiermee moet rekening worden gehouden met dimensionering van de leidingen en de kleppen.
- 2.4.4 Tenzij anders in het contract is aangegeven, moet(en) de hydraulische eenheid(eenheden) in zijn geheel worden geplaatst en verwijderd.
- 2.4.5 Voor het maximaal toelaatbare geluidsniveau van de hydraulische eenheid onder alle bedrijfssituaties in de desbetreffende ruimte wordt verwezen naar het contract .
- 2.4.6 Alle meetinstrumenten moeten trillingvrij en gemakkelijk afleesbaar worden opgesteld.

titel:	EISEN VOOR HYDRAULISCHE BEWEGINGSWERKEN	document : NBD 06000
		pagina : 8 van 53
		uitgave : 01-11-05

- 2.4.7 Indien een hydraulische eenheid in een afgesloten kast is opgesteld, moeten de eenvoudig losneembare panelen zodanig worden aangebracht dat alle componenten inspecteerbaar en vervangbaar zijn. De meetinstrumenten moeten door een transparant paneel in de kast afleesbaar zijn. In de kast moeten verwarmingselementen worden geplaatst om condensvorming tegen te gaan.
- 2.4.9 Alle coderingen op het hydraulisch schema moeten d.m.v. resopal-platen worden aangegeven op de installatie. De resopal-platen moeten, na het uitharden van de conservering, met behulp van lijm of corrosievast stalen tiknagels worden bevestigd.
- 2.4.10 Bij bestaande projecten waar uitbreiding en/of revisie plaatsvindt, moeten voorshands de in het werk aanwezige fabrikaten worden toegepast.
- 2.4.11 Het gebruik van conische schroefdraadsoorten is niet toegestaan.
- 2.4.12 Alle componenten moeten standaard worden voorzien van fabrieksnaam, typenummer, instelbereik, max. werkdruk, spanning, stroomsterkte, veiligheidsklasse enz.
- 2.4.13 Leidingen moeten worden voorzien een kleurmarkering conform het hydraulisch schema. Kleurmarkeringen moeten d.m.v. verfringen of kleurvast tape op de leidingen worden aangebracht. De plaats van de codering moet in overleg met de opdrachtgever worden bepaald.
- 2.4.14 Bij een hydraulische installatie met een basisvolume groter dan 1 m³ en/of een pompdebiet groter dan 5.10⁻³ m³/s moet de installatie worden voorzien van een separaat pomp-filtratie systeem.
- 2.4.15 Voor gesloten c.q. half open systemen moet in de hydraulische installatie een spoel-/suppletiepomp worden opgenomen.
- 2.4.16 Bij toepassing van een synthetische ester als hydraulische olie moet altijd een separaat pomp-filtratie systeem worden toegepast.
- 2.4.17 Tenzij anders in het contract anders is aangegeven, mogen warmtewisselaars niet worden toegepast.
- 2.4.18 Tenzij in het contract anders is aangegeven moeten de hydraulische cilinders voor beweegbare bruggen, hefschuiven e.d. die tijdelijk of constant onder (werk)druk staan, aan de belastingszijde voorzien zijn van een lekvrije lasthoudklep of een overeenkomstige klep. Dit geldt niet voor de hydraulische cilinders voor puntdeuren e.d. Hydromotoren die tijdelijk of constant onder (werk)druk staan moeten worden voorzien van een mechanische rem.
- 2.4.19 De hydraulische installatie moet voorzien zijn van een slang-/leidingbreuk beveiliging met schakeltijdvertraging. Het gebruik van volumestroom afhankelijke geschakelde slangbreuk beveiligingen is niet toegestaan.
- 2.4.20 Alle aansluitingen van de elektrische componenten, van de hydraulische installatie moeten door de hydrauliek leverancier tot op de klemmenstrook in de overgangskast afgemonteerd worden geleverd (zie figuur 1.a). Dit geldt niet voor de elektrische componenten die grote vermogens vragen zoals de elektromotoren voor de hydraulische pompen.

Als er hydraulische componenten in de levering zijn die worden aangestuurd door middel van besturingselektronica (bijvoorbeeld versterkerkaarten), dan moet de hydrauliek leverancier

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

deze elektronica afgemonteerd in een kast mee leveren of toeleveren aan de leverancier van de elektrische- en besturingsinstallatie. (zie figuur 1.b)

Indien de hydrauliek leverancier buiten de besturingselektronica ook de PLC levert ten behoeve van de besturing van de hydrauliek, dan moet hij betreffende:

- het merk;
- het type;
- de communicatiekaart;
- de bus/profibus verbinding;

afstemmingsoverleg plegen met de leverancier van de elektrische- en besturingsinstallatie van het object zodat geen protocol problemen ontstaan. (zie figuur 1.c)

De elektrische componenten van de hydraulische installatie moeten voldoen aan de voorschriften die gelden voor de elektrische installatie, te weten de NIE 001 en de NIE 005.

- 2.4.21 Magneetspoelen mogen, tenzij anders in het contract is aangegeven, in rustsituatie niet bekrachtigd zijn;
- 2.4.22 Het vullen van het systeem moet via de retourfilters geschieden;
- 2.4.23 De maximale toelaatbare diameter voor persleidingen is 88.9 mm
- 2.4.24 Het leidingsysteem moet ontluicht kunnen worden
- 2.4.25 Elke cilinder moet worden voorzien van ontluichtingspunten, waarin Minimesz aansluitingen zijn aangebracht, waarmee de cilindermantel in het werk kan worden ontluicht. De positie van de ontluichtingspunten moet zodanig zijn dat er geen lucht in de cilinder kan achterblijven.
- 2.4.26 Op de hydraulische eenheid moeten manometers worden aangebracht die de optredende oliedruk aangeven van minimaal de (hoofd-)pompen, de toevoorzijde en afvoorzijde van de actuator en indien van toepassing van de stuuroliepomp.

2.5 Dynamische stabiliteit

De hydraulische installatie moet onder alle omstandigheden stabiel zijn.

De hydraulische installatie kan als stabiel worden beschouwd, indien de optredende drukvariaties "direct" na een externe verstoring, zoals: starten, stoppen, snelheidsveranderingen, windstoten en dergelijke, beperkt blijven tot maximaal 0,5 x de waarde van de gemiddelde (werk)druk.

Als randvoorwaarden hierbij gelden:

- de maximaal optredende druk "direct" na de externe verstoring mag niet groter worden dan 0,9 x de afstelling van de hoogst afgestelde veiligheidsklep;
- de minimaal optredende druk "direct" na de externe verstoring mag nooit lager worden dan $10 \cdot 10^5$ Pa. (10 bar);

de drukpieken moeten binnen 5 drukgolven uitdempen tot 0,1 x de waarde van de gemiddelde (werk)druk;

Voor bascule- en ophaalbruggen, bij een val met een statisch moment groter dan 1000 m³, moet de stabiliteit aangetoond worden d.m.v. simulatieberekeningen.

2.6 Lasvoorschriften

De lasverbindingen moeten voldoen aan de gestelde eisen in NBD 07005 “Eisen booglassen voor staal–en werktuigbouwkundige constructies”.

Alle componenten van de hydraulische installatie moeten voldoen aan kwaliteitsniveau I, uitgezonderd de tank, het frame en de diverse ondersteuningsconstructies voor leidingen.

Deze moeten minimaal voldoen aan kwaliteitsniveau IV.

3. HYDRAULISCH SCHEMA

3.1 Algemeen

- 3.1.1 De aannemer levert bij elk hydraulisch aggregaat een hydraulisch schema, minimaal op A2 formaat, conform de laatste revisietekening in een plastic omslag.
De leidingen op het hydraulisch schema moeten zijn gekleurd volgens onderstaande kleurcode.

De kleurcode moet zijn:

Rood: Hoofdpersleidingen	}	leidingen met beide functies afwisselend van beide kleuren voorzien.
Blauw: Hoofdretoerleidingen		
Geel: Nazuig- en aanzuigleidingen		
Groen: Lekolie afvoer		
Oranje: Stuurolieleidingen		

- 3.1.2 De symbolen van het hydraulische schema moeten zijn getekend volgens NEN 3348 of de ISO 1219-1.

De informatie op het schema moet minimaal voldoen aan de NEN-ISO 1219-2, waarbij minimaal wordt vastgelegd:

- de op de hydromotor(en) of cilinder(s) maximum werkende belasting(en);
- de volumestromen van de motoren en cilinders
- de hoofdafmetingen van de cilinders
- de zuigersnelheden en toerentallen van de hydromotoren bij het (de) effectieve pompdebiet(en);
- de max. werkdruk aan de pomp(en);
- de effectieve pomp opbrengst(en) bij de desbetreffende toerental en druk;
- de gegevens van de elektromotor(en);
- alle voor het onderhoud van belang zijnde afstelgegevens;
- schakelfuncties en/of schakeldrukken van de schakelaars;
- spanning en stroomsoort van alle elektrisch bediende elementen;
- de hoofdafmetingen van de leidingen;
- de poortnummers van de blokken;
- de grootte van alle hoofdcomponenten door middel van de stuklijst;
- van de componenten de pos. nummers, overeenkomend met de stuklijst;
- de toe te passen olie met type aanduiding.

3.2 Elektrische componenten

Op het hydraulisch schema moet bij elk aan te sluiten elektrisch component de codering volgens het elektrisch schema worden vermeld.

Dit geldt ook voor de positie-signalering(en).

3.3 Meet–en ontluuchtingspunten

Op het hydraulisch schema moeten gecodeerde meet–en ontluuchtingspunten worden opgenomen, zoals bij:

- pomp(en);
- drukkbe grenzingsventielen, reduceerventielen en dergelijke;
- drukschakelaar(s);
- accumulator(en);
- de hoofdschuif;
- motor(en) of cilinder(s);
- leidingen met een lengte groter dan 12 m.

3.4 Werkingsdiagrammen

Op of bij het hydraulisch schema moeten in een matrix de schakelvoorwaarden van de elektrisch gestuurde componenten en een volgorde–tijd–diagram en/of volgorde–weg–diagram worden opgegeven.

4. HYDRAULISCHE EENHEID

4.1 Oliereservoir

4.1.1 Nominaal volume

Het nominaal volume van het reservoir moet tenminste gelijk zijn aan de som:

4.1.1.1 het minimum volume $V_{\min}$

Het minimum volume kan gesplitst worden in:

- het basisvolume V_{basis}
- het reservevolume V_{res}

Het basisvolume V_{basis} moet 3x het debiet van de geïnstalleerde pompen geleverd in 1 minuut zijn.

Het reservevolume V_{res} moet gelijk zijn aan 1x het debiet van de geïnstalleerde pompen geleverd in 1 minuut.

Onder de geïnstalleerde pompen worden verstaan alle pompen, die tijdens het hoofdbedrijf, olie uit de tank zuigen.

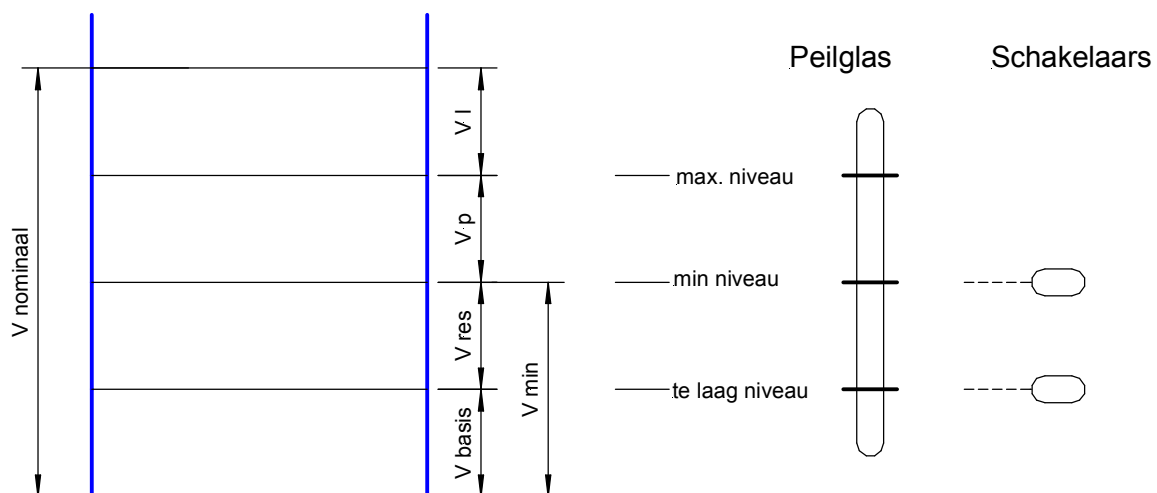
4.1.1.2 het pendelvolumen V_p

Het pendelvolumen V_p is de maximale fluctuatie in het reservoir en wordt bepaald door:

- volumeverschil(len) van cilinder(s);
- volumeverschil(len) van accumulatoren

4.1.1.3 het luchtvolume V_L

Het luchtvolume V_L boven de vloeistofspiegel bij max. olieniveau moet minimaal 15% van de totale inhoud van het reservoir zijn.



Figuur 2

4.1.2 Niveausignalering

Het minimum volume moet worden gesignaleerd door de niveausignalering "**min.niveau**".

Het basisvolume moet worden gesignaleerd door de niveausignalering "**te laag niveau**".

Bij het bereiken van het "**te laag niveau**" moet de hydraulische installatie uitgeschakeld worden.

4.1.3 Afmetingen e.d.

De afmetingen van de tank moeten zo bepaald worden dat de inhoud minimaal gelijk is aan het nominale volume zoals gedefinieerd bij 4.2.1.

Voor half gesloten of gesloten systemen mag van bovenstaande eis worden afgeweken, mits door middel van een warmtebalans berekening wordt aangetoond dat voldaan wordt aan de gestelde eisen in de paragrafen 2.4.1, 2.4.17 en 8.2.4.

Bij het bepalen van de afmetingen van de tank moet tevens rekening gehouden worden met

- ☐ bij "**te laag**" niveau moet de bovenzijde van de zuigleiding of aanzuigopening van de pomp ca. $2.5 \cdot$ zuigleiding diameter onder het olieniveau blijven, de onderzijde van de zuigleiding moet minimaal 50 mm boven de bodem van het reservoir worden opgesteld;
- ☐ Een kalmeringsschot moet worden aangebracht in reservoirs groter dan $60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (60 dm^3) die het reservoir verdeelt in een retour–en zuigcompartiment.
De afmetingen van de doorstroomopening(en) moet(en) zodanig zijn dat de doorstroom-snelheid bij maximaal verbruik niet hoger wordt dan 0,1 m/s.
Het kalmeringsschot moet aan de bovenzijde zodanig van afmeting zijn dat de luchthoudende delen met elkaar zijn verbonden.
- ☐ Op het zuigcompartiment moet worden aangesloten:
 - de niveauschakelaar;
 - het peilglastoestel of kijkglas;
 - thermostaat;
 - temperatuurmeter.
- ☐ Op het retourcompartiment moet worden aangesloten:
 - lekolieliding;
 - aftap met afsluiter;
 - vul–en beluchtingsfilters
- ☐ De bodem van het reservoir moet aflopend naar het aftappunt worden aangebracht;
- ☐ Retour–en zuigleidingen moeten zover mogelijk van elkaar worden opgesteld

4.1.5 Materialen

Toegestane materiaalsoorten zijn:

- aluminium, toegepast voor in de handel te verkrijgen reservoirs tot $60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (60 dm^3).
- voor alle reservoirs is tevens toegestaan: corrosievast-staal X2CrNiMo 17-12-2 volgens NEN-EN 10088-1 t/m 3 of gelijkwaardig.

Alle aan het reservoir te lassen onderdelen moeten van hetzelfde materiaal zijn.

Bij het aansluiten van niet corrosievast stalen onderdelen op het reservoir moet corrosie door potentiaal verschil worden voorkomen.

4.1.6 Appendages

4.1.6.1 Algemeen

Elk reservoir moet worden voorzien van:

- een inwendige of uitwendige balg;
- een kijkglas of peilglastoestel; inclusief merktekens maximaal niveau, minimaal niveau en te laag niveau;
- niveauschakelaars voor signalering olieniveaus;
- een aftap met kogelafsluiter;
- afhankelijk van de tankgrootte een afneembaar bovendeksel, inspectieluik of mangat;
- een identificatieplaat met de volgende gegevens;
 - naam fabrikant;
 - bouwjaar;

- nominaal volume;
- materiaal;
- typenummer;
- olieviscositeit;
- thermometer;
- hijspunten.

4.1.6.1 Niveauschakelaars

- moeten verwijderd kunnen worden zonder dat het reservoir behoeft te worden afgetapt;
- de signalering moet plaats vinden met een extern houdcontact;
- de niveauschakelaars moeten worden voorzien van een testknop of op zodanige wijze zijn geconstrueerd dat het mogelijk is om de schakelniveaus te testen.

4.1.6.2 Balgcompensatoren moeten worden toegepast bij reservoirs met een nominaal volume groter dan $60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (60 dm^3).

Een compensator mag zowel in het reservoir geplaatst worden als buiten het reservoir.

De balgcompensator en het reservoir moet worden voorzien van de benodigde veiligheden

De balgcompensator moet in verbinding staan met de tank en minimaal de luchtverplaatsing door het pendelvolumen kunnen opnemen.

4.1.6.3 Aansluitingen t.b.v. leidingen, afsluiters e.d. boven een pijpmaat van uitwendig 38 mm moeten van SAE flenzen worden voorzien.

4.1.6.4 Afsluiters voor het aftappen moeten stofdicht worden afgesloten.

4.1.6.5 Uitstroomsnelheid in het reservoir mag maximaal zijn:

- retoursysteem 1 m/s; (hierbij wordt er van uit gegaan dat de oliestroom middels een pijp in het reservoir stroomt)

4.1.6.6 Zuigaansluitingen moeten zodanig worden gedimensioneerd dat een snelheid van 0,5 m/s niet wordt overschreden;

4.1.6.7 Bij een hydraulische eenheid waarbij de pomp in het reservoir, of het pompaggregaat op het reservoirdeksel wordt gemonteerd, moet(en) de bovenzijde van het reservoir voorzien worden van een opstaande rand met een aftappunt;

4.1.6.8 Alle aansluitingen op het reservoir, onder het max. niveau, moeten worden voorzien van afsluiters of terugslagkleppen;

4.1.6.9 Het reservoir moet zodanig stijf worden geconstrueerd dat door de oliedruk bij een volledige vulling de verplaatsing van de tankwand in dwarsrichting maximaal 1/400 bedraagt van de lengte van de betreffende wand;

4.1.6.10 De toe te passen thermometer moet:

- een meetgebied hebben van -25°C tot $+100^{\circ}\text{C}$;
- een nauwkeurigheid hebben van 1,5% van de maximum aanwijzing;
- een huis hebben van corrosievast staal.

De temperatuur moet visueel afleesbaar t.p.v. zijn op het oliereservoir.

Bij te hoge temperatuur: signalering naar de besturingsinstallatie

4.1.6.11 Peilglastoestel/kijkglas

De afmeting moet zodanig gekozen zijn, dat niveaus (volgens figuur 2), afleesbaar zijn.

Het materiaal van onderflens/-raam moet corrosievast staal zijn.

4.2 Pompen en hydromotoren

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	* 01-11-05	* definitief

- 4.2.1 Tenzij in het contract anders is aangegeven, moeten de gekozen pompen en hydromotoren een verwachte levensduur hebben van minimaal 15.000 uur bij volle capaciteit met een werkdruk die hoort bij normale bedrijfsomstandigheden.
- 4.2.2 De pompen moeten onbelast kunnen aanlopen.
Bij toepassing van een spoel-/suppletiepomp moet(en) de pomp(en) kunnen aanlopen bij de benodigde spoeldruk.
- 4.2.3 Elke pompeenheid en/of hydraulische eenheid moet op trillingsdempers gemonteerd worden en met flexibele slangen of compensatoren worden aangesloten op het oliereservoir, kleppenblok en/of leidingwerk. De dempingsgraad van de trillingsdempers moet minimaal 70% bedragen.
- 4.2.4 Tot een vermogen van maximaal 75 kW mag de pomp aan de elektromotor worden bevestigd met behulp van een lantaarnstuk. Het lantaarnstuk voorzien van een olie lekaansluiting en opening om koppeling visueel te kunnen inspecteren. Bij een vermogen groter dan 75 kW moet de pomp op een pompstoel worden bevestigd. Tenzij door een berekening aangetoond kan worden dat bevestiging aan het lantaarnstuk van de elektromotor acceptabel is.
- 4.2.5 In de zuigleiding van de pomp moet een kogelkraan of vlinderklep worden aangebracht, behalve bij een pompopstelling in het oliereservoir.
- 4.2.6 De persleiding van elke pomp moet beveiligd worden tegen overdruk en stroming in ongewenste richting.
Drukken moeten ter plaatse meetbaar zijn.
- 4.2.7 De pomp en de elektromotor moeten worden gekoppeld door middel van een elastische doorslagvaste koppeling.

4.3 Stuurkleppen, drukregelkleppen, balanceerklappen e.d.

- 4.3.1 De afmetingen van het montagevlak van de toegepaste kleppen moeten overeenkomstig de volgende normen zijn :
- NEN-ISO 4401 voor vierpoort stuurkleppen
 - NEN-ISO 5781 voor drukregelkleppen (uitgezonderd veiligheidskleppen),
volgordekleppen, drukontlastkleppen, smoorkleppen en terugslagkleppen.
 - NEN-ISO 6263 voor gecompenseerde stroomregelkleppen
 - NEN-ISO 6264 voor veiligheidskleppen
 - NEN-ISO 7790 voor modulaire stapelbare vierpoortskleppen en vierpoortsstuurkleppen
grootte 02, 03 en 05.

Bij toepassing van cartridge kleppen moeten de volgende normen worden gehanteerd:

- NEN-ISO 7368 voor tweepoorts patroonkleppen.

Inschroefbare drie- en vierpoortspatroonkleppen mogen niet worden toegepast.

- 4.3.2 Alle kleppen die dienen voor besturing en regeling moeten op een kleppenblok worden samengebouwd. De onderlinge afstand van de kleppen moet voldoende zijn ten behoeve van gebruik van gereedschappen, bouten en elektrische aansluitingen.
- 4.3.3 Elke elektrisch-bediende stuurklep moet worden voorzien van een noodhandbediening.
- 4.3.4 Bij kans op drukstoten als gevolg van compressie of decompressie moet een vertraagd schakelende klep of een voor-ontlasting worden toegepast.

- 4.3.5 Kleppen waarbij een of meerdere hydraulische parameters kunnen worden ingesteld, moeten voorzieningen hebben om de afstelling te blokkeren of een van een slot voorziene afsluiting, waarbij de sleutel gecodeerd moet zijn.
- 4.3.6 De lasthoudkleppen of een overeenkomstig werkende klep moet op de cilinder worden bevestigd.
Indien mogelijke moeten deze kleppen direct aan de cilinderpoort worden bevestigd als flens-aansluiting of door middel van blokmontage.
Als alternatief mag de klep elders op de cilinder worden bevestigd. Het verbindend leidingwerk van de cilinderpoort naar de klep moet dan worden uitgevoerd in gelast rvs leidingwerk voorzien van flenzen.
- 4.3.7 Magneetspoelen moeten continu bekrachtigd kunnen worden (100% inschakelduur.)
Magneetspoelen voorzien van LED-signalering en RC-netwerk.
Tenzij anders in het contract is aangegeven bedraagt de magneetspanning 24 Vdc.
De kleppen moeten kunnen functioneren bij een spanningsvariatie van $\pm 10\%$ van de nominale spanning.

4.4 Accumulatoren

- 4.4.1 De accumulatoren moeten:
- zijn van het type balgaccumulator of zuigeraccumulator;
 - bij een balgaccumulator voorzien zijn van een balg (gaszak) van Perbunan (de balg moet stikstof gevuld zijn);
 - voorzien zijn van een smeedstalen fles;
 - voorzien zijn van een vloeistofklep van gefosfateerd staal;
 - geschikt zijn voor de maximaal optredende werkdruk van het desbetreffende circuit;
 - voorzien zijn van een navulmogelijkheid;
 - voorzien zijn van een veiligheidsblok;
 - voorzien zijn van demonteerbare bevestiging beugels.
 - voorzien zijn van een corrosiebeschermde vloeistofklep
- 4.4.2 **Accu veiligheidsblok**
Het veiligheidsblok, moet worden voorzien van een handafsluiter, een handaftap en een instelbare veiligheid.
Tevens moet een regelbaar smoorventiel met terugslagklep worden opgenomen.

4.5 Drukmeting

- 4.5.1 **Meet–en ontluchtingspunten**
Meet–en ontluchtingspunten en hun aansluitingen moeten zijn van het type Minimesz, Voss of gelijkwaardig. Het materiaal van de slangpilaar en de meetkoppeling moet van corrosievast staal zijn.
Meet–en ontluchtingskoppelingen/–aansluitingen moeten stofdicht afgesloten worden met een niet corroderende kap.
Meet–en ontluchtingspunten moeten gemakkelijk bereikbaar zijn.
- 4.5.2 **Manometers**
De toe te passen manometers moeten:
- glycerine gevuld zijn;
 - een huis hebben van corrosievast staal;

- een huisdiameter hebben van minimaal 100 mm;
- aangesloten worden met meetkoppeling en meetslang;
- een meetnauwkeurigheid hebben volgens NEN-EN 837-1 klasse 1;
- een minimaal meetbereik hebben van 1,3 x max. werkdruk van het desbetreffende circuit.

4.5.3 **Drukschakelaars en -sensoren**

Drukschakelaars en -sensoren moeten een meetbereik hebben van 1,3x maximale werkdruk van het desbetreffende circuit.

Drukschakelaars en -sensoren moeten worden aangesloten met een meetslang met meetkoppeling.

4.6 Afsluiters

Afsluiters moeten zijn van het type kogelkraan of vlinderklep. De kogelkranen moeten een hardverchromde kogel hebben. Afsluiters die buiten zijn opgesteld uitvoeren in corrosievast staal X2CrNiMo 17-12-2 volgens NEN-EN 10088-1 of gelijkwaardig

4.7 Filters

4.7.1 **Algemeen**

- De ΔP over een persfilter mag maximaal, gemeten bij +10°C, 1 bar zijn, bij een retourfilter 0,5 bar.
- Indien een filter is voorzien van een “bypass” dan mag de bypass onder normale bedrijfsomstandigheden, ook bij lage temperatuur start-condities, niet openen.
- In aanvulling van de minimale filtratie fijnheden zoals hierna vermeld moet het filtratie systeem zodanig worden gekozen dat de reinheid van de installatie onder de beoogde bedrijfs omstandigheden minimaal ISO -17/14 overeenkomstig NEN-ISO 4406 zal zijn.
- De elektrische vervuilingindicator moet in het elektrische systeem voorzien zijn van een instelbare schakelvertraging.
- Persfilters moeten worden toegepast in servo-of proportionaal systemen als het falen van een servo-of proportionealklep tot een gevaarlijke situatie kan leiden.
- Zuigfilters mogen niet worden toegepast.

4.7.2 **Retourfilters moeten:**

- een filterfijnheid hebben met $\beta_{10} > 75$;
- een verwisselbaar filter-element hebben;
- voorzien zijn van een “by-pass”;
- een optische vervuilingindicator hebben met een elektrische signalering.

Het retourfilter moet zo dicht mogelijk bij het oliereservoir worden opgesteld.

Indien dit niet mogelijk is moet het filter van een drukverschilsschakelaar worden voorzien.

4.7.3 **Persfilters moeten:**

- een filterfijnheid hebben met $\beta_{10} > 75$;
- zonder “by-pass” worden uitgevoerd;
- drukvast zijn tot een druk hoger als de max. afsteldruk van de drukregelklep;
- voorzien zijn van een aftap en van een ontluchting;
- voorzien zijn van een optische en elektrische vervuiling indicator.

4.7.4 **Vulfilters** moeten een filterfijnheid met $\beta_{10} > 75$.

4.7.5 Bij het verwisselen van een filterelement mag het systeem niet leeglopen en het verzamelde vuil niet in het systeem dringen;

4.7.6 Niet ingebouwde filters moeten worden voorzien van een aftap.

4.8 Kleppenblokken

4.8.1 Kleppenblokken moeten minimaal worden uitgevoerd in constructie staal volgens NEN-EN 10025-2-S355J2+N of in veredelstaal C35+N volgens NEN-EN 10083-2 of Ck35 normaal gegloeid volgens SEW 550, of HYT 60

4.8.2 De poortnummers moeten in het blok worden ingeslagen en moeten na conservering zichtbaar blijven.

4.8.3 Alle aansluitvlakken moeten tenminste een gemiddelde ruwheid $Ra \leq 0,8 \mu m$ en een maximale ruwheid $Rz \leq 6,3 \mu m$ volgens NEN-ISO 4287 hebben en tenminste een vlakheid van 0,01 mm per 100 mm lengte.

Voor de toelaatbare oppervlakteruwheid van de aansluitvlakken van cartridges (of logielementen) moet worden voldaan aan de betreffende eisen van de leverancier.

4.8.4 De diameter van de boring(en) moet minimaal gelijk zijn aan de overeenkomstige grootte van de aangesloten kleppen en of aansluitpoorten.

4.9 Frames

4.9.1 De frames moeten thermisch verzinkt worden volgens de NBD 10000.

- Alle naden in het frame moeten rondom worden afgelast;
- Draadgaten moeten worden vermeden. Indien toch draagagaten worden aangebracht moeten deze worden nagesneden in verband met het thermisch verzinken.

4.9.2 De frames moeten op het beton worden bevestigd door middel van ankers .
De ankers moeten thermisch verzinkt zijn of in corrosievast staal worden uitgevoerd.

4.9.3 De voorzieningen voor de bevestiging van de kabelgoten respectievelijk kabelbuizen ten behoeve van de elektrische installatie moeten vóór het verzinken worden aangebracht.

4.9.4 Ten behoeve van de elektrische aarding van de elektrische installatie moet op het frame een aardnok worden voorzien met een diameter van 30 mm waarop een schroefdraad uiteinde van M16 is aangebracht. De aardnok moet zijn voorzien van de letters PE.

4.10 Pompfiltratie systeem

Het debiet van het pompfiltratie systeem moet zodanig gekozen worden dat de inhoud van het oliereservoir 2 keer in de 24 uur wordt gefilterd, tenzij anders in de contractsdocumenten is vermeld.

Het aantal schakelingen per 24 uur en de loopduur per schakeling moeten apart en willekeurig ingesteld kunnen worden.

Het pompfiltratie systeem moet voorzien zijn van waterabsorberende diepte filtratie elementen.

4.11 Spoel-/suppletiepomp

Het debiet van de spoel-/suppletiepomp moet minimaal 0,2 maal het debiet van de pomp van het gesloten gedeelte van de installatie bedragen.

4.12 Lekbak

De olie die vrijkomt bij onderhoud aan of vervanging van componenten van de hydraulisch eenheid moet altijd kunnen worden opgevangen in een lekbak. Afhankelijk van het ontwerp van de hydraulische eenheid moet deze lekbak onder het pompaggregaat of onder de gehele eenheid, of op het oliereservoir worden aangebracht. In de lekbak moet een aftap worden komen waarbij de hoogte t.o.v. de werkvloer ten minste 150 mm bedraagt.

5. LEIDINGWERK

5.1 Vloeistofsnelheden

Bij het bepalen van de inwendige leidingdiameter moet van de volgende maximum snelheden worden uitgegaan:

Zuigleiding	0,5 m/s
Retourleiding	2 m/s
Persleiding tot $\varnothing$ 28 mm	5 m/s
Persleiding groter dan $\varnothing$ 28 mm	4 m/s

5.2 Materialen

Tenzij in het contract anders staat aangegeven moeten de leidingen vervaardigd worden uit naadloze pijp met afmetingen en toleranties die voldoen aan NEN-EN-ISO 1127.

Materiaalkwaliteit moet corrosievast staal X2CrNiMo 17-12-2 volgens NEN-EN 10088-1 t/m 3 zijn of gelijkwaardig.

5.3 Afmetingen leidingen

Met uitzondering van de lekolie leidingen bij de hydraulische eenheid moet de buitendiameter van leidingen minimaal 12 mm bedragen.

De afmetingen van de leidingen moeten minimaal voldoen aan de volgende tabel.

Materiaal leiding	Maximale druk 16 bar	Maximale druk 250 bar
X2CrNiMo 17-12-2	12 * 2	12 * 2
	16 * 2	16 * 2
	20 * 3	20 * 3
	25 * 3	25 * 2
	30 * 4	30 * 4
	38 * 5	38 * 5
	48.3 * 2.77	48.3 * 7.14
	60.3 * 2.77	60.3 * 8.74
	88.9 * 3.05	88.9 * 11.13
	114.3 * 3.05	
	168.3 * 3.4	

Het is toegestaan afwijkende leidingdiameters en/of wanddikten te gebruiken. Aangetoond moet dan worden dat deze leidingen voldoen aan de eisen van NEN-EN 13480-3. Met als extra eis dat bij bepalingen van de rekenwaarde van de druk (p_o) de optredende druk (p_o) met een extra belastingsfactor van 1.4 vermenigvuldigd moet worden.

5.4 Leidingbochten

Bochten in de leidingen moeten een minimum buigstraal van 3D hebben.

5.5 Bewerken van de leidingen

Na het op lengte brengen van de leidingen bramen verwijderen.

5.6 Aftappen en ontluchten

Het leidingsysteem moet op het laagste punt d.m.v. een kogelkraan kunnen worden afgetapt.
De bedieningshandel moet worden verwijderd

5.7 Slangen

5.7.1 De barstdruk van de slangen moet een viervoudige zekerheid hebben ten opzichte van de maximale werkdruk.

5.7.2 Slangen die in de buitenlucht en in een niet van de buitenlucht afgesloten ruimte worden toegepast moeten worden voorzien van corrosievast stalen koppelingen en slangpilaren.

5.7.3 Slangen die buiten worden toegepast moeten :

- bestendig zijn tegen:
 - U.V.straling
 - zout (zover van toepassing) en zoet water
- opgebouwd zijn met corrosievast stalen onderdelen;
- een buitenmantel hebben die geen vocht opneemt.

5.7.4 Slangaansluitingen

5.7.4.1 Voor slang aansluitingen tot en met 1" mogen slangkoppelingen, met 24° conus, zware uitvoering volgens NEN-EN-ISO 8434, worden toegepast.

5.7.4.2 Voor slang aansluitingen vanaf 1" mogen alleen SAE flenzen toegepast worden volgens NEN-ISO 6162.
Ingeval meerdere slangen parallel worden gebruikt, moet iedere slang tevens aan beide zijden voorzien zijn van een afsluiter.

5.7.4.3 De overgang van leiding op slang moet ondersteund worden.

5.8 Pijpverbindingen

5.8.1 Materialen

Tenzij in het contract anders staat aangegeven moeten laskegels, flenzen, laskoppelingen en de genoemde onderdelen in paragraaf 5.7 vervaardigd worden uit corrosievast staal X2CrNiMo 17-12-2 volgens NEN-EN 10088 of gelijkwaardig.

5.8.2 Schroefkoppelingen

5.8.2.1 Voor leidingdiameters t/m 25 mm uitwendig moeten schroefkoppelingen toegepast worden: zware uitvoering met laskegel (24°) en O-ring afdichting (90° shore) volgens NEN-EN-ISO 8434-4, of een Walfarm verbinding met elastische afsluiting welke aansluit op een koppeling conform NEN-EN-ISO 8434.

5.8.2.2 Schroefkoppelingen voor zuig- en retourleidingen tot 10 bar mogen worden uitgevoerd als snijringkoppelingen met dubbele snijkant overeenkomstig NEN-EN-ISO 8434-1.

5.8.3 Flenzen

5.8.3.1 Voor leidingdiameters groter dan 25 mm uitwendig moeten SAE flenzen worden toegepast met O-ring afdichting (90° shore).

5.8.3.2 Voor lage druk leiding tot 16 bar mogen flenzen volgens NEN-EN 1092-1 worden toegepast.

5.8.4 Verdeelblok

De overgangen van een leiding op meerdere leidingen of slangen moeten uitgevoerd worden als een kleppenblok en moet voldoen aan de eisen die gesteld zijn in 4.12.1 en 4.12.4. Het verdeelblok moet met bouten op de ondersteuning aangebracht worden.

5.9 Bevestigingen**5.9.1 Leidingbeugels**

5.9.1.1 Voor het bevestigen van leidingen moeten beugels van de zware serie worden toegepast voorzien van kunststof schalen, thermisch verzinkte dekplaten en thermisch verzinkte boutverbindingen. Als alternatief mogen dekplaten van X2CrNiMo 17-12-2, of gelijkwaardig en bevestigingsmiddelen van A4 kwaliteit worden gebruikt

5.9.1.2 Vóór de definitieve bevestiging moeten de groeven in de kunststof schalen worden voorzien van vet of siliconenkit.

5.9.1.3 Indien de leidingen worden geconserveerd dan moet bij de keuze van de schaaldiameter met de eventueel grotere diameter rekening worden gehouden.

5.9.1.4 Direct voor en na een bocht en t.p.v. koppelingen van flexibele slangen, moeten pijpbeugels geplaatst worden.

5.9.1.5 Maximale beugelafstand:

- t/m $\varnothing$ 20 mm uitwendig h.o.h. 1000 mm;
- t/m $\varnothing$ 48,3 mm uitwendig h.o.h. 1500 mm;
- vanaf $\varnothing$ 48,3 mm uitwendig h.o.h. 2000 mm.

Indien tussen twee bochten de leidinglengte kleiner is dan 50% van bovengenoemde beugelafstand, dan kan men volstaan met één beugel.

5.9.1.6 Lasplaatjes van de beugels moeten rondom worden afgelast. De hierin aanwezige tapgaten moeten na het verzinken worden opgetapt.

5.9.1.7 Bij het beugelen van de leidingen moet rekening gehouden worden met:

- uitzetting van de leidingen;
- drukstoten in de leidingen.

5.9.1.8 Leidingen moeten zodanig gelegd worden, dat vervanging van componenten en/of leidingen zonder verwijdering van andere componenten en/of leidingen kan plaatsvinden.

5.9.2 Ondersteuningsconstructie voor leidingbeugels

5.9.2.1 Voor leidingstraten met één of meer leidingen van $\varnothing$ 48,3 mm uitwendig moet een ondersteuningsconstructie toegepast worden van minimaal UNP 100.

5.9.2.2 De ondersteuningsconstructies moeten aan het beton bevestigd worden d.m.v. ankers in thermisch verzinkte of corrosievaste uitvoering.

5.9.2.3 De bevestigingsmiddelen in de ondersteuningsconstructie moeten minimaal M12 zijn.

5.9.2.4 In de ondersteuningsconstructie moeten vóór het conserveren/verzinken, afwateringsgaten $\varnothing$ 10 mm aangebracht worden.

5.10 Lasdetails

Voor het lassen van pijpen geldt :

- alle stuiklassen moeten volledig doorgelast en inwendig uitgeslepen worden;
- bij soklassen moet een reeds gefosfateerde pijp toegepast worden.

5.11 Boutverbindingen

5.11.1 Voor leidingwerk

Bij corrosievast stalen leidingen moeten de bevestigingsmiddelen eveneens zijn van corrosievast staal.

- bouten van A4-70 volgens NEN-EN-ISO 4014/4017;
- moeren van A4-70 volgens NEN-EN-ISO 4032;
- sluitringen van A4 volgens NEN-EN-ISO 7090.

5.11.2 Voor verbinding cilinderkop/cilinderbodem/blokken met de cilindermantel

Indien de cilinderkop, -bodem en/of blokken door middel van boutverbindingen aan de cilindermantel bevestigd zijn, zijn cilinderschroeven met binnenzeskant toegestaan volgens NEN-EN-ISO 4762.

Materiaal maximaal 10.9 St.

5.11.3 Overige boutverbindingen

- zeskantbouten 8.8-tZn volgens NEN-EN-ISO 4014/4017
- moeren 8-tZn volgens NEN-EN-ISO 4032
- sluitringen St-tZn volgens NEN-EN-ISO 7089.

6. HYDRAULISCHE CILINDER

6.1 Algemeen

- 6.1.1 Bij cilinders die een drukkracht moeten leveren, moet de afstand tussen de zuiger en cilinderkop in nominaal uitgeschoven toestand minimaal 1,5 x de zuigerdiameter bedragen.
- 6.1.2 Voor enkelwerkende en dubbelwerkende cilinders, welke worden toegepast als een enkelwerkende, moet de ongebruikte aansluiting aan de cilinder worden voorzien van een op het oliereservoir aangesloten nazuigleiding.

6.2 Zuiger

6.2.1 Materiaal

De zuiger moet worden vervaardigd uit smeedstaal conform de eisen uit de NBD 9200 of uit stafmateriaal uit ongelegeerd constructiestaal of veredelstaal.

- Een zuiger van ongelegeerd constructiestaal moet worden uitgevoerd volgens NEN-EN 10025-2 S355J2+N of van gelijkwaardige kwaliteit.
- Een zuiger van veredelstaal moet worden uitgevoerd in C45E+QT volgens NEN-EN 10083-1 of van Ck45 veredeld volgens SEW 550 of van gelijkwaardige kwaliteit.

6.2.2 Lagering/geleiding zuiger

De lagering/geleiding van de zuiger moet vervaardigd worden uit een met vezels versterkte kunststof.

6.2.3 Verdraaien

De zuiger moet ten opzichte van de zuigerstang tegen los draaien worden geborgd.

6.3 Zuigerstang

6.3.1 Materiaal

De zuigerstang moet in één stuk worden vervaardigd uit ongelegeerd constructiestaal, veredelstaal of corrosievast staal.

- Een zuigerstang van ongelegeerd constructiestaal moet worden uitgevoerd volgens NEN-EN 10025-2 S355J2+N of van gelijkwaardige kwaliteit.
- Een zuigerstang van veredelstaal moet worden uitgevoerd in C45E+QT volgens NEN-EN 10083-1 of van Ck45 veredeld volgens SEW 550 of van gelijkwaardige kwaliteit.
- Een zuigerstang van corrosievast staal moet worden uitgevoerd in X17CrNi16-2 volgens NEN-EN 10088 of van gelijkwaardige kwaliteit.

6.3.2 Zuigerstangbedekking

- 6.3.2.1 Tenzij in het contract anders staat aangegeven moet de zuigerstang altijd worden voorzien van een bedekking.

De materiaalcombinatie voor de zuigerstangbedekking en de zuigerstanggeleiding moet zodanig gekozen worden dat geen galvanische werking op kan treden.

De bedekking moet aan één van de volgende voorwaarden voldoen:

- Zuigerstangen van ongelegeerd constructiestaal of veredelstaal moeten worden voorzien van een nikkel en chroomlaag of van een keramische bedekking.

Is in het contract niets voorgeschreven dan moet voor stangen met een diameter groter dan 80 mm gekozen worden voor een keramische bedekking.

- Zuigerstangen van corrosievast staal moeten worden voorzien van een chroomlaag.

6.3.2.2 Voor de eisen ten aanzien van de laagdikte wordt voor stangen die voorzien zijn van een nikkel en/of chroomlaag verwezen naar de “Eisen Nikkel en Chroom bedekkingen op zuigerstangen” (zie bijlage B).

6.3.2.3 Voor de eisen ten aanzien van keramische bedekkingen wordt verwezen naar de eisen die gesteld zijn in de NBD 10300.

6.3.2.4 In aanvulling op het gestelde in bijlage B “Eisen Nikkel en Chroom bedekkingen op zuigerstangen” en in de afwijking van het gestelde in de NBD 10300 gelden voor de oppervlakteruwheden de volgende eisen:
De oppervlakteruwheid Ra en/of de maximum ruwheidshoogte Rz volgens NEN-ISO 4287 mag niet meer dan 0,3 µm respectievelijk 3,2 µm bedragen.
De profieldoorsnijdingslengte op een diepte c van 1,5 µm moet minimaal 80% van de meetlengte bedragen.

6.3.2.5 Voor de stangbedekking moet een garantieverklaring worden afgegeven overeenkomstig de eisen van de NBD 10300

6.3.3 Oog/gaffelconstructie moet worden geborgd tegen verdraaien ten opzichte van de zuigerstang

6.4 Cilinderkop

6.4.1 Materiaal

De cilinderkop moet worden vervaardigd uit ongelegeerd constructiestaal of veredelstaal.

- Een cilinderkop van ongelegeerd constructiestaal wordt uitgevoerd in NEN-EN 10025-2-S355J2+N of van gelijkwaardige kwaliteit.
- Een cilinderkop van veredelstaal wordt uitgevoerd in C45E+QT volgens NEN-EN 10083-1 of van Ck45 veredeld volgens SEW 550 of van gelijkwaardige kwaliteit.

6.4.2 Lagering/geleiding zuigerstang

Het materiaal voor de zuigerstang lagering/geleiding moet voldoen aan het gestelde in punt 6.2.2

6.4.3 Afdichting

6.4.3.1 Dynamische afdichting

Afhankelijk van de wens van de opdrachtgever moeten dynamische afdichtingen dubbel dan wel viervoudig in de vorm van “dakvorm” manchetten worden uitgevoerd.

Dubbel uitgevoerde dynamische afdichtingen moeten bestaan uit:

- een wrijvingsarme afdichting voor het afbouwen van de oliedruk aan de drukzijde (stepseal);
- een robuuste afdichting van polyester, als reserve, aan de buitenzijde; deze stroeve afdichting mag niet door de olie worden aangedrukt.

Dynamische afdichtingen van horizontaal of schuin (tot een hellingshoek van 45°) opgestelde cilinders moeten zijn uitgevoerd met “dakvorm”manchetten.

Voor de dakvormmanchetten, de steun- en drukring moeten materialen gekozen worden die geen aanleiding kunnen geven tot stick slip verschijnselen.

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

6.4.4 Afstrijker

In de cilinderkop moet een voorziening(-en) worden aangebracht voor het afstrijken van zowel vuil als ijs.

Deze voorziening(-en) moet eenvoudig verwisselbaar zijn zonder demontage van cilinder of zuigerstang. Dit betekent dat een gedeelde vuil- of ijsafstrijker dezelfde functionaliteit moet hebben als een niet gedeelde.

6.4.5 Bevestiging

De cilinderkop moet door middel van bouten aan de cilindermantel worden bevestigd.

In afwijking van bovenstaande mag bij een cilinder waarbij de overstortdruk niet groter is dan 160 bar en de diameter van de cilindermantel (inwendig) de 160 mm niet overschrijdt, de cilinderkop met behulp van een schroefdraadverbinding aan de mantel worden bevestigd.

6.5 Cilindermantel**6.5.1 Materiaal**

De cilindermantel moet worden vervaardigd uit naadloze stalen pijp met als minimum kwaliteit S355J2H, volgens NEN-EN 10210-1.

6.5.2 Oppervlakteruwheid

De oppervlakteruwheid Ra en/of de maximum ruwheidshoogte Rz volgens NEN-ISO 4287 ter plaatse van het loopvlak van de zuiger, moet na de eindbewerking niet meer dan 0,4 µm respectievelijk 4 µm bedragen.

De profieldoorsnijdingslengte op een diepte c van 1,5 µm moet minimaal 80% van de meetlengte bedragen;

6.6 Cilinderbodem**6.6.1 Materiaal**

De cilinderbodem moet worden vervaardigd uit smeedstaal conform de eisen uit de NBD 9200 of uit stafmateriaal met als minimum kwaliteit NEN-EN 10025-2 S355J2+N

6.6.2 Bevestiging

De cilinderbodem moet door middel van een las- of een boutverbinding aan de cilindermantel worden bevestigd.

Bij een gelaste cilinderbodem moet de vormgeving zodanig zijn dat ter plaatse van de las:

- eventueel aanwezig buigende moment optimaal wordt doorgeleid;
- de kerffactor gunstig is.

D.m.v. een berekening, zowel voor de uiterste grenstoestand overbelasten als vermoeiing moet worden aangetoond dat deze verbinding voldoet.

In afwijking van bovenstaande mag bij een cilinder waarbij de overstortdruk niet groter is dan 160 bar en de diameter van de cilindermantel (inwendig) de 160 mm niet overschrijdt, de cilinderbodem met behulp van een schroefdraadverbinding aan de mantel worden bevestigd.

6.6.3 Afdichting

Indien de cilinderbodem door middel van een schroefdraad- of boutverbinding aan de mantel wordt bevestigd dan moet tussen de bodem en de mantel een statische afdichting worden aangebracht.

6.7 Cilinder bevestiging

6.7.1 Lagering

Tenzij in het contract anders is voorgeschreven, moeten het aangrijppunt aan de zuigerstang en het bevestigingspunt van de cilinder met zelfinstellende onderhoudsarme lagers worden uitgevoerd.

6.7.2 Cilindermantel bevestiging door middel van een schommeljuk

Als de cilinder middels een schommeljuk is opgehangen, dan moet de gekozen constructie zodanig zijn dat vervorming van de cilindermantel ten gevolge van de belasting niet van invloed is op de goede werking van de zuigerpakking.

6.7.3 Afdichting

Het complete lager moet door middel van een afdichting worden beschermd tegen stof en dergelijke.

In situaties waarbij het draaipunt onder water komt moeten extra afdichtingen worden aangebracht.

6.7.4 Materialen

De draaipuntspen moet worden uitgevoerd in C45E+QT volgens NEN-EN 10083-1 of van Ck45 veredeld volgens SEW 550 of van gelijkwaardige kwaliteit.

Het schommeljuk moet vervaardigd worden uit constructiestaal met als minimum kwaliteit NEN-EN 10025-2 S355J2+N + Z kwaliteit, waarbij rekening dient te worden gehouden met de walsrichting van het materiaal.

Een gaffel of oog moet worden uitgevoerd in gietstaal of constructiestaal.

- uit gietstaal: volgens NEN-EN 10293
- uit constructiestaal: NEN-EN 10025-2 S355J2+N of gelijkwaardig.

7. HYDRAULISCHE OLIE

7.1 Oliesoort

Slechts de navolgende oliesoorten zijn toegestaan:

- een hydraulische vloeistof gebaseerd op minerale olie (type HV);
- een synthetische ester van het type HEES (Hydraulic Oil Environmental Ester Synthetic).
Deze olie moet voldoen aan de eisen uit bijlage C.

Beide oliesoorten moeten een viscositeitsklasse hebben van ISO VG 15 tot ISO VG 22 overeenkomstig de ISO 3448

De keuze van de oliesoort wordt door de opdrachtgever voorgeschreven.

7.2 Water contaminatie

Het watergehalte van minerale olie (type HV) mag niet meer bedragen dan 500 ppm.
Bij toepassing van een HEES olie is het maximaal toelaatbare watergehalte 1000 ppm

8. TEKENINGEN EN BEREKENINGEN

8.1 Tekeningen

In aanvulling op het gestelde in het contract moet ter toetsing van het ontwerp en de fabricage het tekeningenpakket minimaal bestaan uit:

- een hydraulisch schema conform de eisen in hoofdstuk 3;
- een opstellingstekening van de hydraulische eenheid, hydromotor of cilinder met de bijbehorende leidingloop;
- een samenstelling van het pompaggregaat inclusief kleppen met blokken;
- een samenstelling van het oliereservoir en frames;
- een samenstelling en detailtekeningen van de cilinders;
- een overzichtstekening van de leidingloop;

De tekeningen moeten zijn voorzien van een (separate) stuklijst waarop alle toegepaste componenten/onderdelen zijn vermeld.

8.2 Berekeningen

8.2.1 Tenzij de maatgevende belastingen door de opdrachtgever ter beschikking zijn gesteld, moet de aannemer berekeningen overleggen van:

- de maatgevende belasting op de cilinder voor de volgende uiterste grenstoestanden:
 - . overbelasten
 - . vermoeiing.
- De maatgevende druk in de hydraulische installatie voor de volgende bruikbaarheidsgrenstoestanden :
 - . overschrijden maximale druk,
 - . gemiddelde druk
 - . overstortdruk.

Een en ander conform het gestelde in paragraaf 2.4 en te verduidelijken overeenkomstig de in paragraaf 5.4.2.2 van de NEN 6786 gevraagde grafieken.

8.2.2 De hydraulische installatie of onderdelen daarvan moet in de verschillende bedrijfssituaties voldoen aan de eisen die voortvloeien bij het beschouwen van de uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidsgrenstoestand. Een en ander overeenkomstig het gestelde in de NEN 6786.

- 8.2.3 De volgende berekeningen moeten ter toetsing worden overlegd:
- drukverlies berekening bij -10°
 - vermogensberekening bij -10°C ;
 - berekening van de koppeling tussen motor en pomp;
 - berekening van de complete cilinder;
 - berekeningen oliereservoir;
 - warmtebalans hydraulische installatie;
 - Voor bascule- en ophaalbruggen, bij een val met een statisch moment groter als 1000 m^3 , moet een simulatieberekening gemaakt worden waarin wordt aangetoond dat aan de eisen v.w.b. dynamische stabiliteit conform artikel 2.5 wordt voldaan.

Voor overige eisen gesteld aan de berekeningen en de toetsingsprocedures zie het contract.

8.2.4 **Uitgangspunten voor de vermogensberekening/warmtebalans elektromotor**

Voor het bepalen van het benodigde vermogen (motorkoppel) moeten de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- Toegekend motorkoppel/motorvermogen
Aan de hand van de “gemiddelde druk”, verhoogd met het drukverlies bij -10°C en het rendement van de pompen en dergelijke, moet het maatgevende vermogen voor de warmtebalans van de elektromotor bepaald worden. Tenzij in het contract andere eisen zijn vermeld, moet zijn uitgegaan van 1 bewegingscyclus per 10 minuten, waarbij de duur tussen openen en sluiten gelijk is aan nul.
- Grens-motorkoppel/motorvermogen
Aan de hand van de “maximale druk”, verhoogd met het drukverlies bij -10°C en het rendement van de pompen en dergelijke, moet het grens-motorkoppel bepaald worden. Deze koppels worden geacht maximaal 3 sec op te treden.

8.2.5 **Aanvullende eisen voor de berekening van de cilinder c.a.**

- 8.2.5.1 Cilinders die voorzien zijn van een buffer moeten zodanig gedimensioneerd zijn dat de met de cilinder verbonden massa tot stilstand kan komen zonder dat de sterkte van de constructie of de cilinder overschreden wordt.
- 8.2.5.2 De dikte van de cilindermantel moet zo gedimensioneerd worden dat bij de maximale beproevingsdruk de speling tussen de cilindermantel en de zuiger kleiner is dan de maximale speling die voor de toegepaste afdichting toelaatbaar is.
- 8.2.5.3 Voor het bepalen van de optredende vlaktedruk op de geleiding van zuiger en zuigerstang wordt verwezen naar de rekenmethodiek van de fabrikant.
Er wordt een extra veiligheidsfactor verlangd van 2 op de door de fabrikant opgegeven toelaatbare spanning.
- 8.2.5.4 Gecontroleerd moet worden of door de indrukking van de geleidingen metallisch contact kan ontstaan tussen zuigerstang en cilinderkop respectievelijk zuiger en cilindermantel.

9. EINDDOCUMENTATIE

9.1 Algemeen

Tenzij anders vermeld in de contract documenten moet de aannemer in 4-voud de volgende documenten betreffende de hydraulische installatie leveren:

- Tekeningen pakket conform de eisen uit paragraaf 8.1;
- Berekeningen pakket conform paragraaf 8.2;
- De geplastificeerde en gekleurde hydraulische schema's conform de eisen uit paragraaf 3.1 bij elk hydraulisch systeem;
- Een handboek, bevattende de bedienings- en onderhoudsvorschriften voor de hydraulische installatie;
- Instructie-/draaiboek t.b.v. de montage en demontage van de hydraulische installatie;
- Keurings- en beproevingsprotocollen;
- Instandhoudingsplan voor de hydraulische installatie.

Voor keramische deklagen wordt verwezen naar de NBD 10300

Voor de overige eisen gesteld aan de documenten en voor de eisen gesteld aan de toetsingsprocedures zie het contract.

9.2 De bedienings- en onderhoudsvorschriften

De bedienings- en onderhoudsvorschriften moeten zijn opgesteld in de Nederlandse taal.

Het geheel moet worden ingedeeld in hoofdstukken conform de navolgende opzet:

- Een algemeen gedeelte, bestaande uit:
 - * Een tekeningenlijst en berekeningen overzicht;
 - * Verklaring van overeenstemming conform paragraaf 2.3.1;
- Een beschrijving van de installatie die minimaal moet bevatten:
 - * Een overzichtstekening van de complete hydraulische installatie;
 - * Samenstellingstekeningen van de hoofdcomponenten met vermelding van hoofdmaten en gegevens;
 - * Een beschrijving van de werking van de installatie met werkingsdiagrammen conform paragraaf 3.4;
 - * De hydraulische en elektrische schema's van de hydraulisch installatie;
 - * Specificatie en documentatie van alle toegepaste onderdelen met vermelding van fabrikaat, typenummer, vermogen, capaciteiten enz., inclusief de elektrotechnische randapparatuur;
- Een bedieningshandleiding, bestaande uit:
 - * Bedieningsinstructies voor het bedienings- en onderhoudspersoneel;
 - * Instructievoorschriften ingeval van noodbedrijf, alsmede een opgave van de handelingen die moeten worden verricht bij mogelijk optredende storingen;
- Een onderhoudsgedeelte, bestaande uit:
 - * Bestelcodelijst van alle onderdelen met adreslijst van leveranciers;
 - * Afstelinstructies, -gegevens en regelkarakteristieken van meet- en regelapparatuur;
 - * Testvoorschriften en onderhoudsinstructies;
 - * Smeerschema's (maximaal op A3-formaat) met vermelding van het smeermiddel, de smeerpunten en het smeerinterval;
 - * Specificatie van de toegepaste olie; de benodigde hoeveelheid olie om het systeem te vullen;
 - * Het spoelplan conform paragraaf 11.1;

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

- * Een overzichtslijst van geconserveerde onderdelen met vermelding van de leverancier, het fabrikaat van de conserveringsmiddelen en de kleurcode;

Het geheel moet worden voorzien van een inhoudsopgave.

Alle bladen moeten per hoofdstuk worden genummerd en worden voorzien van index en tabbladen.

In de alfabetisch opgestelde lijst van toegepaste onderdelen moet ook worden verwezen naar de desbetreffende bladen.

Het geheel moet worden aangeleverd op A4-formaat, in 4-rings-ordners.

9.3 Instructie-/draaiboeken

Ten behoeve van de montage, demontage en/of de daarop volgende wisselingen van de cilinder en de hydraulische eenheid moeten instructie-/draaiboeken worden geleverd.

De boeken moeten zijn opgesteld in de Nederlandse taal.

De boeken moeten worden aangeleverd op A4-formaat, in 4-rings ordners. Het geheel moet worden ingedeeld in hoofdstukken voorzien van index en tabbladen.

Om tot een overzichtelijke indeling te komen moet elk instructie-/draaiboek minimaal de volgende hoofdstukken bevatten:

- Algemene informatie;
- Een stappenplan, waarin alle handelingen, werkzaamheden in chronologische volgorde worden aangegeven;
- Bijbehorende tekeningen, voorzien van relevante aanwijzingen;
- Checklisten.

9.4 Keuringsdocumenten en beproevingsprotocollen

In deze documentatie dienen de navolgende documenten te worden opgenomen:

- Garantiecificaten;
- Certificaten betreffende het niet-destructief onderzoek;
- Kwaliteitsregistraties en materiaalcificaten;
- Meetprotocollen van de verrichte metingen en de resultaten van de afnamebeproevingen en eindkeuringen overeenkomstig het gestelde in hoofdstuk 14;

Het geheel moet worden voorzien van een index en tabbladen en moet worden aangeleverd op A4-formaat, in 4-rings-ordners.

9.5 Instandhoudingsplan voor de hydraulische installatie

Ten behoeve van het instandhoudingsplan voor de hydraulische installatie dient een inspectie- en een onderhoudsplanung te worden opgesteld.

In deze plannings moeten de volgende aspecten worden opgenomen:

- Een beschrijving van de geplande inspecties met de daarbij behorende inspectie-intervallen en -kosten;
- Het opstellen van een onderhoudsstrategie met een beschrijving van de geplande onderhoudsactiviteiten en de daarbij behorende onderhoudsintervallen voor periodiek

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

en groot onderhoud, wisselschema's en de jaarlijkse onderhoudskosten gedurende de levensduur van de hydraulische installatie;

- Een beschrijving van de benodigde inspectie–en onderhoudsvoorzieningen;
- Een lijst met aanbevolen reserve onderdelen inclusief de gebruikelijke vervangingsintervallen;
- De verwachte niet-beschikbaarheid inzake inspecties en onderhoud.

Het instandhoudingsplan moet zijn opgesteld in de Nederlandse taal.

Het geheel moet worden ingedeeld in hoofdstukken voorzien van index en tabbladen en moet worden aangeleverd op A4-formaat, in 4-rings-ordners.

10. CONSERVERING

10.1 Algemeen

10.1.1 Van toepassing is de NBD 10000 en de hierna volgende bepalingen.

10.1.2 Fabrieksmatig geconserveerde onderdelen moeten geschikt zijn voor een niet afgeschermd buitenopstelling. Na montage en samenbouw moeten de onderdelen worden gereinigd. Beschadigde en geroeste plaatsen moeten grondig worden uitgeschuurd c.q. ontroest (reinheidsklasse P St3 volgens ISO 8501-2) en worden bijgewerkt met twee lagen sneldrogende zf/mio primer.

Hierna moeten de onderdelen geheel licht en gelijkmatig worden opgeruwd en worden voorzien van een één laag mio grondverf, sneldrogend, in een laagdikte van 60 micrometer en vervolgens dekkend worden afgeschilderd met een oliebestendige dekverf in een laagdikte van 50 micrometer volgens het conserveringssysteemblad NBD 16107.

De totale laagdikte van het conserveringssysteem moet na het aanbrengen van de lagen tenminste 230 micrometer bedragen. Indien deze laagdikte niet is bereikt moet een extra laag dekverf worden aangebracht.

10.1.3 Na montage van de hydraulische installatie moeten beschadigingen worden bijgewerkt.

10.1.4 Eindschakelaars, manometers, drukschakelaars, resopalplaatjes en dergelijke moeten pas na het conserveren worden aangebracht.

10.2 Conversielagen

10.2.1 Aluminium reservoirs

Voordat het conserveringssysteem wordt aangebracht moeten de uitwendige oppervlakken chemisch worden voorbehandeld door chromateren (6-waardig chroomzuur), zie bijlage A.

10.2.2 Corrosievaste stalen leidingen en reservoirs

10.2.2.1 Corrosievast stalen leidingen en reservoirs moeten t.p.v. de lassen worden gebeitst en gepassiveerd overeenkomstig de eisen uit de NBD 06100 of uitwendig behandelen met glasparselstralen

10.2.2.2 Corrosievast stalen reservoirs groter dan 0,2 m³ (200 dm³) uitwendig glasparselstralen of compleet beitsen en passiveren

10.2.2.3 Na het passiveren mogen de leidingen niet meer worden bewerkt.
Na het conserveren maatregelen nemen om vervuilen van de leidingen te voorkomen.

10.2.2.4 Corrosievaste stalen leidingen behoeven niet te worden geconserveerd, tenzij dit anders is vermeld in het contract.

10.3 Thermisch verzinken

- 10.3.1 Stalen frames, ondersteuningsconstructies, leidingbeugels, roosters, c.a. moeten thermisch worden verzinkt en behandeld volgens de NBD 10000.
- 10.3.2 In afwijking van het gestelde in de NEN-EN-ISO 4014/4017 en 4032 moeten boutverbindingen zoals genoemd in paragraaf 5.11.3, eveneens worden verzinkt en behandeld volgens de NBD 10000.
- 10.3.3 Thermisch verzinkte bevestigingsmiddelen moeten worden voorzien van hetzelfde conserveringssysteem als van de te verbinden delen. Dit geldt niet voor het leidingwerk.
- 10.3.4 De onderdelen van de hydraulische installatie die in een buitenopstelling staan en die thermisch verzinkt zijn moeten voorzien zijn van een aanvullend conserveringssysteem conform de NBD 10000. Een uitzondering hierop zijn roosters.

10.4 Conserveringssystemen

- 10.4.1 **Cilinders**
Conserveringssysteemblad NBD 16312 voor cilinders die een permanente of semi-permanente belasting hebben in zoet- of zoutwater
Conserveringssysteemblad NBD 16365 voor de overige gevallen
- 10.4.2 **Aluminium reservoirs**
Systeem nr. 455.004, volgens NBD 16347
- 10.4.3 **Kleppenblokken**
Systeem nr. 455.004, volgens NBD 16347
- 10.4.4 **Thermisch verzinkte onderdelen**
Systeem nr. 455.004, volgens NBD 16347
- 10.4.5 **Vlakken die met gietmortel in aanraking komen**
Voorzien van een laag epoxy-primer in een laagdikte van 80-100 µm.
- 10.4.6 **Kracht overdragende vlakken van voorspanverbindingen**
Systeem nr. 100.001, volgens NBD 16000
- 10.4.7 **Zuigerstangen**
Het uitstekende deel van de zuigerstang moet beschermd worden met een conserveringsvet. Hiertoe dient de leverancier van de hydraulische installatie een smeeradvis te leveren. Aspecten die daarbij aan de orde moeten komen, zijn:
- Hechting
 - Standtijd
 - Milieubelasting
 - Aantasting van de onderliggende deklaag
 - De standtijd van het conserveringsvet moet minimaal 6 maanden zijn

11.SPOELEN

11.1 Spoelvoorwaarden

Voor de aanvang van het spoelen moet een spoelplan opgesteld worden

De aannemer moet spoelen met een speciale spoleenheid.

- De vloeistofsnelheid en de temperatuur van de spoelvloeistof moeten zodanig zijn dat, rekening houdend met de viscositeit van de vloeistof, steeds een turbulente stroming ontstaat. De vloeistof snelheid moet bij het spoelen steeds minimaal 2 x zo groot zijn dan de berekende nominale vloeistofsnelheid in het betreffende tracé;
- De hydraulische olie wordt gebruikt als spoel medium, en niet wordt vervangen na het spoelen, dan mag de temperatuur van de vloeistof tijdens de werkelijke spoelperiode niet meer zijn dan maximaal 60 °C;
- De spoelfilters moeten zijn voorzien van vervuilingsindicatoren. De filterfijnheid moet afgestemd zijn op de te behalen reinheid. Er mogen geen bypass-functies op de filters aanwezig zijn;
- Tijdens het spoelen moet het leidingwerk ten minste drie maal met een hamer worden beklopt, in het bijzonder ter plaatse van appendages en bochten. Steeds met een tussentijd van minimaal 15 minuten;
- Als de spoelvloeistof niet de hydraulische olie is dan mag de spoelvloeistof maximaal 0,5% opgelost water bevatten.

11.2 Spoelen hydraulische installatie

Na het spoelen van het leidingwerk kan de gehele hydraulische installatie worden aangekoppeld en met hydraulische olie worden gevuld.

Vervolgens moeten de drukken van het systeem zodanig laag worden afgesteld dat de installatie net kan “bewegen”.

Na 1 uur draaien op deze lage druk, waarbij alle aandrijf bewegingen plaatsvinden, moet de reinheid van het systeem opnieuw worden gemeten.

De reinheid moet weer minimaal ISO -/17/14 zijn volgens NEN-ISO 4406.

11.3 Bemonstering bij spoelprocedures

11.3.1 Monsternamepunt

- De plaats van het monsternamepunt is altijd **na** de te spoelen kring, doch **voor** het spoelfilter.
- Het monsternamepunt moet overeenkomstig NEN-ISO 4021 zijn.

11.3.2 Monstername

Het monster moet worden genomen overeenkomstig de NEN-ISO 4021 of de NEN-ISO 11500.

11.3.3 Monsteranalyse

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

Hierbij zijn 2 werkmethoden toegestaan, namelijk:

- analyse door de aannemer zelf, volgens punt 12.4.4.1.
- analyse door een extern laboratorium, volgens punt 12.4.4.2;

11.3.3.1 Analyse door de aannemer zelf.

De door de aannemer gebruikte apparatuur moet regelmatig gecalibreerd wordt overeenkomstig de ISO 11171.

12. KEURINGS-EN AFNAME EISEN

12.1 Algemeen

- 12.2.1 Keuringsdocumenten, waarop de beproevingsresultaten vastgelegd worden, moeten voldoen aan de eisen uit de NEN-EN 10168.
- 12.2.2 Materialen moeten, waar van toepassing, bij levering via merken traceerbaar / identificeerbaar zijn naar het bijbehorende certificaat.
- 12.2.3 Gedurende het gehele productieproces dient de identificatie gewaarborgd te worden door omstempelen of d.m.v. een bedrijfseigen kwaliteitssysteem.
Dit geldt niet voor het leidingwerk.

12.2 Hydraulische eenheid

- 12.2.1 **Oliereservoirs in corrosievast stalen uitvoering**
De materialen moeten worden geleverd met een keuringsrapport 3.1 volgens NEN-EN 10204.
- 12.2.2 **Kleppenblokken**
- 12.2.2.1 De materialen moeten geleverd worden met een keuringsrapport 3.1 volgens NEN-EN 10204.
- 12.2.2.2 Na het rondom bewerken van het materiaal doch voor het aanbrengen van de boorpatronen moet het materiaal rondom 100% US-onderzocht worden volgens SEL 072 klasse 2.
Alle fouten groter dan 0,5 cm² moeten met vermelding van hun ligging in een keuringsrapport 3.1 volgens NEN-EN 10204 worden vermeld.
- 12.2.2.3 Na vaststellen van eventuele fouten, moet worden nagegaan of de locatie van de fouten van invloed is op de goede werking van de blokken.
- 12.2.3 **Accumulatoren**
Accumulatoren moeten geleverd worden met een keuringscertificaat van het Stoomwezen of T.U.V.
Bij grote aantallen moet overeengekomen worden of er een type keuring of een stukskeuring plaatsvindt. Keuringscertificaat conform PED
- 12.2.4 **Schuiven, kleppen, schakelaars, pompen, hydromotoren enz.**
Aangetoond moet worden dat de gemonteerde onderdelen conform de stuklijst zijn.
- 12.3.6 **Conservering**
De keuring van de conservering vindt plaats conform NBD 10000.

12.3 Hydraulisch leidingwerk

Het materiaal voor de leidingen, flenzen en laskegels moet geleverd worden met een keuringsrapport 3.1 volgens NEN-EN 10204.

12.4 Hydraulische cilinders

12.4.1 Het materiaal voor de zuiger, zuigerstang, cilinderkop, cilindermantel inclusief flenzen, cilinderbodem en de in paragraaf 6.7.4 genoemde onderdelen van de cilinderbevestiging moeten geleverd worden met een keuringsrapport 3.1 volgens NEN-EN 10204.

12.4.2 Cilindermantel

De oppervlakte ruwheid van de cilindermantel moet elke 500 mm worden gemeten en vastgelegd.

12.4.3 Nikkel en / of Chroom **Zuigerstangbedekking**

12.4.3.1 Het aantal uit te voeren metingen van de laagdikte en oppervlakteruwheid is voor elke zuigerstangbedekking overeenkomstig het gestelde in de “Aanvullende eisen Nikkel en Chroom bedekkingen op zuigerstangen”.

12.4.3.3 Voor de goed en afkeurcriteria van de laagdikte en uiterlijk van een nikkel en/of chroomlaag wordt verwezen naar de “Aanvullende eisen Nikkel en Chroom bedekkingen op zuigerstangen”.

12.4.4 **Keramische bedekkingen**

Voor de vereiste keuringen aan keramische stangbedekkingen wordt verwezen naar de NBD 10300.

12.5 Spanningsarm gloeien van gelaste constructies

Indien de aannemer besluit om gelaste constructies spanningsarm te gloeien, gelden hiervoor de eisen uit de NBD 12000.

12.6 Niet-destructief onderzoek aan gelaste verbindingen

12.6.1 Voor de gestelde eisen aan het NDO onderzoek wordt verwezen naar NBD 11001: “Eisen niet-destructief onderzoek voor staal- en werktuigkundige constructies”.

12.6.2 Ingeval van afkeur van één van de lassen kan de opdrachtgever eisen dat alle lassen worden onderzocht.

De kosten van dit onderzoek komen voor rekening van de aannemer.

12.6.3 Omvang vereist NDO onderzoek:

Alle onderdelen Kwaliteitsniveau I, zie tabel 1 van de NBD 11001 uitgezonderd oliereservoirs, frames en ondersteuningconstructies voor leidingen. Deze zijn kwaliteitsniveau IV .

Omschrijving	Röntgen	Magnetisch ¹⁾	Ultrasoon ²⁾	Visueel
Kwaliteitsniveau I Alle componenten uit deze kwaliteitsklasse (uitgezonderd leidingen, met:				
• stompe las zonder spleet		100%	100%	100%
• stompe las met spleet		100%	5%	100%
• hoeklassen		100 %		100%
Leidingen	10%			100%
Kwaliteitsniveau IV Oliereservoirs, frames en ondersteuningsconstructies voor leidingen				100%

¹⁾ Is Magnetisch onderzoek niet mogelijk, dan moet er een Penetrant onderzoek plaats vinden.

²⁾ Voor US-onderzoek aan kleppenblokken zie paragraaf 13.3.2.

13. AFNAMEBEPROEVING

13.1 Algemeen

- 13.1.1 Voordat de aannemer aanvangt met de beproeving moet deze een beproevingsprotocol ter acceptatie indienen.
In het beproevingsprotocol moeten puntsgewijs alle te verrichten handelingen worden aangegeven.
- 13.1.2 De resultaten van deze beproeving moeten door de aannemer op het F.A.T. en S.A.T. protocol worden vastgelegd.

13.2 Beproeving in de fabriek (F.A.T.)

13.2.1 Reinheid installatie

Vóórdat de installatie wordt beproefd moet de reinheid van het systeem gerealiseerd zijn overeenkomstig hoofdstuk 11.

13.2.2 Cilinder

- De cilinder en olie temperatuur tijdens deze test moet tussen 15 en 40 °C zijn.
- De cilinder moet bij maximale werkdruk 2 x geheel IN en UIT worden bewogen.
- De buffering in de cilinder moet worden ingesteld.
- De cilinder moet per zijde op 1,3 x de waarde van de overstortdruk worden geperst.
Vervolgens mag bij een constante omgevingstemperatuur de druk in 30 minuten tijd niet meer zakken dan 2% van oorspronkelijke druk.
- Daarnaast moet door middel van een visuele inspectie nagaan worden of er tijdens het afpersen (inwendige) lekkages aan stangzijde, bodemzijde of bij de zuiger zijn opgetreden.
- Lekkages moeten worden verholpen, waarna opnieuw beproefd moet worden.

13.2.3 Hydraulische eenheid beproeving

Tijdens de beproeving in de fabriek moeten de volgende zaken worden beproefd:

- afpersen van de hydraulische eenheid gedurende 30 min. op 1,3 x de waarde van de overstortdruk, zowel aan de hoge- als lagedrukzijde. Er mag daarbij geen lekkage optreden;
- controle op de werking van het systeem, e.e.a. conform het hydraulisch schema;

13.2.4 Hydraulische eenheid afname

De volgens zaken moeten in de fabriek worden afgenomen :

- functionele controle van de aangebrachte bekabeling;
- functionele controle van de werking van alle componenten;
- functionele controle van de instellingen;

13.3 Beproeving op de bouwplaats (S.A.T.)

13.3.1 Reinheid installatie

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

Vóórdat de installatie wordt beproefd moet deze ontluicht zijn en de reinheid van het systeem gerealiseerd zijn overeenkomstig hoofdstuk 11.

13.3.2 Afpersen leidingwerk

- Na het spoelen moet het leidingwerk op 1,3 x de waarde van de overstortdruk worden afgeperst en vervolgens gedurende 30 minuten op die afpersdruk worden afgesloten.
- Het drukverlies mag na 30 minuten niet meer zijn dan 2%.
- Daarnaast door middel van een visuele inspectie nagaan of lekkage is opgetreden.
- Lekkages moeten worden verholpen, waarna opnieuw beproefd moet worden.

13.3.3 Afnamebeproeving hydraulische installatie

- De afnamebeproeving van de hydraulische installatie moet in combinatie met de elektrische installatie worden uitgevoerd.
- De hydraulische installatie moet de volledige cyclus in beide richtingen doorlopen, zowel voor het hoofd- als noodbedrijf.
- Het aantal cycli moet zodanig zijn dat alle componenten op hun werking kunnen worden beproefd;
- Tijdens de beproeving moet aangetoond worden of voldaan wordt aan de eis ten aanzien van de dynamische stabiliteit zoals die is vastgelegd in paragraaf 2.6.
- Bij beweegbare bruggen moet de kruipsnelheid van de cilinders zodanig zijn dat de snelheid van de brug t.p.v. de vooroplegging, nabij eindstand gesloten, maximaal 0,02 m/s is.

13.3.4 Bij de S.A.T. moet de druk van de hoofdpomp, van de stangzijde en bodemzijde cilinders en van de stuuroliepomp in relatie tot de tijd bij het openen en sluiten door middel van een schrijvende meting worden vastgelegd.

13.3.5 De resultaten van de eindkeuring moeten in het S.A.T. protocol worden vastgelegd.

13.3.6 Controle op reinheid

Na de beproeving moet:

- de olie opnieuw worden bemonsterd en geanalyseerd conform paragraaf 11.3 t.b.v. de vaststelling van de ISO reinheidsklasse; Wordt niet voldaan aan de eisen die gesteld zijn in paragraaf 11.2 dan moet opnieuw gespoeld worden;
- voor alle filters moet een nieuw filterelement geleverd worden.

13.4 F.A.T. en S.A.T. protocol

13.4.1 Inhoud F.A.T. en S.A.T. protocol

Het beproevingsprotocol voor de FAT en SAT moet minimaal de volgende inhoud hebben:

- Testomgeving
 - * configuratie;
- Procedure F.A.T. of S.A.T.
- Controle instellingen
 - Controle op dichtheid
- Reinheid olie
- Testomschrijvingen
 - * testcycli volgens 13.3
- Acceptatie
- Hydraulisch schema

14. VERWIJZINGEN**14.1 Lijst van normen**

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm.	Internationaal equivalent
NIE 001:2001	Opbouw, tekenen en coderen elektrische installaties	
NIE 005:2000	Eisen met betrekking tot de uitvoering van elektrotechnische installaties	
NBD 00100:2004	Eisen handelsproducten	
NBD 06100:1994	Eisen voor het beitsen en passiveren van corrosievast stalen onderdelen	
NBD 07005:2004	Eisen booglassen voor staal- en werktuigbouwkundige constructies	
NBD 09200:1996	Eisen smeedstaal en gewalst staal voor machineonderdelen	
NBD 09399:1994	Eisen gietstaal	
NBD 09799:2001	Eisen kunststoffen	
NBD 10000:2004	Eisen staal conservering nieuwbouw	
NBD 10300:2005	Eisen keramische bedekkingen	
NBD 11001:2005	Eisen niet-destructief onderzoek voor staal- en werktuigbouwkundige constructies	
NBD 12000:2004	Eisen spanningsarm gloeien van ongelegeerd en/of laaggelegeerd constructiestaal	
NBD 16000:2001	Conserveringsproductblad Systeemcode: 100.001	
NBD 16107:2003	Conserveringssysteemblad	
NBD 16312:2005	Conserveringssysteemblad	
NBD 16347:2005	Conserveringsproductblad Systeemcode: 455.004	
NBD 16365:2004	Conserveringssysteemblad	
NEN 2170:1970	Bepaling van de poreusheid van galvanische bedekkingen met nikkel, of met nikkel en chroom, met de ferroxyloproef	
NEN 3348:1992	Hydraulische en pneumatische systemen en componenten grafische symbolen	
NEN 6786:2001	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen (VOBB)	
NEN 6786:2001/A1:2002	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen (VOBB)	
NEN-EN 837-1:1997	Manometers. Deel 1: Manometers met Bourdon-buizen. Afmetingen, metrologie, eisen en beproeving	EN 837-1:1996
NEN- EN 837-1:1997 /C1:1998	Manometers. Deel 1: Manometers met Bourdon-buizen. Afmetingen, metrologie, eisen en beproeving	EN 837-1:1996/C1:1998
NEN-EN 982:1996	Veiligheid van machines. Veiligheidseisen voor hydraulische en pneumatische systemen en hun componenten. Hydrauliek	EN 982:1996
NEN-EN 1092-1:2002	Flenzen en hun verbindingen - Ronde flenzen voor buizen, afsluiters, hulpstukken en accessoires, PN-aansluitingen – Deel 1: Stalen flenzen	EN 1092-1:2001

*NEN-EN 10025-1:2004	Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 1: Algemene technische leveringsvoorwaarden	EN 10025-1:2004
*NEN-EN 10025-2:2004	Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal	EN 10025-2:2004
NEN-EN 10083-1:1997	Veredelstaal. Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden voor speciaalstaal (bevat wijzigingsblad A1:1996)	EN 10083-1:1991 EN 10083-1:1991/A1:1996
NEN-EN 10083-2:1997	Veredelstaal. Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd kwaliteitsstaal (bevat wijzigingsblad A1:1996)	EN 10083-2:1991 EN 10083-2:1991/A1:1996
NEN-EN 10088-1:2005	Corrosievaste staalsoorten. Deel 1: Lijst van corrosievaste staalsoorten	EN 10088-1:1995
NEN-EN 10088-2:2005	Corrosievaste staalsoorten - Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor plaat en band van corrosievast staal voor algemeen gebruik	EN 10088-2:2005
NEN-EN 10088-3:2005	Corrosievaste staalsoorten - Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor halfproducten, staven, draad en profielen van corrosievast staal voor algemene doeleinden	EN 10088-3:2005
NEN-EN 10204:2004	Producten van metaal - Soorten keuringsdocumenten	EN 10204:2004
NEN-EN 10210-1:1994	Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig constructiestaal. Deel1: Technische leveringsvoorwaarden	EN 10210-1:1994
NEN-EN 10210-1:1994/ C1:1997	Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig constructiestaal. Deel1: Technische leveringsvoorwaarden	EN 10210-1:1994
NEN-EN 10293:2005	Steel castings for general engineering uses	EN 10293:2005
NEN-EN 13480-3:2002	Metalen industriële leidingsystemen - Deel 3 Ontwerp en berekening	EN 13480-3:2002
NEN-EN-IEC 60204-1:2001	Elektrische uitrusting van machines - Deel 1: Algemene eisen	EN 60204-1:1997
NEN-EN-IEC 60204-1:2001/C1:2002	Elektrische uitrusting van machines - Deel 1: Algemene eisen	
NEN-EN-ISO-1127:1996	Buizen van corrosievast staal - Afmetingen, toleranties en massa's per eenheid van lengte	EN ISO 1127:1996
NEN-ISO 1219-2:1996	Hydraulische en pneumatische systemen en componenten. Grafische symbolen en stroomschema's. Deel 2: Stroomschema's	ISO 1219-2:1995
NEN-ISO 4021:1995	Hydrauliek - Analyse van de deeltjesverontreiniging - Monsternamen uit een werkend systeem	ISO 4021:1992
NEN-ISO 4287:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid	EN-ISO 4287:1997
NEN-ISO 4287:1998/ C1:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid	EN-ISO 4287:1998
NEN-ISO 4287:1997/ C2:2005	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid	EN-ISO 4287:1997/C2 2005

NEN-ISO 4401:1995	Hydrauliek - Vier-poort stuurkleppen - Montagevlakken	ISO 4401:1994
NEN-ISO 4406:1999	Hydrauliek - Vloeistoffen - Methode voor codering van het verontreinigingsniveau door vaste deeltjes	ISO 4406:1999
NEN-ISO 5781:2000	Hydrauliek - Reduceerklappen (uitgezonderd veiligheidskleppen), volgordeklappen, drukontlastklappen, smoorventielen en terugslagklappen - Montagevlakken	ISO 5781:2000
NEN-ISO 6162-1:2003	Hydrauliek - Flensverbindingen met gedeelde of eendelige flensklampen en metrische of inch-schroefdraad - Deel 1: Flensverbindingen voor gebruik bij drukken van 3, 5 MPa (35 bar) tot 35 MPa (350 bar), DN 13 tot en met DN 127	ISO 6162-1:2002
NEN-ISO 6162-1:2003/A1:2004	Hydrauliek - Flensverbindingen met gedeelde of eendelige flensklampen en metrische of inch-schroefdraad - Deel 1: Flensverbindingen voor gebruik bij drukken van 3, 5 MPa (35 bar) tot 35 MPa (350 bar), DN 13 tot en met DN 127	ISO 6162-1:2002/C1:2004
NEN-ISO 6162-2:2003	Hydrauliek - Flensverbindingen met gedeelde of eendelige flensklampen en metrische of inch-schroefbouten - Deel 2: Flensverbindingen voor gebruik bij drukken van 35 MPa (350 bar) tot 40 MPa (400 bar), DN 13 tot en met DN 51	ISO 6162-2:2002
NEN-ISO 6263:1997	Hydrauliek - Gecompenseerde stroomregelklappen - Montagevlakken	ISO 6263:1997
NEN-ISO 6264:1998	Hydrauliek - Veiligheidsklappen - Montagevlakken	ISO 6264:1998
NEN-ISO 7368:1995	Hydrauliek - Tweepoortspatroonventielen - Inbouwafmetingen van patroonkamers	ISO 7368:1989
NEN-ISO 7790:1998	Hydrauliek - Modulair stapelbare vierpoortsklappen en vierpoortsstuurklappen, grootte 02, 03 en 05 - Inbouwafmetingen	ISO 7790:1997
NEN-ISO 10763:1995	Hydrauliek - Gladde, naadloze en gelaste stalen precisiebuizen - Afmetingen en werkdrukken	ISO 10763:1994
NEN-ISO 11500:1997	Hydrauliek - Bepaling van de deeltjesverontreiniging door automatische telling met het principe van lichtabsorptie	ISO 11500:1997
NEN-ISO 11500:1997/C1:1998	Hydrauliek - Bepaling van de deeltjesverontreiniging door automatische telling met het principe van lichtabsorptie	ISO 11500:1997/C1:1998
NEN-EN-ISO 1127:1996	Buizen van corrosievast staal - Afmetingen, toleranties en massa's per eenheid van lengte	EN-ISO 1127:1996
NEN-EN-ISO 1302:2002	Geometrische productspecificatie (GPS) - Aanduiding van oppervlaktegesteldheid in technische productdocumentatie	EN-ISO 1302:2002
NEN-EN-ISO 4014:2000	Zeskantbouten - Productklassen A en B	EN-ISO 4014:2000
NEN-EN-ISO 4017:2000	Tapbouten - Productklassen A en B	EN-ISO 4017:2000
NEN-EN-ISO 4032:2000	Zeskantmoeren, type 1 - Productklassen A en B	EN-ISO 4032:2000
NEN-EN-ISO 4762:2004	Cilinderschroeven met binnenzeskant	EN-ISO 4762:2004
NEN-EN-ISO 7089:2000	Vlakke sluitringen - Normale reeks - Productklasse A	EN-ISO 7089:2000
NEN-EN-ISO 7090:2000	Vlakke sluitringen, afgeschuind - Normale reeks - Productklasse A	EN-ISO 7090:2000
NEN-EN-ISO 8434-1:1997	Metalen buisverbindingen voor hydraulische, pneumatische en algemene toepassingen - Deel 1: Klemkoppeling met 24° inwendige conus	EN-ISO 8434-1:1997
NEN-EN-ISO 8434-4:2000	Metalen buisverbindingen voor hydraulische, pneumatische en algemene toepassingen - Deel 4: Aangelaste koppelstukken met 24°-conus voor afdichting met O-ring	EN-ISO 8434-4:2000

NEN-EU 168:1988	Producten van de ijzer- en staalindustrie - Inhoud van keuringsdocumenten	
NEN-EN 10168:2004	Producten van staal - Keuringsdocumenten - Lijst van informatie en omschrijving	EN 10168:2004
ISO 1219-1:1991	Fluid power systems and components; graphic symbols and circuit diagrams; part 1: graphic symbols / Note: To be replaced by ISO/DIS 1219-1 (2004-02)	
ISO 3448:1992	Industrial liquid lubricants; ISO viscosity classification	
ISO 8501-2:1994	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 2: Preparation grades of previously coated steel substrates after localized removal of previous coatings	
ISO 11171:1999	Hydraulic fluid power - Calibration of automatic particle counters for liquids	
ISO 11171:1999/C1:2001	Hydraulic fluid power - Calibration of automatic particle counters for liquids; Technical Corrigendum 1	
SEL 072:1977	Ultrasonically tested heavy plate; technical delivery specifications	
INGETROKKEN		
SEW 550:1976	Steels for larger forgings; quality regulations	

Bijlage A**Chromateren Aluminium reservoirs****1. Chromaathoudende voorbehandeling**

Deze chromaathoudende, of chroomfosfaathoudende voorbehandeling dient te worden uitgevoerd volgens DIN 50939:1988. Volledig gedemineraliseerd water moet gebruikt worden als laatste spoeling voor het lakken. De geleidbaarheid van het afdruipende water mag een maximum van

30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bij 20 °C niet overschrijden. De geleidbaarheid dient slechts gemeten te worden bij open onderdelen en niet bij holle onderdelen. Het gewicht van de chromaatconversielaag dient tussen 0,4 en 0,8 g/m^2 te zijn voor de chromaatbehandeling (geel) en tussen 0,4 en 1,5 g/m^2 voor de chroom-fosfaatbehandeling (groen).

Voorbehandelde delen mogen niet langer dan 16 uur worden opgeslagen. Als regel dienen zij onmiddellijk na het voorbehandelen te worden gelakt. Het risico van onvoldoende hechting wordt groter naarmate de delen langer worden opgeslagen.

De partijen mogen nooit opgeslagen worden in een stoffige en schadelijke atmosfeer. Goede atmosferische omstandigheden moeten altijd gehandhaafd worden in de opslagruimte. Alle werknemers, die voorbehandelde delen hanteren, dienen schone katoenen handschoenen te dragen om verontreiniging van het oppervlak te voorkomen.

De delen moeten bij de volgende temperatuur te worden gedroogd:

chroomchromaat (geel)	:	maximaal 65 °C
chroomfosfaat (groen)	:	maximaal 85 °C

De toegestane maximale droogtemperatuur voor continue behandeling is 100 °C. De gespecificeerde temperaturen gelden als temperatuur van de metalen delen en niet voor de luchttemperatuur. De producten moeten grondig gedroogd worden, onafhankelijk van de productiemethode (continue / partijgewijs).

Bijlage B**Eisen Nikkel en Chroom bedekkingen op zuigerstangen****Algemeen**

De resultaten van de beproevingen moeten in een protocol worden vastgelegd

Definities

In deze eisen wordt verstaan onder:

- Doorlopende poriën:
Elke onderbreking in een bedekking die doorloopt tot op het basismateriaal met een diameter van de omschreven cirkel van minimaal 0,05 mm.
- Niet doorlopende poriën:
Elke onderbreking in een bedekking die doorloopt tot op de bedekking direct daaronder.
- Imperfecties:
Elke onderbreking in het verchromde oppervlak die niet doorloopt over de volledige laagdikte.

Uit te voeren metingen aan de te bedekken onderdelen

Zowel van de onbedekte stang als ná het aanbrengen en bewerken van elke laag moet op elke meetplaats twee, loodrecht op elkaar staande, middellijnen gemeten en één oppervlakteruwheidsmeting verricht worden.

Het aantal meetplaatsen op een onderdeel is afhankelijk van de te bedekken lengte.

De afstand tussen de meetplaatsen mag maximaal 500 mm te bedragen.

Het minimum aantal meetplaatsen (bij te bedekken lengten ≤ 1000 mm) is echter drie.

De omgevingstemperatuur en de objecttemperatuur dienen tijdens het meten worden vastgelegd

Eisen t.a.v. de laagdikte

De dikte van de nikkellaag dient $\geq 100 \mu\text{m}$ te zijn.

De dikte van de chroomlaag na de eindbewerking dient $\geq 50 \mu\text{m}$ te zijn, maar mag de waarde van $80 \mu\text{m}$ niet overschrijden.

Visuele inspectie

Na de mechanische bewerking van de nikkel-en/of chroomlaag dient een visuele inspectie uitgevoerd te worden

Bij deze inspectie moet voor het héle oppervlak:

- de hechting van de nikkel-of chroomlaag gecontroleerd worden;
 - het aantal doorlopende en niet doorlopende poriën en het aantal imperfecties bepaald worden.
- Daarnaast moet, per 1000 mm bedekte lengte, één oppervlak van ten hoogste $150 \times 150 \text{ mm}^2$ met behulp van een tenminste 3 maal vergrotende loep, geïnspecteerd worden.

Voor bepaalde stanggedeelten kunnen, indien dit in het contract van toepassing is verklaard, „verzwaarde keuringsmaatstaven” gelden.

Bedekkingen (of gedeelten van bedekkingen) waarvoor de “verzwaarde keuringsmaatstaven” gelden, moeten in z’n geheel met behulp van een tenminste 3 maal vergrotende loep geïnspecteerd worden.

Eisen t.a.v. de hechting

Zowel de nikkel–als chroomlaag mag geen zichtbare losse gedeelten en/of blazen vertonen.

Repareren is niet toegestaan

Worden er bij genoemde inspectie zichtbare losse delen of blazen geconstateerd, dan wordt de nikkel–of chroomlaag afgekeurd.

Toelaatbaar aantal poriën en imperfecties

De afmetingen van de poriën en imperfecties worden vastgelegd door de middellijn van de omschreven cirkel.

Nikkellaag

- Voor de nikkellaag is bij de visuele inspectie het toelaatbare aantal doorlopende poriën per 1000 mm inspectie-lengte ≤ 5 .
- Deze poriën d.m.v. dot-welden repareren. Na het dot-welden mag de omschreven cirkel van een gerepareerde plek niet groter zijn dan 3 mm.
Andere reparatie-methoden behoeven de goedkeuring van de directie U.A.V.
- Middels een ferroxyloproef volgens NEN 2170 moet aangetoond worden dat die poriën daarna volkomen gesloten zijn.

Chroomlaag

- Voor de chroomlaag is het toelaatbare aantal doorlopende poriën per 1000 mm inspectie-lengte na de eindbewerking ≤ 2 .
- Deze poriën moeten d.m.v. dot-welden gerepareerd worden. Voor zuigerstangen van ongelegeerd of veredel staal moet –middels een ferroxyloproef volgens NEN 2170 –aangetoond worden dat zij daarna volkomen gesloten zijn.
- Voor de chroomlaag bedraagt het toelaatbaar aantal niet doorlopende poriën per 1000 mm inspectie-lengte na de eindbewerking maximaal 5.
- Niet doorlopende poriën met een diameter $> 0,5$ mm d.m.v. dot-welden repareren.
- Niet doorlopende poriën met een diameter $\leq 0,5$ mm behoeven niet gerepareerd te worden, maar tellen wel mee voor het bepalen van het aantal poriën per inspectie-lengte.

Chroom–en nikkellaag

- Het toelaatbaar aantal imperfecties per 1000 mm inspectie-lengte na de eindbewerking is maximaal 20.
- Imperfecties met een diameter $> 0,5$ mm d.m.v. dot-welden repareren.
- Imperfecties met een diameter $\leq 0,5$ mm behoeven niet gerepareerd te worden, maar tellen wel mee voor het bepalen van het aantal imperfecties per inspectie-lengte. Scherpe randen (te detecteren met een 10 maal vergrotende loep) d.m.v. hand-polijsen afronden.
- Indien bij één of meerdere gerepareerde poriën en/of imperfecties de omschreven cirkel van de gerepareerde plek ná het dot-welden groter is dan 3 mm, dan wordt de chroomlaag afgekeurd.
- Overschrijding van het toelaatbare aantal poriën en/of imperfecties leidt eveneens tot afkeur van de betreffende laag.
- Ingeval van twijfel over het geconstateerde aantal poriën is de uitslag van een aanvullende ferroxyloproef volgens NEN 2170 doorslaggevend.

Nadere omschrijvingen en voorwaarden bij de keuringsmaatstaven

1. Genoemd aantal poriën geldt zowel voor de visuele inspectie met het ongewapende oog als voor de inspectie met een loep, waarbij elke porie slechts éénmaal geteld dient te worden.
2. Het toelaatbaar aantal poriën van de genoemde soort voor, van 1000 mm afwijkende inspectie-lengten, wordt als volgt berekend:

$$n_a = \frac{l_a}{1000 \text{ mm}} \cdot n_{1000}$$

waarin:

n_{1000} = het toelaatbaar aantal poriën per 1000 mm inspectie-lengte.

n_a = het toelaatbaar aantal poriën voor de afwijkende lengte.

l_a = de afwijkende lengte in mm.

Het met bovenstaande formule berekende aantal poriën afronden op het dichtstbijzijnde gehele getal.

3. Indien incidenteel het aantal poriën (van de genoemde soort) per inspectie-lengte groter is dan het toelaatbare aantal, maar het totale aantal van die poriën (n_t) op de totale inspectie-lengte (l_t) is kleiner of gelijk dan $n_t = \frac{l_t}{1000 \text{ mm}} \cdot n_{1000}$, dan beslist de opdrachtgever over de wel of niet accepteren.
4. Voor imperfecties gelden overeenkomende voorwaarden.

Bijlage C**Minder milieubelastende hydraulische vloeistoffen**

Technische eisen aan hydraulische vloeistoffen.

Het product dient aan de technische specificaties te voldoen volgens VDMA 24568

Het hoofdbestanddeel van hydraulische vloeistoffen dient een verzadigde synthetische ester te zijn op basis van minerale grondstoffen. Een mengsel van een verzadigde ester met een andere oliesoort is niet acceptabel.

Bovenstaande vloeistof moet geleverd worden in de ISO-VG klasse 22 of lager. De kinematische viscositeit in mm²/s mag bij –20° C niet hoger zijn dan 450. Aangevoerd moet worden dat bij zwelproeven volgens DIN 53521 dat de zwelling van NBR rubber in de desbetreffende vloeistof niet groter is dan 10%.

Het tijdens gebruik toevoegen van extra dope's aan de hydraulische vloeistoffen is niet acceptabel.

Milieutechnische eisen

De minder milieubelastende hydraulische vloeistoffen moeten zijn voorzien van het milieukeurmerk "Blauwe Engel" volgens RAL-UZ 79, of moeten minimaal voldoen aan de onderstaande eisen. Als er geen keurmerk aanwezig is moeten de eigenschappen van de hydraulische vloeistoffen met betrekking tot biologische afbreekbaarheid en toxiciteit door een onafhankelijke deskundige worden bepaald.

Biologische afbreekbaarheid

Biologische afbreekbaarheid van het product moet voldoen aan een of meerdere van de onderstaande standaardtests en aangegeven grenswaarden.

Standaardtest biologische afbreekbaarheid

Methode	Tijd (dagen)	Gemeten factor	Criterium
Eenvoudig biologisch afbreekbaar			
Aangepaste AFNOR-proef (OESO 301 A)	28	Verlies van opgeloste organische koolstof	>70%
Aangepaste Sturm-proef (OESO 301 B)	28	Ontstaan van kool-dioxine	>60%
Aangepaste MITI(I)-proef (OESO 301 C)	28	Zuurstofbehoefte	>60%
Gesloten-flesproef (OESO 301 D)	28	Zuurstofbehoefte	>70%
Aangepaste OESO-proef (OESO 301 E)	28	Verlies van opgeloste organische koolstof	>70%

Primair biologisch afbreekbaar (alleen slecht oplosbare bestanddelen)

CEC-L-33-A93	21	Verlies van koolwaterstoffen in infrarood-absorptie	>80%

Toxiciteit

Met betrekking tot de toxiciteit dienen de volgende testen te worden gedaan.

Vis	OECD 203/204
Kreeftachtigen	OECD 202 ISO 6341
Algen	OECD 201 ISO 8692

Van deze testen dienen de EC₅₀ en de LC₅₀ NEC waarden >1000/l te zijn.

EC₅₀ concentratie waarbij in een vastgestelde tijd, bij 50% van de organismen een effect optreedt.

afd./opsteller	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
Werkgroep NBD 6000	* Begeleidingsgroep NBD 6000	* NIQ/H. van der Weijde	*01-11-05	* definitief

LC₅₀ concentratie waarbij in een vastgestelde tijd, 50% van de organismen sterft.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 1 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

EISEN KUNSTSTOFFEN

Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend
belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw
waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen

document : NBD 09799
uitgave : 2001-01-10

afd./auteur	* toetser	* autorisator	* datum	* status
NIO/D. Ros	* D.Ros	* F.Remery	* 2001-01-10	* definitief

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 2 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

TECHNISCHE LEVERINGSVOORWAARDEN
VOOR OVERWEGEND GLIJDEND BELASTE KUNSTSTOFFEN
IN DE WATERBOUW EN DE WERKTUIGBOUW
WAARONDER REGENERAAT- EN RECYCLING KUNSTSTOFFEN

In deze eisen worden de afkortingen UHMPE en HMPE gebruikt in plaats van UHMWPE en HMWPE.

	INHOUDSOPGAVE	pagina
1	INLEIDING	4
	1.1 Onderwerp	4
	1.2 Uitgangspunten en gevolg	4
	1.3 Kern van deze eisen	4
	1.4 Toepassingsgebied en condities	5
2	GARANTIEBEPALINGEN EN GARATIETERMIJN	6
3	EISEN	7
	3.1 Materiaaleisen	7
	3.1.1 Re-PE uv	7
	3.1.2 Re-HDPE 250 uv	7
	3.1.3 Re-HMPE 500 uv	8
	3.1.4 Re-UHMPE 1000 uv	8
	3.1.5 UHMPE 1000 uv (zonder regeneraat)	8
	3.1.6 UHMPE 1000 zuiver (naturel, zonder regeneraat)	9
	3.1.7 PETP	9
	3.1.8 HAWE	9
	3.2 Eigenschappen	9
	3.3 Vervaardiging en bewerking	9
	3.4 Minimum afrondingsstraal	10
	3.5 Oppervlaktegesteldheid en uiterlijk	10
	3.6 Rechtheid	10
	3.7 Maattolerantie	11
	3.8 Relatieve rek	11
4	KEURINGEN	12
	4.1 Leveranciersverklaring	12
	4.2 Standaardkeuringen	12
	4.3 Aanvullende keuringen	13
	4.3.1 Tribologische en fysische eigenschappen	14
	4.3.2 Materiaalkwaliteit	14
	4.3.3 Mechanische eigenschappen	14
	4.4 Proefstuk (vervangend proefstuk)	14
5	GOEDKEUR OF AFKEUR	15
	5.1 Goedkeur	15
	5.2 Afkeur	15
6	KOSTEN, DIE VERBAND HOUDEN MET DE KEURING	16

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 3 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

Vervolg Inhoudsopgave

7	DEFINITIES	17
	7.1 Aanvullende keuringen	17
	7.2 Keuringsambtenaar	17
	7.3 Keuringseenheid	17
	7.4 Leveranciersverklaring	17
	7.5 Primaire kunststof	18
	7.6 Proefmonster	18
	7.7 Proefpin	18
	7.8 Proefplaat	18
	7.9 Proefstuk (vervangend proefstuk)	18
	7.10 Recyclingkunststof	19
	7.11 Regeneraat	19
	7.12 Relatieve slijtvastheid	19
	7.13 RePE	19
	7.14 Slijtfactor	19
	7.15 Standaardkeuringen	19
	7.16 Vervormingstemperatuur	19
8	VERWIJZINGEN	20
8.1	Lijst van normen	20
		20
	BIJLAGEN	
	Bijlage 1 KEURINGSTABEL: Toepassingen, keuringen en te garanderen eigenschappen	21
	Bijlage 2 Omschrijving van de buigproef	22
	Bijlage 3 Omschrijving van de thermo-analytische tribotest	23
	Bijlage 4 Aanvullende eisen voor glijstrippen die zijn samengesteld uit twee lagen kunststof met verschillende kwaliteit	24

Toelichting op aanduidingen van polyethenen

LDPE is een Low Density (Lage Dichtheid) polyetheen, vervaardigd volgens een hogedrukproces.
HDPE, HMPE en UHMPE zijn High Density polyethenen (Hoge Dichtheid),
vervaardigd volgens een lagedrukproces.
De afkorting LD en HD hebben betrekking op de dichtheid, niet op het proces.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 4 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

1.1 Onderwerp

In dit stuk, hierna "eisen" genoemd, zijn de technische leveringsvoorwaarden alsmede de goed- en afkeurmaatstaven van kunststofproducten omschreven. Deze eisen gelden voor alle bij de Bouwdienst Rijkswaterstaat (hierna te noemen: "de Directie") toe te passen constructiedelen van kunststof die overwegend glijdend of slijtend kunnen worden belast zoals wrijfstijlen, wrijfgordingen, steigerplanken en beschoeiingen, glijstrippen voor het bekleden van remmingwerken en kaderanden, aanslagen van sluisdeuren, stootranden, glijgeleidingen en glijafdichtingen van beweegbare waterkeringen, kabelleisloffen, glijlagers, taatsen, aandrijfmoeren, translerende en roterende seals, enzovoort.

1.2 Uitgangspunt en gevolg

Uitgangspunt bij het opstellen van deze eisen is het toepasbaar maken bij Rijkswaterstaat van producten die zijn vervaardigd van regeneraat- en recyclingkunststoffen op basis van polyetheen, naast producten van primaire kunststof (zie 7 voor de alfabetische lijst van definities). Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan het verlagen van het gebruik van grondstoffen (aardolie). Bovendien zijn producten van regeneraat- en recyclingkunststoffen goedkoper dan producten van primaire kunststoffen.

Het aantal door Rijkswaterstaat gebruikte kunststoftypen zal door deze eisen toenemen. Het kan lastig zijn om de primaire, de regeneraat- en recyclingkunststoffen te onderscheiden en te keuren. Daarom behoort het keuren van een functionele eigenschap - de relatieve slijtvastheid - thans tot de standaardkeuringen.

1.3 Kern van deze eisen

In de keuringstabel, zie bijlage 1, is aangegeven welk materiaal voor een bepaalde toepassing in aanmerking kan komen, welke eigenschappen dit materiaal moet hebben en welke keuringen van toepassing zijn. De kunststofleverancier moet bij levering garanderen in een leveranciersverklaring (7) dat de eigenschappen van de producten overeenkomen met de in dit stuk gestelde eisen en met alle eigenschappen die genoemd zijn in de brochure van de (grondstof)leverancier. Het proefstuk (7) moet geleverd zijn. Bovendien moeten de standaard keuringen volgens 4.2 altijd worden uitgevoerd. De aanvullende keuringen volgens 4.3 moeten worden uitgevoerd indien extra zekerheid nodig is of de tribologische eigenschappen inderdaad gehaald zullen worden, bij twijfel over de materiaalkwaliteit of indien het een bijzondere toepassing of een grote levering betreft.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 5 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

1.4 Toepassingsgebied en condities

Het toepassingsgebied van deze eisen omvat de volgende kunststoffen en kunststofftypen.

- 1 Re-PE uv-stabiel:**
Recycling kunststof gewonnen uit producten van polyetheen.
- 2 Re-HDPE 250 uv-stabiel, regeneraat toegestaan:**
Lagedruk polyetheen met toevoeging van 2...2,5% roet.
- 3 Re-HMPE 500 uv-stabiel, regeneraat toegestaan:**
Hoogmoleculair lagedruk polyetheen met toevoeging van 2...2,5% roet, al of niet vervaardigd uit of vermengd met regeneraat; met regeneraat wordt hier vermalen fabrieksafval van UHMPE of HMPE bedoeld.
- 4 Re-UHMPE 1000 uv-stabiel, regeneraat toegestaan:**
Ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen met toevoeging van 2...2,5% roet, met regeneraat of vervaardigd uit regeneraat; met regeneraat wordt hier vermalen fabrieksafval van UHMPE bedoeld.
- 5 UHMPE 1000 uv-stabiel, zonder regeneraat:**
Ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen met toevoeging van 2...2,5% roet.
- 6 UHMPE 1000 zuiver (naturel):**
Ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen naturel, zonder regeneraat.
- 7 PETP:**
Polyetheentereftalaat, een lineair gekristalliseerd thermoplastisch polyester.
- 8 HAWE:**
Hardweefsel vervaardigd uit weefselversterkte hars.

De kunststofproducten kunnen worden toegepast onder de volgende condities, met uitzondering van UHMPE 1000 naturel (wit), dat niet langdurig aan de directe straling van het zonlicht mag worden blootgesteld:

- in en boven (zee)water;
- in de getijdzone;
- in de directe straling van het zonlicht;
- in combinatie met (biologisch afbreekbare) smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen;
- in combinatie met cementgebonden mortels en kunstharsmortels;
- onder alle in Nederland voorkomende weersomstandigheden.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 6 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

2 GARANTIEBEPALINGEN EN GARANTIETERMIJN

Voor de producten geldt ten aanzien van de eigenschappen, vermeld in bijlage 1 en in de brochure van de (grondstof)leverancier, een garantietermijn van 10 jaar. Indien binnen de garantietermijn vermoed wordt dat niet meer aan alle gegarandeerde waarden wordt voldaan, dan kan de Directie één of meer aanvullende keuringen eisen op de destijds geleverde producten, overeenkomstig 4.3.

Voor het uitvoeren van deze keuring(en) wijst de Directie, afhankelijk van het aantal destijds geleverde producten, één of meer producten aan, waaruit een proefstuk genomen moet worden dat groot genoeg is voor het daaruit vervaardigen van de proefpinnen (7) enzovoort, die nodig zijn voor het uitvoeren van de geëiste (aanvullende) keuringen (7).

Indien het resultaat van één of meer van deze keuringen onvoldoende is, dan moeten alle destijds geleverde producten behorende bij de keuringseenheid (7) waaruit dat proefstuk genomen is, vervangen worden. In dat geval zijn de kosten voor het leveren van nieuwe producten en de keuringskosten voor rekening van de leverancier. Is het resultaat van alle keuringen echter voldoende, dan zijn alle kosten voor rekening van de Directie.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 7 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

3 **EISEN**

3.1 Materiaaleisen

De producten moeten in getemperde toestand geleverd worden of in een gelijkwaardige toestand, verkregen door temperatuur- en productiebeheersing gedurende en na het fabriceren. (Onder temperen wordt hier verstaan: een warmtebehandeling, waardoor de inwendige spanningen die tijdens het fabriceren van het product ontstaan, in voldoende mate verminderd worden).

De kunststofproducten moeten gedurende de garantietermijn toegepast kunnen worden onder de in 1. genoemde condities en daarbij verouderingsongevoelig, scheurongevoelig en taai zijn. UHMPE naturel (wit) mag alleen worden toegepast (en bewaard) waar geen zonlicht toeganke lijk is (zoals glijplaten in opleggingen, glijlagers, taatsen en aandrijfmoeren). Glijplaten in glijopleggingen mogen geen roet bevatten.

3.1.1 Re-PE-uv

Recycling kunststof gewonnen uit producten van polyetheen (ook wel met LDPE aangeduid). Het materiaal waaruit het product is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- het materiaal moet uv-stabiel zijn en mag niet meer dan 2...2,5% roet bevatten;
- kleur: zwart;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.1.2 Re-HDPE 250 uv

Regeneraat van lagedruk polyetheen.

Het materiaal waaruit het produkt is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- moleculairgewicht (gewichtsgemiddelde) gelijk aan of groter dan 250 000 (-);
- al of niet met bijmenging van of vervaardigd uit regeneraat;
- het materiaal moet uv-stabiel zijn en mag niet meer dan 2...2,5% roet bevatten;
- kleur: zwart;
- onvernet;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 8 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

3.1.3 Re-HMPE 500 uv

Regeneraat van hoogmoleculair lagedruk polyetheen.

Het materiaal waaruit het produkt is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- molecuulgewicht (gewichtsgemiddelde) gelijk aan of groter dan 500 000 (-);
- al of niet met bijmenging van of vervaardigd uit regeneraat; met regeneraat wordt hier vermalen fabrieksafval van UHMPE of HMPE bedoeld;
- het materiaal moet uv-stabiel zijn en mag niet meer dan 2...2,5% roet bevatten;
- kleur: zwart;
- onvernet;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.1.4 Re-UHMPE 1000 uv

Regeneraat van ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen.

Het materiaal waaruit het produkt is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- molecuulgewicht (gewichtsgemiddelde) gelijk aan of groter dan $4 \cdot 10^6$ (-);
- met bijmenging van of vervaardigd uit regeneraat; met regeneraat wordt hier vermalen fabrieksafval van UHMPE uit de grondstof Hostalen GUR 412 of gelijkwaardig bedoeld;
- het materiaal moet uv-stabiel zijn en mag niet meer dan 2...2,5% roet bevatten;
- kleur: zwart;
- onvernet;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.1.5 UHMPE 1000 uv (zonder regeneraat)

Ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen.

Het materiaal waaruit het produkt is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- molecuulgewicht (gewichtsgemiddelde) gelijk aan of groter dan $4 \cdot 10^6$ (-);
- zonder bijmenging van één of meer soorten regeneraat;
- vervaardigd uit de grondstof Hostalen GUR 412 of gelijkwaardig;
- het materiaal moet uv-stabiel zijn en mag niet meer dan 2 ... 2,5% roet bevatten;
- kleur: zwart;
- onvernet;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 9 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

3.1.6 UHMPE 1000 (naturel, zonder regeneraat)

Ultrahoogmoleculair lagedruk polyetheen.

Het materiaal waaruit het produkt is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

- moleculairgewicht (gewichtsgemiddelde) gelijk aan of groter dan $4 \cdot 10^6$ (-);
- zonder bijmenging van roet;
- zonder bijmenging van één of meer soorten regeneraat;
- vervaardigd uit de grondstof Hostalen GUR 412 of gelijkwaardig;
- kleur: wit;
- onvernet;
- eigenschappen volgens de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.1.7 PETP

Polyetyleentereftalaat, een lineair gekristalliseerd thermoplastisch polyester.

Het materiaal moet voldoen aan de eigenschappen in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.1.8 HAWE

Weefselversterkte hars.

Het materiaal moet voldoen aan de eigenschappen in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde waarden.

3.2 Eigenschappen

De in dit stuk, de in bijlage 1 en de in de brochure van de (grondstof)leverancier vermelde eigenschappen gelden voor de in 1 en 3.1 vermelde materialen.

3.3 Vervaardiging en bewerking

Het bewerken tot gereede producten volgens de besteltekeningen geschiedt door of onder verantwoordelijkheid van de kunststofleverancier.

Om kerfwerking te voorkomen, moeten de volgende maatregelen in acht genomen worden: Het oppervlak van alle producten moet voldoen aan de gestelde eisen voor de oppervlakteruwheid op de bij de bestelling overlegde tekening(en). Indien er geen eisen aan de oppervlakteruwheid gesteld zijn, dan mag het oppervlak geen fouten of afwijkingen vertonen die nadelig kunnen zijn voor het goed functioneren van het product.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 10 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

3.4 Minimum afrondingsstraal

Om kerfwerking te voorkomen, mogen (ook als dit niet uitdrukkelijk op de besteltekening is vermeld), in de kunststofproducten geen scherpe inwendige hoeken voorkomen, zoals diameterovergangen. De minimum toegestane afrondingsstraal is 1,5 mm.

3.5 Oppervlaktegesteldheid en uiterlijk

Bij PETP-producten moet (om kerfwerking te voorkomen) de extrusie huid geheel rondom zijn verwijderd. De verwijderde huid moet tenminste 2 mm dik zijn. Deze dient zodanig te worden verwijderd dat hierbij geen spanningen in het materiaal worden ingevoerd.

Als voor, tijdens of na het bewerken, naar het oordeel van de keuringsambtenaar, in het oppervlak één of meer van de onderstaande verschijnselen voorkomen:

- (haar)scheuren,
- een schubachtige structuur,
- een onregelmatige structuur,
- duidelijke kleurschakeringen,
- een van de in 3.1.1 ... 3.1.6 genoemde (enigszins) afwijkende kleur, dan moeten bovendien één of meer aanvullende keuringen worden uitgevoerd, tenzij de afwijkende kleur zich bevindt op lasnaden.

Het aantal en de soort uit te voeren aanvullende keuringen wordt bepaald door de keuringsambtenaar. Deze aanvullende keuring is van toepassing op de betreffende keuringseenheid.

3.6 Rechtheid

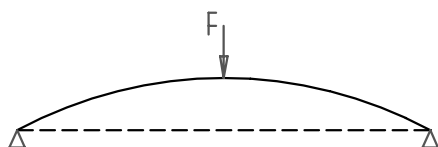
De rechtheid in beide richtingen van alle massieve langwerpige producten met een lengte van 1 m of meer moet voldoen aan de volgende twee eisen:

- * de kracht F voor het rechtdrukken moet, tenzij anders vermeld, gelijk zijn aan of kleiner zijn dan 250 N, zie figuur a;
- * de rechtheidsafwijking mag niet groter zijn dan de met één van de navolgende formules bepaalde waarde f , zie figuur b:
$$f = 0,1 \cdot 10^{-2} \cdot l^2 / (12 \cdot e) \quad \text{mm} \quad (\text{voor symbolen en eenheden, zie bijlage 2}).$$

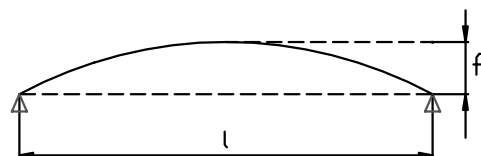
Voor producten met een rechthoekig dwarsprofiel geldt:

$$f = 0,1 \cdot 10^{-2} \cdot l^2 / (6 \cdot d) \quad \text{mm} \quad (\text{voor symbolen en eenheden, zie bijlage 2}).$$

figuur a



figuur b



3.7 Maattolerantie

Als op de besteltekening geen tolerantie is aangegeven, dan geldt - afgezien van de temperatuursinvloed - een tolerantie van $+0,2 \dots 0$ mm voor uitwendige afmetingen, en een tolerantie van $0 \dots -0,2$ mm voor inwendige afmetingen.

3.8 Relatieve rek

Op langwerpige massieve kunststofprodukten met een lengte van 1 m of meer moet een buigproef uitgevoerd worden volgens bijlage 2. Het resultaat van de buigproef is voldoende, als het produkt na het veroorzaken van de volgens bijlage 1 geëiste relatieve rek geen blijvende vervorming, scheuren of breuk vertoont.

Het resultaat van de buigproef is onvoldoende, als het produkt na het bereiken van de volgens bijlage 2 te berekenen doorbuiging, een blijvende vervorming, scheuren of breuk vertoont.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 12 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

4 KEURINGEN

Elke levering wordt per keuringseenheid (7) gekeurd.

De keuringen worden onderscheiden in:

- Standaardkeuringen (4.2, 7) en
- Aanvullende keuringen (4.3, 7).

De Directie dient ten minste acht dagen tevoren te worden verwittigd van de aanvang van de keuringen. Deze moeten door of in aanwezigheid van een keuringsambtenaar (7) uitgevoerd worden.

De keuringsresultaten moeten in de leveranciersverklaring worden vastgelegd.

4.1 Leveranciersverklaring

Levering van de bestelde producten moet gelijktijdig met de leveranciersverklaring (7) plaatsvinden. De leveranciersverklaring moet aan de keuringsambtenaar worden overhandigd.

4.2 Standaardkeuringen

Onder de standaardkeuringen vallen:

- het aantonen dat aan de zandslurryeisen is voldaan zoals genoemd in bijlage 1, uit te voeren met een proefplaat (7), zoals is omschreven in DIN-ISO 5834-2;
- de vervaardiging en bewerking zoals omschreven in 3.3;
- de minimum afrondingsstraal zoals omschreven in 3.4;
- de oppervlaktegesteldheid en het uiterlijk zoals omschreven in 3.5;
- de rechtheid, zoals omschreven in 3.6;
- de maattolerantie zoals omschreven in 3.7;
- de relatieve rek (mits van toepassing) zoals omschreven in 3.8.

Tenzij anders wordt overeengekomen, is het aantal te keuren producten afhankelijk van het aantal producten per keuringseenheid (7), zie tabel 4.2.

Tabel 4.2. Aantal te keuren producten per keuringseenheid voor de standaardkeuringen

Aantal producten per keuringseenheid (n_{ke})	Aantal te keuren producten per keuringseenheid (n_k)
1 ... 10	alle producten
11 ... 100	10 produkten ¹⁾
101 of meer	10% van het aantal produkten ¹⁾²⁾

¹⁾ Deze producten worden door de Directie uit de keuringseenheid gekozen.

²⁾ Naar boven afronden tot het dichtstbijzijnde heel getal.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 13 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

Het resultaat van de standaardkeuringen is voldoende, als:

- Het resultaat van alle keuringen volgens 4.2 uitgevoerd op het aantal volgens tabel 4.2 gekozen producten, voldoet aan alle gestelde eisen;
of:
- Het resultaat van enkele keuringen volgens 4.2 uitgevoerd op het aantal volgens tabel 4.2 gekozen producten, niet voldoet aan alle gestelde eisen, mits:
 - * alle producten die niet aan alle gestelde eisen voldoen, zijn afgekeurd en vervangen door producten, waarvan het resultaat van alle keuringen volgens 4.2 wél aan alle gestelde eisen voldoet;
 - * alle keuringen waarvan de resultaten bij één of meer producten onvoldoende zijn, uitgevoerd worden op alle producten van de keuringseenheid ($n_k = n_{ke}$);
 - * het totaal aantal producten waarvan de keuringsresultaten onvoldoende zijn, niet meer dan 10% van het aantal producten van de keuringseenheid is ($n_a = \max. 0,1 n_{ke}$).

Het resultaat van de standaardkeuringen is onvoldoende, als het totaal aantal producten waarvan de keuringsresultaten niet voldoen aan de in 4.2 gestelde eisen, meer dan 10% van het aantal producten van de keuringseenheid bedraagt. In dat geval wordt de gehele keuringseenheid afgekeurd.

4.3 Aanvullende keuringen

Door de keuringsambtenaar kunnen één of meer aanvullende keuringen per keuringseenheid worden geëist. De aanvullende keuringen moeten uitgevoerd worden door een door de Directie goed te keuren beproevingsinstituut. Er zijn drie aanvullende keuringen, te weten:

- keuring van de waarden voor de slijtfactor, de wrijvingscoëfficiënt en de vervormingstemperatuur (zie in kolom 4, 5, en 6 van tabel 1);
- keuring van de materiaalsoort en -kwaliteit;
- keuring van de materiaaleigenschappen.

De geëiste aanvullende keuringen moeten worden uitgevoerd op proefpinnen enzovoort, vervaardigd uit een (vervangend) proefstuk.

Het resultaat van de aanvullende keuringen is voldoende als:

- Het resultaat van één of meer keuringen volgens 4.3.1 ... 4.3.2 - voor zover deze zijn geëist
 - voldoet aan de gestelde eisen;
- of:

- Het resultaat van één of meer keuringen volgens 4.3.1 ... 4.3.2 - voor zover deze zijn geëist
- niet voldoet aan de gestelde eisen, mits:

het resultaat van alle herkeuringen op het dubbele aantal proefpinnen enzovoort, genomen uit twee nieuwe (vervangende) proefstukken, voldoet aan de gestelde eisen.

Het resultaat van de aanvullende keuring is onvoldoende, als het resultaat van één of meer keuringen volgens 4.3.1 ... 4.3.2 - voor zover deze zijn geëist - niet voldoet aan de gestelde eisen. In dat geval wordt de gehele keuringseenheid afgekeurd.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 14 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

4.3.1 Tribologische en fysische eigenschappen

De in bijlage 1 kolom 4, 5 en 6 vermelde slijtfactor (k), wrijvingscoëfficiënt (f) en vervormingstemperatuur T_{dv} worden met de in bijlage 3 omschreven thermo-analytische tribotest aangetoond. De proef wordt uitgevoerd met een proefpin.

Het resultaat van deze keuring is voldoende, als de proefresultaten van deze proefpin voldoen aan de in tabel 1 kolom 4, 5 en 6 vermelde waarden. Voldoen de proefresultaten niet aan de vermelde waarden, dan gelden de tribologische eigenschappen als onvoldoende.

4.3.2 Materiaalkwaliteit

De in 3.1.1 ... 3.1.8 geëiste materiaalsoort en -kwaliteit worden met één of meer materiaalanalyses aangetoond. De analyses moeten worden uitgevoerd op proefmonsters (7).

Bij de materiaalanalyse wordt de aard van het materiaal bepaald door middel van:

- smeltindex;
- infraroodspektroskopie + beoordeling roetverdeling;
- roetgehalte.

Het resultaat van deze keuring is voldoende als de analyseresultaten voldoen aan de in 3.1 gestelde eisen. Voldoen één of meer analyseresultaten niet aan de gestelde eisen, dan geldt de materiaalkwaliteit als onvoldoende.

4.3.3 Mechanische eigenschappen

Op aanwijzing van de keuringsambtenaar moeten de in 3.1.1 ... 3.1.8 geëiste mechanische eigenschappen zoals de treksterkte, de rek bij breuk en de kerfslagtaaiheid worden aangetoond.

Het resultaat van deze keuring is voldoende als de proefresultaten voldoen aan de in 3.1.1 ... 3.1.8 gestelde eisen. Voldoen één of meer proefresultaten niet aan de gestelde eisen, dan gelden de mechanische eigenschappen als onvoldoende.

4.4 Proefstuk (vervangend proefstuk)

Levering van de bestelde producten moet gelijktijdig met één of meer (n_p) proefstukken (7) of vervangende proefstukken plaatsvinden. Deze moet(en) aan de keuringsambtenaar worden overhandigd. Indien er aanvullende keuringen verricht zijn, dan moeten de restanten van de (vervangende) proefstukken, inclusief de proefstaven, enzovoort, overhandigd worden.

Per keuringseenheid (7) moet één (vervangend) proefstuk geleverd worden.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 15 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

Indien een levering (of een deel daarvan) bestaat uit een groot aantal keuringseenheden, bestaande uit producten van gelijke vorm en afmetingen (bijvoorbeeld, omdat die producten uit verschillende halffabrikaten vervaardigd zijn), dan wordt voor zulke keuringseenheden het aantal te leveren (vervangende) proefstukken volgens tabel 4.4 gekozen.

Tabel 4.4 Aantal te leveren (vervangende) proefstukken bij keuringseenheden, bestaande uit producten met gelijke vorm en afmetingen.

Aantal keuringseenheden met gelijke vormen afmetingen	Aantal te leveren (vervangende) proefstukken n_{pa}
1 ... 5	1
1 ... 10	2
11 of meer	3

5 GOEDKEUR OF AFKEUR

5.1 Goedkeur

De producten van een keuringseenheid zijn goedgekeurd, als aan alle onderstaande voorwaarden voldaan is:

- de leveranciersverklaring geleverd is, zie 4.1;
- het resultaat van de standaardkeuringen voldoende is, zie 4.2;
- het resultaat van de aanvullende keuringen - voor zover geëist - voldoende is, zie 4.3;
- de vereiste (vervangende) proefstukken geleverd zijn;
of, indien één of meer aanvullende keuringen uitgevoerd zijn:
de restanten van de (vervangende) proefstukken, de proefmonsters, proefplaten,
enzovoort, geleverd zijn.

5.2 Afkeur

De producten van een keuringseenheid zijn afgekeurd, als aan één of meer van de onder 5.1 genoemde voorwaarden niet is voldaan.

Indien van een levering het resultaat van de aanvullende keuringen, uitgevoerd op proefmonsters, proefpinnen enzovoort, uit drie of meer proefstukken niet voldoet aan de gestelde eisen (n_{pa} groter of gelijk aan 3), dan is hiermee zonder verdere beproeving de gehele levering afgekeurd.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 16 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

6 KOSTEN DIE VERBAND HOUDEN MET DE KEURING

Alle met de keuringen verband houdende kosten, alsmede de kosten voor het leveren van de (vervangende) proefstukken en de kosten voor het vervangen van afgekeurde producten, zijn voor rekening van de leverancier.

De kosten van de aanvullende keuringen (4.3), inclusief de kosten voor het vervaardigen van de proefpinnen, enzovoort, komen bij goedkeuring voor rekening van de Directie.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 17 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

7 DEFINITIES

In deze eisen gelden de volgende (alfabetisch gerangschikte) definities:

7.1 Aanvullende keuringen

De aanvullende keuringen omvatten de keuringen die slechts van toepassing zijn voor zover deze door de Directie worden geëist. Ze worden uitgevoerd op monsters, proefpinnen enzovoort, (afhankelijk van de keuring), die vervaardigd zijn uit het (vervangend) proefstuk.

7.2 Keuringsambtenaar

De keuringsambtenaar is de door de Directie gemachtigde ambtenaar of een door de Directie gevolmachtigde, die met de keuring van de kunststofproducten is belast.

7.3 Keuringseenheid

Een keuringseenheid bestaat uit elke verzameling producten van een levering, die aan beide onderstaande voorwaarden voldoet:

- producten die op dezelfde wijze uit hetzelfde halffabrikaat vervaardigd of samengesteld zijn en die (voor zover van toepassing) tevens dezelfde warmtebehandeling(en) ondergaan hebben;
- producten van gelijke vorm en met gelijke nominale afmetingen, of bij langwerpige producten (zoals strippen en staven), producten met gelijke vorm en afmetingen van de dwarsdoorsneden.

Onder:

- "dezelfde wijze van vervaardigen" wordt verstaan: vervaardigd bij één fabrikant, op dezelfde machine(s), en onder dezelfde condities;
- "dezelfde warmtebehandeling" wordt verstaan: dezelfde soort warmtebehandeling (inclusief dezelfde opwarm- en afkoelsnelheid), gelijktijdig uitgevoerd in dezelfde oven of inrichting en onder dezelfde condities.

7.4 Leveranciersverklaring

De leveranciersverklaring is een document waarin de leverancier bevestigt, dat de geleverde producten voldoen aan alle gestelde eisen (3) en waarin de resultaten van de standaardkeuringen (4.2) worden verschaft, en voor zover geëist, tevens de resultaten van de aanvullende keuringen (4.3).

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 18 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

Bovendien moet in de leveranciersverklaring worden opgegeven:

- merknaam, type en chargennummer van de grondstof;
- wie het halffabrikaat vervaardigde;
- soortnaam, merknaam en type van de kunststof;
- wie de producten bewerkte;
- alle overeengekomen afwijkingen van en aanvullingen op deze eisen en keuringen.

De leveranciersverklaring is slechts geldig, indien deze zowel door de leverancier als door de keuringsambtenaar van Directie is ondertekend.

7.5 Primaire kunststof

Kunststof die gemaakt is uit granulaat afkomstig van de grondstof, zonder toevoeging van herverwerkt materiaal.

7.6 Proefmonster

Een in overleg met de keuringsambtenaar uit het proefstuk te nemen stuk materiaal, waarvan de afmetingen voldoende zijn voor het uitvoeren van een materiaalanalyse overeenkomstig 4.3.2. Voor de materiaalanalyse is een materiaalvolume van 25 cm³ voldoende.

7.7 Proefpin

Een in overleg met de keuringsambtenaar uit het proefstuk te vervaardigen pin voor het uitvoeren van de in bijlage 3 omschreven thermo-analytische tribotest. De oppervlakte van het wrijvingsvlak moet minimaal 90 mm² bedragen.

7.8 Proefplaat

Een in overleg met de keuringsambtenaar uit het proefstuk te vervaardigen proefplaat voor het uitvoeren van de in DIN-ISO 5834-2 omschreven zandslurrytest. De afmetingen van de proefplaat zijn 76,2 mm * 25,4 mm * 6,35 mm.

7.9 Proefstuk (vervangend proefstuk)

Een op aanwijzing van de Directie uit een keuringseenheid te nemen stuk van het gerede product, waarvan de afmetingen voldoende zijn om daaruit alle proefmonsters en proefstaven enzovoort te kunnen vervaardigen, die nodig zijn voor het uitvoeren van de aanvullende keuringen, en van de onderstaande gegevens te voorzien. De lengte van het (vervangend) proefstuk moet echter minstens 250 mm bedragen.

Indien de afmetingen van het gerede product te klein zijn voor het nemen van het proefstuk, dan moet een vervangend proefstuk geleverd worden. Het vervangend proefstuk is een stuk materiaal, dat op dezelfde wijze van hetzelfde halffabrikaat vervaardigd is als het gerede product, en dat tevens dezelfde warmtebehandeling(en) ondergaan heeft (zie 3.1 en 3.3).

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 19 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

Het proefstuk (vervangend proefstuk) is slechts geldig, indien dit met slagletters in één van de kopse vlakken is voorzien van de volgende gegevens:

- merknaam en type kunststof;
- naam van de leverancier;
- naam van het werk, waarvoor de kunststof is bestemd;
- opdrachtnummer.

7.10 Recyclingkunststof

Met recyclingkunststof wordt hier kunststof bedoeld die gewonnen is uit afvalprodukten van polyetheen.

7.11 Regeneraat

Met regeneraat wordt hier intern vermalen fabrieksafval van UHMPE of HMPE bedoeld.

7.12 Relatieve slijtvastheid

De slijtvastheid in procenten ten opzichte van UHMPE 1000 naturel (wit, zonder regeneraat (zie 3.1.6) op basis van de grondstof Hostalen GUR 412 - met een relatieve slijtvastheid van 100% - bepaald door middel van de zandslurrytest volgens DIN-ISO 5834-2.

7.13 RePE

Recyclingkunststof gewonnen uit producten van polyetheen, door leveranciers ook wel met LDPE aangeduid.

7.14 Slijtfactor

De slijtfactor (k) is de bij een proefstuk veroorzaakte slijtage (m), gedeeld door de glijdend afgelegde weg van het proefstuk (m) en de gemiddelde vlaktedruk ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$). $k = \dots \cdot 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{N}$.

7.15 Standaardkeuringen

De standaardkeuringen omvatten de keuringen, die bij elke levering uitgevoerd moeten worden op het in tabel 4.2 vastgelegde aantal producten per keuringseenheid.

7.16 Vervormingstemperatuur

De temperatuur tijdens het uitvoeren van de thermografische tribotest waarbij de vervormingssnelheid van het proefstuk (de pin) toeneemt.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 20 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

8 VERWIJZINGEN

8.1 Lijst van normen

Document	Uitgave	Titel
DIN-ISO 5834-2	2000	Chirurgische Implantate - Ultrahochmolekulares Polyethylen - Teil 2: Halbzeuge (ISO 5834-2:1998)
NEN EN ISO 527-1	9604	Kunststoffen - Bepaling van de trekeigenschappen - Deel 1: Algemene beginselen (ISO 527-1:1993+C1:1993)

LITERATUUR

1. Honselaar (TNO-Industrie); TNO-rapport 92/05172/HON; Tribotechnische eigenschappen kunststoffen en hout, nieuw en recycled materiaal; april 1992.
2. Honselaar (TNO-Industrie); TNO-rapport 93M/08935/HON; Tribotechnische eigenschappen kunststoffen en hout, invloed ruwheid contramateriaal; 20 augustus 1993.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document : NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina : 21 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave : 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen	

BIJLAGE 1 KEURINGSTABEL: Toepassingen, keuringen en te garanderen eigenschappen.
(Niet alle te garanderen eigenschappen zijn hier genoemd).

(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)
SLIJTINTENSITEIT (1...5) en TOEPASSINGEN 1 = jaarlijks 2 = wekelijks 3 = dagelijks 4 = ieder uur 5 = ieder kwartier	KUNSTSTOF SOORT	STANDAARD- KEURINGEN ²⁾		AANVULLENDE KEURINGEN ³⁾		
		Zand- slurry- waarde ⁴⁾ (%)	Relatieve rek ⁵⁾ bij -15 °C (%)	Slijt- factor ⁶⁾ 20-150 °C (k) mm ² /N	Wrijvings- coëffi- ciënt ⁷⁾ (f)	Vervorm- temp. ⁸⁾ °C (Tdv)
Produkten die tijdens montage of gebruik in zonlicht kunnen komen						
		<	>	< * 10 ⁻⁹	<	>
1: Wrijfgording, wrijfstijl, aanslag, steigerplank, beschoeiing	Re-PE ⁹⁾	500	2	1000	0,30	125
2: Wrijfgording, wrijfstijl, aanslag, stootrand	Re-HDPE 250 uv	550	2	1200	0,15	125
3: Wrijfgording, aanslag, stootrand	Re-HMPE 500 uv	450	n.v.t.	800	0,15	135
4: Glijgeleiding, glijafdichting, kabelgeleiding	Re-UHMPE 1000 uv	140	n.v.t.	12	0,15	140
5: Hydrogeleiding, glijgeleiding, glijafdichting	UHMPE 1000 uv	115	n.v.t.	8	0,17	140
Produkten die zijn ingebouwd of permanent zijn afgesloten van zonstraling						
5: Glijlager, taats, transportmoer, glijoplegging, seal	UHMPE 1000 zuiver (naturel) ¹⁰⁾	115	n.v.t.	8	0,17	140
5: Glijlager	PETP ¹¹⁾	800	n.v.t.	70	0,30	n.v.t.
5: Glijlager, taats	HAWE ¹²⁾	6500	n.v.t.	150	0,45	n.v.t.

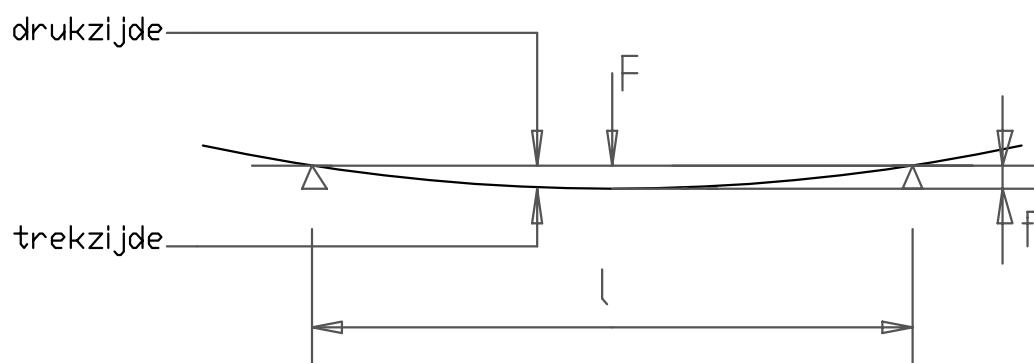
Betekenis symbolen: < = kleiner dan; > = groter dan.

- 1) Het minst-slijtvaste van de onderstaande materialen is vele malen slijtvaster dan azobe [Lit. 2].
- 2) Zie ook de overige standaardkeuringen in 4.2 waaronder de buigproef, zie 3.8.
- 3) Zie ook de overige aanvullende keuringen in 4.3.
- 4) Relatieve waarde ten opzichte van UHMPE 1000 zuiver (naturel, GUR 412) bepaald met de zandslurrytest volgens DIN-ISO 5834-2.
- 5) De relatieve rek bij -15°C wordt bepaald met de buigproef op gerede producten, zie bijlage 2.
- 6) Slijtfactor (k) bepaald volgens de thermo-analytische tribotest op basis van gewichtsafname na verwijdering van de eventuele slijtagebaard, zie bijlage 3 [Lit. 1].
- 7) Wrijvingscoëfficiënt bij 25 °C, bepaald volgens de thermo-analytische tribotest, zie bijlage 3, [Lit. 1].
- 8) Temperatuur waarbij de vervormingssnelheid, gedurende het uitvoeren van de thermo-analytische tribotest, toeneemt, zie bijlage 3.
- 9) RePE: Product vervaardigd uit recyclingmateriaal of daarmee vermengd.
- 10) Indien vervorming en/of temperatuurstijging door wrijvingswarmte te hoog is, dan wordt PETP of HAWE toegepast.
- 11) Indien p > 20 MPa of dT > 80 °C, dan wordt HAWE toegepast.
- 12) p < 150 MPa en dT < 250 °C.

BIJLAGE 2 OMSCHRIJVING VAN DE BUIGPROEF

De buigproef moet uitgevoerd worden bij een temperatuur van -15 °C op producten die zich reeds 24 uur binnen deze temperatuurgrenzen bevinden. Per product moet (tenzij anders wordt overeengekomen) de buigproef in tegengestelde richtingen worden uitgevoerd.

Proefopstelling



Door een symmetrisch aangebrachte kracht F moeten de glijstrippen zo zwaar belast worden, dat de doorbuiging f (zie figuur), uitgaande van $f = 0$ en rechte glijstrippen, tenminste gelijk is aan:

$$f = e \cdot 10^{-2} \cdot l^2 / (12 \cdot e) \text{ mm}$$

Voor producten met een rechthoekig dwarsprofiel geldt:

$$f = e \cdot 10^{-2} \cdot l^2 / (6 \cdot d) \text{ mm}$$

waarin:

e = de getalwaarde van relatieve rek in % in de op trek belaste vezels van het glijvlak, zie tabel 1.

L = de afstand tussen de opleggingen in mm;

e = de vezelafstand in mm vanaf de neutrale lijn tot aan de op trek belaste zijde;

d = de dikte in mm.

Kracht F en de oplegkrachten moeten met afgeronde voorwerpen ($r_{\min} = >10 \text{ mm}$) op de producten worden overgebracht, zodat het product ter plaatse van de oplegpunten niet ontoelaatbaar wordt ingedrukt. Zodra doorbuiging f is bereikt, moet kracht F worden weggenomen.

Waarschuwing:

Bij eventuele breuk kunnen materiaaldeeltjes wegspringen. Daarom wordt aanbevolen om de proefopstelling af te schermen.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 23 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

BIJLAGE 3 OMSCHRIJVING VAN DE THERMO-ANALYTISCHE TRIBOTEST

1 Doel en resultaten

Doel van deze test is het meten en registreren van het verloop van de dynamische wrijvingscoëfficiënt bij een temperatuur die stijgt van de omgevingstemperatuur tot 150 °C in circa 20 uur, en het verloop van de slijtage en de vervorming daarbij.

Resultaten zijn:

- De dynamische wrijvingscoëfficiënt bij 25 °C.
- De slijtfactor ($k = \dots * 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{N}$) na afloop van de test op basis van de gewichtsafname van de pin na verwijdering van de eventuele slijtagebaard [Lit. 1].
- De temperatuur waarbij de vervormingssnelheid toeneemt.

2 Proefopstelling

De tribologische en vervormingseigenschappen genoemd in bijlage 1 moeten beproefd worden met een roterende proefmethode. Hierbij wordt het te testen proefstuk - de pin - gedrukt tegen een roterende ring.

De parameters zijn hierbij:

- Pin:	Testmateriaal met een wrijvingsoppervlak van minimaal 90 mm ² , aangepast aan de radius van de proefring. De contactvlakken van pin en ring moeten geheel conform zijn.
- Ring:	Kogellagerstaal 100Cr6.
- Ruwheid contactvlak ring:	Ra = 0,5 mm. (De aangegeven oppervlakteruwheid wordt door slijpen aangebracht en gemeten dwars op de glijrichting).
- Vlaktedruk p:	2,5 N / mm ² .
- Glijnsnelheid v:	0,01 m / s.
- Milieu:	Lucht.
- Smering:	Geen: de wrijvingsvlakken moeten volkomen vetvrij zijn.

titel:	EISEN KUNSTSTOFFEN	document	: NBD 09799
	Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend	pagina	: 24 van 24
	belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw	uitgave	: 2001-01-10
	waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen		

BIJLAGE 4. AANVULLENDE EISEN VOOR GLIJSTRIPPEN DIE ZIJN SAMENGESTELD UIT TWEE LAGEN KUNSTSTOF MET VERSCHILLENDE KWALITEIT

TOEPASSINGSGEBIED

Deze aanvullende eisen zijn van toepassing op glijstrippen waarvan alleen de glijlaag (van bijvoorbeeld 20 mm dikte) bestaat uit UHMPE en waarvan de onderlaag bestaat uit een goedkoper polyetheen van regeneraat of recyclingmateriaal. Deze tweelaags-glijstrippen kunnen voordelen bieden boven de gebruikelijke indien een grote dikte is vereist in combinatie met een gewenste slijtvastheid van de glijlaag (slijtintensiteit 2 ... 5), zie tabel 1.

FABRICAGE

De glijstrip wordt geproduceerd in één procesgang. Hierbij worden de onderste poederlaag (voor de onderlaag) en de bovenste poederlaag (voor de glijlaag) gelijktijdig tijdens het smeltproces tot één glijplaat gevormd. Een stolverbinding tussen de twee lagen is toegestaan. (Onder een stolverbinding wordt verstaan dat de tweede laag tijdens het stollen verbonden wordt aan de eerder gefabriceerde slijtlaag).

HECHTING GLIJLAAG/ONDERLAAG

Indien de glijstrip wordt geproduceerd in één procesgang, moet de hechting tussen deze platen worden aangetoond met een trekproef volgens NEN EN ISO 527-1. De treksterkte in het hechtvlak moet groter zijn dan 0,75 maal de treksterkte van het zwakste uitgangsmateriaal. Indien de glijstrip wordt geproduceerd door middel van stolverbinding, moet de verbinding in stand blijven bij de buigproef volgens bijlage 2.

MATERIAALEISEN

Het PE waaruit het product is vervaardigd, moet (tenzij anders wordt overeengekomen) aan de volgende eisen voldoen:

Glijlaag: UHMPE 1000 uv: naar keuze zijn hier de materiaaleisen onder 3.1.2 ... 3.1.5 van toepassing mits aan de bovenstaande eis ten aanzien van de verbinding glijlaag/onderlaag kan worden voldaan.

Onderlaag: Naar keuze zijn hier de materiaaleisen onder 3.1.1 ... 3.1.3 van toepassing mits aan de onderstaande eis ten aanzien van de hechting glijlaag/onderlaag kan worden voldaan.

EISEN CONSERVERING STALEN- EN ALUMINIUM ONDERDELEN t.b.v. BETONNEN KUNSTWERKEN

Document : NBD 10005
Uitgave : 02-02-2005



	INHOUDSOPGAVE	pagina
1.	ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED	3
	1.1 Inleiding	3
	1.2 Gebruik eisen	3
2.	OPPERVLAKTEBEHANDELING	5
	2.1 Thermisch verzinken	5
	2.2 Sendzimir verzinken	5
	2.3 Thermisch verzinken van bevestigingsmiddelen	5
	2.4 Metalliseren (metaalspuiten)	5
	2.5 Anodiseren	5
3.	VOORBEHANDELING TEN BEHOEVE VAN ORGANISCHE DEKLAGEN (VERFSYSTEMEN) EN METALLISEREN	6
	3.1 Stralen, reinheidsgraad Sa 2½	6
	3.2 Aanstalen thermisch verzinkte oppervlakken inclusief bevestigingsmiddelen	6
	3.3 Chemisch voorbehandelen van continu-dompelverzinkte band- en plaatmateriaal	6
	3.4 Schoonmaken	6
	3.5 Plaatselijk roestvrijmaken	6
	3.6 Herstel van beschadigde thermisch verzinkte oppervlakken	6
4.	OPPERVLAKTEBEHANDELING, VOORBEHANDELING EN CONSERVERINGSSYSTEEM PER CONSTRUCTIE EN ONDERDELEN	7
	4.1 Stalen constructies en onderdelen	7
	4.2 Aluminium constructies en onderdelen	10
	4.3 Roestvaststalen constructies/onderdelen	10
5.	NORMATIEVE VERWIJZINGEN	11

1. ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED

1.1 Inleiding

- 1.1.1 Voorliggend document "EISEN VOOR HET CONSERVEREN VAN STALEN- EN ALUMINIUM ONDERDELEN t.b.v. BETONNEN KUNSTWERKEN, d.d. 18 mei 2004", vervangt de oude richtlijn "Voorschriften voor het conserveren van stalen constructies en onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken c.a., d.d. januari 1995".
- 1.1.2 Aanleiding tot het opstellen van de nieuwe "EISEN" was dat er in de oude richtlijn werd verwezen naar inmiddels vervallen NEN-normen en NBD-produktbladen. De nieuwe "EISEN" zijn aangepast aan de huidige stand der techniek en aan de eisen voor NBD-normen.
- 1.1.3 De nieuwe " EISEN" zijn nu opgenomen als NBD-norm.

1.2 Gebruik eisen

- 1.2.1 In dit document wordt beschreven de oppervlaktebehandeling, de voorbehandeling en de toe te passen conserveringssystemen van stalen en aluminium constructies en onderdelen voor betonnen weg- en waterbouwkundige kunstwerken.
- 1.2.2 In paragraaf 2 worden de technische randvoorwaarden en eisen voor de oppervlaktebehandeling aangegeven. Onder oppervlaktebehandeling wordt verstaan het aanbrengen van een metallieke laag, bijvoorbeeld d.m.v. thermisch verzinken.
- 1.2.3 In paragraaf 3 worden de technische randvoorwaarden en eisen voor de voorbehandeling aangegeven. Onder voorbehandeling wordt verstaan het (aan)stralen of chemisch voorbehandelen vóór het aanbrengen van (organische) verflagen.
- 1.2.4 In paragraaf 4 worden in een overzicht de constructies en onderdelen, met daarbij in de respectievelijke kolommen, de codes van oppervlaktebehandeling (paragraaf 2), voorbehandeling (paragraaf 3) en het conserveringssysteem aangegeven.
- 1.2.5 In de kolommen staan soms meerdere keuzemogelijkheden aangegeven. Deze worden gescheiden door een "/" teken. Bijvoorbeeld "--/3.2". Dit betekent dan een keuze tussen het niet uitvoeren van een activiteit "--" (niets doen), of het uitvoeren van een voorbehandeling volgens "3.2" (aanstralen). De eerst aangegeven keuzemogelijkheid is standaard.
- 1.2.6 Overige niet in dit document genoemde en in omvang veelal kleine staalconstructies en onderdelen in principe thermisch verzinken of anderszins fabrieksmatig van een zinklaag voorzien. Deze zinklaag wordt vaak van een extra organische deklaag (verfsysteem) voorzien om de beschermende werking van de zinklaag onder agressieve omstandigheden zolang mogelijk te laten voortduren. Ook esthetische-, signaal- of veiligheidsoverwegingen zijn een goede grond voor een aanvullende conservering.
- 1.2.7 In paragraaf 4, de kolom "oppervlaktebehandeling", wordt aangegeven welke constructies en onderdelen in een verzinkerij of conserveringsbedrijf van een zinklaag moeten worden voorzien en wat dit voor soort laag dient te zijn. Deze lagen mogen niet op de bouwplaats worden aangebracht.
- 1.2.8 In paragraaf 4, de kolom "voorbehandeling" wordt aangegeven hoe de constructies en onderdelen moeten worden voorbehandeld. De in deze kolom beschreven werkzaamheden kunnen zowel bij een conserveringsbedrijf als op de bouwplaats plaats vinden.
- 1.2.9 In paragraaf 4, de kolom "conserveringssysteem" wordt verwezen naar de van toepassing zijnde NBD-normen (Conserveringssysteembladen). In deze NBD-normen zijn de leveranciers vermeld, de

naam van de producten en de droge laagdikten van de afzonderlijke verflagen. De NBD-normen zijn digitaal beschikbaar op het Intranet van Bouwdienst en kunnen worden aangevraagd bij de Bibliotheek van de Bouwdienst.

- 1.2.10 In dit document is geen beschrijving opgenomen van de wijze waarop de conserveringslagen moeten worden aangebracht en de specifieke uitvoeringseisen die hierbij gelden. Hiervoor wordt verwezen naar de NBD 10000, de suppletie op hoofdstuk 56 van de Standaard RAW of de Standaard RAW bepalingen.

Algemeen kan worden gesteld dat organische deklagen (verflagen) op grotere constructies en onderdelen kunnen worden gespoten. Voorwaarden bij de uitvoering zijn dat bijvoorbeeld betonoppervlakken en andere aangrenzende c.q. overige constructies, onderdelen en (passerend) verkeer, niet met verf worden verontreinigd of besmeurd. Kleinere oppervlakken en situatiegevoelige omstandigheden kunnen bepalend zijn om de lagen door middel van kwastapplicatie aan te brengen.

- 1.2.11 Bij alle voorbehandelings- en applicatiewerkzaamheden dienen minimaal de wettelijk geldende voorschriften inzake Milieumaatregelen te worden nagekomen.

2. OPPERVLAKTEBEHANDELING

2.1 Thermische verzinken

De uitvoering moet geschieden volgens NEN-EN-ISO 1461 "Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen - Specificaties en beproevingen".

Tevens is van toepassing NEN 5254 "Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesheradiseerde producten (duplex-systeem)".

2.2 Sendzimir verzinken

De uitvoering moet geschieden volgens NEN-EN 10327 "Continu-dompelverzinkte band en plaat van laag koolstofstaal voor kouddieptrekken - Technische leveringsvoorwaarden"

2.3 Thermisch verzinken van bevestigingsmiddelen

De uitvoering moet geschieden volgens NEN-EN-ISO 10684:2004 "Bevestigingsartikelen - Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen".

2.4 Metalliseren (metaalspuiten)

Het metalliseren moet geschieden met aluminum, e.e.a. volgens het gestelde in NDB10300 "Eisen Thermische Spuitlagen".

2.5 Anodiseren

Het anodiseren moet geschieden volgens NEN 5255 c.q. zijn voorzien van kwaliteitskeurmerk EURAS/EWAA.

3. VOORBEHANDELING TEN BEHOEVE VAN ORGANISCHE DEKLAGE (VERFSYSTEMEN) EN METALLISEREN

- 3.1 Stralen, reinheidsgraad Sa 2½
Nadat de constructies en onderdelen zijn gereedgekomen en voorlopig goedgekeurd worden, moeten deze op een zodanige wijze gestraald worden dat een metalliek blank uiterlijk is verkregen. Reinheidsgraad Sa 2½ volgens NEN-EN-ISO 8501-1.
- 3.2 Aanstralen thermisch verzinkte oppervlakken inclusief bevestigingsmiddelen
Oppervlakken die worden voorzien van een organische deklaag (verfsysteem) moeten worden aangestruild overeenkomstig het gestelde in NEN 5254. In aanvulling hierop wordt bepaald dat de oppervlakte ruwheid na het stralen moet liggen tussen de waarden N9-B-a en N9-B-b van Rugotest nr.3 volgens ASTM D4417.
- Het aanstralen moet op een zodanige wijze worden uitgevoerd dat alle verontreinigingen en corrosieproducten zijn verwijderd van het zinkoppervlak. Het aangestruilde oppervlak moet egaal mat zijn. Van de zinklaag mag niet meer dan 10 micrometer worden afgestruild.
- 3.3 Chemische voorbehandeling van continu-dompelverzinkte band- en plaat materiaal
Continu-dompelverzinkte band en plaat materiaal volgens NEN-EN 10327, moet worden voorbehandeling volgens het gestelde in NEN 5254, hoofdstuk 7.2.
- 3.4 Schoonmaken
Voor het aanbrengen een organische verflaag op een gespoten aluminiumlaag geldt dat deze vrij moet zijn van iedere vorm van oppervlakverontreiniging. Dit kan b.v. bereikt worden door grondig borstelen en/of afblazen met perslucht.
- 3.5 Plaatselijk roestvrijmaken
Geroeste plaatsen en beschadigde plaatsen, moeten op een zodanige wijze worden behandeld dat een metalliek blank uiterlijk is verkregen.
Reinheidsgraad P St 3 volgens NEN-EN-ISO 8501-2.
Omvangrijkere of zware beschadigingen moeten bij voorkeur met vacuümblast-straalapparatuur worden hersteld. Reinheidsgraad P Sa 2½ volgens NEN-EN-ISO 8501-2.
- 3.6 Herstel van beschadigde thermisch verzinkte oppervlakken
Beschadigingen in de zinklaag moeten worden bijgewerkt volgens de methoden die in NEN-EN-ISO 1461 zijn omschreven, waarbij het gebruik van zinkspray niet is toegestaan.

4. OPPERVLAKEBEHANDELING, VOORBEHANDELING EN CONSERVERINGSSYSTEEM PER CONSTRUCTIE EN ONDERDELEN

4.1. Stalen constructies en onderdelen

CONSTRUCTIES EN ONDERDELEN	OPPERVLAKTE-BEHANDELING	VOORBEHANDELING	CONSERVERINGSSYSTEEM
leuningen: * regel, stijl en voetplaat * sierplaat	2.1 2.1	3.2 3.2	NBD 16347 NBD 16347
geleiderails: * stijl en voetplaat * afstandhouder en plank * leuningregel * leuninghouder * sierplaat	2.1 2.1 2.1 2.1 2.1	-- -- --/3.2 --/3.2 --/3.2	-- -- --/NBD 16347 --/NBD 16347 --/NBD 16347
barrier (staal): * compleet barrier (beton): * geleidebuis * leuninghouder	2.1 2.1 2.1	-- --/3.2 --/3.2	-- --/NBD 16347 --/NBD 16347
luiken en omrandingen	2.1	--	--
trekputten: * afdekplaat * omrandingen	2.1 2.1	-- --	-- --
roosters voor: trappen, bordessen, schachten, putten en vloeren	2.1	--	--
luchtroosters- en ventilatroosters	2.1	3.2	NBD 16347
trap- en bordesconstructies, ladders	2.1	--/3.2	--/NBD 16347
deuren en kozijnen: * deurframe * deurbeplating a) * kozijn	2.1 2.2 2.1	3.2 3.3 3.2	NBD 16347 NBD 16347/ Poedercoat- systeem volgens art. 36.36.07 van de Standaard RAW Bepalingen NBD 16347

CONSTRUCTIES EN ONDERDELEN	OPPERVLAKTE-BEHANDELING	VOORBEHANDELING	CONSERVERINGSSYSTEEM
afschermramen N.S.: * draagconstructie	2.1	--	--
ophangconstructie draagkabels N.S.	2.1	--	--
hemelwaterafvoer: * afvoerpijpen, buizen en goten * ophangbeugels * afdekplaat	2.1 2.1 2.1	--/3.2 --/3.2 3.2	--/NBD 16347 --/NBD 16347 NBD 16347/ Poedercoat-systeem volgens art. 36.36.07 van de Standaard RAW Bepalingen
uithouders voor scheepvaartseinen	2.1	--/3.2	--/NBD 16347
licht-, geluids-, stop- en signaleringsmasten c.a.	2.1	--/3.2	--/NBD 16347
frames, kabelrekken en goten voor electro	2.1	--	--
opleggingen	NBD 00702A	NBD 00702A	NBD 00702A
voegovergangen	NBD 00710	NBD 00710	NBD 00710
in te betonneren onderdelen: * bevestigingsankers * U-profielen en hoeklijnen * stel-, montage- en afdekplaten * hijsogen	2.1 2.1 2.1 2.1	-- -- -- --	-- -- -- --
bevestigingsmiddelen algemeen: * rvs staal * staal	-- 2.3	-- b)	-- b)
damwanden: * in zoetwater * in zoutwater * in zoutwater * droog * damwandsloof * ankerstang en wartel * anker Gording	-- -- 2.4 -- 2.1 2.1 2.1	3.1 3.1 -- 3.1 --/3.2 --/3.2 --/3.2	NBD 16312 NBD 16312 -- NBD 16312/ NBD 16365 e) --/NBD 16347 d) --/c) --/NBD 16347 d)

CONSTRUCTIES EN ONDERDELEN	OPPERVLAKTE-BEHANDELING	VOORBEHANDELING	CONSERVERINGSSYSTEEM
onderbouw:			
* stalen funderingspalen of	--	--/3.1	--/NBD 16312/NBD 16365 e)
* stalen funderingspalen 1)	2.4	--	--
* stalen kolommen of	--/ 2.1	3.1/3.2	NBD 16312/NBD 16365 e)
* stalen kolommen 1)	2.4	--	--
geleidewerken:			
* stalen palen en buizen of	--	--/3.1	--/NBD 16312/NBD 16365 e)
* stalen palen en buizen 1)	2.4	--	--
* draagconstructie wrijfgordingen e.d.	2.1	--	--
* bevestigingsmiddelen:	--	--	--
- rvs staal	2.3	b)	b)
- staal			
onderdelen t.b.v.:	2.1	--	--
* schotbalkopsluitingen etc.	2.1	--	--
* schotbalkspinningen	2.1	--	--
* krooshekken	2.1	--	--
* kleppenwerk in duikers en stuwen	2.1	--	--
dekzerkprofielen, bolders, haalkommen en haalpennen	2.1	--/3.2	--/NBD 16347 d)
paalmutsen	2.1	--/3.2	--/NBD 16347 d)
geluidbeperkende constructies	GCW 2001	GCW 2001	GCW 2001

Toelichting:

- a) Sendzimirplaat of zinkaluminiumplaat
- b) zie conservering constructie c.q. onderdeel
- c) beschermen met bitumen/tape/densoband
- d) alternatieve systeem mogelijkheden - afhankelijk van situering, functie en kleurafwerking
- e) Bij de NBD 16312, ligt de nadruk op bescherming en duurzaamheid en minder op de esthetische aspecten.
Bij de NBD 16365 ligt de nadruk op de esthetische aspecten, zoals kleur en glans

1) Indien een oppervlak gemetalliseerd wordt, is het vanuit een oogpunt van duurzaam beschermen niet zinvol om een organische deklaag aan te brengen. Mogelijk wel van uit een esthetisch oogpunt.

4.2. Aluminium constructies en onderdelen

CONSTRUCTIE / ONDERDEEL	OPPERVLAKTE-BEHANDELING	VOORBEHANDELING	CONSERVERINGSSYSTEEM
geluidbeperkende constructies a)	GCW 2001	GCW 2001	GCW 2001
lichtmasten a)	--	--	--
deuren en kozijnen: a) * frame * beplating * kozijn	2.5 blank anodiseren/ kleur anodiseren	--	--
luiken en afdekplaten a)	--	--	--
afschermramen NS : aluminium roosters	--	--	--

Toelichting:

a) zeewaterbestendige kwaliteit aluminium

4.3. Roestvaststaal

CONSTRUCTIE / ONDERDEEL	OPPERVLAKTE-BEHANDELING
alle onderdelen m.u.v. bevestigingsmiddelen als bouten, moeren en volgringen e.d., tenzij ze esthetisch een integraal onderdeel zijn	beitsen en passiveren volgens NBD 06100

5. NORMATIEVE VERWIJZINGEN

De volgende normatieve documenten bevatten bepalingen die, doordat ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn. Op het ogenblik van publicatie van de onderhavige norm waren de vermelde versies van kracht. Alle normatieve documenten kunnen echter worden herzien; partijen die overeenkomsten sluiten op basis van deze norm wordt daarom aanbevolen na te gaan of het mogelijk is, de meest recente versie van onderstaande normatieve documenten toe te passen.

Normnummer: jaar van uitgifte	Titel van de norm	Internationaal equivalent
NEN 5254:2003	Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesherardiseerde producten (duplex-systeem)	
NEN 5255:1976	Anodische oxidelagen op aluminium en aluminiumlegeringen aangebracht volgens een gelijkstroom/zwavelzuur- of gelijkstroom/zwavelzuur/oxaalzuur-proces - Eisen en keuringsmethoden	
NEN-EN 10327:2004	Continu-dompelverzinkte band en plaat van laag koolstofstaal voor kouddieptrekken - Technische leveringsvoorwaarden	EN 10327:2004
NEN-EN-ISO 1461:1999	Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen - Specificaties en beproevingen	EN ISO 1461:1999
NEN-EN-ISO 8501-1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen	EN-ISO 8501-1:2001
NEN-EN-ISO 8501-2:2001/A1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Informatief amendement voor Deel 1: Representatieve fotografische voorbeelden van de uiterlijke verandering van staal na gestraalde behandeling met verschillende schuurmiddelen	EN-ISO 8501-1:2001 /A1:2001
NEN-EN-ISO 8501-2:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 2: Voorbehandeling voor voorheen bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen	EN-ISO 8501-2:2001
NEN-EN-ISO 10684:2004	Bevestigingsartikelen - Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen	EN-ISO 10684:2004
ASTM D 4417:2003	Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel	
NBD 00702A:2004	Eisen voor Brugopleggingen	
NBD 00710:2004	Eisen voor Voegovergangen	
NBD 06100:1994	Eisen voor het Beitsen en Passiveren van Corrosievast Stalen Onderdelen	
NBD 10000:2004	Eisen staalconservering nieuwbouw	
NBD 10300:2002	Eisen thermische spuitlagen - Technische leveringsvoorwaarden thermisch gespoten deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie	
NBD 16312:2005	Conserveringssysteemblad (weg-en waterbouwkundige staalconstructies voor onderwater toepassing)	
NBD 16318:2001	Conserveringsproduktblad (systeemcode 444.012)	
NBD 16347:2005	Conserveringsproduktblad (systeemcode 444.004)	
NBD 16365:2005	Conserveringssysteemblad (weg-en waterbouwkundige staalconstructies)	
GCW 2001	Richtlijn geluidsbeperkende constructies langs wegen	

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 1 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN

Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage

document: NBD10300
uitgave: 21-12-2010

auteur	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
D. Ros	* Johan den Toom*		* 21-12-2010	* definitief

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 2 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

1.	Onderwerp en Toepassingsgebied	4
1.1	Onderwerp	4
1.2	Toepassingsgebied	4
2.	Definities	6
3.	Normatieve verwijzingen	7
4.	Eisen	9
4.1	Gebruiksduur	9
4.2	Eisen aan kwaliteitssysteem en ervaring	9
4.2.1.	Kwaliteitsplan hoofdaannemer	9
4.2.2.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs; algemeen	9
4.2.3.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van aluminium deklagen	10
4.2.4.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van thermisch gespoten deklagen	10
4.2.5.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van galvanische deklagen	10
4.3	Ervaringseisen applicateur	10
4.3.1.	Algemeen	10
4.3.2.	Aluminium deklagen	10
4.4	Eisen aan het Smitproces	11
4.4.1.	Algemeen	11
4.5	<i>Eisen aan het bad- c.q. galvaniseerproces</i>	11
4.6	Technische eisen	12
4.6.1.	Corrosiewerendheid	12
4.6.2.	Slijtvastheid	12
4.6.3.	Erosiecorrosiewerendheid	12
4.6.4.	Mechanische belastbaarheid en stootvastheid	12
4.6.5.	Straalreinheid	12
4.6.6.	Afrondingen	13
4.6.7.	Straalruwheid voor aanbrengen	13
4.6.8.	Oppervlaktegesteldheid en materiaaltaandeel na eindbewerking	13
4.6.9.	Hardheid van de deklaag	13
4.6.10.	Hechtsterkte	13
5.	Keuringen	15
5.1	Overzicht keuringen	15
5.2	Kwalificatiekeuring	16
5.2.1.	Algemeen	16
5.2.2.	Galvanostatische test	16
5.2.3.	<i>Keuren van reparaties in galvanische deklagen door middel van dotwelden</i>	17
5.3	Afnamekeuringen	17
5.3.1.	Laagdiktemeting	17
5.3.2.	Corrosiewerendheid: Elektrochemische Product Qualificatie (EPQ-test)	18
5.3.3.	Straalreinheid	19
5.3.4.	Straalruwheid	19
5.3.5.	Oppervlaktegesteldheid en materiaaltaandeel	19
5.3.6.	Hardheid	19
5.3.7.	Hechtsterkte	19
6.	Documentatie	20
6.1	De leveranciersverklaring	20
6.2	Garantie	20

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 3 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

6.2.1.	Garantietermijn	20
6.2.2.	Voorwaarden en gebreken	20
6.3	Keuringsresultaten	20
6.4	Materiaalcertificaten.....	20

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 4 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

1. Onderwerp en Toepassingsgebied

1.1 Onderwerp

Dit document beschrijft de eisen voor thermisch gespoten deklagen en *galvanische deklagen* die in opdracht van Rijkswaterstaat zijn aangebracht voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en/of slijtage.

1.2 Toepassingsgebied

Deze norm is van toepassing op de volgende thermisch gespoten deklagen:

1. Aluminium gespoten deklagen

De eisen gelden voor aluminium deklagen (TSA: Thermal Sprayed Aluminium) die als doel hebben oppervlakken van werktuigkundige onderdelen en constructiedelen te beschermen tegen corrosie, maar geen functie hebben als loopvlak voor afdichtingen of glijlagers. Voor het metalliseren van staalconstructies met Aluminium en Zink/Aluminium 85/15 wordt verwezen naar OGOS-500-TRL (Eisendeel) en OGOS-501-TRL (Handreiking).

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: op assen bij pengatverbindingen en spelingsverbindingen, onderrolwagens, kabeltrommels, frames, hydraulische kleppenblokken etc.
 2. Bij de vereiste oppervlakteruwheid tevens als loopvlak voor glijlagers indien glijweg en belasting relatief gering zijn. Zie bijlage A.
2. Thermisch gespoten deklagen als loopvlak voor translerende afdichtingen.
De eisen gelden voor deklagen die als voornaamste doel corrosiebescherming hebben, en tevens als loopvlak voor afdichtingen en glijbussen in hydraulische cilinders dienen, maar waarbij slijtage niet het maatgevende faalmechanisme is.

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: cilinderstangen, op assen ter plaatse van afdichtingen etc.
 2. Voor deze toepassing komen alle processen en samenstellingen van lagen in aanmerking. Gedacht kan worden aan HVOF-technieken of NiCr, eventueel voorzien van een keramische toplaag, insmeltlagen, lasercladlagen, opaslagen, etc.
3. Thermisch gespoten deklagen als loopvlak voor glijlofften in combinatie met kunststof glijgeleidingen, glijlagers, taatsen en roterende afdichtingen. De eisen gelden specifiek voor deklagen die zowel corrosiewerend als zeer slijtvast moeten zijn.

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: glijlofften en glijstrippen, loopvlakken van assen met kunststof glijlagers, loopvlakken voor roterende afdichtingen.
2. Voor deze toepassing komen alle processen en samenstellingen van deklagen in aanmerking. Gedacht kan worden aan HVOF-technieken of NiCr, eventueel voorzien van een keramische toplaag, insmeltlagen, opaslagen etc.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 5 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Deze norm is tevens van toepassing op de volgende deklagen die door middel van badprocessen zijn aangebracht, hierna aangeduid met galvanische deklagen:

4. *Chroom-Nikkellagen - waarbij chroom de toplaag vormt - als loopvlak voor translerende afdichtingen. De eisen gelden voor chroomnikkellagen die als voornaamste doel corrosiebescherming hebben en tevens als loopvlak voor afdichtingen dienen, maar waarbij slijtage van de deklaag niet het maatgevende faalmechanisme is.*

Opmerking

Voorbeelden van toepassingen: cilinderstangen, op assen ter plaatse van afdichtingen etc.

5. *Zeer slijtvaste galvanische deklaag als loopvlak voor bijvoorbeeld glijsloten in combinatie met kunststof glijgeleidingen, glijlagers, taatsen, spindels en roterende afdichtingen. De eisen gelden specifiek voor deklagen die zowel corrosiewerend als zeer slijtvast moeten zijn.*

Opmerking

Voorbeelden van toepassingen: bekleding van het glijvlak van de glijsloten of glijbanen van translerende geleidingen, loopvlak van assen met kunststof glijlagers, loopvlak voor roterende afdichtingen, cilinderstangen die onder zeer abrasieve condities functioneren.

<i>Cursieve tekst betreft galvanisch deklagen!</i>

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 6 van 27 uitgave : 21-12-2010

2. Definities

Gebruiksduur:	Tijdsduur dat een deklaag in staat is zijn functies te vervullen.
Beschermduur:	Tijdsduur dat een deklaag in staat is het onderliggende staal tegen corrosie te beschermen.
Deklaag:	De thermisch gespoten deklaag of de galvanische deklaag.
Dummy:	Proefstuk van hetzelfde materiaal en met dezelfde doorsnede als het te keuren product.
Spuitsvlak:	Oppervlak dat in dezelfde procesgang zonder onderbrekingen is behandeld en vergelijkbaar van vorm is.

Gebruikscondities:

Atmosferisch:	Toepassingen waarbij de laag minder dan twee maal per jaar twee dagen achtereen nat is door contact met zeewater en/of strooizouten.

Opmerking

Bijvoorbeeld: door ventilatie en temperatuurregeling geconditioneerde ruimte.

Cyclisch:	Toepassingen waarbij de laag meer dan twee maal per jaar minstens twee dagen, maar minder dan een week achtereen nat door contact met zeewater en/of strooizouten.

Opmerking

Bijvoorbeeld: cilinders voor ophaal- en basculebruggen of puntdeuren in de open lucht of in geventileerde kelders.

Immersie:	Toepassingen waarbij de laag meer dan twee maal per jaar een week of meer achtereen nat is door contact met zeewater.

Opmerking

Bijvoorbeeld: cilinders voor nivelleerschuiven of andere toepassingen in de splashzone of onder water. Deze conditie geldt ook voor kelders en riolen nabij zeewater.

Keuringen:

Kwalificatiekeuring:	Keuring op een vergelijkbaar proefstuk om aan te tonen dat de voorgestelde laag aan de eisen voldoet.
Afnamekeuringen:	Keuringen op het werkstuk zelf die tijdens of na de daadwerkelijke applicatie uitgevoerd worden om vast te stellen of de aangebrachte deklaag voldoet aan de eisen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 7 van 27 uitgave : 21-12-2010

3. Normatieve verwijzingen

De volgende documenten bevatten bepalingen die, indien ernaar wordt verwezen, tevens bepalingen van deze norm zijn.

Normnr: uitgiftejaar	Titel van de norm	Internationaal equivalent
NEN-EN 15520:2007	Thermisch spuiten; Aanbevelingen voor bouwontwerp van componenten van thermisch gespoten deklagen.	
ANSI/AWS C 2.18:1993	Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and their Alloys and Composites / Note: reaffirmation of ANSI/AWS C2.18-93.	
ANSI/AWS C 2.16:2002	Guide for Thermal Spray Operator Qualification / Note: revision of ANSI/AWS C2.16-1992.	NEN-EN-ISO 14918-1998
NEN-EN-ISO 14918-1998	Thermisch Spuiters – Het kwalificeren van thermische spuiters.	
ASTM G59-97(2003)	Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements / Note: Reapproved 2003 Invullen. Galvanostatische test.	
ASTM G61:1986	Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt-Based Alloys / Note: Reapproved 2003.	
NEN-EN-ISO 4287:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid.	EN ISO 4287:1998
NEN-ISO 4287:1998/ C1:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid.	EN ISO 4287:1998
NEN-ISO 4287:1998/ C2:2005	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktegesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktegesteldheid.	ISO 4287:1997/Cor 2:2005
NEN-EN 582:1994	Thermisch spuiten - Bepaling van de hecht-treksterkte.	EN 582:1993
NEN-EN-ISO 4624:2003	Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting.	EN ISO 4624:2003
NEN-EN-ISO 6508-1:1999	Metalen - Hardheidsmeting volgens Rockwell - Beproevingsmethode (schaal A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).	EN ISO 6508-1:1999
NEN-EN-ISO 8501-1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.	EN ISO 8501-1:2001
NEN-EN-ISO 8501-2:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van	EN ISO 8501-2:2001

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 8 van 27 uitgave : 21-12-2010

	oppervlaktereinheid - Deel 2: Voorbehandeling voor voorheen bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.	
NEN-EN-ISO 8503-4:1995	Voorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante producten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 4: Methode voor de kalibratie van vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid en voor de bepaling van de ruwheid - Methode met taster.	EN ISO 8503-4:1995
NEN-EN-ISO 8504-1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Oppervlaktevoorbehandelingsmethoden - Deel 1: Algemene principes	EN ISO 8504-1:2001
NEN-EN-ISO 9001:2000 ASTM-B177-01 (Reapproved 2006) NEN-EN-ISO 17475:2010	Kwaliteitsmanagementsystemen – Eisen Standard Guide for Engineering Chromium Electroplating. Elektrochemische beproevingsmethoden - Richtlijnen voor geleiding van potentiostatische en potentiodynamische polarisatiemetingen.	EN ISO 9001:2000
NEN-EN-ISO 1456:2009	Metallieke deklagen - Elektrolytisch aangebrachte deklagen van nikkel, nikkel plus chrom, koper plus nikkel en koper plus nikkel plus chrom.	
NEN-EN-ISO 6507-1	Hardheidsbepaling volgens Vickers voor deklagen tot een dikte van 0,5 mm	
NEN-ISO 15726-2009	Metallieke deklagen - elektrolytische zinklegeringen met nikkel, cobalt of ijzer.	
ISO 2063:2005	Thermal spraying - Metallic and other inorganic coatings - Zinc, aluminium and their alloys.	

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGE	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 9 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4. Eisen

De gestelde eisen gelden voor alle thermische deklagen waaronder lasercladlagen, opgelaste deklagen en galvanische deklagen tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.

4.1 Gebruiksduur

Tenzij anders is bepaald in het contract, dient de deklaag zijn functie tenminste 50 jaar te vervullen.

Opmerkingen

1. Er wordt een garantieperiode van 10 jaar geëist. Deze is in combinatie met een positief keuringsresultaat volgens deze norm voldoende voor het verwachten van een gebruiksduur van tenminste 50 jaar en noodzakelijk voor het aantonen van de beschikbaarheidseis van beweegbare civiele installaties van Rijkswaterstaat.
2. De applicateur dient op de hoogte te zijn van de gebruiksomstandigheden.
3. Bij de keuze van de deklaag dient, naast de gebruikscondities conform de definitielijst, rekening gehouden te worden met condities die specifiek zijn voor het project.

Voorbeelden van condities die op kunnen treden zijn:

- Stilstandtijd langer dan 2 weken (een langere stilstandtijd kan aanleiding geven tot spleetcorrosie; dit is mede afhankelijk van de omgevingstemperatuur).
- zoet, zout, brak water.
- in 'splashzone'.
- straling van het zonlicht.
- stromend water.
- ijsafzetting.
- nitraten en zuren (b.v. ten gevolge van hemelwaterafvoer en vogeluitwerpselen bij bruggen).
- aanwezigheid van strooizouten.
- omgevingstemperaturen van -20 tot +80 °C.
- aanwezigheid van (stuif)zand.
- toepassing van (biologisch afbreekbare) smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen.

4.2 Eisen aan kwaliteitssysteem en ervaring

4.2.1. Kwaliteitsplan hoofdaannemer

De hoofdaannemer dient in de ontwerpnota of het kwaliteitsplan een onderbouwing voor de keuze van de deklaag in relatie tot de toepassing te geven.

Opmerking

Dit kan onder meer met een onderzoeksrapportage van de voorgestelde deklaag door een onafhankelijk instituut waarin wordt aangetoond dat deze voldoet aan de door Rijkswaterstaat gestelde eisen.

4.2.2. Kwaliteitssysteem voor applicateurs; algemeen

De applicateur dient:

1. NEN-EN-ISO9001 gecertificeerd te zijn met betrekking tot het aanbrengen van technische deklagen.
2. Te voldoen aan deklaagspecifieke kwaliteitseisen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 10 van 27 uitgave : 21-12-2010

4.2.3. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van aluminium deklagen

Eisen aan het metalliseerbedrijf

Er moet aantoonbaar gewerkt worden volgens NEN-EN-ISO 14992 en/of ANSI/AWS C2.18-93. Tevens moet het bedrijf minimaal 3 jaar ervaring met het metalliseren van een object hebben. Er moet minimaal één object met een oppervlak van minimaal 50% van het te metalliseren oppervlak zijn uitgevoerd, waarbij toe te passen materiaal of methode moet hetzelfde zijn al waarmee ervaring is opgedaan.

Eisen aan de metalliseerder

De metalliseerder moet gecertificeerd zijn volgens NEN-EN-ISO 14918 en/of volgens ANSI/AWS C2.16 waarbij de theoretische en praktische kennis van de metalliseerder door een onafhankelijke instantie zijn getoetst.

4.2.4. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van thermisch gespoten deklagen

De applicateur dient aan te tonen dat hij gebruik maakt van een European Thermal Spray Specialist (ETSS) van EWF (European Welding Federation) of gelijkwaardig. De persoonlijke ETSS-certificering valt onder de certificering van het GTS (Gemeinschaft Thermisch Spritzen) die de certificering verzorgt op bedrijfsniveau, procesniveau en (persoonlijk) operatorniveau; de applicateur dient hierbij GTS-gecertificeerd te zijn.

4.2.5. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van galvanische deklagen

Het applicatieproces dient te voldoen aan de volgende ISO-normen: Eisen voor galvanische lagen ISO 1456-2009 of ISO 15726-2009.

4.3 Ervaringseisen applicateur

4.3.1. Algemeen

De applicateur dient tenminste vijf jaar ervaring te hebben in het aanbrengen van technische deklagen. Gedurende deze periode dient hij tenminste vijf projecten met de voorgestelde laag zelf uitgevoerd te hebben in vergelijkbare toepassing en afmeting. Onder vergelijkbare afmetingen wordt verstaan: minimaal een oppervlak van 50% van het oppervlak van de te leveren laag.

4.3.2. Aluminium deklagen

Voor aluminium deklagen mag de ervaringseis worden verlaagd naar 2 jaar. In deze periode dient bij tenminste één project met de voorgestelde laag zelf uitgevoerd te hebben in vergelijkbare toepassing en afmeting en bovendien na positief resultaat van de in deze norm beschreven standaardkeuring. De kosten van deze keuring komen voor rekening van de applicateur. Onder vergelijkbare afmetingen wordt verstaan minimaal een oppervlak van 50 % van het oppervlak van de te leveren laag. Als aanvullende eis tijdens de uitvoering van het werk geldt dan dat per TSA-spuiter per dag een proefstuk gemaakt dient te worden met dezelfde systeemdikte. Op dit proefstuk moet een Pull-off-test volgens NEN-EN-ISO 4624 uitgevoerd worden, waarbij de hechting minimaal 5 MPa moet bedragen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 11 van 27 uitgave : 21-12-2010

4.4 Eisen aan het Smitproces

4.4.1. Algemeen

De volgende eisen worden gesteld aan het smitproces.

1. Het proces dient reproduceerbaar te zijn.
 - In het kwaliteitssysteem van de applicateur dienen procedures opgenomen te zijn die de reproduceerbaarheid van het proces garanderen.
2. In de procedures dienen tenminste de volgende zaken vastgelegd te zijn:
 - toe te passen poeder of draad en type materiaalcertificaten.
 - poeder- of draadcontrole inclusief smittechniek.
 - spuitparameters inclusief onder- en bovengrens.

Opmerking

Het dauwpunt moet minimaal 5 °C onder de luchttemperatuur en 3 °C onder de materiaalt temperatuur liggen. De relatieve luchtvochtigheid mag niet hoger dan 85% zijn.

- nabewerking.
 - metingen en keuringen.
 - goed- en afkeurcriteria voor het eindproduct.
 - reparatieprocedure (indien van toepassing).
3. Tijdens het proces dienen alle relevante parameters of resultaten vastgelegd te worden zoals:
 - de gasstroom.
 - primair en secundair gas.
 - stroom en spanning.
 - de poeder- of draadtoevoer.
 - toerental werkstuk.
 - snelheid/positie in langsrichting.
 - afstand spuitstuk tot werkstuk.

Voor lagen op ronde objecten zoals cilinderstangen en assen die in de fabriek aangebracht worden, geldt aanvullend op bovenstaande eisen:

4. Het proces dient volledig geautomatiseerd uitgevoerd te worden.
5. Het aanbrengen van de laag of lagen dient in een onafgebroken procesgang plaats te vinden. Indien hieraan niet kan worden voldaan, dient de (trapsgewijze) overgang zodanig te worden gerealiseerd dat deze dezelfde beschermduur biedt als de naastgelegen deklaag. Dit dient te worden aangetoond met EPQ-testen op het gereede product.
6. Tijdens het proces dient het werkstuk zich in een beschermende geconditioneerde omgeving te bevinden.

4.5 Eisen aan het bad- c.q. galvaniseerproces

De volgende eisen worden gesteld aan het bad- c.q. galvaniseerproces.

1. Het proces dient volledig reproduceerbaar uitgevoerd te worden.
2. In het kwaliteitssysteem van de applicateur dienen procedures opgenomen te zijn die de reproduceerbaarheid van het proces garanderen.
3. In de procedures dienen per product tenminste de volgende zaken te worden vastgelegd:
 - maatvoering voorbewerking.
 - maatvoering nabewerking.
 - galvaniseerparameters inclusief onder- en bovengrens.
 - type nabewerking, bijvoorbeeld schuren, honen of slijpen.
 - metingen en keuringen.
 - reparatieprocedure c.q. herbewerkingsprocedure.
4. Tijdens het proces dienen alle relevante parameters of resultaten vastgelegd te worden zoals:
 - de behandelprocedure, waaronder badvolgorde en tijd.
 - badparameters waaronder badanalyse, temperatuur en stroomdichtheid.
 - afwijkingen dienen geregistreerd te worden.
 - innamecontrole.
 - tussentijdse controle met eventuele reparatiewerkzaamheden.
 - eindcontrole.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 12 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4.6 Technische eisen

4.6.1. Corrosiewerendheid

De deklaag dient het onderliggende basismateriaal gedurende de Gebruiksduur te beschermen tegen corrosie.

Aluminium deklagen

De vereiste laagdikte dient bepaald te worden op basis van de toepassing. De minimale laagdikte is 260 µm.

Opmerking

Indien de laagdikte gekozen wordt op basis van bijlage B, mag aangenomen worden dat met die laagdikte de Beschermduur gerealiseerd kan worden.

Thermisch gespoten deklagen en *galvanische deklagen* als loopvlak voor afdichtingen of glijlagers

1. Door middel van een Galvanostatische test (kwalificatiekeuring volgens 5.2) dient aangetoond te worden dat de gekozen laag tegen corrosie beschermt.
2. Voor afzonderlijke producten (afnamekeuring volgens 5.3) dient met behulp van de EPQ-test (Elektrochemical Product Qualification, zie 5.3.2.) aangetoond te worden dat de doorgaande porositeit de toegestane waarde niet overschrijdt.
3. Reparaties in de coating kunnen worden beoordeeld op kwaliteit met behulp van een EPQ-test.

4.6.2. Slijtvastheid

De corrosiewerendheid van de laag mag gedurende de Gebruiksduur niet verloren gaan als gevolg van slijtage. De laagdikte die nodig is voor de corrosiewerendheid moet vergroot worden met tweemaal de berekende slijtage die gedurende de Gebruiksduur optreedt.

Opmerking

In bijlage C van deze norm is een overzicht opgenomen van bekende slijtfactoren voor het berekenen van de te verwachten slijtage. Voor materiaalcombinaties waarvan (nog) geen slijtfactoren bekend zijn, zullen door middel van praktijkproeven of op basis van een proefopstelling onder relevante condities en parameters de slijtfactoren bepaald moeten worden voor het berekenen van de slijtage.

4.6.3. Erosiecorrosiewerendheid

De deklaag mag niet gedurende de Gebruiksduur verloren gaan als gevolg van erosiecorrosie. Deze corrosievorm kan zich voordoen bij bijvoorbeeld hydrostatische glijlagers doordat de oxidehuid wordt verwijderd door het langsspuitende water in combinatie met glijdend contact.

4.6.4. Mechanische belastbaarheid en stootvastheid

De deklaag moet onder reële en relevante parameters, montage- en gebruikscondities optredende vervormingen en stoten kunnen opnemen zonder dat deze beschadigt.

4.6.5. Straalreinheid

Op het moment van het aanbrengen van de laag dient het oppervlak een minimale straalreinheid te hebben van Sa 2½...Sa3 conform NEN-EN-ISO 8501-1.

Opmerking

Bij renovatiewerkzaamheden moet het oppervlak voor het stralen eerst volledig schoon en vrij zijn van zouten, aangroei, fecaliën, vet, olie- en vuilaanslag. Het chloridengehalte bepalen met een chloridentest conform NEN-EN-ISO 8501-2. De hoeveelheid oplosbare zouten op de gereinigde oppervlakken mag niet meer zijn dan 20 mg/m².

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 13 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4.6.6. Afrondingen

Scherpe overgangen in het te conserveren gebied dienen voorzien te worden van een minimale afrondingsstraal van $r = 2 \text{ mm}$.

4.6.7. Straalruwheid voor aanbrengen

Bij aluminium deklagen dient gestraald te worden met een kantig grit tot een ruwheid $Ry5$, 80-120 μm conform NEN-EN-ISO 8504-1. Voor de andere deklagen dient de applicateur zelf de vereiste straalruwheid vast te stellen.

4.6.8. Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel na eindbewerking

De minimale waarde voor R_{mr} en de maximale waarden voor R_a en R_z staan in tabel 1.

4.6.9. Hardheid van de deklaag

De minimale waarden voor de hardheid van de deklaaglaag staan in tabel 1.

4.6.10. Hechtsterkte

De minimale waarden voor de hechtsterkte staan in tabel 1.

Opmerking

Om bij oppervlakken waarop een aluminium laag wordt aangebracht, de vereiste hechtsterkte te behalen, moet het werkstuk minimaal onder een hoek van 30° gestraald en gespoten kunnen worden.

titel: **EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN**
 Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch
 gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen
 van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage

document : NBD 10300
 pagina : 14 van 27
 uitgave : 21-12-2010

Tabel 1 Overzicht technische eisen

Functie	Deklaag die (na bewerking) ook als glijvlak of passingvlak kan functioneren	Deklagen als loopvlak voor glijvlakken met een relatief korte glijafstand zoals bij translerende afdichtingen		Deklagen als loopvlak voor glijvlakken met een relatief lange glijafstand zoals translerende geleidingen, glijlagers, draadspindels en roterende afdichtingen	
Soort	TSA-laag: Thermisch gespoten Aluminium	Thermische spuitlaag	Galvanische Chroom-Nikkellaag	Thermische spuitlaag	Galvanische deklaag
Gebruiksduur	50 jaar	50 jaar	50 jaar	50 jaar	50 jaar
Corrosie-werendheid	Minimale laagdikte 260 µm	Galvano-statische test + EPQ-test	Galvano-statische test + EPQ-test	Galvano-statische test + EPQ-test	Galvano-statische test + EPQ-test
Laagdikte ¹⁾	Afhankelijk van toepassing, maar minimaal 260 µm	Afhankelijk van toepassing	Afhankelijk van toepassing en proces	Afhankelijk van toepassing	Afhankelijk van toepassing en proces
Slijtvastheid ²⁾	Aantonen op basis van slijtage-berekening	Aantonen op basis van slijtage-berekening	Aantonen op basis van slijtage-berekening	Aantonen op basis van slijtage-berekening	Aantonen op basis van slijtage-berekening
Voorbewerking					
Straalreinheid	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½
Straal/slijp-ruwheid	Ry5 80 tot 120 µm	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur
Afrondingen	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm
Nabewerking ³⁾					
Rmr ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%
Ra ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	< 0,5 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾
Rz ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾
Rpk	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾
Hardheid toplaag	-	Macrohardheid > 400 HV	Macrohardheid > 900	Macrohardheid ⁴⁾ > 1100 HV	Macrohardheid ²⁾ > 1100/ ? Hv
Hechtsterkte	> 5 MPa > 15 MPa voor glijvlakken en ascontactvlakken	> 30 MPa	> 50 MPa ⁵⁾	> 50 MPa ⁵⁾	> 50 MPa ⁵⁾
Garantietermijn	10 jaar	10 jaar	10 jaar	10 jaar	10 jaar

1) Zie bijlage B.

2) Zie bijlage C voor het controleren van de slijtage in relatie tot de beschikbare slijtdikte.

3) In glijrichting gemeten.

4) Geldt voor glijvlakken en in glijrichting gemeten. Bij keramiek is de bovengrens toelaatbaar. De door de afdichtingsfabrikant geëiste ruwheidswaarde is doorslaggevend.

5) Met name voor zwaar belaste vlakken zal de waarde afhangen van de gewenste slijtfactor en de belastbaarheid van de laag. In het verleden zijn goede ervaringen opgedaan met de 34F-laag op basis van NiCrWo (HV ~ 1100 bij een matrixhardheid van HRc 59-62).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 15 van 27 uitgave : 21-12-2010

5. Keuringen

5.1 Overzicht keuringen

Onderstaande tabel geeft aan welk type keuring op welke laag moet worden uitgevoerd.

Opmerking

Aanvullende keuringen maken geen deel uit te maken van het beproevings- en keuringsplan.

Tabel 2 Overzicht beproevingen en keuringen

1. Kwalificatiekeuringen.
2. Afnamekeuringen.

KEURINGEN	DES- TRUC- TIEF?			
		Aluminium deklaag	Deklagen als loopvlak voor translerende afdichtingen etc.	Deklagen als loopvlak voor translerende geleidingen, glijlagers etc.
1. Laagdiktemeting	nee	2	2	2
2. EPQ-test ²⁾	nee	Niet mogelijk	2	2
3. Galvanostatische test	ja	Niet mogelijk	1	1
4. Straalreinheid	nee	2	2	2
5. Straalruwheid	nee	2	2	2
6. Oppervlaktegesteldheid	nee	2 ¹⁾	2	2
7. Hechtsterkte	nee	2	2 ³⁾	2 ³⁾
8. Hardheid	ja/nee	2 ³⁾	2	2

1) Alleen van toepassing voor glijvlakken.

2) Bij de EPQ-test wordt niet alleen gecontroleerd op doorgaande porositeit, maar ook op de stabiliteit van het corrosiegedrag van de deklaag; bij onderdelen die aan de eisen voldoen is deze test niet-destructief.

3) Deze eigenschappen volgen uit deklaagkeuze en applicatieproces en behoeven slechts bij bijzondere noodzaak te worden aangetoond.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 16 van 27 uitgave : 21-12-2010

5.2 Kwalificatiekeuring

5.2.1. Algemeen

De kwalificatiekeuring omvat een galvanostatische test die moet worden uitgevoerd op een proefstuk dat representatief is voor het te fabriceren werkstuk.

De deklaag die voor de kwalificatiekeuring wordt gebruikt, dient van dezelfde samenstelling, op dezelfde wijze en onder dezelfde condities (dus niet onder laboratoriumcondities) door de applicateur zelf met behulp van vergelijkbare apparatuur te zijn aangebracht als de te leveren deklaag. Daarnaast dient de procesbeheersing dusdanig te zijn dat voldoende zeker is dat de aan te brengen laag dezelfde eigenschappen heeft als de laag die beproefd is.

Indien de applicateur bij een eerdere levering heeft aangetoond dat de kwalificatiekeuring van een bepaalde deklaag voldoet aan de eisen, dan is een kwalificatiekeuring voor de nieuwe levering niet vereist.

5.2.2. Galvanostatische test

De galvanostatische test moet worden uitgevoerd op een koolstofstalen proefstuk voorzien van een ongesaalde deklaag. De diameter van het proefstuk moet groter zijn dan 50 mm.

Opmerking

De galvanostatische test is een destructieve kwalificatietest die dient om te bepalen of de deklaag geschikt is voor de betreffende condities. Tijdens de test wordt de porositeit voor en na een gesimuleerde gebruikperiode gemeten.

De test moet in de volgende stappen worden uitgevoerd:

1. Meet de porositeit van de deklaag met de EPQ-test volgens paragraaf 5.3.2, echter met 3,4% NaCl-oplossing in water gedurende minstens 100 uur.

Opmerking

Bij de EPQ-test wordt niet alleen de doorgaande porositeit, maar ook de stabiliteit van het corrosiegedrag van de deklaag gecontroleerd.

2. Bepaal uit de polarisatiecurve uit de EPQ-test de corrosiestroomdichtheid i_{cor} volgens ASTM G59-97(2003) en de repassiveringsstroomdichtheid i_{repass} volgens ASTM G61-86 (2003).
3. Een nieuw oppervlak op hetzelfde proefstuk moet onder dezelfde condities als bij de EPQ-test gedurende 1000 uur galvanostatisch worden geëxposeerd bij een positieve stroomdichtheid van $i_{galvstat} = 10 \times i_{cor}$, maar maximaal de stroomdichtheid i_{repass} waarbij repassivering optreedt. Hierbij wordt ISO 17475 aangehouden.
4. Na de onder 3. genoemde expositie moet in dezelfde opstelling de EPQ-test worden uitgevoerd, echter gedurende 100 uur. De gemeten potentiaal, stroomdichtheid en het uiterlijk moeten voldoen aan de eisen zoals vermeld in paragraaf 5.3.2.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 17 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Opmerking

Door de galvanostatische test mag de deklaag wel aangetast worden, maar het substraat moet beschermd blijven. De deklaag moet na de 100 uur wel gerepassiveerd zijn. Hierdoor kunnen dezelfde eisen aan de potentiaal en/of de stroomdoorgang bij 0 mV versus Ag/AgCl worden gesteld als bij de afnamekeuring, zie paragraaf 5.3.2.

In de rapportage behoren grafieken van beide potentiaalmonitoringen en de bepaling van de repassiveringsstroomdichtheid te worden opgenomen.

5.2.3. Keuren van reparaties in galvanische deklagen door middel van dotwelden

Bij galvanische deklagen kan besloten om poriën in de toplaag te repareren. Reparaties zijn bedoeld om lokaal de kwaliteit naar een acceptabel niveau te brengen. Reparaties worden beoordeeld op basis van een kwalificatiekeuring van de reparatiemethode, en een productkeuring.

Vooraf dient het proces gekwalificeerd te zijn door middel van een kwalificatiekeuring van ten minste 50 reparaties op een proefstuk. Deze kwalificatie bestaat uit dezelfde testen (EPQ-test) als beschreven in hoofdstuk 5.3.2, met dezelfde criteria.

Het oppervlak dient voor het aanbrengen van een reparatie zeer goed gereinigd te worden met een daarvoor geschikt middel. De reparatie moet volgens een vastgelegde procedure worden uitgevoerd. In de procedure moeten zijn vastgelegd:

- 1. toeslagmateriaal.*
- 2. productiemethode.*
- 3. afmeting.*
- 4. lasparameters.*
- 5. tijd.*
- 6. capaciteit.*

Er mogen na het aanbrengen van een reparatie geen scheuren in of rondom de reparatie aanwezig zijn (vergroting loep 10x). Scheuren naast een reparatie mogen niet opnieuw worden gerepareerd. Een gerepareerde deklaag met een scheur naast de reparatie wordt afgekeurd. Wanneer twijfel bestaat over een porie dan wel de kwaliteit van een reparatie, dan kan door middel van EPQ-test bepaald worden of de porie of scheur tot op het staal doorloopt. Hiervoor gelden de criteria in paragraaf 5.3.2.

Er mogen maximaal 10 reparaties per product worden uitgevoerd. De EPQ-test dient te worden uitgevoerd op minimaal 1 en maximaal 10 reparaties per product, zie de NBD 06000. Bovendien mag de gesommeerde gerepareerde oppervlakte per product maximaal 10 mm² bedragen.

5.3 Afnamekeuringen

De proeven dienen uitgevoerd te worden op het werkstuk zelf of op een dummy die in dezelfde procesgang als het werkstuk is meegespoten. Deze dummy dient eenzelfde vorm als het werkstuk te hebben en van hetzelfde materiaal vervaardigd te zijn.

5.3.1. Laagdiktemeting

Bij het toepassen van een meerlaagssysteem dient de laagdikte voor iedere laag afzonderlijk aangetoond te worden.

Het aantal meetplaatsen bedraagt:

- 1 meetplaats per 500 mm lengte bij ronde werkstukken.
- 10 meetplaatsen per m² voor gevarieerde constructiedelen.
- 5 meetplaatsen per m² voor continue vlakken groter dan 20 m².
- 5 meetplaatsen per strekkende meter per voor-, achter- en/of binnenzijde van smalle constructies en/of profielen zoals hoekstaal, leuningregels en staanders, verstijvingen, leidingwerk, goten enzovoort.
- Minimaal 3 meetplaatsen per afzonderlijk geconserveerd gebied.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 18 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

De laagdikte mag ook worden aangetoond aan de hand van meetrapporten van voordraaimaat, maat na het opspuiten van de hechtlaag en de eindmaat.

Dit principe van laagdiktebepaling geldt ook voor galvanisch aangebrachte deklagen.

Voor de wijze van meten geldt het volgende:

- De kop van de laagdiktemeter moet ter plaatse van het contact met de laag een diameter hebben van 4 mm.
- Het gebruik van standaard-laagdiktemeters is toegestaan.
- De laagdiktemeter dient gekalibreerd te zijn voor het type deklaag, het substraatmateriaal en de nominale laagdikte (certificaat).
- Laagdiktemetingen aan ronde onderdelen dienen te worden uitgevoerd op twee omtreksposities per meetplaats onder een hoek van 90° ten opzichte van elkaar.

Opmerking

Voor ronde werkstukken kan volstaan worden met een meetrapport van de voordraaimaat van het werkstuk en een meetrapport na het aanbrengen van iedere afzonderlijke laag.

In aanvulling op het voorafgaande geldt voor aluminium deklagen:

- Per meetplaats dienen drie laagdiktemetingen te worden uitgevoerd.
- De drie metingen dienen uitgevoerd te worden op een onderlinge afstand van 0,1 meter.
- Het gemiddelde van drie laagdiktemetingen per meetplaats mag niet minder zijn dan 75% van de nominale laagdikte.
- Bij 90% van de metingen mag de laagdikte niet minder dan 85% van de nominale laagdikte zijn.

Opmerking

Indien er twijfel bestaat of de minimale laagdikte van 0,75 maal de nominale laagdikte overal is gehaald, dient de constructie met zoet water te worden besproeid en vervolgens gedurende een week geëxposeerd te worden aan de buitenlucht. Plaatsen met mogelijk onvoldoende laagdikte zijn dan te herkennen aan een bruine uitslag. Met behulp van aanvullende diktemetingen dient bepaald te worden welke plaatsen onvoldoende laagdikte hebben. Deze plaatsen moeten worden gestraald en opgedikt. Deze procedure mag niet toegepast worden op vlakken die na het aluminiseren geverfd of geseald moeten worden. Zie ook bijlage B.

5.3.2. Corrosiewerendheid: Elektrochemische Product Qualificatie (EPQ-test)

Op deklagen die worden toegepast als loopvlak voor afdichtingen of lagers, dient per werkstuk één EPQ-test uitgevoerd te worden volgens NEN-EN-ISO 17475:2010. De EPQ-test dient op de deklaag zonder sealer, olie of soortgelijke nabehandeling te worden uitgevoerd. De EPQ-test moet met 0.5% NaCl-oplossing in water worden uitgevoerd gedurende minimaal 24 uur. Het natte oppervlak van de laag moet minimaal 10 cm² bedragen.

Opmerking

1. Tot leveringen van vijf producten moet de EPQ-test op alle producten worden uitgevoerd. Indien de levering bestaat uit meer dan vijf producten, dan moet de EPQ-test bovendien worden uitgevoerd op één product per keuringseenheid met een minimum van 25% van het aantal producten.
2. De EPQ-test kan ook in de praktijksituatie worden uitgevoerd voor het meten van de resterende beschermduur in het relevante milieu.
3. Deze test is voor hydraulische cilinderstangen mogelijk door aan de zijde van de stang die voortdurend in de cilinder blijft, niet te sealen over een stanglengte van minimaal 150 mm vanaf de start van de deklaag.

De EPQ-test bestaat uit een potentiaalmeting tijdens minimaal tien uur expositie en een polarisatiecurve op hetzelfde oppervlak na deze expositie.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 19 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

De gemeten potentiaal mag tijdens de gehele expositie **niet lager zijn dan -0.35mV versus verz. Ag/AgCl**. Bij een hogere potentiaal is een deklaag op een koolstofstalen ondergrond voldoende afsluitend, en bij een lagere potentiaal te weinig afsluitend. Voor deklagen met een aangetoonde passieve elektrochemische potentiaal van lager dan -350 mV vervalt dit potentiaal criterium.

De polarisatiecurve na de minimaal 24 uur expositie wordt opgenomen volgens ISO 17475:2005. Hierbij wordt het oppervlak gepolariseerd vanaf niet meer dan 200mV onder de elektrochemische potentiaal, met een snelheid van maximaal 1mV/s, tot 0 V vs. verz. Ag/AgCl. De stroomdichtheid mag tijdens de gehele curve **niet hoger zijn dan 1µA/cm²**. Bij een hogere stroomdichtheid is de deklaag te actief.

Na het meten van de polarisatiecurve mag er - zonder schoonmaken - bij een vergroting van 10x geen zichtbare lokale corrosie zijn opgetreden. Dit moet in de rapportage met een foto worden bewezen.

5.3.3. Straalreinheid

De straalreinheid van het oppervlak dient bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 8501-1.

5.3.4. Straalruwheid

De straalruwheid dient bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 8503-4.

5.3.5. Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel

De R_{mr} , R_a en R_z dienen bepaald te worden conform NEN-ISO 4287. Bij glijvlakken moeten de R_{mr} , R_a en R_z worden gemeten in de glijrichting.

Het aantal meetplaatsen per strekkende meter is minimaal vier. De posities hiervan moeten verspreid en niet op één doorsnede van het onderdeel liggen. Het minimum aantal meetplaatsen is vier per onderdeel.

5.3.6. Hardheid

De macro hardheidsbepalingen of hardheidsbepaling volgens Rockwell dient te worden uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 6508-1; de hardheidsbepaling volgens Vickers voor deklagen tot een dikte van 0,5 mm dient uitgevoerd te worden volgens NEN-EN-ISO 6507-1.

5.3.7. Hechtsterkte

De hechtsterkte moet worden aangetoond met trekproeven volgens NEN-EN 582 met proefvorm A en een diameter van 25 mm. Om beschadigingen te voorkomen, dient in plaats van het insnijden van de laag rondom de dolly de proefbelasting met een factor 1,2 verhoogd te worden. Hiermee wordt de extra sterkte als gevolg van het niet-insnijden verdisconteerd. De proefbelasting moet beheerst worden aangebracht om beschadiging te voorkomen. Per spuitvlak dienen ten minste 3 metingen uitgevoerd te worden.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 20 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

6. Documentatie

6.1 De leveranciersverklaring

De applicateur dient een leveranciersverklaring af te geven waarin hij verklaart:

1. dat de laag voldoet aan alle gestelde eisen.
2. dat de testen zijn uitgevoerd conform deze norm.
3. dat de spuit- c.q. galvaniseer- c.q. bewerkingsparameters binnen de vooraf geaccepteerde grenzen zijn gebleven met verwijzing naar het document waarin deze grenzen zijn beschreven.
4. dat de juiste grondstoffen zijn toegepast.

6.2 Garantie

De opdrachtnemer dient een garantieverklaring af te geven, waarin hij zich verbindt om voor zijn rekening alle tijdens de garantieperiode optredende gebreken zoals genoemd in 6.2.2 op eerste aanzegging van de opdrachtgever zo spoedig mogelijk te herstellen. De garantie betreft het verwijderen van de oude deklaag en het aanbrengen van een nieuwe deklaag (het verwijderen en opnieuw aanbrengen van de oude deklaag vereist een grondige lokale inspectie op ondercorrosie en wellicht een separate reiniging van het gestraalde oppervlak). In de garantieverklaring dienen duidelijk de voorwaarden (6.2.2) en de ingangs- en vervaldatum te zijn opgenomen.

6.2.1. Garantietermijn

De opdrachtnemer dient de kwaliteit van de deklaag voor een termijn van 10 jaar te garanderen, te rekenen vanaf de dag van oplevering.

6.2.2. Voorwaarden en gebreken

In de garantietermijn mag de deklaag geen enkele indicatie vertonen van corrosieve aantasting van het basismateriaal (afgezien van aantastingen die het gevolg zijn van mechanische beschadiging onder niet-functionele condities en/of parameters). Het oppervlak van de deklagen moet vrij zijn van elke vorm van gebreken zoals:

- put- en kratervorming.
- blaasvorming.
- delaminatie, afschilfering en onthechting.
- uitslag.
- uitbreken van materiaaldeeltjes.
- effecten ten gevolge van corrosie van het onderliggende staal of de deklaag.
- oppervlakteruwheid van loopvlakken die de voorgeschreven waarden in Tabel 1. overschrijden.

6.3 Keuringsresultaten

De keuringsresultaten dienen vastgelegd te worden in keuringsprotocollen. Deze protocollen bevatten tenminste de volgende gegevens:

- projectgegevens.
- onderdeel waar keuring betrekking op heeft.
- datum van de keuring.
- gebruikte meetapparatuur.
- meetomstandigheden, indien van invloed.
- aantal metingen en de locaties.
- meetresultaten.
- gestelde eis.
- resultaat van de keuring.

6.4 Materiaalcertificaten

Alle materiaalcertificaten behoren tot de einddocumentatie.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 21 van 27 uitgave : 21-12-2010

Bijlage A Beschrijving van de thermische spuitlagen en galvanische deklagen (Informatief)

Koudgespoten deklagen

Deze lagen kunnen worden aangebracht met verschillende processen. Hun kenmerk is een lage sterkte en een middelhoge hechtsterkte. Een verder onderscheid wordt gemaakt naar het typisch karakter: onedele en edele deklagen die al of niet worden ingesmolten.

1 Aluminium deklaag, onedel

Dit is een actief beschermende zelfreparerende deklaag. Behalve een eventuele toevoeging van 5% (AlMg5) worden geen andere materialen aan de laag toegevoegd. Als gevolg van verbranding is het magnesium nauwelijks terug te vinden in de deklaag. Het aluminium aan te brengen door middel van elektrisch draadboogspuiten of autogeen draadspuiten. De lagen hebben direct na het aanbrengen een open structuur. De beschermende werking tegen corrosie is kathodisch. Het opofferen van deze laag neemt af tot vrijwel nihil door opvullen van poriën met aluminiumoxiden en kalkneerslag op defecten. De vorming van de afsluitende passieve oppervlaktefilm vermindert de milieubelasting in belangrijke mate.

Bij elektrisch boogspuiten worden twee aluminiumdraden naar elkaar toegevoerd terwijl op de twee draden potentiaalverschil wordt gezet. Op het moment dat beide draden elkaar bijna raken, springt er een vonk over en wordt het aluminium gesmolten en met een luchtstroom op het staal gespoten. Bij autogeenspuiten wordt een aluminiumdraad of aluminiumpoeder door middel van een zuurstofgasmengsel gesmolten en met een luchtstroom op het staal gespoten.

Aluminium deklagen kunnen op locatie worden aangebracht. In verband met vormgevingseisen kunnen kleureisen gelden en is het gebruik van een kleurdekkende verflaag mogelijk.

Door het sealen wordt:

- uitspoelen van aluminiumoxides door langsstromend water voorkomen;
- de beschermduur verlengd.

In de omgeving van of in contact met vloeibaar beton, cementgebonden mortel of kunstharsmortel dient contact met de aluminium laag te worden voorkomen met bijvoorbeeld een vercoating.

Aluminium deklagen kunnen door middel van draaien, slijpen, schuren of rollen geschikt gemaakt worden om als loopvlak voor afdichtingen en glijlagers van UHMWPE of HAWC te worden gebruikt mits de slijtage niet nadelig is voor de Gebruiksduur van de deklaag. Bij het kiezen van de laagdikte moet rekening worden gehouden met dikte-afname door slijtage. Zie bijlage C.

2 Edele deklagen op nikkelbasis

Deze deklagen zijn in principe bedoeld als loopvlak voor afdichtingen.

Ingesmolten metaallagen

3 Door middel van insmelten aangebrachte legering van WC/Co-NiCrBSi

Dit is een zeer dichte ingesmolten deklaag met een extreem hoge hechting en slijtvastheid. Deze lagen zijn in principe bedoeld als loopvlak voor glijlagers. Deze laag worden opgebracht met bijvoorbeeld autogeen poederspuiten en ondergaat aansluitend een insmeltbehandeling die afhankelijk van het materiaaltype varieert van 1030 ... 1100 °C, gevolgd door langzame afkoeling. Kenmerkend zijn: grote dichtheid, hoge sterkte en sterke hechting aan de ondergrond doordat de laag hierin gedeeltelijk diffundeert. De laag is door de wolframcarbiden zeer slijtvast. Door de warmtebehandeling kan vervorming optreden. Om deze reden blijft de toepassing beperkt tot onderdelen waarbij een machinale nabewerking mogelijk is voor het bereiken van de juiste eindmaten.

Rijkswaterstaat heeft goede ervaringen met de laag WC/Co-NiCrBSi (bijvoorbeeld Metco 34F) als thermische spuitlaag op stilstaande assen voor roterende glijlagers van UHMWPE (Noordersluis IJmuiden).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 22 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Op de koolstofstalen glijsoffen van de roldeuren in Hansweert werd vanaf 1986 de insmeltlegering Metco 12C-insmeltlegering toegepast; deze legering bevat geen wolframcarbiden en werd destijds door de leverancier aanbevolen vanwege de betere vloeieigenschappen die tijdens het aanbrengen op de platte glijsoffen noodzakelijk zijn tijdens het insmelten. De glijsoffen worden gebruikt in combinatie met UHMWPE-glijbanen die zich op de betonnen drempels bevinden. In 2010 blijkt het glijvlak voor ongeveer 50% te zijn aangetast door spleetcorrosie die tijdens stilstandperioden moet zijn opgetreden. De deklaag was nog intact, maar grotendeels afgesleten en toe aan vervanging.

Aanbrengen door middel van lasercladden heeft als voordeel dat het insmelten zeer lokaal plaatsvindt en het onderdeel nauwelijks vervormt. Daardoor is het mogelijk lasercladden toe te passen op langere werkstukken zoals cilinderstangen en glijsoffen. Voor zover bekend is het (nog) niet mogelijk om door middel van lasercladden de zeer slijtvaste Metco 34F-laag aan te brengen.

Galvanische deklagen

Galvanische deklagen zijn langs elektrolytische weg op metaal aangebrachte deklagen die het onderdeel onder maritieme condities de gewenste eigenschappen geven ten aanzien van gebruiksduur, slijtvastheid, uiterlijk en/of afmeting.

Tabel 3. Keuzetabel overzicht van de toepassingsgebieden van technische deklagen

Thermische spuitlagen	Aluminium op koud substraat ¹⁾	Edele thermische deklaag (NiCr) op koud substraat ¹⁾	Slijtvaste edele thermische deklaag (NiCr+WC) ingesmolten ¹⁾	Galvanische deklaag ¹⁾
Werktuigonderdelen:				
• Zuigerstangen	-	V	V ²⁾	V
• Pengatverbindingen	V	-	V	V
• Voor UHMWPE glijgeleiding	V ³⁾	-	V ²⁾⁴⁾	V ³⁾
• Voor UHMWPE en HAWE lagerbussen	V ³⁾	V ³⁾	V ²⁾⁴⁾	V
• Stootnokken	-	-	V	-

1. Het controleren van de slijtdikte met behulp van de slijtfactoren uit bijlage C is noodzakelijk.
2. Als dit geen problemen met het kromtrekken van de stang geeft.
3. Mits glad nabewerkt in de glijrichting: oppervlaktegesteldheid $mr (-1,5; 2,0) = >80\%$ in glijrichting en bij aantonen dat gebruiksduur wordt gehaald door middel van een slijtageberekening.
4. Bovendien geschikt bij zeer lange glijafstand zoals op loopwielassen in onderrolwagens; sinds 1980 positieve ervaringen als deklaag op loopwielassen (Noordersluis IJmuiden).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 23 van 27 uitgave : 21-12-2010

Bijlage B Toelichting met betrekking tot Aluminium deklagen (Normatief)

In onderstaande tabel staat aangegeven welke nominale laagdikte moet worden aangebracht in welk milieu. Indien aluminiumlaag als loopvlak dient, moet twee maal de slijtdikte boven op de onderstaande dikte worden aangebracht. De totale nominale laagdikte is dan de som van de waarde uit de tabel en tweemaal de slijtdikte.

Tabel 4. Nominale laagdiktes voor Aluminiumlagen

Milieu	Gebruiksduur aluminium laag	Aluminium laag dikte-afname in μm per jaar	Aluminium laag dikte-afname in μm per 50 jaar	Aan te brengen aluminium laagdikte in μm ¹⁾
Landlucht	50	< 0,3	< 15	260 ¹⁾
Zeelucht	50	< 0,3	< 15	260 ¹⁾
Zoet water	50	0,3	15	300
Zeewater	50	5	150	350
Zeer agressief	50	10	250	450

1) Gebaseerd op een drempelwaarde van 200 μm in lucht. Door het gebruik van bepaalde sealers kan met een kleinere laagdikte worden volstaan. Zie ook de publicatie Thermisch gespoten Aluminium of TSA-lagen, Toepassing, kosten en ontwerpaspecten van FME-CWM.

1 Aanvangsroest bij aluminium lagen

De aluminium deklaag is aanvankelijk poreus. De porositeit wordt na expositie aan de omgeving opgevuld met aluminiumoxiden. Voordat de poriën zijn opgevuld met oxiden, zijn deze toegankelijk voor water. Na de eerste expositie aan water kan hierdoor - vooral bij aluminium lagen tot een dikte van circa 200 μm (dit is mede afhankelijk van de porositeit) - een bruine uitslag ontstaan, ook wel 'aanvangsroest' genoemd. Uit metingen moet blijken of de geëiste laagdikte al of niet is aangebracht.

2 Vergroten van de dikte van de aluminium laag

Waar de dikte van de aluminium laag onvoldoende is, moet deze worden aangestraald totdat alle roest is verdwenen. Vanwege de hardheid van aluminiumoxide is het zeer tijdrovend om aluminiumlagen door middel van stralen volledig te verwijderen. Dit is ook niet noodzakelijk. Na het aanstralen en het verwijderen van de roest wordt de aluminium laag in de juiste dikte aangebracht. Hierbij ontstaat overlap met de laag met voldoende laagdikte. Dit is geen bezwaar mits ook deze is aangestraald en eventuele verontreinigingen zijn verwijderd.

3. Vliegroest bij aluminium lagen

Bruine uitslag kan ook het gevolg zijn van vliegroest. Vliegroest ontstaat als ijzerdeeltjes op de aluminium laag terechtkomen en daar corroderen, of door het langsstromen van roestwater van stalen delen elders. Vliegroest kan zoals aanvangsroest met een borstel (geen staalborstel) worden verwijderd. Door middel van metingen dient vastgesteld te worden of de laagdikte voldoende is.

4. Bruine uitslag tijdens de gebruiksdur bij aluminium lagen

Het ontstaan van bruine uitslag tijdens de gebruiksdur kan een aanwijzing zijn dat de dikte van de aluminium laag onvoldoende geworden is. Eerst moet worden nagegaan of de uitslag het gevolg is van aanvangsroest of vliegroest. Dit is het geval als de uitslag met een borstel (geen staalborstel) kan worden verwijderd.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 24 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

5. Interlamellaire delaminatie bij aluminium lagen

Delaminatie van aluminium lagen kan het gevolg zijn van interlamellaire onthechting. Deze situatie kan zich voordoen indien de aluminium laag in twee fases met een te lange tussentijd op de vereiste dikte wordt gespoten. In de tussentijd kan oxidevorming van de aluminium laag en / of neerslaan van chloriden die zich in de lucht bevinden de hechting aan de later opgespoten aluminium laag verminderen. Een oorzaak kan ook een te hoge applicatietemperatuur zijn; hierdoor worden spanningen evenwijdig aan het substraat ingebracht die ook interlamellaire scheuren kunnen veroorzaken. Tijdens het “opbouwen” van de laagdikte moet de tijdsduur tussen de passages worden beperkt.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 25 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Bijlage C Slijtfactoren en wrijvingscoëfficiënten (Informatief)

Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties met UHMWPE

In de volgende tabel zijn f (wrijvingscoëfficiënt) en k (slijtfactor) van UHMWPE in combinatie met materialen met verschillende oppervlakteruwheden weergegeven. De wrijvingskracht in een glijvlak kan worden berekend door de normaalkracht op het glijvlak te vermenigvuldigen met de wrijvingscoëfficiënt. De slijtage kan worden berekend door de slijtfactor k (mm^2/N) te vermenigvuldigen met de glijweg (mm) en de gemiddelde vlaktedruk (N/mm^2). De slijtfactoren gelden bij translerende glijvlakken. (Bij roterende glijvlakken heeft de geometrie grote invloed op de slijtfactor; deze is afhankelijk van de mate waarin de slijtfactor wordt verkleind door 'stofsmering' van slijtdeeltjes die de glijvlakken niet kunnen ontwijken). De wrijvingscoëfficiënten gelden in principe bij translerende en roterende glijvlakken.

De gegevens in deze tabel gelden bij de volgende conditie en parameters:

- In water.
- Een vlaktedruk van $2,5 \text{ N}/\text{mm}^2$.
- Een glijsnelheid van 10 mm/s .
- Een temperatuur lager dan 70°C .
- De opgegeven oppervlakteruwheid van het hardste glijvlak.

De oppervlakteruwheid van het hardere glijvlak heeft meer invloed op de tribowaarden dan het glijvlakmateriaal zelf. Bij een hogere vlaktedruk en bij een lagere glijsnelheid gelden lagere wrijvingscoëfficiënten, en andersom.

Tabel 5. Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties met UHMWPE

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm^2/N)	Wrijvingscoëfficiënt			Ruwheid R_a (μm)
		f	f_s	f_{so}	
UHMWPE / RVS	$4 \cdot 10^{-9} / 0,1 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Chroom	$4 \cdot 10^{-9} / 0,1 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Galv. Coating (b.v. Lunac2+)	$4,4 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Aluminium laag op staal	$4 \cdot 10^{-9} / 0,3 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / 12E-insmeltlegering	$4 \cdot 10^{-9} / 1,3 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,15	0,4
UHMWPE / Azobé	$3 \cdot 10^{-9} / 10 \cdot 10^{-9}$	0,17	0,18	0,20	0,8
UHMWPE / Verzinkt staal	$20 \cdot 10^{-9} / 1 \cdot 10^{-9}$	0,18	0,19	0,22	1,6
UHMWPE / Graniet geboord	$35 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	0,19	0,20	0,23	2,0
UHMWPE / Staal ongeroest	$40 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	0,20	0,21	0,24	2,5
UHMWPE / Staalkabel vet	$40 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	-	-	-	-
UHMWPE / Beton glad	$65 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	0,21	0,23	0,27	3,2
UHMWPE / Staal geroest	$160 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	0,22	0,25	0,34	6,3
UHMWPE / Beton ruw	$230 \cdot 10^{-9} / \text{niel}$	0,23	0,27	0,42	10,0

Opmerkingen bij de tabel:

- f : de dynamische wrijvingscoëfficiënt.
- f_s : de statische wrijvingscoëfficiënt in de voorgaande glijrichting.
- f_{so} : de statische wrijvingscoëfficiënt bij het omkeren van de glijrichting onder belasting (tegen de vezelrichting in). N.B.: nivelleerschuiven worden onder vervalbelasting geheven, maar dalen onbelast.
- De ruwheidswaarde geldt in glijrichting.
- Een temperatuurcontrole dient altijd te worden uitgevoerd.
- Bepalend voor de belastbaarheid van UHMWPE is niet de vlaktedruk, maar de temperatuurstijging door wrijvingswarmte en de indrukking onder belasting.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 26 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Statistische bovenwaarden van wrijvingscoëfficiënten van UHMWPE in combinatie met RVS of metalen glijvlakken met een relevante oppervlakteruwheid in glijrichting

Van UHMWPE in combinatie met een glijvlak met een oppervlakteruwheid van het hardere glijvlak van $R_a < 0,5 \mu\text{m}$ zijn een groot aantal wrijvingscoëfficiënten beschikbaar. In RWS-rapport NIO-A-R-200207: "Wrijvingscoëfficiënt van zuiver UHMWPE op een oppervlakteruwheid van het hardere glijvlak van circa $0,5 \mu\text{m}$ R_a met gemiddelden, standaardafwijking en bovenwaarden" van 2 juli 2002 zijn deze statistisch bewerkt. In tabel 6 volgt de samenvatting daarvan.

Samenvatting van statistisch afgeleide wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinatie UHMWPE / RVS 316 met een oppervlakteruwheid $< R_a 0,5 \mu\text{m}$ in glijrichting onder droge ($n = 45$) en natte ($n = 48$) condities. Deze waarden zijn ook van toepassing op UHMWPE in combinatie met hardere glijvlakken in het algemeen met een vergelijkbare of lagere oppervlakteruwheid in glijrichting

Tabel 6. Statistische bovenwaarden van wrijvingscoëfficiënten van UHMWPE in combinatie met RVS of metalen glijvlakken met een relevante oppervlakteruwheid in glijrichting

Nieuw of metaal op glijvlakken met een relatieve oppervlakteruïtheid in glijrichting								
Vlakte- druk	Glij-snel- heid	Wrijvingscoëfficiënt (f)						Aantal
p	v	-						-
		Gemiddelde (u)	Standaard- afwijking (s)	Bovenwaarden (z)				n
(N/mm ²)	(mm/s)	(-)	(-)	Z(90%)	Z(95%)	Z(99%)	Z(99,9%)	(-)
1...50	0.01...100	0.081	0.033	0.123	0.135	0.158	0.182	93

Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties van UHMWPE en HAWA in combinatie met galvanische deklagen

De gegevens in tabel 7 gelden onder de volgende condities en parameters:

- In water.
- Vlakedruk circa 2 N/mm^2 .
- Glijsnelheid 10 mm/s .
- Temperatuur kleiner dan $70 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Onderstaande oppervlakteruwheid van de glijvlakken.

Tabel 7. Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties van UHMWPE en HAWA in combinatie met galvanische deklagen

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm ² /N)	Wrijvings- coëfficiënt $f_{\text{dynamisch}}$ (-)	Ruw- heid R_a (μm)
UHMWPE / Galvanische deklaag ²⁾	$4,3 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,14	0,4
HAWA ¹⁾ / Galvanische deklaag ²⁾	$5,0 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,25	0,4

1) Hardweefsel, bijvoorbeeld Feroform T814 of gelijkwaardig.

2) Bijvoorbeeld Lunac2+ of gelijkwaardig. De vermelde slijtfactoren zijn laboratoriumwaarden.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 27 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Tribowaarden van glijlagers in wielgeleidingen

De kunststof lagerbus draait om de stilstaande metalen as. De contacthoek is circa 60°. Daarom moet er voor het berekenen van de slijtage van glijlager en as van worden uitgegaan dat de glijweg van de as circa zes maal zo groot als de glijweg van het glijlager. Als referentie zijn de tribologische eigenschappen genoemd van de vroeger gebruikelijke materiaalcombinatie Brons / Staal

De gegevens in deze tabel gelden onder de volgende condities en parameters:

- In water.
- Vlaktedruk circa 2 N/mm².
- Glijnsnelheid 100 mm/s.
- Temperatuur kleiner dan 70 °C.
- Onderstaande oppervlakteruwheid van de glijvlakken.

Tabel 8. Tribowaarden van glijlagers in wielgeleidingen

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm ² /N)	Wrijvings- coëfficiënt f _{dyn} (-)	Ruw- heid Ra (µm)
UHMWPE / Insmeltlegering ni-cr	1,1*10 ⁻⁹ / 0,1 *10 ⁻⁹	0,14	0,4
UHMWPE / Insmeltlegering ni-cr-wo	2,3*10 ⁻⁹ / 0,01*10 ⁻⁹	0,14	0,4
UHMWPE / Staal geroest	1,9*10 ⁻⁹ / 0,3 *10 ⁻⁹	0,18	0,8
UHMWPE / Galvanische deklaag ²⁾	4,3*10 ⁻⁹ / 0,002*10 ⁻⁹	0,14	0,4
HAWE ¹⁾ / Galvanische deklaag ²⁾	5,0*10 ⁻⁹ / 0,002*10 ⁻⁹	0,25	0,4
Referentiecombinatie: Brons / Staal geroest	312*10 ⁻⁹ / 5,0 *10 ⁻⁹	0,38	proces- ruwheid

1) Hardweefsel, bijvoorbeeld Feroform T814 of gelijkwaardig.

2) Bijvoorbeeld Lunac2+ of gelijkwaardig m.b.t. tribologische eigenschappen. De vermelde slijtfactoren zijn laboratoriumwaarden.

Instructieblad

In dit conserveringssysteemblad zijn geaccepteerde conserveringsystemen opgenomen die kunnen worden toegepast op weg- en waterbouwkundige staalconstructies voor onderwatertoepassing. Op dit **instructieblad** is het toepassingsgebied aangegeven. Deze informatie is bedoeld voor de ontwerper of besteksschrijver. Het blad **besteksbijlage** is van toepassing op het contractdocument.

Algemene informatie	
Object categorie	Documenten
Onderwatertoepassing (Immersiebelasting)	Toelichting gebruiker SCON-P-01066

Nadere beschrijving
Toepassingsgebied: Staalconstructies met een permanente of semi permanente belasting in zoet- of zoutwater (lm2). Ondergrond: Constructiestaal, gestraald minimale reinheidsgraad Sa 2½, volgens ISO 8501-1:1988, Rz waarde 50-100 µm Opmerking: Voor thermisch verzinkte onderdelen en/of machinale onderdelen die tot de constructies behoren, wordt verwezen naar de NBD wijzer voor conserveringssysteembladen.

Decompositie		
Kunstwerksoort	Hoofdonderdeel	Onderdeel
SB staal beweegbaar	sluisdeur	bolder haalkom
	draaipunt	
SV staal vast	remming en/of geleidewerk	
	schotbalk	
	sluiskolk	
	ponton (uitwendig)	
M mechanisch	Rolwagen	

De lijst met onderdelen is niet limitatief. Versystemen kunnen op meerdere onderdelen worden toegepast.

Uitzonderingssituaties
Ondergrond/Vorm/Constructie - inwendige ruimten (gesloten) - zware oppervlaktecorrosie - putvormige corrosie - materiaalafname (staal) - handhaven bestaande conservering
Gebruikerseisen/omstandigheden - afwijkende levensduur - bijzondere onderhoudseisen - extra zware gebruikersomstandigheden - esthetische eisen (kleur en glans) - toepassing van opgedrukte stroom (KB)
Indien voor het object een uitzonderingssituatie van toepassing is, wordt geadviseerd de keuzemethodiek toe te passen.

Voor advies over staalconserveren kunt u terecht bij het Rijkswaterstaat Steunpunt Conserveringskennis
 Tel. 088 – 7972590.

Afd/Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	C. Nieuwland	F.J. van Dooren	02-02-2011	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16312**

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Interzinc 52	40 µm	
Intercure 420	125 µm	
Intercure 420	125 µm	
Interthane 990	80 µm	

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Intercure 324	125 µm	
Intercure 384	150 µm	
Interthane 990	75 µm	

Hempel Coatings Nederland B.V. te Vlaardingen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Hempadur 1550	150 µm	
Hempadur GF 3585 (versie 1995)	300 µm	
Hempadur GF 3585 (versie 1995)	300 µm	

Hempel Coatings Nederland B.V. te Vlaardingen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Hempadur Multi-stenght 45751	125 µm	
Hempadur Multi-stenght 45751	200 µm	
Hempadur Multi-stenght 45751	200 µm	
Hempathane topcoat 55210	50 µm	

Jotun Nederland B.V. te Spijkenisse		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Jotamastic 87 alu	200 µm	
Jotamastic 87 red toned	200 µm	
Jotamastic 87 alu	200 µm	
Hardtop HB	100 µm	

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	C. Nieuwland	F.J. van Dooren	02-02-2011	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16312 (vervolg)**

Sigma Coatings B.V. te Rotterdam		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmadur 520	75 µm	

Sika B.V. te Maarssen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Friazinc R	40 µm	
Icosit SW 500	450 µm	

Sika B.V. te Maarssen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Friazinc R	60 µm	
Icosit-Poxicolor S	150 µm	
Icosit EG 5	80 µm	

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	C. Nieuwland	F.J. van Dooren	02-02-2011	Definitief

Instructieblad

In dit conserveringssysteemblad zijn geaccepteerde conserveringsystemen opgenomen die kunnen worden toegepast op weg- en waterbouwkundige staalconstructies.

Op dit **instructieblad** is het toepassingsgebied aangegeven. Deze informatie is bedoeld voor de ontwerper of besteksschrijver. Het blad **besteksbijlage** is van toepassing op het contractdocument.

Algemene informatie	
Object categorie	Documenten
Atmosferische belasting zonder UV-belasting	Toelichting gebruiker SCON-P-01066

Nadere beschrijving
Toepassingsgebied: Staalconstructies met atmosferische toepassing zonder UV-belasting. Ondergrond: Constructiestaal, gestraald minimale reinheidsgraad Sa 2½, volgens ISO 8501-1:1988, Rz waarde 50-100 µm. Voor tijdelijke hulpconstructies en in te betonneren onderdelen kan worden volstaan met reinheidsgraad Sa 2, volgens ISO 8501-1:1988. Opmerking: Voor onderdelen die tot de constructies behoren, zoals thermisch verzinkte onderdelen en/of machinale onderdelen, wordt verwezen naar de NBD wijzer voor conserveringssysteembladen. Voor tijdelijke hulpconstructies en in te betonneren onderdelen kan worden volstaan met de eerste (primer) laag van de systemen zoals opgenomen in de volgbladen. Indien in het bestek is bepaald dat de eerste laag met kwastapplicatie wordt aangebracht in plaats van spuitapplicatie, dan betreft dit een extra laag van 60 µm die wordt gevolgd door het in de besteksbijlage genoemde systeem.

Decompositie		
Kunstwerksoort	Hoofdonderdeel	Onderdeel
SB staal beweegbaar	Val	
	Klap Tijdelijke hulpconstructies	
SV staal vast	Constructie onder de rijvloer	
	Tijdelijke hulpconstructies	
De lijst met onderdelen is niet limitatief. Verfsystemen kunnen op meerdere onderdelen worden toegepast.		

Uitzonderingssituaties
Ondergrond/Vorm/Constructie
- inwendige ruimten (gesloten) - zware oppervlaktecorrosie - putvormige corrosie - materiaalafname (staal) - handhaven bestaande conservering
Gebruikerseisen/omstandigheden
- afwijkende levensduur - bijzondere onderhoudseisen - extra zware gebruikersomstandigheden - esthetische eisen (kleur en glans)
Indien voor het object een uitzonderingssituatie van toepassing is, wordt geadviseerd de keuzemethodiek toe te passen.

Voor advies over staalconserveren kunt u terecht bij het Rijkswaterstaat Steunpunt Conserveringskennis
Tel. 030-2857833

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16325**

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Interzinc 52	40 µm	
Intercure 420	125 µm	
Intercure 420	125 µm	
Interthane 990	80 µm	

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Intercure 324	125 µm	
Intercure 384	150 µm	
Interthane 990	75 µm	

Hempel Coatings Nederland B.V. te Vlaardingen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Hempadur Multi-stengt 45751	125 µm	
Hempadur Multi-stengt 45751	200 µm	
Hempadur Multi-stengt 45751	200 µm	
Hempathane topcoat 55210	50 µm	

Jotun Nederland B.V. te Spijkenisse		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Jotamastic 85 alu	200 µm	
Jotamastic 85 red toned	200 µm	
Jotamastic 85 alu	200 µm	
Hardtop HB	100 µm	

Jotun Nederland B.V. te Spijkenisse		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Primastic Universal	200 µm	
Primastic Universal	200 µm	
Hardtop AS/HB	50 µm	

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16325 (vervolg)**

Sigma Coatings B.V. te Rotterdam		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmadur 520	75 µm	

Sigma Coatings B.V. te Rotterdam		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Sigmacover 280	80 µm	
Sigmacover 456	140 µm	
Sigmadur 520	60 µm	

Sika B.V. te Maarssen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Friazinc R	60 µm	
Icosit-Poxicolor S	150 µm	
Icosit EG 5	80 µm	

Afd/Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Instructieblad

In dit conserveringssysteemblad zijn geaccepteerde conserveringsystemen opgenomen die kunnen worden toegepast op weg- en waterbouwkundige staalconstructies.

Op dit **instructieblad** is het toepassingsgebied aangegeven. Deze informatie is bedoeld voor de ontwerper of besteksschrijver. Het blad **besteksbillage** is van toepassing op het contractdocument.

Algemene informatie	
Object categorie	Documenten
Atmosferische belasting met UV-belasting	• Toelichting gebruiker SCON-P-01066

Nadere beschrijving
Toepassingsgebied: Staalconstructies, atmosferische toepassing met UV-belasting.
Ondergrond: Constructiestaal, gestraald minimale reinheidsgraad Sa 2½, volgens ISO 8501-1:1988, Rz waarde 50-100 µm Voor tijdelijke hulpconstructies en in te betonneren onderdelen kan worden volstaan met reinheidsgraad Sa 2, volgens ISO 8501-1:1988.
Opmerking: Voor onderdelen die tot de constructies behoren, zoals thermisch verzinkte onderdelen en/of machinale onderdelen, wordt verwezen naar de NBD wijzer voor conserveringssysteembladen. Voor tijdelijke hulpconstructies en in te betonneren onderdelen kan worden volstaan met de eerste (primer) laag van de systemen zoals opgenomen in de volgbladen. Indien in het bestek is voorgeschreven dat de eerste laag met kwastapplicatie wordt aangebracht in plaats van spuitapplicatie, dan betreft dit een extra laag van 60 µm die wordt gevolgd door het bovengenoemde systeem.

Decompositie		
Kunstwerksoort	Hoofdonderdeel	Onderdeel
SB staal beweegbaar	Bovenbouw Tijdelijke hulpconstructies	Hameistijl Balans Ballastkist
SV staalvast	Constructie boven de rijvloer Tijdelijke hulpconstructies	Boogconstructie Pyloon

De lijst met onderdelen is niet limitatief. Verfsystemen kunnen op meerdere onderdelen worden toegepast.

Uitzonderingssituaties
Ondergrond/Vorm/Constructie
- inwendige ruimten (gesloten) - zware oppervlaktecorrosie - putvormige corrosie - materiaalafname (staal) - handhaven bestaande conservering
Gebruikerseisen/omstandigheden
- afwijkende levensduur - bijzondere onderhoudseisen - extra zware gebruikersomstandigheden
Indien voor het object een uitzonderingssituatie van toepassing is, wordt geadviseerd de keuzemethodiek toe te passen.

Voor advies over staalconserveren kunt u terecht bij het Rijkswaterstaat Steunpunt Conserveringskennis
Tel. 030-2857833.

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.j. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Besteksbijlage

Geaccepteerde systemen NBD16365

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Interzinc 52	40 μm	
Intercure 420	125 μm	
Intercure 420	125 μm	
Interthane 990	80 μm	

Akzo Nobel Coatings B.V.		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Intercure 324	125 μm	
Intercure 384	150 μm	
Interthane 990	75 μm	

Baril Coatings B.V. 's-Hertogenbosch		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Fortipox 604	80 μm	
Poluran 180	80 μm	
Poluran 196	60 μm	

Baril Coatings B.V. 's-Hertogenbosch		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Poluran 248 IH Primecoat	60 μm	
Poluran 249 IH Multicoat	100 μm	
Poluran 196 Multifinish	60 μm	

Hempel Coatings Nederland B.V. te Vlaardingen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Hempadur Multi-stenght 45751	125 μm	
Hempadur Multi-stenght 45751	200 μm	
Hempadur Multi-stenght 45751	200 μm	
Hempathane topcoat 55210	50 μm	

Afd./Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16365 (vervolg)**

Jotun Nederland B.V. te Spijkenisse		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Jotamastic 85 alu	200 µm	
Jotamastic 85 red toned	200 µm	
Jotamastic 85 alu	200 µm	
Hardtop HB	100 µm	

Jotun Nederland B.V. te Spijkenisse		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Primastic Universal	200 µm	
Primastic Universal	200 µm	
Hardtop AS/HB	50 µm	

Schaepman's Lakfabrieken B.V. te Zwolle		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Epocryl MIO HS Primer	125 µm	
Epocryl MIO HS Primer	125 µm	
Belticryl HS	75 µm	

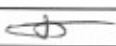
Sigma Coatings B.V. te Rotterdam		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmacover 805	150 µm	
Sigmadur 520	75 µm	

Sigma Coatings B.V. te Rotterdam		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Sigmacover 280	80 µm	
Sigmacover 456	140 µm	
Sigmadur HB 520	60 µm	

Afd/Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij	F.J. van Dooren	11-09-2006	Definitief

Besteksbijlage**Geaccepteerde systemen NBD16365 (vervolg)**

Sika B.V. te Maarssen		
PRODUKTNAAM	LAAGDIKTE	DATASHEET
Friazinc R	60 µm	
Icosit-Poxicolor S	150 µm	
Icosit EG 5	80 µm	

Afd/Opsteller	Toetser	Autorisator	Uitgavedatum	Status
A.J. Seegers	R. Noordzij 	F.J. van Dooren 	11-09-2006	Definitief

Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden

Ed Calle

1204875-002

Titel

Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Opdrachtgever

RWS Waterdienst

Project

1204875-002

Kenmerk

1204875-002-GEO-0008

Pagina's

22

Trefwoorden

Kunstwerken natte waterbouw/ waterkeringen/ veiligheid/ belastingfactoren

Samenvatting

Het van kracht worden van de Eurocode heeft invloed op ontwerpberekeningen bij waterkerende kunstwerken die deel uitmaken van primaire waterkeringen. In de Leidraad Kunstwerken (LK, 2003) wordt aangegeven hoe rekenwaarden van vervalbelastingen worden bepaald bij extreme buitenwaterstanden. Dit zijn de waterstanden met normfrequenties die in de Waterwet zijn vastgelegd (normfrequenties: 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10.000 per jaar).

Dit gebeurt door de vervalbelastingen op het kunstwerk, of onderdelen ervan, bij de waterstand met normfrequentie te vermenigvuldigen met een belastingfactor.

De berekeningsprocedure voor het bepalen van de belastingfactoren in de LK is afgestemd op de (toen geldende) algemene regelgeving voor constructieveiligheid, vastgelegd in de NEN 6700 (TGB). In dit rapport is onderzocht hoe belastingfactoren veranderen, als afgestemd moet worden op de Eurocode (EN 1990) en Nationale Annex. De betrouwbaarheidseisen hierin zijn strenger dan in de NEN 6700.

Belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken zouden groter moeten worden, als vastgehouden wordt aan het (ongeschreven) beleid (van Rijkswaterstaat) dat voor waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen minimaal de hoogste veiligheidsklasse in de algemene regelgeving geldt. Indien ook wordt vastgehouden aan een 'eenvoudige' methode, met één belastingfactor voor alle situaties, dan moet de huidige belastingfactor worden verhoogd van 1,25 naar 1,50. Zou het beleid gewijzigd worden en de minimale eis voor constructieveiligheid conform de Reliability Class 2 in de Eurocode worden, dan zullen belastingfactoren iets toenemen. De factor voor de 'eenvoudige' methode moet dan verhoogd worden van 1,25 naar 1,30.

Voor een afweging is nadere inventarisatie via het doorrekenen van praktijkcases sterk aan te bevelen.

Dit rapport is het eerste van een drietal rapporten over dit onderwerp. In het tweede rapport wordt ingegaan op belastingfactoren bij 'dagelijkse' vervalbelastingen. Het derde rapport heeft betrekking op een alternatief voor belastingfactoren, namelijk het werken met ontwerpwaarden voor waterstanden.

Referenties

Referenties zijn gegeven als voetnoot

Bijdragen / medewerking van:

Ton Vrouwenvelder (TNO)

Martin van der Meer (Fugro GeoServices)

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	nov. 2011	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
2	Jan. 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
3	Jan. 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
4	Mei 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	

Status

definitief

Titel

Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Opdrachtgever

RWS Waterdienst

Project

1204875-002

Kenmerk

1204875-002-GEO-0008

Pagina's

22

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Vragen aan Deltares	1
1.2.1 Vraag 1	2
1.2.2 Vraag 2	2
1.3 De opdracht en dit rapport	3
1.4 Leeswijzer	3
2 Analyse, aanpak en resultaten	5
2.1 Werkwijze in de LK i.c.m. met de oude algemene regelgeving (NEN 6700)	5
2.1.1 Veiligheidsnormen conform de Waterwet in de LK	5
2.1.2 Vertaling van toelaatbare faalkansen naar partiële veiligheidsfactoren	7
2.1.3 Beperkingen aan toelaatbare faalkansen	8
2.1.4 Stappen bij berekening totale belastingfactor; resultaten oude situatie	9
2.2 Belastingfactoren bij de nieuwe regelgeving (Eurocode)	12
2.2.1 Betrouwbaarheidseisen in Eurocode en Nationale Annex	12
2.2.2 Totale belastingfactoren bij keuze CC3 als minimum eis	13
2.2.3 Totale belastingfactoren bij keuze voor CC2 als minimumeis	14
2.2.4 Minimale belastingfactoren i.v.m. onzekerheden rekenmodellen belastingeffecten	16
3 Conclusies, aanbevelingen en aandachtspunten bij herziening LK	17
3.1 Conclusies	17
3.2 Aanbevelingen / advies	18
3.3 Andere aandachtspunten bij herziening van de Leidraad Kunstwerken	18
Bijlage(n)	
A Achtergrondinformatie	A-1
A.1 Veiligheidsfilosofie NEN 6700 serie (TGB)	A-1
A.2 Eisen volgens de Waterwet en neerslag in de LK	A-1

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Het van kracht worden van de Eurocode NEN-EN 1990 (Eurocode) en de Nationale Annex (NA) in 2010 heeft consequenties voor het ontwerpen van kunstwerken in de Natte Waterbouw die (tevens) de functie van primaire waterkering hebben.

Kunstwerken werden vóór die tijd ontworpen met behulp van de Leidraad Kunstwerken (2003). In deze Leidraad wordt uitgegaan van eisen ten aanzien van constructieve betrouwbaarheid, die gerelateerd zijn aan beveiligingsnormen voor primaire waterkeringen in de Waterwet (voorheen de Wet op de Waterkering). De betrouwbaarheidseisen (in termen van vereiste betrouwbaarheidsindices) zijn vertaald in aan te houden belastingfactoren op door waterstandsverschillen geïnduceerde vervalbelastingen op constructies en constructieonderdelen. In combinatie met materiaalfactoren conform de algemene regelgeving (NEN 6700) leveren deze belastingfactoren ontwerpen met de vereiste betrouwbaarheid conform de Waterwet.

Naast de betrouwbaarheid als waterkering gelden eisen met betrekking tot de constructieveiligheid, die in de algemene regelgeving zijn vastgelegd. Voor zover de eisen conform de Waterwet en de algemene regelgeving verschillen, is de strengste van de twee maatgevend voor het ontwerp. Bij de vroegere algemene regelgeving (NEN 6700) was de eis met betrekking tot constructieve veiligheid minder streng dan de eisen die voortkwamen uit de Waterwet. Het gevolg hiervan was dat waterkerende kunstwerken, die ontworpen werden conform de Leidraad Kunstwerken, automatisch ook voldeden aan de eisen ten aanzien van constructieve betrouwbaarheid in de NEN 6700.

Met de Eurocode en NA zijn veranderingen in de vereiste constructieve betrouwbaarheid ingevoerd. Voor, met name, constructies in de hoogste veiligheidsklasse ¹ (RC 3, Reliability Class 3) is de vereiste betrouwbaarheidsindex verhoogd van 3,6 tot 4,3 (betrekking hebbende op een referentieperiode van 50 jaar). Voor waterkeringen die in deze klasse vallen is dit een strengere eis dan conform de Waterwet. Het voldoen aan de eisen in de Leidraad Kunstwerken impliceert niet langer dat ook voldaan wordt aan de algemene regelgeving.

1.2 Vragen aan Deltares

De Leidraad Kunstwerken (LK) is (en blijft) de vigerende leidraad voor het ontwerpen van waterkerende kunstwerken die deel uitmaken van primaire waterkeringen. De hierin geformuleerde eisen ten aanzien van constructieveiligheid, die voortkomen uit de beveiligingsnormen in de Waterwet, blijven vooralsnog van kracht. Maar, door het van kracht worden van de nieuwe Eurocode is de afstemming van de LK met de algemene regelgeving voor bouwconstructies in het geding. De huidige in de LK opgenomen belasting- en materiaalfactoren, die samen de gewenste veiligheid conform de Waterwet, van ontwerpen van waterkerende kunstwerken realiseren, sluiten (mogelijk) niet aan op de voorschriften voor belasting- en materiaalfactoren in de Eurocode.

¹ In de Eurocode wordt gesproken over Gevolgklassen (Consequence Classes; CC1, CC2 en CC3). In de Nationale Annex Geotechniek over veiligheidsklassen RC1, RC2, RC3. Deze klasse indelingen en de bijbehorende constructieve veiligheidseisen (in termen van vereiste betrouwbaarheidsindices) komen met elkaar overeen.

1.2.1 Vraag 1

Gevraagd wordt hoe, met gebruikmaking van de huidige methodiek in de LK, wel een goede aansluiting aan de Eurocode kan worden verkregen.

Hierbij gaat het om situaties met extreme belastingen (maatgevende belastingen door waterstanden en golven), conform de beveiligingsnormen in de Waterwet.

Een bijkomende vraag is hoe omgegaan moet worden met 'dagelijks' voorkomende vervalbelastingen, zoals vervalbelastingen bij schutten, maar ook vervalbelastingen in onderhoudssituaties, waarbij bijvoorbeeld een sluiskolk wordt drooggelegd. Conform de Eurocode zou op deze tijdelijke belastingen een belastingfactor van 1,5 moeten worden toegepast. Echter, bij het vaststellen van die vervalbelastingen wordt doorgaans al uitgegaan van nauwkeurig te bepalen extremen in de verschillende situaties. De hoge belastingfactor is daarom wellicht onnodig conservatief. De specifieke vraag is om een minder conservatieve belastingfactor af te leiden.

Gevraagd wordt voorgestelde aanpassingen van het gebruik van de methodiek in de LK toe te passen op een drietal demonstratie cases met verschillende beveiligingsnormen conform de Waterwet, namelijk de 1/10.000, 1/4000 en 1/1250 normen. Voorgesteld is deze cases te baseren op een drietal momenteel onderhanden zijnde ontwerpprojecten, namelijk Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk, (ESA, 1/10.000), Volkeraksluis (1/4000) en Heumen of Meppelerdiepsluis (1/1250). Met deze toepassingen worden consequenties van de nieuwe regels volgens de Eurocode, ten opzichte van het vroeger vigerende NEN voorschrift, zichtbaar gemaakt.

1.2.2 Vraag 2

Een tweede vraag betreft het volgende. In de aanpak volgens de LK worden vereiste beveiligingsniveaus bij het ontwerpen gerealiseerd middels belastingfactoren op vervalbelastingen op constructies (of constructieonderdelen), bij volgens de beveiligingsnormen in de Waterwet behorende maatgevende waterstanden en golfbelastingen. Er wordt als het ware gerekend met 'zwaar water', waarbij aangrijpingspunten van de krachten op constructieonderdelen niet veranderen door de belastingfactor.

Gevraagd wordt om na te gaan of (en hoe) deze aanpak met belastingfactoren vervangen kan worden door een werkwijze waarmee ontwerpwaarden voor de aan waterstand en golven gerelateerde belastingen worden bepaald, waarmee aan de veiligheidseisen wordt voldaan. Net als bij belastingfactoren in de LK zouden hierin mogelijk ook de additionele veiligheidsfactoren op materiaalfactoren, nodig bij constructie betrouwbaarheidseisen die strenger zijn dan de algemene regelgeving, verdisconteerd kunnen worden.

Ook hierbij wordt gevraagd de voorgestelde werkwijzen toe te passen op de eerder genoemde ontwerpcases, om de effecten ten opzichte van de LK methode na te gaan.

Onder hydraulische belastingen worden bij bovenstaande vragen verstaan:

- Belastingen door waterstand.
- Belastingen door golven.
- Belastingen door translatiegolven (aan Deltares wordt gevraagd hoe omgegaan kan worden/zou moeten worden met deze belastingen).

1.3 De opdracht en dit rapport

De opdracht betreft het onderzoeken van de in paragraaf 2.2 geformuleerde vragen. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de volgende onderdelen:

1. Belastingfactoren op vervalbelastingen bij maatgevende hydraulische belastingen.
2. Belastingfactor op vervalbelastingen onder dagelijkse omstandigheden.²
3. Vervangen belastingfactoren door ontwerpwaarden voor waterstanden en golfbelastingen.³
4. Consequentieanalyse van gewijzigde belastingfactoren of van de werkwijze met ontwerpwaarden ten opzichte van de huidige werkwijze, aan de hand van het doorrekenen van cases.

De consequentieanalyse behoort niet tot de huidige opdracht. Om praktische redenen zal die later via een separate opdracht worden uitgevoerd, nadat nieuwe belastingfactoren, c.q. (procedures voor het bepalen van) vervangende ontwerpwaarden, zijn afgeleid.

De huidige opdracht omvat dus alleen de onderdelen 1, 2 en 3. Conform de opdracht wordt over deze onderdelen gerapporteerd in separate rapporten.

Dit rapport betreft onderdeel 1, het afleiden van belastingfactoren op vervalbelastingen bij maatgevende hydraulische omstandigheden. Dit gebeurt zowel voor de oude situatie (met NEN 6700 als randvoorwaarde) als de nieuwe situatie (met de Eurocode als randvoorwaarde). Met deze belastingfactoren kunnen t.z.t. vergelijkende berekeningen aan cases worden uitgevoerd.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden belastingfactoren voor de oude (NEN 6700) en nieuwe (Eurocode) situatie afgeleid. In hoofdstuk 3 volgen conclusies en aanbevelingen.

-
2. *Concept rapportage: Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 2: Belastingfactoren dagelijkse omstandigheden. Deltares Rapport 1204875-002-GEO-0011, versie 2 Maart 2012*
 3. *Conceptrapportage: Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 3: Ontwerpwaarden Waterstanden, Deltares Rapport 1204875-002-GEO-0010, versie 2 Februari 2012*

2 Analyse, aanpak en resultaten

2.1 Werkwijze in de LK i.c.m. met de oude algemene regelgeving (NEN 6700)

2.1.1 Veiligheidsnormen conform de Waterwet in de LK

De beveiligingsnormen voor primaire waterkeringen worden in de Waterwet gegeven in termen van norm overschrijdingskansen (verder aangeduid als normfrequenties) per jaar van hydraulische belastingen waarop de waterkeringen moeten zijn berekend. Die normfrequenties zijn 1/10.000, 1/4000, 1/2000, 1/1250 voor respectievelijk Noord- en Zuid-Holland, de kustgebieden, het benedenrivieren- en overgangsgebied, en het bovenrivierengebied. Daarnaast kent de wet normfrequenties van 1/500 voor dijkkring 40 in het bovenrivierengebied, en tenslotte 1/20 voor de Maaskaden.

In de LK worden deze normfrequenties omgerekend tot toelaatbare faalkansen voor kunstwerken. Daarbij wordt in principe uitgegaan van een dijkvakachtige benadering, waarbij de toelaatbare faalkans per jaar voor een kunstwerk gesteld wordt op 0,01 keer de normfrequentie. De '0,01' wordt faalruimte factor genoemd. Vanwege de veronderstelde sterke afhankelijkheid van de verschillende hoofd faalmechanismen die aan de faalkans bijdragen, via de waterstand, wordt gesteld dat deze toelaatbare faalkans beschikbaar is als faalkansruimte voor elk van deze hoofd faalmechanismen (falen als gevolg van overloop/golfoverslag, en falen als gevolg van constructief of grondmechanisch bezwijken). De toelaatbare faalkansen worden omgerekend tot vereiste waarden van de betrouwbaarheidsindex volgens:

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_{f,toel}) = -\Phi^{-1}(0,01 F_{norm}) \quad (1)$$

Hierin is F_{norm} de normfrequentie, $P_{f,toel}$ de toelaatbare faalkans, β de vereiste betrouwbaarheidsindex en $\Phi^{-1}(\)$ de inverse van de standaard normale kansfunctie. De betrouwbaarheidsindex heeft betrekking op een referentieperiode van 1 jaar en wordt daarom ook wel genoteerd als β_1 .

Niettegenstaande de keuze voor een dijkvakbenadering wordt voor waterkerende constructies, zoals met kistdammen of diepwanden versterkte dijken, die ook onder de werking van de LK vallen, met een verdiscontering van het lengte-effect, als deze constructies, gemeten in de lengterichting van de waterkering, langer dan 100 meter zijn. Deze verdiscontering wordt gemakshalve meegenomen door de vereiste betrouwbaarheidsindex simpelweg 10% te vergroten, ongeacht de werkelijke lengte van de constructie.(boven de 100 m).

De intentie bij de opzet van de LK was om zo goed mogelijk aan te sluiten aan de algemene regelgeving met betrekking tot constructieveiligheid. Deze regelgeving was, indertijd, vastgelegd in NEN 6700. Hier komen we in paragraaf 2.1.2 uitgebreider op terug. Vooruitlopend daarop merken we op dat de in de veiligheidsfilosofie in de NEN 6700 wordt uitgegaan van toelaatbare faalkansen voor een referentieperiode gelijk aan de geplande levensduur. Voor normale bouwconstructies is dat 50 jaar, maar in beginsel kan die vrij gekozen worden, met een minimum van 15 jaar. De vereiste betrouwbaarheidsindex, en dus de toelaatbare faalkans, is in de NEN 6700 in beginsel niet afhankelijk van de keuze van de geplande levensduur. In bijlage A1 is de veiligheidsfilosofie van NEN 6700 weergegeven.

De geplande levensduur voor waterkeringen, doorgaans aangeduid als planperiode, is in de regel 50 of 100 jaar (voor dijken 50 jaar, voor kunstwerken 100 jaar). De toelaatbare faalkans voor waterkeringen is wel afhankelijk van de gekozen planperiode. Als de toelaatbare faalkans per jaar $P_{f, \text{toel}, 1 \text{ jr}}$ is, dan is in beginsel de toelaatbare faalkans voor N jaar (bijvoorbeeld $N = 50$ of 100 jaar) gelijk aan $P_{f, \text{toel}, N \text{ jr}} = N P_{f, \text{toel}, 1 \text{ jr}}$. In die zin lopen de veiligheidsfilosofie conform de Waterwet en conform de NEN 6700 enigszins uiteen.

Wanneer we in het vervolg spreken over de referentieperiode, bedoelen we daarmee de planperiode, of geplande levensduur, of een deel van de planperiode (bijv. 1 jaar, of 10 jaar).

De drive om de veiligheidsfilosofie conform de Waterwet en conform de NEN 6700 zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen was geen doel op zich. In bijlage A.2 wordt uitgelegd dat een onderliggend argument was dat door de afstemming ook voordelen bij het ontwerpen van waterkerende constructie werden verwacht.

In tabel 2.1 zijn de toelaatbare faalkansen conform de Waterwet weergegeven, voor de normfrequenties 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10000. Gegeven zijn de faalkansen per jaar en de hiermee overeenkomende betrouwbaarheidsindices, conform vergelijking (1). Verder de faalkansen en de overeenkomstige betrouwbaarheidsindices voor planperiodes van 50 en 100 jaar. In tabel 2.1 is ook een referentieperiode van 10 jaar opgenomen. Dit heeft te maken met beperkingen aan de toelaatbare faalkansen, zoals die in tabel 2.1 voor referentieperiodes van 50 en 100 jaar zijn gegeven. In paragraaf 2.1.3 gaan we daar nader op in.

Alle betrouwbaarheidsindices zijn ook gegeven met de verdiscontering van lengte-effect, in de vorm van de 10% toeslag op de betrouwbaarheidsindex.

normfreq.	$P_f 1 \text{ jr}$	β_1		$P_f 10 \text{ jr}$	β_{10}	
			l.e.			l.e.
1/1250	8,0E-06	4,31	4,75	8,0E-05	3,78	4,15
1/2000	5,0E-06	4,42	4,86	5,0E-05	3,89	4,28
1/4000	2,5E-06	4,56	5,02	2,5E-05	4,06	4,46
1/10000	1,0E-06	4,75	5,23	1,0E-05	4,26	4,69

normfreq.	$P_f 50 \text{ jr}$	β_{50}		$P_f 100 \text{ jr}$	β_{100}	
			l.e.			l.e.
1/1250	4,0E-04	3,35	3,69	8,0E-04	3,16	3,47
1/2000	2,5E-04	3,48	3,83	5,0E-04	3,29	3,62
1/4000	1,3E-04	3,66	4,03	2,5E-04	3,48	3,83
1/10000	5,0E-05	3,89	4,28	1,0E-04	3,72	4,09

Tabel 2.1 Normfrequenties, toelaatbare faalkansen per jaar, 10 jaar, 50 jaar en 100 jaar, en de hiermee corresponderende betrouwbaarheidsindices (zonder en met verdiscontering van 10% lengte-effect)

2.1.2 Vertaling van toelaatbare faalkansen naar partiële veiligheidsfactoren

Voor de praktijk worden toelaatbare faalkansen omgerekend naar partiële veiligheidsfactoren, namelijk belastingfactoren en materiaalfactoren. Belastingfactoren worden toegepast op berekende belastingen (of belastingeffecten) en materiaalfactoren worden toegepast op (berekende) schattingen van de sterkte.

De berekende belasting, is, in dit geval, de belasting op de waterkering (of onderdelen ervan) die voortkomt uit het verval van de waterstand over de waterkering bij het optreden van de maatgevende waterstand. De maatgevende waterstand is de waterstand met overschrijdingsfrequentie per jaar gelijk aan de normfrequentie. Dit is de gebruikelijke rekenmaat bij waterkeringen. Voor het realiseren van de vereiste betrouwbaarheidsindices, zoals aangegeven in tabel 2.1, is doorgaans nog een extra belastingfactor nodig, die afhankelijk is van de toelaatbare faalkans en de referentieperiode. In de LK is voor de berekening van deze extra belastingfactor de volgende formule gegeven:

$$\gamma_s = \frac{u - B \log(\Phi(\alpha_s \beta_N) / f_N) - h_b}{u - B \log(norm) - h_b} = \frac{1 - \frac{B}{u'} \log(\Phi(\alpha_s \beta_N) / f_N)}{1 - \frac{B}{u'} \log(norm)} \quad (2)$$

Hierin zijn:

- γ_s de benodigde belastingfactor;
- $norm$ de overschrijdingskans per jaar (1/1250, 1/2000, 1/4000, 1/10.000) van de hydraulische belastingen waar de waterkering op berekend moet zijn conform de Waterwet. De hierbij optredende waterstand noemen we MHW (maatgevende hoogwaterstand);
- β_N de met de $norm$ afgeleide vereiste betrouwbaarheidsindex (tabel 2.1);
- Φ de standaard normale kansverdeling;
- f_N de referentieperiode [jr] (in de LK ook wel aangeduid als levensduurfactor);
- h_b de binnenwaterstand, indien die hoger is dan de door water belaste onderkant van de beschouwde constructie (of het beschouwde constructieonderdeel). Indien die lager is dan wordt h_b gelijk genomen aan die onderkant [m + NAP];
- u de 'liggingparameter' van de Gumbelverdeling van de buitenwaterstand, dit is de waterstand die met een kans van 0,63 per jaar wordt overschreden [m + NAP]. Deze parameter kan berekend worden met: $u = MHW + B \log(norm)$;
- u' het verschil $u - h_b$ [m];
- B de decimeringhoogte van de waterstand in het lage frequentiegebied (zeg $f < 0,1$ per jaar) [m];
- α_s invloedscoëfficiënt voor onzekerheid van de belasting = -0,7 (ISO gestandaardiseerd);
- $\log$ de logaritme met grondtal 10.

In vergelijking (2) is de noemer in het eerste rechterlid het maatgevende verval van de waterstand over de waterkering (=maatgevende waterstand – binnenwaterstand), met overschrijdingskans $norm$ per jaar. Daarmee wordt gerekend bij het bepalen van de belastingen (en belastingeffecten) op het kunstwerk of onderdelen ervan. De teller is het verval, waarmee zou moeten worden gerekend om te voldoen aan de eis ten aanzien van de betrouwbaarheidsindex β_N , gebaseerd op een referentieperiode van f_N jaar. Aan die eis wordt voldaan, althans voor wat betreft de belastingkant, als gerekend wordt met een verval dat slechts met kans $\Phi(\alpha_s \beta_N)$ wordt overschreden in een periode van f_N jaar.

Er is van uitgegaan dat de vervallen over de waterkering bij extreme buitenwaterstanden statistisch gekarakteriseerd worden met behulp van een Gumbel kansverdeling, met liggingparameter u en decimeringhoogte B . De kansverdeling per jaar kan omgerekend worden naar een kansverdeling per f_N jaar. De decimeringhoogte B blijft daarbij hetzelfde, maar de liggingparameter wordt dan $u + B \log(f_N)$. Voor de berekening van belastingfactoren is alleen de verhouding B/u' van belang. Deze representeert de relatieve variatie en is dus een soort variatiecoëfficiënt.

Uitgangspunt voor vergelijking (2) is verder dat belastingen (en belastingeffecten) lineair evenredig zijn met de optredende vervallen over de waterkering. De Leidraad Kunstwerken gaat hier van uit. Lopende de VNK studie is het inzicht gegroeid dat dit niet voor alle mogelijke faalmechanismen een voor de hand liggend uitgangspunt is. Er zijn mechanismen waarbij het belastingeffect evenredig is met het kwadraat of zelfs de derde macht van het optredende verval (*base shear* en *base moment*). Dit is een belangrijk aandachtspunt bij de herziening van de Leidraad, maar laten we nu nog even buiten beschouwing.

Aan de sterktekant is in de LK ervoor gekozen aan te sluiten aan de materiaalfactoren in de NEN 6700. Echter, die gelden in beginsel bij een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6 (de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700). Voor andere waarden van de vereiste betrouwbaarheidsindex worden in de LK correctiefactoren gebruikt die het verschil met 3,6 verdisconteren. Deze correctiefactoren worden berekend met behulp van de formule:

$$\gamma_{R,corr} = e^{\{\alpha_R(\beta_N-3,6)\sqrt{\ln(1+V_R^2)}\}} \quad (3)$$

Hierin is:

- $\gamma_{R,corr}$ de correctiefactor;
- α_R de probabilistische invloedsfactor voor de sterkte, = 0,8 (ISO gestandaardiseerd);
- β_N de vereiste betrouwbaarheidsindex;
- V_R de variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschap;
- $\ln$ de natuurlijke logaritme.

De variatiecoëfficiënt V_R is in beginsel de variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschappen die beschouwd worden. In de LK is ervoor gekozen om zowel de belastingfactor als de correctie op de materiaalfactoren bij elkaar te nemen in één factor, namelijk de totale belastingfactor. Daarvoor was het nodig om één representatieve variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschappen te kiezen; een veilige aanname is $V_R = 0,20$. De totale belastingfactor is het product $\gamma_S \gamma_{R,corr}$:

$$\gamma_{S,tot} = \frac{1 - \frac{B}{u'} \log(\Phi(\alpha_S \beta_N) / f_N)}{1 - \frac{B}{u'} \log(norm)} e^{\{\alpha_R(\beta_N-3,6)\sqrt{\ln(1+V_R^2)}\}} \quad (4)$$

2.1.3 Beperkingen aan toelaatbare faalkansen

Aan de in tabel 2.1 weergegeven toelaatbare faalkansen en de hier uit voortvloeiende totale belastingfactoren worden twee beperkingen gesteld.

De eerste komt voort uit de gedachte dat bij gekozen referentieperioden van 50 of 100 jaar de faalkansen in de eerste jaren van de levensduur van een constructie veel groter kunnen zijn dan de toelaatbare faalkansen per jaar, die conform de geest van de Waterwet toelaatbaar zijn⁴. In het verleden is daar in ENW (TAW) verband discussie over geweest. De uitkomst hiervan was dat door de werkgroep ENW Veiligheid (toen nog TAW Probabilistische Methoden) geadviseerd werd om de toelaatbare faalkans in een aaneengesloten periode van 10 jaar, tijdens de (beoogde) levensduur van een kunstwerk, niet groter te kiezen dan 10 keer de toelaatbare faalkans die voor 1 jaar geldt. Bij het opstellen van de Leidraad Kunstwerken (zowel de eerste versie in 1999 als de latere versie in 2003) is die aanbeveling overgenomen.

De tweede beperking komt voort uit de gedachte dat de eis aan constructieve veiligheid van een waterkering nooit minder streng mag zijn dan volgens de (oude) algemene regelgeving, de NEN 6700. In de LK wordt, conform het traditionele gebruik bij Rijkswaterstaat, hierbij de hoogste veiligheidsklasse van de NEN 6700 als minimum aangehouden: dus een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6, waarbij uitgegaan wordt van een referentieperiode van 50 jaar. De NEN 6700 (en ook de Eurocode, zie paragraaf 2.2) schrijft geen belastingfactoren voor m.b.t. de extreme (met de normfrequentie corresponderende) hydraulische belastingen op primaire waterkeringen. Deze belastingfactoren kunnen echter met behulp van vergelijking (4) worden berekend. Dit heeft dan tevens het voordeel dat belastingfactoren bij de verschillende uitgangspunten op onderling consistente wijze bepaald worden.

2.1.4 Stappen bij berekening totale belastingfactor; resultaten oude situatie

Concreet betekenen deze twee beperkingen de volgende werkwijze bij het bepalen van de totale belastingfactor op vervalbelastingen:

1. Bepaal de toelaatbare faalkans voor een waterkering en daarmee de vereiste betrouwbaarheidsindex, aan de hand van de normfrequentie voor het dijkkringgebied, de faalruimte factor en de gekozen planperiode. De vereiste betrouwbaarheidsindex heeft betrekking op de gekozen planperiode. Hierbij wordt rekening gehouden met eventueel te verdisconteren lengte-effect. Dat kan op twee manieren, namelijk:
 - a. Bij een dijkvakachtige benadering, zoals in de LK, door de vereiste betrouwbaarheidsindex voor een korte strekking te vermenigvuldigen met een factor 1,10 (als de lengte van het kunstwerk in de lengterichting van de waterkering groter is dan 100 m). De grootte van deze factor, noch de grens bij 100 m zijn bij het opstellen van de LK nader onderbouwd; het gaat dus om een pragmatische keuze. Het is wenselijk om bij een herziening van de LK de mogelijkheid open te houden voor het toepassen van een beter onderbouwde schatting, zoals voorgestaan wordt onder 1b.
 - b. Bij een dijkringachtige benadering, door de faalkans voor een dijkkring (of dijkkringdeel) te delen door een lengte-effect factor. Dit geeft de faalkans voor een 'dwarsdoorsnede' van de waterkering. De faalkans voor de dijkkring of dijkkringdeel kan afgeleid zijn uit de normfrequentie en een faalruimte factor. De lengte-effect factor volgt uit een probabilistische beschouwing. De toelaatbare faalkans voor de 'dwarsdoorsnede' wordt omgerekend tot de vereiste betrouwbaarheidsindex.

4. Daar staat tegenover dat de toeslag voor relatieve zeespiegelrijzing et cetera, die op de buitenwaterstand wordt gezet, in de eerste 10 jaren feitelijk wel een extra veiligheidsmarge inhoudt. Dit effect is in de ENW discussie en in LK echter niet in beschouwing genomen.

N.B. deze benadering is in dit rapport niet uitgewerkt. Ze is relevant wanneer in de toekomst voor de LK een dijkkringachtige benadering wordt gekozen en in het geval de levensduurbeschouwing ook in andere leidraden (met name de Leidraad Rivieren en het bijbehorende Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies) wordt overgenomen. Hierin wordt (deels) wel van de dijkkringachtige benadering uitgegaan.

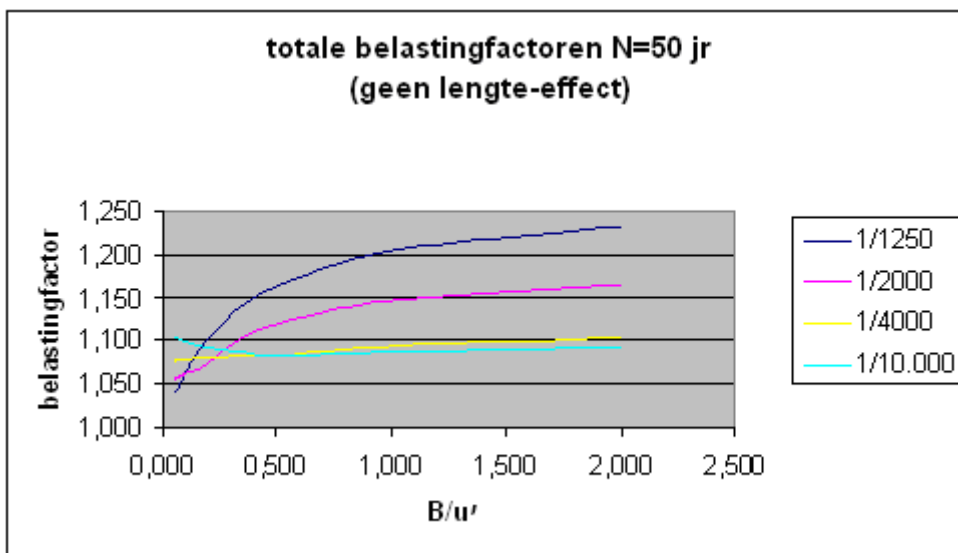
Met de vereiste betrouwbaarheidsindex β_N , de bijbehorende referentieperiode f_N en de kenmerken van de Gumbel verdeling, B/u' , wordt de belastingfactor berekend met behulp van vergelijking (4).

Dit levert de totale belastingfactor: $\gamma_{S, tot}(\beta_N, f_N)$ met $N=50$ of 100 jaar.

2. Controle op de eerste beperking: bepaal, eveneens met vergelijking (4) de totale belastingfactor, uitgaande van $N=10$ jaar: levert de belastingfactor $\gamma_{S, tot}(\beta_{10}, f_{10})$.
3. Controle op de tweede beperking: bepaal, eveneens met vergelijking (4) de totale belastingfactor: $\gamma_{S, tot}(\beta_{NEN\ 6700}, f_{50})$, waarin $\beta_{NEN\ 6700} = 3,6$.
4. De totale belastingfactor is:

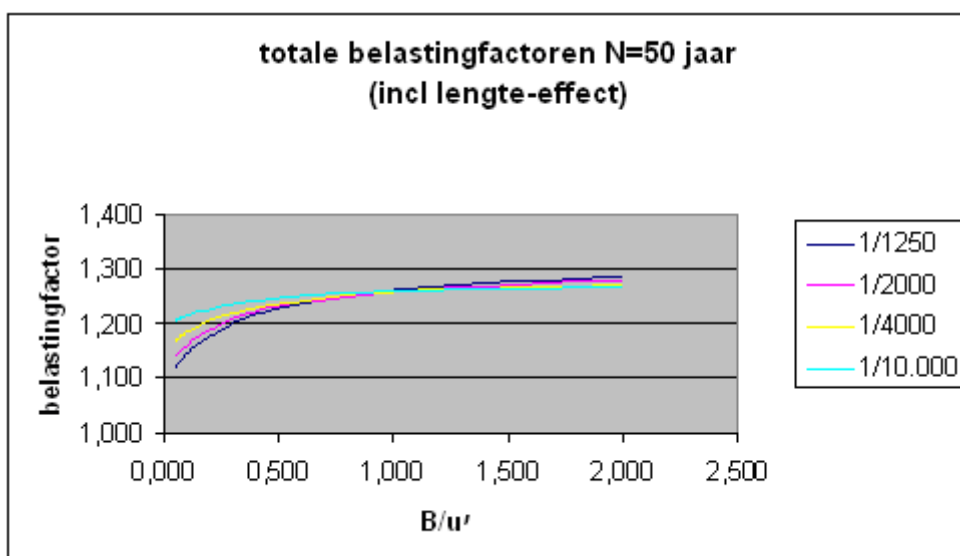
$$\gamma_{S, tot} = \max\{\gamma_{S, tot}(\beta_N, f_N); \gamma_{S, tot}(\beta_{10}, f_{10}); \gamma_{S, tot}(\beta_{NEN\ 6700}, f_{50})\}$$

In de figuren 1a en 1b zijn de op deze wijze berekende belastingfactoren weergegeven; in figuur 1a voor kunstwerken waarbij lengte-effect geen rol speelt en in figuur 1b voor 'lange' kunstwerken waarbij lengte-effect in de faalkans verdisconteerd is in de 10% opslag op de betrouwbaarheidsindex die volgt uit de Waterwet norm (dus bij NEN 6700 wordt geen lengte-effect toeslag toegepast).



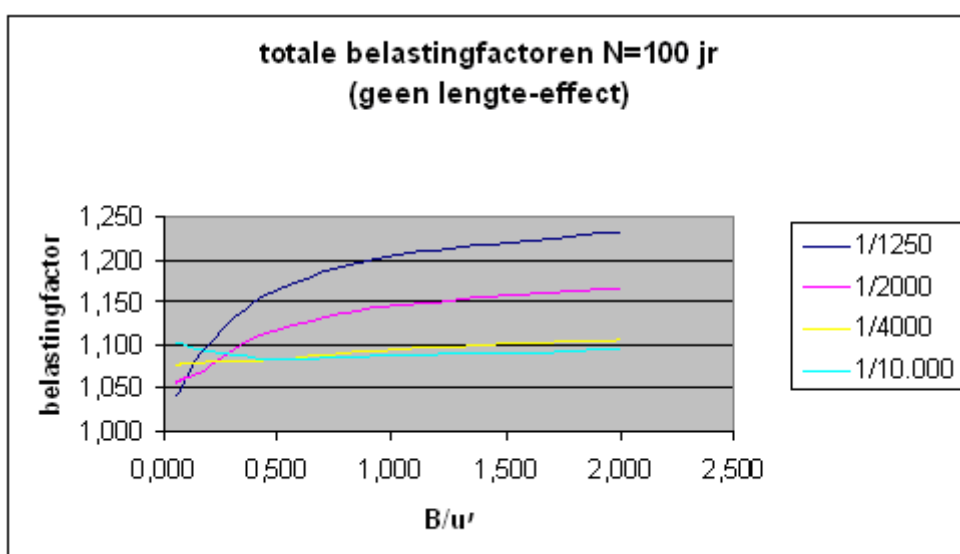
Figuur 1a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit $\beta_{NEN6700} = 3,6$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar.



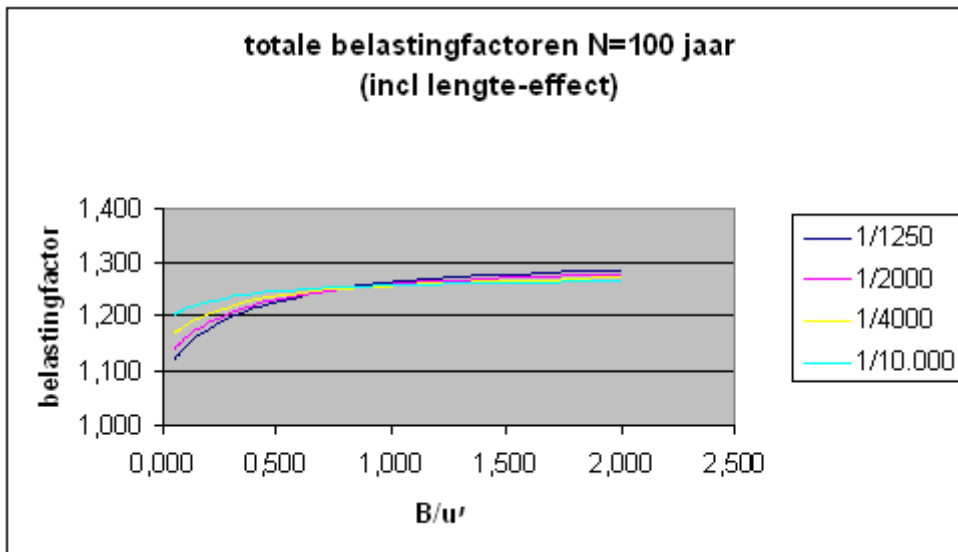
Figuur 1b: Belastingfactoren als in figuur 1a, maar met verdiscontering van lengte-effect (10% toeslag op β_{50} en β_{10})

In de figuren 1c en 1d zijn de berekende totale belastingfactoren gegeven, die horen bij een gekozen planperiode van 100 jaar. Hierbij gelden overigens dezelfde twee randvoorwaarden.



Figuur 1c: Belastingfactoren op vervelbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{100} bij een referentieperiode van 100 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit $\beta_{NEN6700} = 3,6$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar.



Figuur 1d: Belastingfactoren als in figuur 1c, maar met verdiscontering van lengte-effect (10% toeslag op β_{100} en β_{10})

Uit vergelijking van de figuren 1c met 1a en de figuren 1d met 1b volgt dat de gekozen grootte van de planperiode (50 of 100 jaar) er praktisch niet toe doet. De belastingfactor die volgt uit referentieperiode van 10 jaar blijkt altijd maatgevend indien het lengte-effect wordt meegenomen. Ook de beperking die voortvloeit uit de NEN 6700 is hierbij dan niet van invloed.

De range $B/u' = 0,05 - 1$ omvat, praktisch gesproken, de B/u' verhoudingen zoals die voorkomen langs primaire waterkeringen in Nederland. De hoogste waarde van de belastingfactoren binnen die range is 1,25. Om die reden is deze waarde in de LK opgenomen, als 'eenvoudige methode' voor ontwerpberekeningen. Deze factor wordt toegepast op uit de ontwerpwaterstanden (met norm overschrijdingsfrequentie) voortkomende vervalbelastingen. De hiermee berekende ontwerpbelastingen worden gebruikt in combinatie met de materiaalfactoren in de NEN 6700.

2.2 Belastingfactoren bij de nieuwe regelgeving (Eurocode)

2.2.1 Betrouwbaarheidseisen in Eurocode en Nationale Annex

In de Eurocode en NA worden, evenals in de NEN 6700, drie veiligheidsklassen of betrouwbaarheidsklassen onderscheiden. De vereiste betrouwbaarheidsindices in de NEN 6700 zijn respectievelijk 3,2, 3,4 en 3,6. Dit zijn betrouwbaarheidsindices die betrekking hebben op de geplande levensduur van een constructie, die in beginsel vrij te kiezen is (met minimum van 15 jaar) maar als referentie op 50 jaar wordt gesteld. In de Eurocode en NA is dit systeem hetzelfde gebleven. Echter, de Eurocode hanteert de term 'Gevolklassen'. De in de Eurocode voorgestelde vereiste betrouwbaarheidindices voor de gevolklassen zijn sterker gedifferentieerd dan in de NEN 6700. Deze betrouwbaarheidsindices zijn 3,3, 3,8 en 4,3 voor de gevolklassen CC1, CC2 en CC3 (tabel 2.2). In de Nationale Annex zijn de in de Eurocode voorgestelde betrouwbaarheidsindices verbindend verklaard. Daarmee hebben ze ook een wettelijke basis.

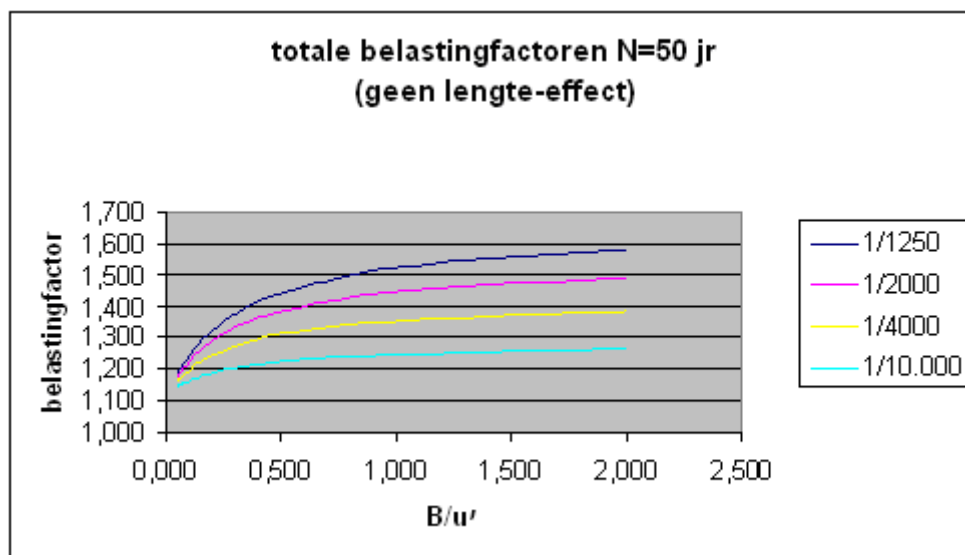
Gevolklasse CC ¹⁾	Omschrijving	Voorbeelden van gebouwen en civieltechnische werken
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of zeer grote economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Tribunes, openbare gebouwen waarbij de gevolgen van het bezwijken groot zijn (bijv. een concertzaal)
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, aanzienlijke economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Woon- en kantoorgebouwen, openbare gebouwen waar de gevolgen van bezwijken beperkt zijn (bijv. een kantoorgebouw)
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of kleine of verwaarloosbare economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Gebouwen voor de landbouw waar mensen normaal niet verblijven (bijv. opslagschuren, tuinbouwkassen)

Tabel 2.2 Gevolklassen in de Eurocode (tabel B1, Bijlage B bij NEN-EN 1990)

2.2.2 Totale belastingfactoren bij keuze CC3 als minimum eis

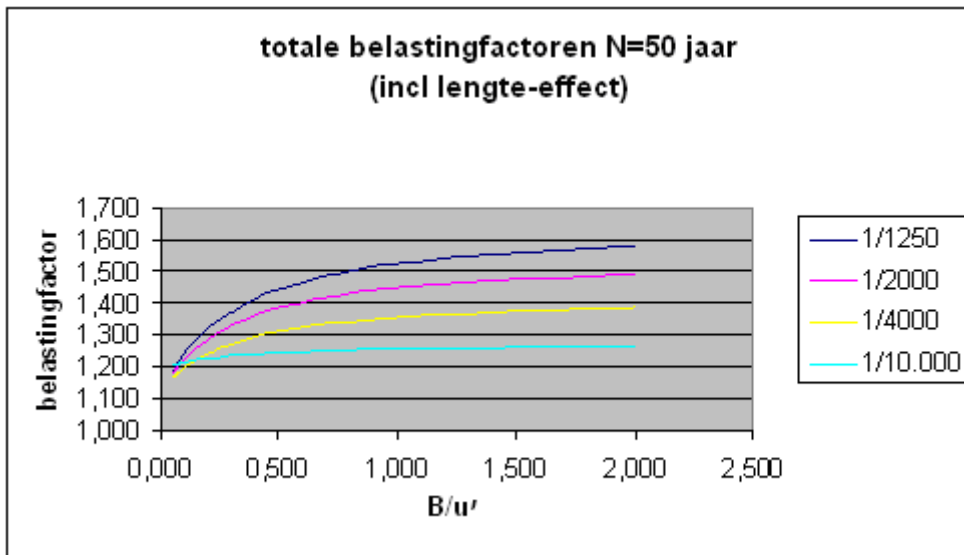
Wanneer, met het van kracht worden van de nieuwe Eurocodes vastgehouden wordt aan het ongeschreven beleid dat tenminste voldaan wordt aan eisen volgens de hoogste veiligheidsklasse, dan heeft dat consequenties voor de belastingfactoren. Immers, de vereiste betrouwbaarheidsindex voor de hoogste veiligheidsklasse in de Eurocode (CC3) is aanzienlijk groter dan in de NEN 6700.

Met deze betrouwbaarheidsindex, gekoppeld aan een referentieperiode van 50 jaar, kunnen we met behulp van de stappen in paragraaf 2.1.4 nieuwe belastingfactoren berekenen. In de figuren 2a en 2b zijn deze weergegeven.



Figuur 2a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit de Eurocode $\beta_{EC} = 4,3$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar



Figuur 2b: Als figuur 2a, maar inclusief verdiscontering van lengte-effect (dat wil zeggen 10% toeslag op de vereiste betrouwbaarheidsindices β_{50} en β_{10})

In figuur 2a zien we dat, t.o.v. figuur 1a, voor alle normfrequenties 1/1250 tot 1/10000 de belastingfactoren, voor een deel van de B/u' verhoudingen sterk, toenemen, als gevolg van de nieuwe minimeis ($\beta_{50} = 4,3$). In figuur 2b zien we, t.o.v. figuur 1b, hetzelfde, met uitzondering van de kleinste normfrequentie, 1/10000. Dit omdat bij die normfrequentie de eis conform de Waterwet maatgevend blijft, als er lengte-effect verdisconteerd wordt.

Net als in de oude systematiek van de LK, zou ook nu een 'eenvoudige' methode, bestaande uit één algemeen toepasbare belastingfactor, kunnen worden aangehouden. Deze belastingfactor moet dan ca. 1,5 worden (was 1,25).

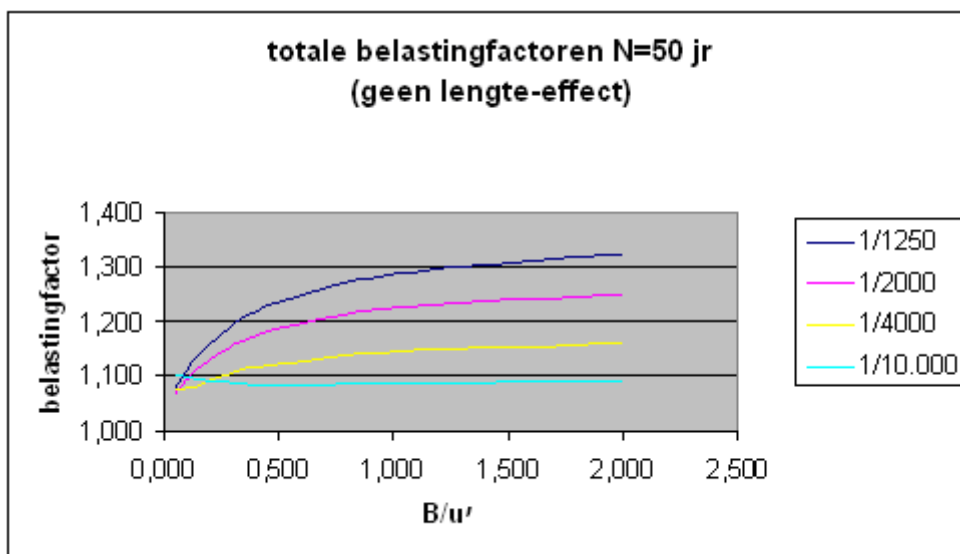
De belastingfactoren moeten worden toegepast op bij de waterstanden met normfrequenties berekende vervalbelastingen en in combinatie met de materiaalfactoren in de Eurocode en Nationale Annex. Deze materiaalfactoren zijn overigens dezelfde als in de NEN 6700⁵.

Ook hier kan aangetoond worden dat de keuze van de planperiode, 50 of 100 jaar, geen invloed heeft op de berekende totale belastingfactoren. Vergelijking van de figuren 2a en 2b laat tevens zien dat verdiscontering van het lengte-effect nu nauwelijks een rol speelt. Dit komt doordat de (minimaal vereiste) betrouwbaarheidsindex uit de Eurocode (van 4,3) voor het overgrote deel maatgevend is en hierbij speelt lengte-effect geen enkele rol.

2.2.3 Totale belastingfactoren bij keuze voor CC2 als minimeis

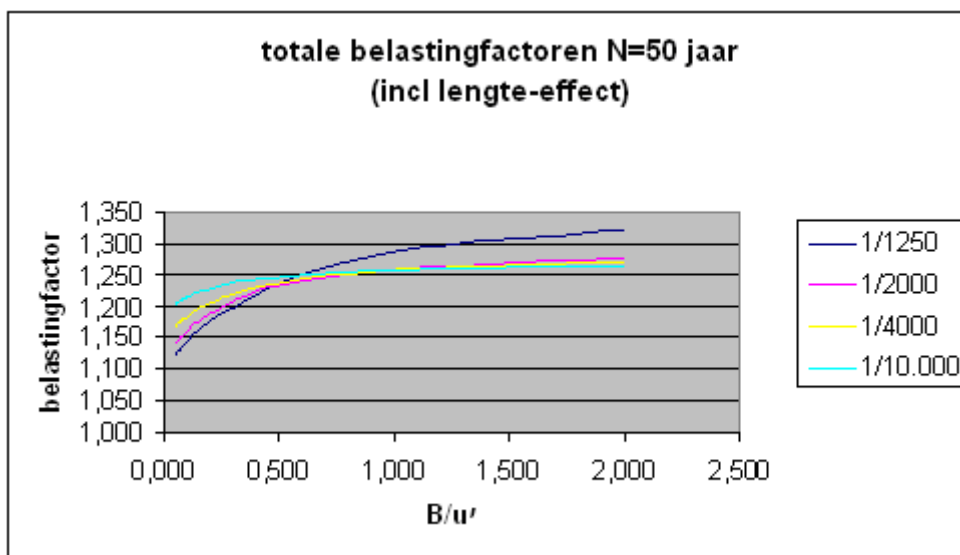
Bij deze keuze is de minimeis aan de betrouwbaarheidsindex $\beta = 3,8$ (zie tabel 2.1). In de figuren 3a en 3b zijn de daarbij behorende belastingfactoren weergegeven.

⁵ De hogere betrouwbaarheidsindex (CC3 van de Eurocode) ten opzichte van de NEN wordt in de Nationale Annex bij benadering verdisconteerd door een toeslag van 10% op de theoretisch benodigde belastingfactoren. In de analyse hier wordt die toeslag (theoretisch correct) meegenomen m.b.v. de (exponentiële) correctieterm in vergelijking (4)



Figuur 3a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit de Eurocode $\beta_{EC} = 3,8$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar



Figuur 3b: Als figuur 3a, maar inclusief verdiscontering van lengte-effect (dat wil zeggen 10 % toeslag op de vereiste betrouwbaarheidsindices β_{50} en β_{10})

De belastingfactoren in de figuren 3a en 3b zijn, met name voor de 1/1250^e normfrequentie enigszins groter dan in de figuren 1a en 1b. Voor de 'eenvoudige methode' neemt de belastingfactor ten opzichte van de NEN 6700 iets toe, namelijk tot 1,30. De toename van de belastingfactoren is aanzienlijk minder dan bij toepassen van CC3 uit de Eurocode als minimumeis.

Om die reden zou overwogen kunnen worden, om bij het stellen van de nevenvoorwaarde niet, of niet in alle gevallen, uit te gaan van de CC3 in de Eurocode, maar van CC2.

Die keuze zou een wijziging van het (ongeschreven) beleid zijn. De rechtvaardiging zou moeten voortkomen uit de vraag of de nieuwe eis in de Eurocode het 'rechtzetten' van algemeen te lage veiligheidseisen in de NEN 6700 betreft, of het toevoegen van een nieuwe klasse, speciaal voor constructies, waarvan het bezwijken zeer grote maatschappelijke en/of materiële consequenties met zich meebrengt. Kijkend naar tabel 2.1 lijkt dit laatste het geval te zijn. Een aanzienlijk deel van de constructies, waarvoor vroeger een betrouwbaarheidsindex van 3,6 werd vereist, zit nu in CC2 van de Eurocode. De meeste, zo niet alle, waterkerende kunstwerken zullen normaliter onder die veiligheidsklasse vallen.

Een nadere consequentieanalyse, namelijk het doorrekenen van praktijkvoorbeelden, zoals bedoeld in activiteit 4, kan mogelijk nog wel aanleiding zijn om af te zien van zo'n beleidswijziging, als zou blijken dat de hogere veiligheidseis een aanvaardbare toename van kosten met zich meebrengt.

2.2.4 Minimale belastingfactoren i.v.m. onzekerheden rekenmodellen belastingeffecten

De Eurocode schrijft in beginsel het gebruik van een belastingfactor voor, die ook onzekerheden in het rekenmodel voor de berekening van belastingeffecten verdisconteert; zie het rapport betreffende activiteit 2, genoemd in voetnoot 2 bij paragraaf 1.3. Doorgaans is bij vervalbelastingen bij extreme buitenwaterstanden de verdisconteerde onzekerheid over deze belastingen, via de ontwerpwaarden, zo groot dat combineren met nog eens een rekenmodelonzekerheid praktisch weinig verschil maakt. Alleen wanneer onzekerheden ten aanzien belastingen door buitenwaterstand of golven klein zijn is een benodigde additionele verdiscontering van rekenmodelonzekerheden van belang.

In het rapport betreffende activiteit 3, zie voetnoot 3 in paragraaf 1.3, is aangetoond dat hieraan voldaan kan worden door bij het aflezen van de grafieken in de figuren 2a, 2b, 3a en 3b uit te gaan van een minimale waarde van B/u' van 0,10.

3 Conclusies, aanbevelingen en aandachtspunten bij herziening LK

3.1 Conclusies

Eisen voor constructieve veiligheid van waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen zijn vastgelegd in de Leidraad Kunstwerken. Deze eisen zijn gerelateerd aan veiligheidsniveaus in de Waterwet. Rijkswaterstaat hanteert als neveneis dat daarbij ook ten minste voldaan moet worden aan de eisen van de hoogste veiligheidsklasse in de algemene regelgeving voor veiligheid van bouwconstructies. Dit is ongeschreven beleid.

Tot vóór het van kracht worden van de Eurocode (en de Nationale Annex) was de algemene regelgeving vastgelegd in de NEN 6700. Eisen aan constructieve betrouwbaarheid van waterkerende kunstwerken die voortkomen uit de Waterwet bij alle veiligheidsniveaus waren, uitgezonderd het 1/250^e niveau voor de Maaskaden en het 1/500^e niveau voor dijkkring 40, strenger dan in de NEN 6700. Met het van kracht worden van de Eurocode is dat echter niet meer het geval. In de Eurocode is een hoogste veiligheidsklasse ingevoerd, waarin de eis voor constructieve veiligheid beduidend hoger is dan in de NEN 6700.

De strengere eisen die voortkwamen uit de Waterwet, ten opzichte van de NEN 6700, zijn in de TAW Leidraad Kunstwerken vertaald in een extra belastingfactor op de (effecten van) hydraulische belastingen onder maatgevende omstandigheden. Belastingeffecten bij het optreden van maatgevende hydraulische belastingen, vermenigvuldigd met die belastingfactoren kunnen dan als rekenbelastingen worden opgevat, die, in combinatie met materiaalfactoren (op de constructiesterkte) in de NEN 6700, een ontwerp leveren, dat minimaal de vereiste constructieveiligheid heeft.

Ten behoeve van een later uit te voeren inventarisatie van de consequentie van het van kracht worden van Eurocode is onderzocht hoe de belastingfactoren veranderen. De materiaalfactoren in de Nationale Annex bij de Eurocode zijn ongewijzigd gebleven ten opzichte van de NEN 6700. De conclusies van dit onderzoek zijn als volgt.

Wanneer uitgegaan wordt van het (ongeschreven) beleid dat ten minste voldaan moet worden aan de hoogste veiligheidsklasse (Gevolgklasse CC3), dan impliceert de Eurocode dat de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken aanzienlijk moeten worden verhoogd.

Dit geldt voor waterkerende kunstwerken in dijkringen met alle normfrequenties, uitgezonderd 1/10.000, wanneer lengte-effect verdisconteerd moet worden. De figuren 1a en 1b in dit rapport geven de oude belastingfactoren en de figuren 2a en 2b de nieuwe (1a en 2a zonder lengte-effect, 1b en 2b met lengte-effect). Naast de normfrequentie en het al dan niet behoeven verdisconteren van lengte-effect, zijn de belastingfactoren afhankelijk van een statistische parameter, die de variatie van vervalbelasting karakteriseert (B/u' , waarbij u de liggingparameter is van de Gumbel verdeling en B de decimeringhoogte).

Deze veiligheidsklasse in de Eurocode geldt voor bouwconstructies, waarbij bij bezwijken grote aantallen slachtoffers zouden kunnen vallen en/of de economische schade zeer groot is. Wanneer het genoemde beleid zou worden versoepeld en gekozen kan worden voor Gevolgklasse CC2 in de Eurocode, dan nemen de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken iets toe. In de figuren 3a en 3b zijn de nieuw belastingfactoren weergegeven.

Deze veiligheidsklasse komt, qua eis aan de constructieveiligheid bijna overeen met de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700.

In de Leidraad Kunstwerken is een eenvoudige methode ingevoerd, waarbij één belastingfactor voor hydraulische belastingen is vastgesteld voor alle normfrequenties, waarbij wel of geen lengte-effect verdisconteerd hoeft te worden en die onafhankelijk is van de verhouding B/u' . Deze factor is nu 1,25. Wil men in de nieuwe situatie ook zo'n eenvoudige benadering, dan moet die factor verhoogd worden tot 1,5, als gevolgklasse CC3 van de Eurocode van toepassing is. Wordt gekozen voor gevolgklasse CC2, dan is de toename kleiner; dan wordt deze belastingfactor maximaal 1,30.

Deze belastingfactoren worden gebruikt in combinatie met materiaalfactoren in de Nationale Annex bij de Eurocode. Deze materiaalfactoren zijn gelijk aan die in de NEN 6700.

Voor bestaande waterkerende kunstwerken heeft een eventuele verhoging van de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken geen gevolg. Voor de periodieke toetsing op (water)veiligheid, conform de Waterwet, zijn alleen de uit de Waterwet voortkomende eisen voor constructieveiligheid van toepassing. De algemene regelgeving (zowel NEN 6700 als Eurocode) vereist (normaliter) geen toetsing van bestaande bouwconstructies. Voor toetsing van bestaande bouwconstructies is echter wel regelgeving in voorbereiding.

3.2 Aanbevelingen / advies

De primaire vraag voor de voorliggende studie was (zie paragraaf 1.1), hoe uitgaande van de (opzet in de) bestaande LK, een aansluiting aan de Eurocode kan worden gerealiseerd, vergelijkbaar met de aansluiting aan de NEN 6700 die er nu is.

Wanneer vastgehouden wordt aan het beleid dat voor (primaire) waterkerende kunstwerken minimaal de hoogste veiligheidsklasse van de algemene regelgeving geldt, dan wordt die aansluiting gerealiseerd door gebruik te maken van de paragraaf 2.2.2. afgeleide belastingfactoren: in de figuren 2a en 2b, of de 'eenvoudige' belastingfactor van 1,5.

Aanbevolen wordt om dit beleid te evalueren. De hoge betrouwbaarheidseis in de Eurocode komt niet voort uit inzicht dat de betrouwbaarheidseisen in de NEN 6700 'overall' te laag waren, maar is toegevoegd als extra veiligheidsklasse voor bouwconstructies waarvan het bezwijken zeer grote maatschappelijke impact heeft. Overwogen moet worden of wel alle waterkerende kunstwerken in die veiligheidsklasse moeten vallen. Temeer omdat de eisen die uit de Waterwet normen worden afgeleid vaak minder streng zijn, terwijl bij het vaststellen van die normen de maatschappelijke impact is meegewogen.

Aanbevolen wordt ook om de materiële consequenties van aanpassing van de belastingfactoren nader te inventariseren aan de hand van doorrekenen van praktijkcases. Aan de hand van zo'n inventarisatie kan mede beoordeeld worden of het wenselijk is het huidige beleid te handhaven, dan wel te herzien.

3.3 Andere aandachtspunten bij herziening van de Leidraad Kunstwerken

Lopende activiteit 1 van deze korte studie zijn aandachtspunten naar voren gekomen, die niet direct bij de huidige vraagstelling passen, maar wel relevant zijn bij de beoogde herziening van de Leidraad Kunstwerken in 2012. Dit betreft:

1. Nagegaan moet worden of, en hoeveel, correctie op de afgeleide belastingfactoren nodig is, ingeval de belastingeffecten sterk niet-lineair evenredig zijn met

- het verval. Dit pleit overigens voor een werkwijze waarbij niet met belastingfactoren wordt gewerkt die toegepast worden op berekende belastingen of belastingeffecten bij de 'norm' waterstand, maar direct met 'ontwerp' waterstanden. Dit komt bij activiteit 3 van de onderhavige studie aan de orde.
2. In dit rapport is uitgegaan van de ISO gestandaardiseerde invloedscoëfficiënten voor belasting en sterkte. Dit is conform de werkwijze in de LK nu. Maar niet zeker is of dat onder alle omstandigheden voldoende veilige belastingfactoren, of ontwerpwaarden van waterstanden, levert. In het kader van activiteit 3 zal hier ook nog naar gekeken worden, voor zover de budgettaire projectruimte dit toestaat, maar mogelijk is een uitgebreider studie nodig.
 3. In de LK is als opzet voor een dijkvakbenadering gekozen. Gezien het streven om te komen tot een overstromingskans gestuurd ontwerp- en toetsinstrumentarium, is het zeer wenselijk om bij een herziening van de LK de ringbenadering als uitgangspunt te kiezen. Hierbij hoort een opdeling van de faalkansruimte per kunstwerk over aan de faalkans bijdragende mechanismen (faalkansbegroting) en relateren van faalkansruimte per kunstwerk aan de toelaatbare overstromingskans per dijkkring of dijkkringdeel.

A Achtergrondinformatie

A.1 Veiligheidsfilosofie NEN 6700 serie (TGB)

In de NEN 6700 en de Eurocode worden veiligheidseisen op generiek niveau geformuleerd in termen van de na te streven betrouwbaarheidsindex. In beginsel is die onafhankelijk is van de ontwerplevensduur (referentieperiode). Voor veiligheidsklasse 3 is de betrouwbaarheidsindex dus altijd 3,6, ongeacht of de referentieperiode 20, 50 of 100 jaar is. Bij een “betrouwbaarheidsindex ongeacht de referentieperiode” zijn de faalkansen op jaarbasis kleiner voor grotere referentieperioden en groter naarmate de referentieperiode kleiner is. Dit is bij benadering optimaal vanuit een economisch perspectief. De standaardreferentieperiode is 50 jaar, daar zijn de belasting- en materiaalfactoren op uitgelijnd.

In de praktijk werkt de constructeur niet met betrouwbaarheidsindices maar partiële factoren en karakteristieke belastingen. Omdat de betrouwbaarheidsindices onafhankelijk zijn van de levensduur zijn ook de partiële factoren onafhankelijk van de referentieperiode. Het verschil komt tot uiting in de keuze van de karakteristieke waarden voor de variabele belasting. Uitgegaan wordt van de waarde die gemiddeld eenmaal in de ontwerplevensduur wordt overschreden. Die wordt dus hoger bij grotere referentieperioden en daarmee ontstaan voor grotere referentieperioden zwaardere gedimensioneerde constructies.

Voor hele korte referentieperioden kan dit leiden tot onveilige constructies in verband met de menselijke veiligheid. In NEN6700 is ervoor gekozen dit niet te laten resulteren in een grotere betrouwbaarheidsindex voor kleine referentieperioden, maar in de eis dat voor de veiligheidsklassen 2 en 3 de referentieperiode niet kleiner mag worden gekozen dan 15 jaar.

A.2 Eisen volgens de Waterwet en neerslag in de LK

De benadering bij waterkeringen is dat toelaatbare faalkansen worden geformuleerd als kans per jaar, gerelateerd aan het beveiligingsniveau volgens de Waterwet (en daarvóór de Wet op de Waterkering). Over de grootte van toelaatbare faalkansen in relatie tot het beveiligingsniveau is door de jaren heen veel discussie geweest (dijkvak- of dijkkringfilosofie). Voor de eenvoud gaan we hier uit van de keuze, die in de Leidraad Kunstwerken is gemaakt, namelijk dat de toelaatbare faalkans per jaar voor (korte) kunstwerken $1/100^{\text{ste}}$ van de beveiligingsnorm is ($1/1250$, ..., $1/10000$) is. Bij ‘lange kunstwerken’ (lengte > 100 m), moet wel met lengte-effect rekening gehouden worden. Het gaat daarbij doorgaans om dijken met harde constructies, zoals kisdammen of diepwanden. Lengte-effect wordt hierbij verdisconteerd door de vereiste betrouwbaarheidsindex voor korte kunstwerken met 10 % te vergroten.

Deze toelaatbare faalkansen per jaar leiden tot hoge vereiste betrouwbaarheidsindices. Worden die vertaald in partiële factoren voor belasting en sterkte (materiaalfactoren), dan leidt dat tot overdreven veilige constructies. De faalkans voor een willekeurig jaar komt dan wel overeen met de toelaatbare faalkans per jaar. Maar bezien over een langere periode, zeg de planperiode van 50 jaar, is de faalkans veel kleiner dan 50 keer de toelaatbare faalkans per jaar. Dat komt omdat de sterkte van de constructie (in tegenstelling tot de belasting) over die 50 jaar bijna volledig gecorreleerd is.

In de jaren negentig is, naar aanleiding van op stapel staande dure ontwerpen van kistdammen en diepwanden in dijken (o.a. bij Hardinxveld) besloten om voor harde constructies over te gaan op een langere referentieperiode dan één jaar. Bij een toelaatbare faalkans per jaar van $P_{f, \text{toel}}$ zou de toelaatbare faalkans in N jaar gelijk zijn aan $N P_{f, \text{toel}}$. Immers, de toelaatbare faalkans per jaar is faalkansruimte, die gerelateerd is aan toelaatbare overschrijdingskansen (toelaatbare overstromingskansen) per jaar, en bij beschouwing van een langere periode speelt correlatie van de sterkte geen rol. Die redenering zou er echter toe leiden dat, naarmate de referentieperiode langer gekozen wordt, de eis aan constructieveiligheid af zou nemen. En ook dat de faalkans in het eerste jaar van de levensduur van de constructie veel groter wordt dan aan de beveiligingsnorm gerelateerde toelaatbare faalkans per jaar. Om die discrepantie te beperken is door TAW-E (nu ENW-Veiligheid) als aanvullende eis geformuleerd dat de faalkans, betrokken op 10 opvolgende jaren binnen de levensduur, niet groter mag zijn dan 10 keer de aan de beveiligingsnorm gerelateerde toelaatbare faalkans per jaar.

In de (eerste versie van) de LK (1999) is de afstemming tussen de NEN 6700 en de uit de Waterwet voortkomende eisen nader uitgewerkt. Daarbij is de levensduurfactor geïntroduceerd. Dit is de bedoelde periode van 10 jaar, hoewel in de LK in beginsel de mogelijkheid wordt gegeven om hiervoor een kortere periode te kiezen. Vergelijking (4) in de hoofdtekst komt uit de LK en is bedoeld om bij de vereiste betrouwbaarheidsindices en de bijbehorende referentieperiode de benodigde belastingfactor te berekenen die in combinatie met vervalbelastingen bij MHW worden berekend. Tevens is hierin ook een correctie op de materiaalfactoren meegenomen, die nodig is als de vereiste betrouwbaarheidsindex groter is dan 3,6.

Uitgangspunt in de LK is dat de berekende vereiste betrouwbaarheidsindex in combinatie met de bijbehorende referentieperiode (via de levensduurfactor) niet tot een onveiliger ontwerp mag leiden dan volgens de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700. Voor die veiligheidsklasse geldt een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6 in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar. Hierbij wordt geen lengte-effect verdisconteerd, omdat hiervan in de NEN 6700 geen sprake is.

Proceseisen

“Code of Practice” Metaalconservering

**Uitgave in het kader van het PSIBouw-project
Professionaliseren Staalconserveren**

Werkgroep: Proceskwaliteit

Documentcode: SCON-2007-337-TCE

Versienummer: 1.0

Status: Definitief

Datum: 30-10-2008

Auteur(s):

W. Bonestroo
Ing. O.A. Smale

Bodycote RPC
Venko Schilderbedrijven B.V.

Met medewerking van:

R. Groot
Ing. D.A.H. Papen
Ing. J.P. Boersma
A.J. Seegers
Prof.Ir. E.L.J. Bancken
Ing. H. Pijnaker
A.H. Koeman
E.J. Meeuwse
J.W. du Mortier
P. van der Ende

VVVF / PPG Protective & Marine Coatings
DHV
DHV
Rijkswaterstaat Bouwdienst

(voorheen) N.V. Nederlandse Gasunie
Venko Schilderbedrijven B.V.
Bodycote RPC
SVMB
Van der Ende Straal- en Schilderwerken B.V.

Initiatiefase
(risico-analyse,
objectinfo, budget)

Dit document kan worden toegepast in de Bestek/contractfase en/of de Aanbesteding & gunning (bij een technische specificatie) of de Uitvoeringsfase (bij een functionele specificatie).

Ontwerpfase
(PvE, vergunningen,
prestatie-eisen)

**Bestek/contract
opstellen**

**Aanbesteding &
gunning**

Uitvoeringsfase

**Garantie/onder-
houdsfase**

PSIBouw project 0210 Professionaliseren Staalconserveren

Projectleider Ir. A. Heutink 30 oktober 2008



Voorzitter Prof.Ir. E.L.J. Bancken 30 oktober 2008



Het project en dit document

Het project Professionaliseren Staalconserveren is onderdeel van het Programma PSIBouw. PSIBouw is een netwerk van vernieuwers in de Nederlandse bouwsector.

Dit document is ontwikkeld door ketenpartijen in de sector staal en staalbescherming in het project. In dit project werken de volgende ketenpartijen samen aan technische en organisatorische vernieuwingen:

- Sectorvereniging Staalconserveringsbedrijven (SVMB)
- Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten (VVVF)
- Bouwen met Staal (BmS)
- Samenwerkende Nederlandse Staalbouw (SNS)
- Opdrachtgeversoverleg Staalconservering (OGOS)
- Ingenieursplatform Staalconserveren
- Wetenschap (TUD, TU/e, UT)

PSIBouw staat voor Proces- en Systeeminnovatie in de Bouw. Dit innovatieprogramma is van en voor alle opdrachtgevers, bedrijven, adviseurs en wetenschappers en de bouwsector. PSIBouw brengt hun kennis en ervaring samen én stelt deze beschikbaar voor de hele bouwsector.

Binnen het project Professionalisering Staalconserveren zijn gezamenlijke inzichten en documenten ontwikkeld die, specifiek voor toepassing in de sector staal en staalconservering, invulling geven aan de PSIBouw hoofdthema's transparantie, innovatie en prijs/kwaliteitverhoudingen.

Dit document is één van deze documenten.

PSIBouw streeft brede toepassing na van de ontwikkelde kennis en inzichten. Daarom rust op dit document geen auteursrecht en mag eenieder (delen van) dit document gebruiken in de eigen bedrijfspraktijk. Voor een correcte toepassing van (delen van) dit document is echter wel inhoudelijke conserveringskennis noodzakelijk.

Dit document wordt beheerd door het Kennisplatform Duurzame Staalconstructies i.o.

Voor meer informatie: www.staalplaza.nu

Samenvatting

Het document omschrijft de voorwaarden en regels die van toepassing zijn bij een traditionele aanbesteding van conserveringswerk. Het conserveringsproces is niet bij alle opdrachtgevers gelijk en daarom beperkt het document zich tot de zaken en aspecten welke als algemeen bindend of wenselijk worden geacht. Er is bewust voor gekozen om niet een "optelling" van alle individuele wensen en eisen van opdrachtgevers te maken maar juist de gemeenschappelijke wensen en problemen om te zetten in concrete en hanteerbare eisen.

Het document beschrijft de proceseisen voor het voorbehandelen en conserveren van stalen onderdelen op de bouwplaats en in de shop. De specificatie concentreert zich op de beschrijving van technische eisen en is van toepassing voor zowel nieuwbouw als onderhoudssituaties.

Hoofdstuk 2 geeft een opsomming van alle 25 betrokken normen. Het volgende hoofdstuk beschrijft de algemene eisen met betrekking tot veiligheid, conserveringsconstructies, milieu, afschermen niet te behandelen delen, equipment en werkinstructies.

Hoofdstuk 4 gaat in op reinigen en conserveringsgereed maken. Besproken worden onder meer mechanische voorbewerking, ontvetten, stoomreinigen, handontroesten, hogedruk waterstralen, pneumatisch en machinaal stralen en conversielagen. Daarna komt in hoofdstuk 5 de keuze van de conservering aan bod met aandacht voor de kwaliteitsverklaring en de verificatie door de opdrachtgever, gevolgd in de hoofdstukken 6 en 7 door regels omtrent de opslag en aanmaak van verfproducten.

Hoofdstuk 8 bespreekt het aanbrengen van de verfproducten met in aparte paragrafen aandacht voor bijwerken van beschadigingen, conserveren van overgangen tussen verschillende metalen, afdichten van open verbindingen en aanbrengen van metalliseerlagen.

Het volgende hoofdstuk beschrijft de kwaliteitsborging middels een uitvoerings- en inspectieplan, rapportage en te verrichten metingen. Een aantal van de testen/beoordelingen is aangemerkt als "standaard", dat wil zeggen dat ze altijd worden uitgevoerd. Dat geldt niet voor de aanduidingen "optie" en "keuze"; "optie" kan voor specifieke conserveringswerken worden ingezet, "keuze" vraagt een keuze door de opdrachtgever.

Hoofdstuk 10 tenslotte, dat de helft van het document uitmaakt, geeft een overzicht van de testen en een uitvoerige beschrijving van elk. Er worden 20 testen beschreven, van het testen op de aanwezigheid van vet en olie of oplosbare zouten op het staaloppervlak, via metingen van oppervlakte rein- en ruwheid, laagdikte, doorharding, hechting en poriën, tot verkrijting en verkleuring. Paragraaf 21 handelt over persoonscertificering.

Het document "Code of practice" specificeren metaalconservering zal onderwerp zijn van periodieke revisie.

Inhoudsopgave

1 ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED	8
2 VERWIJZINGEN	9
2.1 Documenten van toepassing	9
2.2 Overige verwijzingen	11
3 ALGEMENE EISEN	12
3.1 Veiligheid	12
3.1.1 VGM-plan	12
3.1.2 Persoonlijke bescherming	12
3.1.3 Andere veiligheidseisen op locatie	12
3.1.4 Aanvullende veiligheidseisen aanbrengen metalliseerlagen	12
3.2 Conserveringsconstructies	13
3.3 Milieu	13
3.4 Afschermen niet te behandelen delen	14
3.5 Equipement	14
3.6 Werkinstructies	14
4 REINIGEN EN CONSERVERINGSGEREED MAKEN	15
4.1 Mechanische voorbereiding van de ondergrond	15
4.2 Voorreinigen	15
4.2.1 Ontvetten	15
4.2.2 Stoomreinigen	15
4.3 Voorbehandeling	16
4.3.1 Hand- en/of mechanisch ontroesten	16
4.3.2 Bevochtigd stralen	16
4.3.3 Hogedrukwaterstralen	16
4.3.4 Pneumatisch stralen	16
4.3.5 Machinaal stralen	17
4.3.6 Aanstralen roestvast staal	17
4.3.7 Aanstralen thermisch verzinkte oppervlakken	17
4.3.8 Conversielagen	18
4.4 Aanvullende eisen voorbehandeling t.b.v. metalliseerlagen	18

5	KEUZE CONSERVERING	18
5.1	Productcontrole	19
5.1.1	Kwaliteitsverklaring	19
5.1.2	Verificatie door opdrachtgever	20
6	OPSLAG VERFPRODUCTEN	21
7	AANMAKEN VERFPRODUCTEN	22
8	AANBRENGEN VERFPRODUCTEN	23
8.1	Bijwerken beschadigingen	24
8.2	Conserveren van overgangen tussen verschillende metalen	25
8.3	Afdichten open verbindingen	25
8.4	Aanbrengen metalliseerlagen	25
8.4.1	Aanbrengen verfsysteem over metalliseerlagen	25
9	KWALITEITSBORGING	26
9.1	Uitvoerings- en inspectieplan	26
9.2	Rapportage	27
9.3	Te verrichten metingen	28
10	BIJLAGEN	29
10.1	Overzicht testen (tabel)	29
10.2	Beschrijving testen	31
10.2.1	Omgevingscondities	31
10.2.2	Aanwezigheid vet en olie	31
10.2.3	Oppervlak stofvrij	31
10.2.4	Aanwezigheid oplosbare zouten	32
10.2.5	Oppervlakte reinheid NEN-EN-ISO 8501-1	34
10.2.6	Gestandaardiseerde uitgangsondergronden	34
10.2.7	Volledig handmatig/mechanisch ontroesten	35
10.2.8	Volledig pneumatisch of werpstalen	35
10.2.9	Oppervlakte reinheid NEN-EN-ISO 8501-2	36
10.2.10	Oppervlakte onvolkomenheden	36
10.2.11	Oppervlaktereinheid, Ultra hogedruk waterstalen	36
10.2.12	Oppervlakteruwheid	38
10.2.13	Nattelaagdiktemetingen	39
10.2.14	Droge laagdiktemetingen	39
10.2.15	Doorharding zinksilicaat ASTM D 4752	41

10.2.16	Hechting, cross-cut testen NEN-EN-ISO 2409	41
10.2.17	Hechting, X cut test volgens ASTM D 3359A	43
10.2.18	Hechting, Pull-off test	45
10.2.19	Poriëndetectie laagspanning NACE RP 0188	46
10.2.20	Poriëndetectie, hoogspanning NACE RP 0188	46
10.2.21	Verkrijting volgens NEN-EN-ISO 4628/6	47
10.2.22	Verkleuring met behulp van DIN 6174	47
10.2.23	Eisen metalliseerlagen	49
10.2.24	Persoonscertificering	49
10.2.25	Eisen vakbekwaamheid aanbrengen metalliseerlagen	49
10.3	Definities en afkortingen	50
10.3.1	Definities	50
10.3.2	Afkortingen	51

1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze specificatie beschrijft de proceseisen voor het voorbehandelen en conserveren van stalen onderdelen op de bouwplaats en in de shop. De specificatie concentreert zich op de beschrijving van technische eisen. Overige bepaling ten aanzien van bijvoorbeeld betalingen, aansprakelijkheid, garantie, enz. zullen in andere documenten moeten worden verwoord. Deze specificatie is van toepassing voor zowel nieuwbouw alsmede voor onderhoudssituaties.

Voor zover de bepalingen in de onder hoofdstuk 3 vermelde normen strijdig zijn met de bepalingen in dit document, gaan de bepalingen in dit document boven deze normen.

2 Verwijzingen

In deze specificatie wordt normatief verwezen naar de in dit hoofdstuk vermelde documenten. Steeds geldt de van kracht zijnde editie op het moment van de contractafsluiting.

Als de documenten in deze specificatie zijn voorzien van een datum, moet de aangegeven versie worden gehanteerd.

2.1 Documenten van toepassing

In deze specificatie wordt verwezen naar de in deze paragraaf vermelde normen. Eventuele aanvullingen en correctiebladen die van kracht zijn op het moment van de contractafsluitingsdatum, zijn mede van toepassing.

NEN-EN-ISO 2409	Verven en vernissen - Ruitjesproef
NEN 6702	Technische grondslagen voor bouwconstructies - TGB 1990 - Belastingen en vervormingen
ASTM A 380	Standard practice for cleaning, descaling, and passivation of stainless steel parts, equipment, and systems
NEN-EN-ISO 9001	Kwaliteitsmanagementsystemen - Eisen
NEN-EN-ISO 3696	Water voor analytische laboratoriumdoeleinden - Eisen en beproevingsmethoden
ASTM D 4752	Standard test method for measuring MEK resistance of ethyl silicate (inorganic) zinc-rich primers by solvent rub.
NEN-EN-ISO 2808	Verven en vernissen - Bepaling van de laagdikte
NEN-EN-ISO 12944	Verven en vernissen- Bescherming van staalconstructies tegen corrosie door middel van verfsystemen - Deel 1 t/m 8
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte.
NEN-EN-ISO 14726-1 en	Schepen en maritieme techniek - Identificatiekleuren voor de inhoud van pijpleidingsystemen - Deel 1: Hoofdkleuren en - media.
NEN-ISO 14726-2 en	Schepen en maritieme techniek - Identificatiekleuren voor de inhoud van pijpleidingsystemen - Deel 2: Aanvullende kleuren voor verschillende media en/of functies.
NEN-EN-ISO 4624	Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting

NEN-EN-ISO 8501-1	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid; Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.
NEN-EN-ISO 8501-2	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid; Deel 2: Voorbehandeling voor roest van bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.
NEN-EN-ISO 8502-3	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Beproevingen voor de beoordeling van de oppervlaktereinheid - Deel 3: Beoordeling van stof op stalen oppervlakken die voorbehandeld zijn om te verven (methode met drukgevoelig band).
NEN-EN-ISO 8502-4	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Beproevingen voor de beoordeling van de oppervlaktereinheid - Deel 4: Leidraad voor de schatting van de kans op condensatie voor het aanbrengen van de verf.
NEN-EN-ISO 8502-6	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Beproevingen voor de beoordeling van de oppervlaktereinheid - Deel 6: Extractie van oplosbare verontreinigingen voor analyse.
NEN-EN-ISO 8503-2	Voorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante producten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 2: Methode voor de bepaling van de ruwheid van gestraalde oppervlakken van staal - Methode met vergelijkingsmonsters.
NEN-EN-ISO/IEC 17024	Conformiteitbeoordeling - Algemene eisen voor instellingen die persoonscertificatie uitvoeren .
NEN-ISO 19840	Verven en vernissen - Corrosiebescherming van staalconstructies door beschermende verfsystemen op - Meetmethode en aanvaardingscriteria voor de droge laagdikte op ruwe oppervlakken.
NACE RP 0188	Discontinuity (Holiday) Testing of new protective coatings on conductive substrates.
NACE No. 5/SSPC-SP 12	Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating.

SSPC-SP1	Solvent cleaning.
SSPC VIS 4/NACE VIS7	Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Waterjetting.
NEN 5254	Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesherardiseerde producten (duplex-systeem).

2.2 Overige verwijzingen

In deze specificatie wordt verwezen naar de in deze paragraaf vermelde documenten. Eventuele aanvullingen en correctiebladen die van kracht zijn op het moment van de contractafsluiting, zijn mede van toepassing.

Deelreglement metaalconserveren (Vakbekwaamheid)
Landelijke lijst van vergunninghouders Gevaarlijk Afval
Lozingenbesluit WVO vaste objecten
ATEX-regelgeving
QUALICOAT eisen
VMRG eisen

3 Algemene eisen

3.1 Veiligheid

De aannemer is verantwoordelijk voor het veilig uitvoeren van al zijn werkzaamheden. De aannemer moet zich houden aan hetgeen is beschreven in deze specificatie en hetgeen is bepaald in contractdocumenten van de opdrachtgever.

3.1.1 VGM-plan

De aannemer moet een veiligheid-, gezondheid en milieuplan (VGM-plan) opstellen dat ter acceptatie aan de opdrachtgever moet worden voorgelegd.

3.1.2 Persoonlijke bescherming

De aanbevelingen voor persoonlijke bescherming en voor beschermingsmaterialen, die door de productleverancier worden aangegeven op de productinformatiebladen en/of vermeld op de verpakking, moeten volledig in acht genomen worden. Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen moet in overeenstemming zijn met de ter plaatse geldende voorschriften.

Tevens moet de aannemer ervoor zorg dragen dat zijn personeel de beschikking heeft over eigen persoonlijke beschermingsmiddelen en beschermingsmaterialen.

3.1.3 Andere veiligheidseisen op locatie

Vanwege specifieke veiligheidsrisico's kunnen opdrachtgevers bepaalde voorbehandelings-/ applicatiemethoden uitsluiten of kunnen er aanvullende (boven bestaande wetgeving) eisen worden gesteld.

3.1.4 Aanvullende veiligheidseisen aanbrengen metalliseerlagen

In verband met optreden van mogelijke stofexplosies dienen er op de bouwplaats hiertoe geschikte filterinstallaties geplaatst te worden. Dit betreft zowel de capaciteit als het type filter.

Ten behoeve van brandbestrijding dienen de daarvoor geëigende blusmiddelen gebruikt te worden, zoals schoon zand of een blusser type D.

Personeel dat de applicatiewerkzaamheden uitvoert of wat in dezelfde ruimte verblijft als de applicatiewerkzaamheden moet uitgerust worden met een verse luchtkap of onafhankelijke adembescherming.

Om stofoverlast en de kans op stofexplosies te beperken dient aan het einde van iedere shift het stof op steigers en de werkplek verzameld en afgevoerd te worden.

Afhankelijk van de gekozen applicatietechniek dienen de benodigde persoonlijke beschermingsmiddelen gedragen te worden.

3.2 Conserveringsconstructies

De aannemer mag, na acceptatie door de directie, hulpconstructies bevestigen c.q. aanbrengen. Voor bestaande constructies zal de opdrachtgever in de contractdocumenten aangeven welke randvoorwaarden van toepassing zijn voor eventueel aan te brengen conserveringsconstructies. Hierbij kan worden gedacht aan afmetingen, belastingen, bevestigingswijzen, etc. De aannemer moet aantonen dat de constructie niet wordt overbelast.

Een hulpconstructie moet worden ontworpen op de belastingen en belastingfactoren overeenkomstig veiligheidsklasse 3 van de NEN 6702.

De belastingen vanuit grit, apparatuur en personeel moet daarbij worden beschouwd als een variabele belasting. Als minimum moet daarbij een vloerbelasting van 1,5 kN/m² worden aangehouden en een lokale vloerbelasting op een willekeurige plek van 5 kN op een oppervlak van 0,5 bij 0,5 meter.

De momentaan waarde van wind in de belastingcombinaties moet op 1 worden gesteld.

De bepaling van de sterkte en de stabiliteit van de constructie en de eventuele bewegingswerken daarvan, moet plaatsvinden conform de relevante materiaalnormen.

Indien de aannemer voornemens is een hulpconstructie als bedoeld in lid 1 aan te brengen, moet hij een beschrijving van deze hulpconstructie inclusief tekeningen, berekeningen en eventuele overige documentatie voorleggen aan de directie. De aannemer moet per indiening rekening houden met een beoordelingsperiode. De aannemer mag een hulpconstructie niet eerder aanbrengen dan na schriftelijke acceptatie door de directie.

Het uitvoeren van conserveringswerkzaamheden in een conserveringsconstructie moet worden beschouwd als werkplaatssituatie, waarbij voldoende aandacht moet zijn voor aspecten als vluchtwegen, verlichting, ventilatie, brandgevaar, explosieveiligheid, e.d. ATEX regelgeving is van toepassing.

3.3 Milieu

De werkzaamheden zullen uitgevoerd worden conform de vigerende wettelijke eisen. Bepalingen, anders dan de algemeen geldende wettelijke milieu bepalingen en regels, welke onderdeel vormen van de milieuvergunning van het object of die door lokale overheden zijn opgelegd aan de eigenaar/gebruiker van het object en die mogelijk van invloed kunnen zijn op het conserveringsproces moeten door de opdrachtgever vooraf kenbaar worden gemaakt

De aannemer zal de werkzaamheden zo uitvoeren dat de gebruiker voldoet aan de eisen in deze vergunningen. Indien er niet voldaan kan worden aan deze eisen zal dit kenbaar gemaakt worden aan de opdrachtgever. In overleg met het bevoegd gezag, opdrachtgever en aannemer zal er een oplossing gezocht worden.

Bij werken boven of nabij oppervlaktewater moet worden voldaan aan de bepalingen in de AMvB Lozingenbesluit WVO Vaste objecten. De opdrachtgever zal, indien nodig, tijdig voor aanvang van de werkzaamheden een melding in het kader van deze AMvB verzorgen bij de waterkwaliteitsbeheerder.

Eventuele benodigde vergunningen, zoals in het kader van de AMvB Lozingenbesluit WVO Vaste objecten, zullen door de opdrachtgever worden aangevraagd. De opdrachtgever kan in het kader hiervan de aannemer verzoeken de benodigde informatie voor het werkplan op te stellen.

Vrijkomend afvalmateriaal, zoals verf, roest en dergelijke en ook gebruikt straalgrit, moet door een daartoe gespecialiseerd verwerkingsbedrijf worden afgevoerd. Verwijdering van dit afval moet plaatsvinden door een afvalverwerkingsbedrijf dat is genoemd op de meest recente "[Landelijke lijst van vergunninghouders Gevaarlijk Afval](#)", gepubliceerd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).

De verantwoordelijkheid voor de uitvoering, het voeren van de administratie van en betaling voor de afvalverwijdering dient contractueel te worden vastgesteld tussen aannemer en opdrachtgever. Dit geldt tevens voor eventuele bemonstering en chemische analyses van afvalstoffen.

Bij werkzaamheden (zoals stralen, ontroesten, reinigen, verf afsteken en dergelijke) op buitenlocaties moet er een zodanige afscherming worden gecreëerd dat schade aan, of emissie naar de omgeving en de omliggende gewassen voorkomen wordt. Tevens moet op de werkplek de bodem zorgvuldig worden beschermd.

3.4 Afschermen niet te behandelen delen

De aannemer is verantwoordelijk voor het verzorgen van een adequate en weer goed verwijderbare afscherming van alle door de opdrachtgever aangegeven onderdelen die niet behandeld mogen worden. De aannemer moet deze delen deugdelijk beschermen tegen alle schade die veroorzaakt kan worden door straal- en/of conserveringswerkzaamheden. Waar nodig moet het binnendringen van straalmiddel, verf en/of stof voorkomen worden. De wijze en uitvoering van afscherming moeten ter acceptatie aan de opdrachtgever worden voorgelegd. In het geval van twijfel over het wel of niet afschermen van onderdelen moet overleg met de opdrachtgever plaatsvinden.

De controle op de afscherming van niet te behandelen onderdelen kan als hold-point worden aangemerkt door de opdrachtgever.

De aannemer moet alle aanwijzingen van de opdrachtgever inzake afscherming opvolgen.

3.5 Equipement

Alle in te zetten equipment dient geschikt te zijn voor het beoogde doel, in goed staat van onderhoud te verkeren en te zijn voorzien van de door de wet vereiste keurmerken (CE-keurmerk e.d.). Bij het optreden van gebreken tijdens het gebruik, welke kunnen leiden tot enige vorm van overlast of milieu schade, zal terstond reparatie of vervanging van de apparatuur moeten plaatsvinden.

3.6 Werkinstructies

Binnen de verschillende opdrachtgevers kunnen voor diverse werkzaamheden werkinstructies en inspectierapporten gelden. In voorkomende gevallen stelt de opdrachtgever de aannemer voorafgaand aan de werkzaamheden de meest recente werkinstructies ter beschikking.

4 Reinigen en conserveringsgereed maken

De oppervlaktevoorbehandeling heeft tot doel om alle zaken te verwijderen die de een goede hechting, corrosiebeschermende werking, uiterlijk en de levensduur van de conservering nadelig kunnen beïnvloeden.

4.1 Mechanische voorbereiding van de ondergrond

Bij nieuw te conserveren staal moeten alle lasspetters, dubbelingen, scherpe uitsteeksels en scherpe randen, etc. worden verwijderd in overeenstemming met ISO 12944, deel 3.

Indien tijdens/na de uitvoering van de voorbehandeling nog onregelmatigheden worden aangetroffen in de ondergrond, dienen deze alsnog te worden hersteld en moeten de herstelde locaties opnieuw worden voorbehandeld volgens de voorgeschreven methode.

Bij de behandeling van reeds geconserveerd staal moeten eveneens alle lasspetters, dubbelingen, scherpe uitsteeksels en scherpe randen, etc. worden verwijderd in overeenstemming met ISO 12944, deel 3. Herstel van genoemd gebreken in bestaande geconserveerde constructies en/of objecten worden geacht deel uit te maken van het werk voor zover deze redelijkerwijs, voor aanvang van de werkzaamheden, zichtbaar waren. Indien genoemde gebreken zich pas tijdens de uitvoering van het werk manifesteren zijn de kosten van herstel verrekenbaar.

4.2 Voorreinigen

Voorreinigen heeft als doel om alle vormen van vervuiling, die niet tijdens het uitvoeren van de uiteindelijke voorbehandeling kunnen worden verwijderd of onder invloed van deze voorbehandeling verder zouden kunnen worden verspreid, te verwijderen. Hierbij moet worden gedacht aan hydraulische olie, smeervetten, samengeklonterde olie-/vetresten, oplosbare zouten en tijdelijke beschermlagen zoals paraffine, was, olie of tectyl en andere vetten of olie-achtige stoffen.

4.2.1 Ontvetten

Het verwijderen van vet en olie dient bij voorkeur te worden uitgevoerd met gebruikmaking van een emulgerend/alkalisch reinigingsmiddel. Na verwijdering van vet en olie moet het oppervlak worden nagespoeld met water van drinkwaterkwaliteit. De alkaliteit van het oppervlak na het spoelen mag niet hoger zijn dan de alkaliteit het water waarmee is gespoeld.

Het gebruik van organische oplosmiddelen moet zoveel mogelijk worden vermeden. Indien gebruik moet worden gemaakt van oplosmiddelen moet de reiniging overeenkomstig [SSPC-SP1](#) worden uitgevoerd. Het oplosmiddel mag geen chloorverbindingen of olie bevatten zoals in terpentijn, kerosine, diesel, petroleum, trichloorethyleen en dergelijke.

4.2.2 Stoomreinigen

Indien gebruik wordt gemaakt van stoomreinigen moet dit worden uitgevoerd met water van drinkwaterkwaliteit. Zonodig mag na acceptatie van de opdrachtgever een biologisch afbreekbaar reinigingsmiddel worden toegevoegd. Het oppervlak moet dan worden nagespoeld met water van drinkwaterkwaliteit.

4.3 Voorbehandeling

4.3.1 Hand- en/of mechanisch ontroesten

Het handmatig en/of mechanisch voorbehandelen heeft tot doel om corrosie en slecht hechtende verflagen te verwijderen. De te behandelen delen moeten worden ontroest tot de voorgeschreven reinheidsgraad overeenkomstig ISO 8501-1 of 2. Het verwijderen van niet aangetast staal moet zoveel mogelijk worden vermeden. In dit verband is het gebruik van zogenaamde "lamellenschijven" (schuurschijven) uitsluitend toegestaan op vlakke en/of licht gebogen ondergronden. Het gebruik van lamellenschijven bij het verwijderen van roest op lassen is niet toegestaan. De overgangen tussen behandelde delen en omliggende verflagen moeten zodanig worden geschuurd dat een vloeiende overgang zonder scherpe kanten wordt verkregen.

Het opruwen van bestaande geconserveerde oppervlakken moet zodanig worden uitgevoerd dat een volledig zuiver en egaal mat uiterlijk wordt verkregen zodat een optimale hechting van de volgende laag kan worden gegarandeerd. Bestaande verflagen die onvoldoende hechting of samenhang bezitten of geen draagkrachtige ondergrond bieden, moeten volledig worden verwijderd. Zichtbare beschadigingen, gebreken, onderroest, opgedrukte en gebladderde alsook loszittende en slecht hechtende verflagen moeten worden verwijderd.

4.3.2 Bevochtigd stralen

Onder bevochtigd stralen wordt verstaan het stralen met een mengsel van water, lucht en een straalmiddel met een werkdruk van 6-8 bar. Deze methode kan zowel plaatselijk als integraal worden toegepast. Plaatselijk of volledig door middel van nat (bevochtigd) stralen ontroeste oppervlakken moeten, tenzij anders overeengekomen, in natte toestand overeenkomen met de reinheidsklasse (P)Sa 2½ conform NEN-EN-ISO 8501-2. Het gestraalde oppervlak moet worden nagespoeld met schoon leidingwater (drinkwaterkwaliteit). Eventueel aanwezige vliegroeest moet voor het aanbrengen van de 1^e laag worden verwijderd door middel van borstelen.

4.3.3 Hogedrukwaterstralen

Onder hogedrukwaterstralen wordt verstaan het verwijderen van corrosie en/of conservering van een ondergrond met gebruikmaking van (uitsluitend) hogedruk water met een druk van meer dan 200 MPa. Plaatselijk of volledig door middel van hogedrukwaterstralen ontroeste oppervlakken moeten, tenzij anders overeengekomen, in natte toestand overeenkomen met de reinheidsklasse WJ-2 conform NACE No. 5/SSPC-SP 12. Vaststelling van de reinheidsgraad zal plaatsvinden met gebruikmaking van de visuele standaard NACE VIS 7/SSPC-VIS 4. De maximaal toegestane hoeveelheid vliegroeest dient overeen te komen met de omschrijving onder "Light (L)".

4.3.4 Pneumatisch stralen

Straalwerkzaamheden moeten zodanig worden uitgevoerd dat de kwaliteit van het gestraalde oppervlak op het moment dat de eerste laag wordt aangebracht, voldoet aan de gespecificeerde reinheidsgraad zoals beschreven in [NEN-EN-ISO 8501-1](#) of [NEN-EN-ISO 8501-2](#).

Indien in de contractdocumenten niets anders is bepaald moeten de constructies/plaatsen worden gestraald overeenkomstig reinheidsgraad (P)Sa 2½ volgens NEN-ISO 8501-1(2).

Indien niets is vermeld moet de oppervlakteruwheid van het gestraalde oppervlak overeenkomen met de gradatie "medium" overeenkomstig ISO 8503-2. Indien de verfleverancier in de productinformatiebladen een afwijkende oppervlakteruwheid voorschrijft, is deze bindend. Overgangen van gestraalde delen naar bestaande coatingsystemen moeten glooiend verlopen conform [NEN-EN-ISO 8501-2](#).

4.3.5 Machinaal stralen

Het oppervlak van nieuwe staalconstructies moet worden gestraald tot reinheidsgraad Sa 2½ volgens [NEN-EN-ISO 8501-1](#); deze reinheidsgraad is vereist op het moment dat de eerste laag wordt aangebracht.

Indien niets is vermeld moet de oppervlakteruwheid van het gestraalde oppervlak overeenkomen met de gradatie "medium" overeenkomstig ISO 8503-2. Indien de verfleverancier in de productinformatiebladen een oppervlakteruwheid voorschrijft, is deze bindend.

Indien staal wordt gestraald door middel van (mechanisch) werpstralen zal na het stralen, in aanvulling op de eisen gesteld in ISO 8501-1, een aanvullende controle worden uitgevoerd op de eventuele aanwezigheid van walshuid. Dit zal door de aannemer worden uitgevoerd door op een willekeurig te selecteren deel van het gestraalde oppervlak een oplossing te spuiten welke bestaat uit; 250 ml gedestilleerd water, 13 ml zwavelzuur en 4 gram kopersulfaat (omschreven in paragraaf 7.2.5.3 van ASTM A 380).

Na ongeveer 6 minuten zullen behandelde delen van het oppervlak waar zich geen walshuid bevindt een koperkleurige neerslag laten zien (goud/bruine verkleuring). Delen waar zich (nog) walshuid bevindt zullen donkergrijs/zwart van kleur zijn.

Deze controle zal worden uitgevoerd;

- Tenminste 1 maal per iedere 250 m² gestraald oppervlak;
- Op het eerste gestraalde materiaal, bij aanvang van een (dag)straalproductie;
- Op het eerste gestraalde materiaal, na een tussentijdse wijziging/aanpassing van de instelling van de straalapparatuur en/of de doorvoersnelheid van de te stralen objecten.

4.3.6 Aanstralen roestvast staal

Het oppervlak moet licht en gelijkmatig worden aangestraald met middelmatige druk en een niet-metallisch chemisch-inert straalmiddel. De straalwerkzaamheden moeten zodanig worden uitgevoerd, dat de ondergrond egaal wordt opgeruwd en een volledig mat uiterlijk wordt verkregen.

Indien de verfleverancier in de productinformatiebladen een oppervlakteruwheid voorschrijft, is deze bindend.

Indien niets is vermeld moet de oppervlakteruwheid van het gestraalde oppervlak overeenkomen met de gradatie "medium" overeenkomstig NEN-EN-ISO 8503-2.

4.3.7 Aanstralen thermisch verzinkte oppervlakken

Het aanstralen van thermisch verzinkte oppervlakken moet worden uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in NEN 5254. Het aanstralen moet zodanig worden uitgevoerd, dat de ondergrond egaal wordt opgeruwd en een volledig mat uiterlijk wordt verkregen. Het doorstralen van de zinklaag is niet toegestaan.

Indien de verfleverancier in de productinformatiebladen een oppervlakteruwheid voorschrijft, is deze bindend.

4.3.8 Conversielagen

Bij het aanbrengen van conversielagen op metaaloppervlakken zijn drie basisbewerkingen te onderscheiden:

- Ontvetten;
- Beitsen;
- Aanbrengen van conversielagen, zoals fosfateren, chromateren, e.d.

Voor al deze chemische bewerkingen geldt dat ze moeten worden uitgevoerd volgens de voorschriften van de leverancier van het chemische proces.

Afhankelijk van de aard van het basismateriaal zijn de QUALICOAT en/of VMRG-eisen ten aanzien van het aanbrengen van de conversielagen van toepassing. Indien een conversielaag wordt aangebracht op een verzinkt stalen ondergrond zijn de onder punt 7.2 in NEN 5254 genoemde eisen van toepassing.

4.4 Aanvullende eisen voorbehandeling t.b.v. metalliseerlagen

Indien niets is vermeld moet de oppervlakteruwheid van het gestraalde oppervlak overeenkomen met de gradatie "grof" overeenkomstig ISO 8503-2.

Bij toepassen van thermisch gespoten deklagen moeten snijkanten van constructies voorafgaand aan het stralen eerst geslepen worden om de vereiste ruwheid te kunnen verkrijgen.

Afwijkend aan de standardeisen met betrekking tot constructies moeten de kanten van nieuwe constructies afgerond worden met een straal van minimaal R=3 mm. Bij bestaande (geconserveerde) constructies dienen kanten een radius te hebben van 3 mm.

5 Keuze conservering

De keuze van conserveringsproducten en/of systemen (inclusief metalliseerlagen) wordt gemaakt op basis van referenties en het behalen van gedefinieerde scores in gestandaardiseerde testen. Omdat daadwerkelijke prestaties op referenties een beter beeld geven van de gedragingen van een product/systeem en bovendien ook de invloed van de aard en vorm van het object en applicatie weergeven, wegen ze zwaarder in het maken van een keuze dan testen.

Bij de evaluatie van een referentie is het belangrijk om vast te stellen of de betreffende conservering voor wat betreft opbouw van lagen en samenstelling van producten overeenkomt met het te gebruiken systeem/product. Hiervoor kunnen verschillende technieken worden gebruikt zoals XRF, IR en Ash Content (ISO 3451).

Andere belangrijke afwegingen zijn dat de macro-expositie volgens ISO 12944, de detaillering van het object en de aard van het object vergelijkbaar moeten zijn met het object waarvoor een conserveringsstelsel moet worden gekozen.

Testen moeten in het kader van de keuze van een conserveringsstelsel worden gezien als ondersteunende informatie. Het testen van conserveringsystemen onder gesimuleerde condities heeft vaak weinig correlatie met de expositie in de praktijk.

Het primaire doel van labtesten is dan ook het identificeren en waarderen van specifieke eigenschappen die voor een concrete toepassing belangrijk worden geacht (bijvoorbeeld elasticiteit). De uiteindelijke kwaliteit wordt hoe dan ook het beste weergegeven door een daadwerkelijke toepassing van het product/systeem op een concreet object.

5.1 Productcontrole

5.1.1 Kwaliteitsverklaring

Voorafgaand aan de applicatie van conserveringsproducten dient voor iedere batch een kwaliteitsverklaring van de productleverancier te worden geleverd. Deze verklaring dient voor aanvang van de werkzaamheden voor de aannemer beschikbaar te zijn.

Deze kwaliteitsverklaring dient tenminste de volgende informatie te bevatten:

- naam leverancier;
- productnaam;
- kleur;
- batchnummer;
- productiedatum;
- een verklaring waaruit blijkt dat de producten zijn geproduceerd binnen de eigen productietoleranties en eindcontrole heeft plaatsgevonden;
- indien het een product betreft dat is geselecteerd op basis van laboratoriumtesten, dient een verklaring te worden meegeleverd waarin is aangegeven dat de samenstelling van de desbetreffende batch overeenkomt met de productsamenstelling van de geteste samenstelling.

Voor organische coatings dient de kwaliteitsverklaring daarnaast minimaal de volgende gegevens te bevatten:

- gewichtspercentage droge stof (basis, hars en gemengd product);
- soortelijke massa (basis, hars en gemengd product);
- viscositeit (gemengd product);
- sagging index (gemengd product);
- droogtijden.

Voor de genoemde gegevens dienen zowel de productietoleranties van de verfleverancier te worden aangegeven als de gemeten waarden.

Verfproducten mogen alleen worden geproduceerd en geleverd onder toepassing van een kwaliteitssysteem gebaseerd op NEN-EN-ISO 9001.

5.1.2 Verificatie door opdrachtgever

De opdrachtgever kan gedurende het werk steekproefsgewijs standaardverpakkingen van conserveringsproducten aanwijzen voor het verifiëren van de hierboven genoemde eigenschappen.

De uitkomsten van de analyses moeten overeenkomen met de kwaliteitsverklaring. Indien van de geanalyseerde conserveringsproducten afwijkingen worden vastgesteld die groter zijn dan in de productkwaliteitsverklaring bedoelde productietoleranties, worden de producten afgekeurd en mag de betreffende batch niet verwerkt worden.

Daarnaast kan de opdrachtgever conserveringsproducten aanwijzen voor het vervaardigen van een IR-analyse, van zowel bindmiddel als verharder-componenten en/of een XRF-analyse (in de vorm van een semi-kwantitatieve analyse) ter verificatie van het geleverde product.

Deze testen moeten worden uitgevoerd door een laboratorium met een NEN-EN-ISO 9001 en/of Sterlab kwalificatie. De kosten zijn voor rekening van de opdrachtgever.

In geval van afkeur zijn alle kosten die hieruit voortvloeien voor rekening van de opdrachtnemer.

6 Opslag verfproducten

Verfmateriaal moet worden opgeslagen in overeenstemming met de voorschriften van de verfleverancier. De opslagruimte moet een geventileerde, schone, droge en afsluitbare ruimte zijn. Opslagruimtes voor verf moeten in overeenstemming zijn met de wettelijke voorschriften voor verfopslag en -verwerking.

Op de werkplek mag de verfvoorraad niet meer bedragen dan de hoeveelheid die voor één dag schilderwerkzaamheden benodigd is.

Materiaal dat ouder is dan de gespecificeerde houdbaarheidsdatum mag niet worden toegepast.

7 Aanmaken verfproducten

Het aanmaken van verf moet geschieden overeenkomstig het gestelde in de product-informatiebladen van de verfleverancier.

Het aanmaken van deelhoeveelheden mag uitsluitend met gebruikmaking van maatbekers, maatstokken of door afwegen.

Afzonderlijke componenten moeten voor gebruik worden gemengd in overeenstemming met de fabrikantsvoorschriften. Het mengen van verschillende types of merken verf is niet toegestaan. Het mengen moet op een mechanische wijze plaatsvinden.

Het mengen moet worden uitgevoerd in een geventileerde, schone en stofvrije omgeving.

Na het mengen moet de voorgeschreven inductietijd worden aangehouden.

Verdunners mogen alleen volgens de voorschriften van de verffabrikant worden toegevoegd.

Het toevoegen van verdunner om de "pot life" van tweecomponentenmateriaal te verlengen is niet toegestaan.

8 Aanbrengen verfproducten

Op het moment van aanbrengen van de eerste verflaag moet worden voldaan aan de gestelde eisen ten aanzien van voorbehandeling, zoals straalreinheid en straalruwheid.

Het aanbrengen van alle verflagen moet steeds op een schone, droge, vet- en stofvrije ondergrond geschieden.

Gedurende het aanbrengen en het drogen van de verschillende lagen moet de omgevingscondities (temperatuur, relatieve vochtigheid, e.d.) voldoen aan het gestelde in de productinformatiebladen van de verfleverancier.

Indien de verflagen middels spuitapplicatie worden aangebracht moeten alle hoeken, kanten, lassen, randen en moeilijk bereikbare plaatsen met de kwast worden voor gezet. Het voorzetten heeft als doel om de benatting van de opvolgende (spuit) laag op randen, kanten en lassen te verbeteren. De bij het voorzetten aangebrachte laagdikte is derhalve van ondergeschikt belang.

Indien kwastapplicatie wordt aangewend om verf aan te brengen op plaatsen welke met behulp van spuitapplicatie niet kunnen worden bereikt is het realiseren van een gevraagde dikte uiteraard wel van belang. Het is mogelijk dat, vanwege het beperkte laagdiktebereik van kwastapplicatie, meerdere applicatiegangen noodzakelijk zijn om de vereiste dikte aan te kunnen brengen.

Het aanbrengen van de verflagen moet op een zodanige wijze geschieden, dat de lagen een egaal en strak uiterlijk hebben, en vrij zijn van vuilinsluiting, heilige dagen, gaatjes, luchtinsluitingen, schroeiplekken en andere verstoringen. Zakkers, druipers, stof, e.d. mogen bij beoordeling van een afstand van 5 meter niet zichtbaar voorkomen.

Als er gebreken voorkomen moeten deze worden hersteld voordat de volgende laag wordt aangebracht. De laatste verflaag moet volledig dekkend aangebracht zijn. Zogenaamde "overspray" moet worden vermeden en indien aanwezig moet deze worden verwijderd alvorens de volgende laag wordt aangebracht.

Voor de overschildertijden moeten de productinformatiebladen van de leverancier worden aangehouden. Hierbij moet rekening worden gehouden met de aangebrachte laagdikte en de omgevingstemperatuur.

Recente versies van de productinformatiebladen zijn beschikbaar via de website van de desbetreffende verfleverancier.

Het overschilderen van voorzetlagen moet opeenvolgend aan het voorzetten (maximaal 1 werkdag) worden uitgevoerd. Indien de verfleverancier aanvullende eisen stelt ten aanzien van het overschilderen van voorzetlagen zijn deze eisen bindend.

Er moet een duidelijk kleurverschil zijn tussen de opeenvolgende lagen (voor zover mogelijk met de gespecificeerde producten).
Indien mogelijk moet de kleur van de eerste laag duidelijk afwijken van de kleur van het gestraalde staal.

Het gebruik van een verfroller is alleen toegestaan voor toepassing op grote oppervlakken.

Het gebruik van een verfroller is niet toegestaan voor het aanbrengen van de eerste laag op de voorbehandelde ondergrond.

De rollerapplicatie moet leiden tot een strakke, gesloten verflaag van voldoende dikte zonder insluitingen van vuil, pluizen, etc.

8.1 Bijwerken beschadigingen

Beschadigingen in de conserveringslagen ontstaan tijdens de werkzaamheden moeten als volgt hersteld worden:

Bij beschadigingen tot op het staal respectievelijk tot in de eerste verflaag moet het beschadigde deel worden behandeld met de initiële voorbehandelingsmethode en tot de initiële reinheidgraad. De overgangen naar de omliggende intacte verflagen moeten egaal zijn en het te overlappen deel van de omliggende conservering moet egaal worden opgeruwd. Het conserveringssysteem dient, overeenkomstig de oorspronkelijk opbouw, te worden hersteld. Indien de leverancier voor dit doel een afwijkend herstelsysteem heeft voorgeschreven zal dit systeem moeten worden aangebracht.

Bij beschadigingen tot in de tweede en/of derde laag, respectievelijk in de toplaat moet het beschadigde deel handmatig of mechanisch worden geschuurd tot een egaal oppervlak is verkregen. Het te overlappen deel van de omliggende conservering moet egaal worden opgeruwd. Het conserveringssysteem dient, overeenkomstig de oorspronkelijk opbouw en afhankelijk van de mate waarin bij beschadiging en voorbehandeling lagen zijn verwijderd, te worden hersteld. Indien de leverancier voor dit doel een afwijkend herstelsysteem heeft voorgeschreven zal dit systeem moeten worden aangebracht.

Ook het bijwerken van beschadigingen moet te allen tijde worden uitgevoerd onder de omgevingscondities zoals genoemd in de datasheets van de verfleverancier.

Beschadigingen moeten in "recht" werk worden bijgewerkt. Dit betekent dat zoveel mogelijk moet worden getracht om herstellingen van de conservering aan te laten sluiten op bestaande fysieke overgangen in de constructie zoals randen, naden en/of lassen. Indien dit niet mogelijk en/of niet praktisch is moet het herstel vierkant of rechthoekig worden afgewerkt.

Bij meer dan 10% schadeoppervlak van een bepaald deel van de gehele constructie of een afzonderlijk constructiedeel, moet de gehele constructie of het betreffende constructiedeel opnieuw worden behandeld.

8.2 Conserveren van overgangen tussen verschillende metalen

De overgangsstukken tussen verschillende metaalsoorten, zoals bijvoorbeeld koolstof- en roestvaststaal, moeten worden geconserveerd om contact-corrosie te voorkomen. Het kathodische deel van de overgang moet tot minimaal 3 cm overlappend worden mee behandeld en geconserveerd.

8.3 Afdichten open verbindingen

Indien dit voor het bereiken van een goed/beter conserveringsresultaat noodzakelijk is mag gebruik worden gemaakt van kit om kleine openingen, overgangen, klinknagels, e.d. af te dichten. Toe te passen kitten moeten overschilderbaar zijn en worden beschouwd als integraal onderdeel van het conserveringssysteem. Kitten moeten worden geleverd door de leverancier van het conserveringssysteem. Indien dit niet mogelijk is zal de leverancier van het conserveringssysteem een schriftelijke verklaring opstellen waarin wordt verklaard dat de te gebruiken kit compatibel is met het toe te passen conserveringssysteem en de hechting en beschermende werking van het systeem niet nadelig zal beïnvloeden.

Kitten moeten deze juist voor het aanbrengen van de laatste conserveringslaag worden aangebracht en uitsluitend met de laatste laag worden overschilderd.

8.4 Aanbrengen metalliseerlagen

Vrijkomend stof dient voortijdig te worden verwijderd van de nog te behandelen delen.

Bij ontstaan van onthechting vanaf de ondergrond of delaminatie tussen lagen, tijdens welk stadium van de applicatie dan ook, dient de applicatie op die plek direct gestopt te worden en dient de betreffende plek gemarkeerd te worden om later volgens de reparatiemethode opnieuw behandeld te worden.

8.4.1 Aanbrengen verfsysteem over metalliseerlagen

Metalliseerlagen kunnen, op grond van esthetische of levensduurverlengende aspecten, worden voorzien van een verfsysteem. De eerste laag van het verfsysteem moet geschikt zijn voor toepassing op metalliseerlagen. Hiervoor zijn de volgende eisen/aanwijzingen opgesteld:

De eerste laag van het verfsysteem moet aangebracht worden voordat er zich corrosieproducten op het aluminium hebben gevormd. Afhankelijk van de omgevingscondities moet dit binnen 1 dag gebeuren (de klimatologische omstandigheden mogen in de tussenliggende tijd de standaard-eisen niet onder- of overschrijden)

Indien zich corrosieproducten hebben gevormd kan men voor applicatie van de 1e laag van het verfsysteem het gehele gespoten oppervlak licht maar egaal aanstralen met niet metallisch grit om deze te verwijderen.

9 Kwaliteitsborging

9.1 Uitvoerings- en inspectieplan

De aannemer moet een uitvoerings- en inspectieplan opstellen waarin alle controle-activiteiten zijn vermeld en alle tests/inspecties moeten worden aangegeven die bijgewoond kunnen worden door de aannemer, de opdrachtgever of een daartoe geautoriseerd keuringsbureau.

Ook activiteiten welke worden uitgevoerd oor eventuele onderaannemers moeten worden opgenomen in het uitvoerings- en inspectieplan van de (hoofd)aannemer.

Het uitvoering- en inspectieplan behoeft de acceptatie van de opdrachtgever voordat met de werkzaamheden aangevangen kan worden.

De aannemer mag voor het uitvoering- en inspectieplan zijn eigen indeling en procedures gebruiken, op voorwaarde dat de in dit hoofdstuk beschreven minimum-vereisten zijn opgenomen. Als er specifieke documenten van de opdrachtgever moeten worden gebruikt, zal dit in de contractdocumenten worden aangegeven.

De aannemer is verantwoordelijk voor de uitvoering van de kwaliteitsborging en inspecties zoals in deze specificatie is omschreven.

De aannemer moet de opdrachtgever vooraf op de hoogte stellen wanneer de werkzaamheden uitgevoerd zullen worden en wanneer deze beginnen, zodat de opdrachtgever de mogelijkheid heeft het werk te inspecteren.

De opdrachtgever behoudt zich het recht voor het werk te (laten) inspecteren. Tijdens deze kwaliteitscontroles zal de kwaliteit van de uitgevoerde werkzaamheden worden getoetst aan de specificaties en de gegevens op door de aannemer ingevulde inspectierapporten.

De werk-/bouwplaats moet daarom voor de opdrachtgever of de door haar aangewezen vertegenwoordiger altijd toegankelijk zijn.

Voor elke opvolgende controle-activiteit moet minimaal het volgende worden beschreven:

- Volgnummer;
- Beschrijving activiteit;
- Methode en/of norm;
 - o een omschrijving van de te gebruiken inspectieapparatuur, ijk- en calibreercertificaten alsmede de gebruikte methode ter zekerheidsstelling van een juiste kalibratie en functionering van de apparatuur op het moment van testen en inspecteren;
- Acceptatiecriteria;
- status van de keuringen (Hold-points of Witness points of controle van documentatie);
- betrokken in- en externe partijen (verantwoordelijke namens aannemer, opdrachtgever, keuringsbureau en dergelijke);
- wijze van registreren keuringsresultaat.

Het uitvoering- en inspectieplan moet verder minimaal de volgende aspecten beschrijven:

- een planning voor en een omschrijving van de afzonderlijke behandelingen;
- materiaalcertificatie (productkwaliteitsverklaringen), productkenmerkbladen en veiligheidsbladen;
- een weergave van de reinigingswerkzaamheden en het te gebruiken reinigingsmiddel, inclusief schriftelijke goedkeur van het reinigingsmiddel door de verffabrikant, alsmede de benodigde apparatuur;
- een weergave van de applicatiemethode(n), reparatieprocedures, de voorbehandelings- en applicatiefaciliteiten en hulpmiddelen met inbegrip van alle eventueel te gebruiken materieel;
- een organisatieschema van bij het werk betrokken personeel tezamen met een duidelijke omschrijving van hun verantwoordelijkheden. In het organisatieschema moeten de communicatielijnen voor zowel interne als externe communicatie aangegeven worden. De nadruk moet liggen op de kwaliteitsborging op de werkvloer;
- Voor werk op locatie een weergave van de te treffen maatregelen ten aanzien van het milieu, zoals afscherming, stofafzuigers, afvalverwerking en dergelijke;
- een weergave van de te treffen maatregelen ten aanzien van het afschermen van niet te conserveren onderdelen;
- een format van de te gebruiken formulieren.

Indien de aannemer om welke reden dan ook af wil wijken van het door de opdrachtgever geaccepteerde uitvoering- en inspectieplan, zal dit schriftelijk moeten worden aangevraagd, ongeacht de reden waarom afgeweken zou moeten worden. Slechts na acceptatie mag een gewijzigde procedure en/of werkwijze worden doorgevoerd.

9.2 Rapportage

De rapportage moet per locatie of per onderdeel plaatsvinden. De door de aannemer opgestelde inspectierapportage moeten voor de opdrachtgever beschikbaar zijn bij afnamemomenten en een kopie moet aan de opdrachtgever overhandigd worden. Deze documenten zijn onderdeel van het opleveringsdossier bij de oplevering van een project.

Daarnaast moet de aannemer een logboek bijhouden waarin al het aan het contract gerelateerde werkzaamheden en inspecties worden bijgehouden. Dit logboek moet bij oplevering van de werkzaamheden ter beschikking van de opdrachtgever worden gesteld.

De volgende documenten moeten volledig worden ingevuld:

- het inspectielogboek;
- de test- en inspectiedocumenten van de opdrachtgever voor zover van toepassing.

9.3 Te verrichten metingen

De aard en omvang van de verrichten metingen en uit te voeren beoordelingen en testen kunnen per project verschillen. In bijlage 10.1 is een overzicht gegeven van testen, beoordelingen en de daarbij behorende normen alsmede goed en afkeur criteria. Een aantal van deze beoordelingen en testen zijn aangemerkt als **"standaard" (S)**, dat wil zeggen dat ze altijd moeten worden uitgevoerd ongeacht de aard en/of omvang van het conserveringswerk. Een aantal zijn als **"optie" (O)** aangemerkt, dat wil zeggen dat ze voor specifieke conserveringswerken kunnen worden ingezet. De opdrachtgever geeft van te voren aan welke van deze optionele testen en beoordelingen moeten worden uitgevoerd. Indien dit niet het geval zullen uitsluitend de als "standaard" gemarkeerde beoordelingen en testen worden uitgevoerd. Verder zijn een aantal beoordelingen en testen als **"Keuze" (K)** aangemerkt, dit betekent dat de opdrachtgever een keuze zal moeten maken uit één of meerdere beoordelingen of testen.

10 Bijlagen

10.1 Overzicht testen (tabel)

No.	S/O/K	Aspect/Test	Norm	Methode/apparatuur	Goed/afkeur	Ref.
1	S	Omgevingscondities, luchttemperatuur	NEN-EN-ISO 8502-4	Elektronische/alcohol thermometer	Minimaal 5 °C, maximaal 40 °C *	10.2.1
2	S	Omgevingscondities, oppervlakte temperatuur	NEN-EN-ISO 8502-4	Elektronische/magneet contact thermometer	Minimaal 5 °C, minimaal 3 °C boven dauwpunt, maximaal 40 °C *	10.2.1
3	S	Omgevingscondities, relatieve luchtvochtigheid	NEN-EN-ISO 8502-4	Slinger-psychrometer/Elektronische meter	Maximaal 85% *	10.2.1
4	S	Omgevingscondities, dauwpunt	NEN-EN-ISO 8502-4	Dauwpunt tabel/ Elektronische meter	n.v.t.	10.2.1
5	S	Oppervlak vrij van olie/vet	SSPC-SP1	UV lamp/visueel	Vrij van vet en olie	10.2.2
6	S	Oppervlak stofvrij	NEN-EN-ISO 8502-3	Tapetest	Beter of gelijk aan klasse 2*	10.2.3
7	O	Oppervlak, oplosbare zouten	NEN-EN-ISO 8502-6	Brestle test	Maximaal 50mg/m *	10.2.4
8	K	Oppervlakte reinheid, droog stralen/handm./mech.	NEN-EN-ISO8501-1 of 2	Visueel	Overeenkomstig gespecificeerde reinheidsgraad	10.2.5
9	S	Oppervlakte onvolkomenheden in randen, lassen, etc.	NEN-EN-ISO 8501-3	Visueel	Radius minimaal 2 mm (EN-ISO 12944-3) *	10.2.6
10	K	Oppervlaktereinheid, Ultra hogedruk waterstalen	NACE No. 5/SSPC-SP 12	Visueel NACE VIS 7/SSPC-VIS 4	Overeenkomstig gespecificeerde reinheidsgraad	10.2.7
11	K	Oppervlakte ruwheid	NEN-EN-ISO 8503-2	Visueel, ISO surface comparator	Overeenkomstig gespecificeerde waarde	10.2.8
12	S	Natte verlaagdikte	NEN-EN-ISO 2808 methode 1A	Natte laagdikte kam	Overeenkomstig gespecificeerde waarde	10.2.9
13	S	Droge verlaagdikte, meetmethode	NEN-EN-ISO 2808 methode 7a/7b7c/7d	Elektromagnetische meter/Wervelstroom meter	n.v.t.	10.2.10
14	S	Droge verlaagdikte, aantal metingen	NEN-ISO 19840	Laagdiktemetingen m.b.v. methoden/apparatuur ISO 2808	> 80% nominale waarde ≤ maximaal gespecificeerde waarde, max. 20% metingen tussen 80 en 100% nominale waarde. *	10.2.10
15	K	Doorharding zinksilicaat	ASTM D 4752	MEK rub test, 50 double rubs	Beter of gelijk aan klasse 4	10.2.11
16	O	Hechting, cross-cut test	NEN-EN-ISO 2409	Ruitjesproef	Beter of gelijk aan klasse 2	10.2.12
17	O	Hechting, "X" cut test	ASTM D 3359A	Kruissnede	Beter of gelijk aan klasse 3A	10.2.13
18	O	Hechting, Pull-off test	NEN-EN-ISO 4624	Verwijderen van een testdolly met een hydraulische tester (PAT of HATE)	Minimaal 5 Mpa, geen 100% adhesieve breuken tussen conservering en ondergrond en individuele lagen ongeacht hechtingswaarde. *	10.2.13
19	O	Discontinuity (Holiday) Testing of new protective coatings on conductive substrates.	NACE RP 0188	Natte sponstest	Oppervlak vrij van pinholes en heilige dagen	10.2.14
20	O	Discontinuity (Holiday) Testing of new protective coatings on conductive substrates.	NACE RP 0188	Hoogspanning pinhole detector	Oppervlak vrij van pinholes en heilige dagen.	10.2.15
21	S	Uiterlijk		Visuele inspectie	Oppervlak vrij van defecten zoals zakkers, spuitstof, kleurverschillen, zware structuur en overige oneffenheden.	10.2.16
22	S	Vakbekwaamheid uitvoerende	NEN-EN-ISO/IEC 17024	Praktische en theoretisch examen met goed gevolg afgelegd	In bezit van geldig certificaat.	10.2.17
23	O	Verkrijting,	NEN-ISO-4828/6	Verwijderen verkrijting m.b.v. tape	Beter of gelijk aan klasse 3	10.2.18
24	O	Verkleuring	DIN 6174	Meting van kleur/kleurverschil	Verschil kleiner dan opgegeven ΔE	10.2.19

* Tenzij anders overeengekomen, c.q. voorgeschreven door de opdrachtgever.

10.2 Beschrijving testen

10.2.1 Omgevingscondities

De instructies van de verffabrikant met betrekking tot de voor de verf benodigde atmosferische omstandigheden moeten bij het aanbrengen, het drogen en het uitharden van de verf strikt worden opgevolgd. Metingen van de omgevingscondities dienen te worden uitgevoerd overeenkomstig NEN-EN-ISO 8502-4. De voor de metingen te gebruiken apparatuur moet zijn geijkt volgens de door de fabrikant van de apparatuur aangegeven methode en frequentie.

Op representatieve plekken van de te behandelen objecten moeten representatieve klimatologische metingen worden uitgevoerd (oppervlaktetemperatuur van het object, temperatuur en relatieve vochtigheid van de omringende lucht). De meetlocaties moeten zijn afgeschermd voor de zon en wind. De metingen moeten evenredig over de periode van de werkzaamheden worden verdeeld. Er moeten minimaal drie metingen per dag worden uitgevoerd. Bij snel wisselende weersomstandigheden moeten meerdere metingen per dag worden uitgevoerd. De metingen moeten in het inspectierapport worden vastgelegd.

10.2.2 Aanwezigheid vet en olie

De aanwezigheid van vet en/of olie kan worden gecontroleerd met een UV lamp. Met vet en olie vervuilde delen geven een wezenlijk andere reflectie dan niet vervuilde delen. De aanwezigheid van vet en/of olie kan verder worden vastgesteld door over het oppervlak te vegen met een schone witte doek. Verder kan met een spuitfles een dunne waternevel worden aangebracht op het te beoordelen oppervlak. Bij aanwezigheid van vet of olie zal het typische "pareleffect" worden waargenomen, het water blijft onder invloed van de oppervlaktespanning van het vet/de olie als druppels op het oppervlak staan.

10.2.3 Oppervlak stofvrij

Controle op de aanwezigheid van stof is van belang omdat stof de benatting en de hechting van de ondergrond nadelig kan beïnvloeden. De controle overeenkomstig NEN-EN-ISO 8502-3 vindt plaats in de vorm van een zogenaamde tape-test. Door een transparante tape op het voorbehandelde oppervlak te plakken en deze vervolgens te verwijderen zullen eventueel aanwezige stofdeeltjes aan het plakband kleven. Hiervoor wordt een tape van ten minste 25 mm breedte gebruikt met een hechting van ten minste 190 N per meter. De tape moet worden aangedrukt met een zogenaamde "spring loaded roller". Dit is een roller waarbij via een veer een kracht van 39,2 tot 49,0 N wordt uitgeoefend op de tape. Na verwijdering dient de tape op een ondergrond met een contrasterende kleur te worden geplakt. De mate van verwijderd stof is maat voor de reinheid van het oppervlak. De hoeveelheid verwijderd stof wordt ingedeeld in 5 klassen lopend van een klasse 5 (zwaar vervuild) tot een klasse 1 (licht vervuild). Vaststelling van de klasse vindt plaats door vergelijking van de tape met figuur 1 uit de norm, zie volgende figuur.

Figuur 1 uit norm NEN-EN-ISO 8502-3



Daarnaast kan ook een indeling voor wat betreft de aard van de vervuiling worden gemaakt. Deze is als volgt:

Klasse	Omschrijving
0	Deeltjes niet zichtbaar bij een vergroting van 10x
1	Deeltjes zichtbaar tot bij een vergroting van 10x maar niet met blote oog, deeltjes < 50 micrometer
2	Deeltjes net zichtbaar met blote oog, deeltjes tussen 50 en 100 micrometer
3	Deeltjes duidelijk zichtbaar met blote oog, deeltjes tot 0,5 mm
4	Deeltjes met een afmeting van 0,5 tot 2,5 mm.
5	Deeltjes met een afmeting van meer dan 2,5 mm.

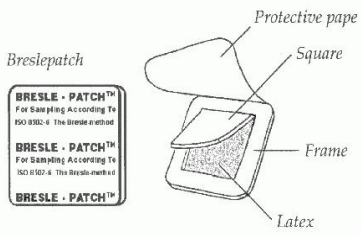
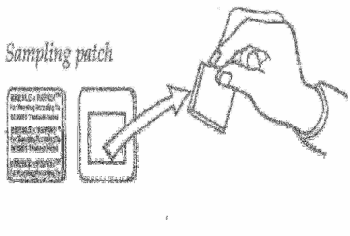
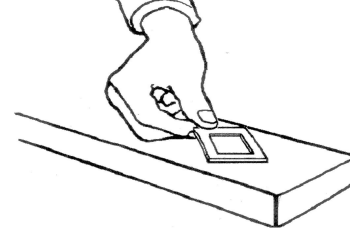
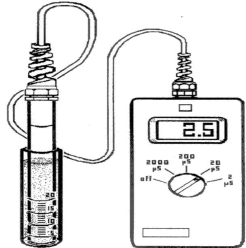
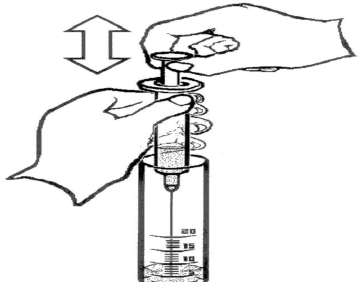
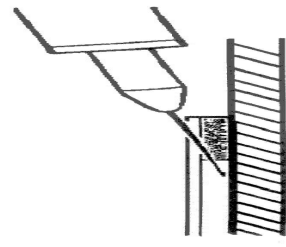
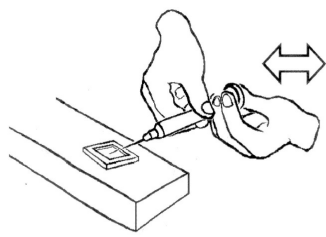
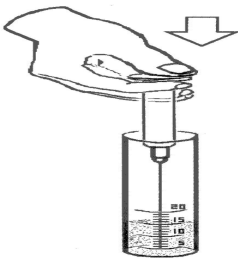
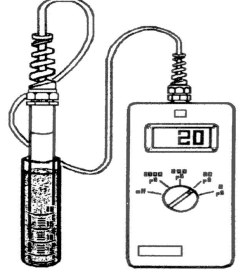
10.2.4 Aanwezigheid oplosbare zouten

Het bepalen van de hoeveelheid oplosbare zouten van een oppervlak met behulp van de Brestle test overeenkomstig NEN-EN-ISO 8502-6.

Benodigheden:

- Brestle patches;
- geleidbaarheid meter, deze jaarlijks controleren aan de hand van testvloeistof van 100 μ S;
- maatbeker;
- borstel;
- magneet;
- gedemineraliseerd water met een maximale geleidbaarheid van 5 μ S/cm;
- injectiespuitjes met naalden;
- fles voor afvalwater.

De te testen ondergrond droog en van losse delen ontdaan te zijn. Indien er nog losse delen op het oppervlak aanwezig zijn wordt de magneet op de ondergrond geplaatst en wordt met de borstel rondom de magneet het vuil weggepoetst. Hierna kan de patch op de plaats van de magneet worden geplakt. Op verticale oppervlakken moet de patch met de punt naar beneden worden geplakt.

 <i>Breslepatch</i> Protective paper Square Frame Latex BRESLE · PATCH™ For Sampling According To ISO 8502-4 The Bresle method BRESLE · PATCH™ For Sampling According To ISO 8502-4 The Bresle method	 <i>Sampling patch</i>	
Voorbeeld patch	1) Haal de patch van de folie	2) Bevestig deze op een schone ondergrond
		
3) Vul de maatbeker met 15 ml demiwater en meet de waarde in $\mu\text{S}/\text{cm}$ van het water, 0 meting.	4) Vul de spuit met 3 ml demiwater	5) Spuit de 3 ml water tussen de patch en het oppervlak onder een hoek van ca. 30°. Voorkom luchtinsluiting
		
6) Pomp het water 2-4 maal per minuut, gedurende 5 minuten, in en uit de patch	7) Voeg de 3 ml water toe aan de 12 ml in de maatbeker.	8) Plaats de probe in de maatbeker en lees de waarde in $\mu\text{S}/\text{cm}$ af, totaal meting

Opmerkingen

- de waterkwaliteit moet minimaal voldoen aan klasse 3 volgens EN-ISO 3696, de geleidbaarheid van het water mag niet meer dan 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bedragen;
- hergebruik van de injectiespuit is toegestaan, mits goed gereinigd;
- het resultaat van de test moet worden gerapporteerd in mg per m^2 . Hiertoe wordt de waarde van de totaalmeting verminderd met de waarde van de 0 meting. Deze uitkomst in $\mu\text{S}/\text{cm}$ wordt vervolgens vermenigvuldigd met een **factor 6** voor **alle oplosbare zouten** en met een **factor 4** voor een indicatie van de hoeveelheid **chloriden**.

Rapporteer de volgende gegevens

- identificatie van het geteste oppervlak (plaatsaanduiding);
- aard van het oppervlak, gestraald, ongestraald, gereinigd, voorzien van een verlaag, etc.;
- resultaat van de test in mg per m^2 ;
- datum uitvoering;
- referentie naar de gehanteerde methode;
- mogelijke afwijkingen van de procedure (overeengekomen of andere).

Brestle test / locatie	"0"- meting	Meetwaarde	Na correctie	Zoutgehalte	Opm
	μS	μS	μS	mg/m^2	
	μS	μS	μS	mg/m^2	
	μS	μS	μS	mg/m^2	
	μS	μS	μS	mg/m^2	

Opmerkingen:

1)

10.2.5 Oppervlakte reinheid NEN-EN-ISO 8501-1

Deze norm beschrijft de roestgraden en reinheidsgraden van onbedekt staal en van staal na volledige verwijdering van eerdere deklagen. In deze norm zijn kleurenfoto's opgenomen van de uitgangsondergronden van diverse staalplaten, alsmede de foto's van het eindresultaat nadat de ondergrond is behandeld.

De beoordeling van uitgevoerde voorbehandelingen vindt plaats aan de hand van de omschrijvingen, waarbij de getoonde foto's als hulpmiddel dienen.

10.2.6 Gestandaardiseerde uitgangsondergronden

Als uitgangsondergronden worden vier soorten stalen ondergronden in de NEN-EN-ISO 8501 onderscheiden, namelijk de klassen A t/m D:

- Klasse A: staaloppervlak dat grotendeels is bedekt met vastzittende walshuid en nauwelijks of geen roest;
- Klasse B: staaloppervlak dat begint te roesten en waarvan de walshuid begint af te bladderen;
- Klasse C: staaloppervlak waarvan de walshuid door roesten heeft losgelaten of waarvan de walshuid kan worden afgeschraapt, maar waarop met het blote oog slechts geringe putvorming zichtbaar is;
- Klasse D: staaloppervlak waarvan de walshuid door roesten heeft losgelaten en waarop met het blote oog overal putvorming zichtbaar is.

Voorgenoemde omschrijvingen betreffen nieuwe stalen ondergronden. In het geval van onderhoudsschilderwerken kan er sprake zijn van gedeeltelijk intacte beschermssystemen met lichte schade aan het conserveringsstelsel tot ernstige corrosievorming met zichtbare inpitting.

De hiervoor als karakteristiek geldende ondergronden staan afgebeeld in NEN-EN-ISO 8501-2.

Bij plaatselijk voorbehandelen wordt aan de standaard de letter P toegevoegd.

10.2.7 Volledig handmatig/mechanisch ontroesten

De norm NEN-EN-ISO 8501 geeft een duidelijke omschrijving van de standaards bij handmatig of mechanisch ontroesten. De norm spreekt over twee categorieën.

St 2 Zorgvuldig reinigen

Waargenomen met het blote oog dient het oppervlak vrij te zijn van zichtbare olie, vet en vuil, alsmede van loszittende walshuid, roest, verflagen en vreemde materialen.

St 3 Zeer zorgvuldig reinigen

Als onder St 2, maar het oppervlak moet veel zorgvuldiger worden behandeld om een metaalglans te verkrijgen op de metaalondergrond.

10.2.8 Volledig pneumatisch of werpstralen

De norm NEN-EN-ISO 8501 geeft een duidelijke omschrijving van de standaards bij het voorbehandelen door middel van pneumatisch- of werpstralen met ronde en/of kantige straalmiddelen. De norm spreekt over vier categorieën. Deze zijn als volgt omschreven.

Sa 1 Licht stralen

Waargenomen met het blote oog dient het oppervlak vrij te zijn van zichtbare olie, vet en vuil, alsmede van loszittende walshuid, roest, verflagen en vreemde materialen.

Sa 2 Zorgvuldig stralen

Waargenomen met het blote oog dient het oppervlak vrij te zijn van zichtbare olie, vet en vuil, alsmede van het grootste deel van walshuid, roest, verflagen en vreemde materialen.

Eventueel nog aanwezige verontreinigingen moeten stevig vastzitten.

Sa 2½ Zeer zorgvuldig stralen

Waargenomen met het blote oog dient het oppervlak vrij te zijn van zichtbare olie, vet en vuil, alsmede van walshuid, roest, verflagen en vreemde materialen.

Eventueel nog aanwezige verontreinigingen mogen slechts als lichte verkleuringen in de vorm van vlekken of strepen zichtbaar zijn.

Sa 3 Stralen tot zilverblank

Waargenomen met het blote oog dient het oppervlak vrij te zijn van zichtbare olie, vet en vuil, alsmede van walshuid, roest, verflagen en vreemde materialen.

Het oppervlak moet een gelijkmatige metaalkleur hebben.

Toelichting

Onder het begrip "vreemde materialen" kunnen ook in water oplosbare zouten en lasresten vallen. Deze kunnen niet geheel van het oppervlak worden verwijderd door droogstralen, handmatig/machinaal reinigen of vlamstralen. Eventueel kan natstralen worden toegepast. Walshuid, roest of verflagen worden in deze norm als "loszittend" beschouwd, als deze met een stomp plamuurmes kunnen worden verwijderd.

10.2.9 Oppervlakte reinheid NEN-EN-ISO 8501-2

Deze norm omschrijft de reinheidgraden van eerder geschilderde staaloppervlakken waarvan de verflaag plaatselijk is verwijderd. De norm NEN-EN-ISO 8501-2 is speciaal bedoeld voor het specificeren en controleren van reinheidsgraden op ondergronden die zijn voorzien van een verfsysteem en die plaatselijk worden behandeld. Deze norm is een afgeleide van de norm NEN-EN-ISO 8501-1 en werkt volgens hetzelfde principe. De representatieve voorbeelden die in de vorm van foto's worden gegeven, zijn karakteristiek voor oppervlakken voor en na de plaatselijke voorbehandeling alvorens een nieuw verflaag wordt aangebracht (vergroting tussen de vijf en de zes keer).

De reinheidsgraderingen zijn overeenkomstig de norm NEN-EN-ISO 8501-1 (met uitzondering van graad Sa1), maar worden voorafgegaan door een aanvullende aanduiding:

- Reinheidsgraad voor plaatselijk stralen: P Sa x ;
- Reinheidsgraad voor plaatselijk handmatig/machinaal ontroesten: P St x ;
- Reinheidsgraad voor plaatselijk machinaal schuren: P Ma x .

Vóór het stralen moeten eventueel aanwezige dikke roestlagen worden afgebikt. Olie, vet en vuil, voor zover waarneembaar, moeten eveneens worden verwijderd.

10.2.10 Oppervlakte onvolkomenheden

De beoordeling van constructieve onvolkomenheden vindt visueel plaats aan de hand van EN-ISO 12944 deel 3. Het oppervlak zal worden beoordeeld op de aanwezigheid van:

- Scherpe randen (radius <2 mm)
- Dubbelingen
- Was
- Walsfouten
- Bramen
- Ruwe lassen

10.2.11 Oppervlaktereinheid, Ultra hogedruk waterstalen

Bij de norm SSPC SP12 /NACE nr. 5 wordt ten aanzien van het hogedruk waterreinigen onderscheid gemaakt in de navolgende klassen:

- Low pressure water cleaning < 345 bar (5000 psi);
- High pressure water cleaning > 345 bar (5000 psi) < 690 bar (10000 psi);
- High pressure water Jetting >690 bar (10000 psi) < 1725 bar (25000 psi);
- Ultra high water Jetting >1725 bar (25000 psi).

Ten aanzien van de reinheidsgradaties worden de navolgende klassen gespecificeerd;

Term	Description of surface:
WJ-1 Clean to Bare Substrate.	A WJ-1 surface shall be cleaned to a finish which, when viewed without magnification, is free of all visible rust, dirt, previous coatings, mill scale, and foreign matter. Discoloration of the surface may be present.
WJ-2 Very Thorough or Substantial	A WJ-2 surface shall be cleaned to a matte (dull, mottled) finish which, when viewed without magnification, is free of all visible oil, grease, dirt, and rust except for randomly dispersed stains of rust, tightly adherent thin coatings, and other tightly adherent foreign matter. The staining or

Cleaning	tightly adherent matter is limited to a maximum of 5% of the surface.
WJ-3 Thorough Cleaning	A WJ-3 surface shall be cleaned to a matte (dull, mottled) finish which, when viewed without magnification, is free of all visible oil, grease, dirt, and rust except for randomly dispersed stains of rust, tightly adherent thin coatings, and other tightly adherent foreign matter. The staining or tightly adherent matter is limited to a maximum of 33% of the surface
WJ-4 Light Cleaning	A WJ-4 surface shall be cleaned to a finish which, when viewed without magnification, is free of all visible oil, grease, dirt, dust, loose mill scale, loose rust, and loose coating. Any residual material shall be tightly adherent.

Bij de daadwerkelijke beoordeling van behandelde oppervlakken wordt gebruik gemaakt van de visuele standaard NACE VIS 7/SSPC-VIS 4. Dit is een visuele standaard in de lijn van NEN-EN-ISO 8501. De standaard geeft foto's van verschillende uitgangstoestanden en de visuele toestand na reiniging volgens de bovenstaande gradaties.

Er is tevens een gradatie ten aanzien van de niet zichtbare verontreinigingen.

Term	Description of surface:
NV-1	An NV-1 surface shall be free of detectable levels of soluble contaminants, as verified by field or laboratory analysis using reliable, reproducible test methods.
NV-2	An NV-2 surface shall have less than 7 µg/cm ² (0.0007 grains/in. ²) of chloride contaminants, less than 10 µg/cm ² (0.001 grains/in. ²) of soluble ferrous ion levels, or less than 17 µg/cm ² (0.0017 grains/in. ²) of sulfate contaminants as verified by field or laboratory analysis using reliable, reproducible test methods.
NV-3	An NV-3 surface shall have less than 50 µg/cm ² (0.005 grains/in. ²) of chloride or sulfate contaminants as verified by field or laboratory analysis using reliable, reproducible test methods.

In aanvulling op de reinheidsgraden is het ook verstandig om afspraken te maken en vast te leggen in welke mate vliegroest wordt geaccepteerd.

Term	Description of surface:
No Flash Rust	A steel surface that, when viewed without magnification, exhibits no visible flash rust.
Light (L)	A surface that, when viewed without magnification, exhibits small quantities of a yellow-brown rust layer through which the steel substrate may be observed. The rust or discoloration may be evenly distributed or present in patches, but it is tightly adherent and not easily removed by lightly wiping with a cloth.

Moderate (M)	A surface that, when viewed without magnification, exhibits a layer of yellow-brown rust that obscures the original steel surface. The rust layer may be evenly distributed or present in patches, but it is reasonably well adherent and leaves light marks on a cloth that is lightly wiped over the surface.
Heavy (H)	A surface that, when viewed without magnification, exhibits a layer of heavy red-brown rust that hides the initial surface condition completely. The rust may be evenly distributed or present in patches, but the rust is loosely adherent, easily comes off, and leaves significant marks on a cloth that is lightly wiped over the surface.

10.2.12 Oppervlakteruwheid

Voor het bepalen van de oppervlakteruwheid van gestraalde oppervlakken volgens de norm NEN-EN-ISO 8503-2 (de visuele beoordeling) gebruik men een vergelijkingsplaat. Deze vergelijkingsplaat, een roestvast stalen plaat met vier voorbeelden van oplopende ruwheidgraden (segment 1 t/m 4), wordt op de gestraalde ondergrond gelegd waarna door visuele vergelijking wordt vastgesteld welke van de vier segmenten overeenkomstig de ruwheidsgraad van het gestraalde werk is.

Bij deze vergelijking mag men zo nodig gebruik maken van een loep die maximaal zeven keer vergroot. Afhankelijk van het gebruikte straalmiddel vindt de beoordeling plaats met behulp van de vergelijkingsplaat "G" (voor met grit gestraalde ondergronden) dan wel plaat "S" (voor met shot gestraalde ondergronden). Als een mengsel van grit en shot wordt gebruikt moet vergelijkingsplaat "G" worden gebruikt.

Met grit gestraald oppervlak		
Segment	Nominaal	Tolerantie
1	25 μm	$\pm 3 \mu\text{m}$
2	60 μm	$\pm 10 \mu\text{m}$
3	100 μm	$\pm 15 \mu\text{m}$
4	150 μm	$\pm 20 \mu\text{m}$

Met shot gestraald oppervlak		
Segment	Nominaal	Tolerantie
1	25 μm	$\pm 3 \mu\text{m}$
2	40 μm	$\pm 5 \mu\text{m}$
3	70 μm	$\pm 10 \mu\text{m}$
4	100 μm	$\pm 15 \mu\text{m}$

Profielbereiken voor met grit (G) en shot (S) gestraald oppervlak	
Beoordeling	Komt overeen met:
"zeer fijn"	< segment 1
"fijn"	segment 1 $\geq$ profiel < segment 2
"medium"	segment 2 $\geq$ profiel < segment 3
"grof"	segment 3 $\geq$ profiel < segment 4
"zeer grof"	profiel $\geq$ segment 4

Het is belangrijk om te weten dat de beoordelingen **uitsluitend** in 1 van de vijf genoemde gradaties mag worden gegeven. Verwijzing naar de segmenten, bijvoorbeeld "overeenkomstig segment 3" of "tussen segment 3 en 4" mogen dus niet! .

Het aantal en de plaatsen waar de vergelijkingen dienen te worden uitgevoerd moeten de belanghebbende partijen vooraf overeenkomen.

10.2.13 Nattelaagdiktemetingen

Het bepalen van de natte verflaag conform ISO 2808, methode 7B gebeurt met behulp van een "laagdiktebam". Een laagdiktebam is voorzien van een aantal tanden. De buitenste tanden van de bam vormen een basislijn. De tanden die tussen deze buitenste tanden liggen, zijn oplopend korter, waardoor er openingen tussen de tanden en de basislijn ontstaan die oplopend groter worden. De afmeting van de diverse openingen kan worden afgelezen van de corresponderende schaalverdeling, welke is aangebracht op de laagdiktebam.

Direct na het aanbrengen van de verflaag wordt de laagdiktebam in de natte verflaag gedrukt. Na verwijdering van de laagdiktebam wordt beoordeeld welke tand nog juist de natte verflaag heeft geraakt. De dikte van de natte verflaag ligt nu tussen deze waarde en de waarde van de volgende tand, die niet in contact met de verffilm is geweest.

10.2.14 Droge laagdiktemetingen

Door de opsteller van de specificatie en/of door de verfleverancier zal nominale en een maximale droge verflaagdikte per individuele laag van het conserveringsysteem worden voorgeschreven. Iedere aangebrachte verflaag moet na volledige droging met een op een vlakke nulplaat geijkte elektromagnetische laagdiktemeter gemeten worden. De apparatuur moet voorafgaand aan de uitvoering van de metingen worden gekalibreerd met behulp van een zogenaamde nulplaat. De kalibratie en het meetbereik van de taster en meter moeten zodanig worden gekozen dat deze overeenkomstig zijn met de te meten laagdiktes. De laagdiktemeter dient te beschikken over een geheugenfunctie waarbij de gemeten individuele droge laagdiktes met behulp van een computer kunnen worden uitgelezen.

De resultaten van de droge laagdiktemetingen moeten per verflaag in een meetprotocol worden vastgelegd. Dit meetprotocol bevat tenminste de volgende gegevens:

- omschrijving constructie(s) en/of onderdeel;
- omschrijving van gemeten oppervlakken;
- het gebruikte verftype en betreffende batchnummer(s);
- resultaten van de metingen in digitale vorm (MS-office compatible);
- histogram en statistische gegevens van de meetresultaten, tenminste bestaande uit: aantal metingen, gemiddelde, standaarddeviatie, minimum- en maximumwaarde, aantal onder- en overschrijdingen;
- gebruikte meetapparatuur;
- naam van degene die de metingen heeft uitgevoerd;
- datum van uitvoering en handtekening voor vrijgave van de voor de kwaliteit verantwoordelijke persoon.

Overeenkomstig de bepalingen van NEN-ISO 19840 zullen correctiewaarden worden aanhouden ter compensatie van het verlies van effectieve laagdikte door de oppervlakteruwheid. Deze zijn:

- Voor een ruwheid overeenkomstig NEN-EN-ISO 8503-2 gradatie "Fijn": -/-10 μm
- Voor een ruwheid overeenkomstig NEN-EN-ISO 8503-2 gradatie "Medium": -/-25 μm
- Voor een ruwheid overeenkomstig NEN-EN-ISO 8503-2 gradatie "Grof" : -/-40 μm

Indien de ruwheid van de ondergrond niet bekend is zal een correctiewaarde van 25 micrometer worden aangehouden.

Het aantal metingen zal worden uitgevoerd overeenkomstig de onderstaande tabel. Indien tijdens het uitvoeren van de metingen een waarde wordt gevonden welke niet voldoet aan de criteria mag binnen 10 mm van deze meting een nieuwe (herstel)meting worden uitgevoerd. Als deze meting voldoet aan de criteria zal deze de voorgaande meting vervangen, indien dit niet het geval is zal de oorspronkelijke meting worden behouden. Het aantal nieuwe (herstel) metingen is gemaximeerd afhankelijk van het aantal normale metingen (zie ook derde kolom van het onderstaand schema).

Oppervlak te inspecteren deel in m ² of m ¹ :	Minimum aantal metingen	Maximum aantal herstel metingen
Tot en met 1	5	1
Vanaf 1 tot en met 3	10	2
Vanaf 3 tot en met 10	15	3
Vanaf 10 tot en met 30	20	4
Vanaf 30 tot en met 100	30	5
Vanaf 100	Voeg 10 metingen toe voor elke 100 m ² of m ¹ of een deel daarvan	6
Oppervlakken vanaf 1000 m ² of m ¹ moeten worden verdeeld in kleinere te inspecteren delen		

Voor elke individuele laagdiktemeting geldt het navolgende:

- Geen van de metingen mag minder dan 80% van de nominale laagdikte bedragen;
- Maximaal 20% van de metingen mag zich tussen de 80% en 100% van de nominale laagdikte bevinden;
- Geen van de metingen mag zich boven de gespecificeerde maximale laagdikte bevinden.

Indien de verfleverancier nauwere laagdiktetoleranties stelt dan de hierboven vermelde grenswaarden, zullen de door de verfleverancier gestelde waarden als goed- en afkeurcriteria worden gehanteerd.

Waar de droge laagdikte niet in overeenstemming is met genoemde criteria moet correctie plaatsvinden. Te dikke verflagen moeten verwijderd worden en vervolgens opnieuw aangebracht. Te dunne verflagen moeten met hetzelfde materiaal op de gespecificeerde laagdikte gebracht worden. Het aanpassen van de laagdikte met de opvolgende verflaag of verflagen is niet toegestaan.

Ter controle van aangebrachte lagen, kan besloten worden dat destructieve metingen worden uitgevoerd met behulp van een "Paint Inspection Gauge". De metingen moeten

worden uitgevoerd volgens ISO 2808- Beschadigingen als gevolg van deze metingen moeten door de aannemer kosteloos en volgens specificatie worden bijgewerkt.

10.2.15 Doorharding zinksilicaat ASTM D 4752

Bij het beoordelen van de mate van doorharding van een Ethyl Silicaat zinkverf door middel van de zogenaamde MEK-rub test wordt een representatieve plaats geselecteerd waar de test wordt uitgevoerd over een lengte van tenminste 50 mm. Als eerste wordt het te testen gedeelte ontdaan van eventueel aanwezig spuitstof, spuitnevel of andere aanslag. Vervolgens wordt het oppervlak gereinigd met een met schoon zoet water bevochtigde doek. Nadat hierna de droge verflaagdikte van de testplaats is gemeten wordt met een met Methyl Ethyl Keton (MEK) verzadigd stukje kaasdoek of iets dergelijks over het oppervlak gewreven waarbij een lichte druk wordt uitgeoefend. Over het oppervlak wordt 50 maal met het stukje doek heen en weer gewreven over een lengte van tenminste 50 mm zonder dat het doek tussentijds van het oppervlak wordt genomen. Wanneer vóór het voltooiën van de totale cyclus de metalen ondergrond zichtbaar wordt zal de test tussentijds worden beëindigd waarbij het aantal malen dat is gewreven tot op het moment waarop de metalen ondergrond zichtbaar werd worden genoteerd. Als referentie wordt een tweede test in de directe nabijheid van de eerste test op dezelfde wijze uitgevoerd, echter zonder dat het doek met MEK wordt verzadigd. Deze testplaats wordt beoordeeld op het mogelijke slijtende/polijstende effect van het doek op de verflaag. Herhaal de gehele testcyclus op een locatie waar de laagdikte van de verflaag het hoogst is.

De beoordeling van de doorharding van de met MEK beproefde test vindt plaats aan de hand van de omschrijvingen in de volgende tabel.

Rat ing	Doorharding volgens ASTM D 4752
5	Geen effect zichtbaar, geen verf aanwezig op het doek na 50x wrijven.
4	De verflaag is enigszins gepolijst als gevolg van de test. Een kleine hoeveelheid zink is zichtbaar op het doek na 50x wrijven.
3	Enige aantasting en afname van de verflaag na 50x wrijven.
2	Hoge mate van aantasting en duidelijke afname van de verflaag na 50x wrijven.
1	Zware aantasting van de verflaag na 50x wrijven zonder dat de metalen ondergrond zichtbaar is.
0	De verflaag geheel verwijderd en de ondergrond zichtbaar na 50x of minder dan 50x wrijven.

10.2.16 Hechting, cross-cut testen NEN-EN-ISO 2409

Bij het beoordelen van de hechting van een verflaag op harde ondergronden volgens NEN-EN-ISO 2409 worden met behulp van een mes een zestal insnijdingen in de verflaag gemaakt tot op de ondergrond. Vervolgens worden nogmaals zes insnijdingen gemaakt loodrecht op de eerdere insnijdingen zodat een ruitvormig patroon ontstaat. De insnijdingen lopen parallel aan elkaar. Insnijdingen mogen niet nogmaals worden ingesneden als deze de eerste keer onvoldoende diep zijn.

De insnijdingen worden vervolgens licht geborsteld. De onderlinge afstand en het aantal insnijdingen op harde materialen zoals staal is afhankelijk van de laagdikte en bedraagt:

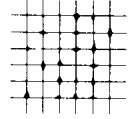
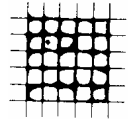
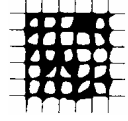
- 1 mm voor verflagen tot en met 60 µm;
- 2 mm voor verflagen van 61 µm tot en met 120 µm;
- 3 mm voor verflagen van 121 µm tot en met 250 µm.

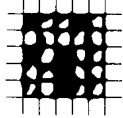
De insnijdingen worden gemaakt met behulp van een mes met een snijhoek van 20°-30°. Er dient te worden gesneden langs een stalen liniaal of een zogenaamde "klap" liniaal. Vervolgens wordt een stuk tape met een lengte van ongeveer 75 mm aangebracht over het ingesneden deel van de verflaag en stevig met de vinger aangedrukt. Vervolgens wordt de tape op een rustige manier (binnen 0,5 tot 1 seconde), echter binnen 5 minuten na het aanbrengen, losgetrokken onder een hoek van ongeveer 60°. De hoeveelheid materiaal welke als gevolg hiervan wordt verwijderd is maat voor de hechting van het verfsysteem en wordt uitgedrukt in een zogenaamde hechtingsklasse door vergelijking met voorbeelden. De tape kan worden bewaard voor vergelijkbaar onderzoek.

Test condities of anders overeengekomen

- op tenminste 3 locaties moeten testen worden genomen. Als de resultaten niet overeenkomen, het verschil is meer dan een klasse, dan de test op 3 andere locaties herhalen;
- herhaal de test zonodig op andere locaties op ieder test oppervlak om zeker te zijn van een representatieve opname voor het gehele object;
- een temperatuur van $23 \pm 5^\circ\text{C}$ en een relatieve vochtigheid van $50 \pm 5\%$;
- de ondergrond moet droog, vetvrij en vrij van verkrijting zijn. Extreme temperaturen of relatieve vochtigheid hebben invloed op de hechting van de tape;
- verwijder de tape binnen 90 ± 30 seconden.

De mate waarin materiaal wordt verwijderd als gevolg van de handeling is maat voor de hechting en wordt beoordeeld aan de hand van de volgende tabel.

Klasse	Omschrijving	Uiterlijk van het ingesneden deel na uitvoering van de test
0	De randen van de insnijdingen zijn volledig glad, geen van de vierkantjes van het ingesneden deel is onthecht.	--
1	Onthechting van kleine schilfers van de coating op de kruisingen van de insnijdingen. Niet meer dan 5% van het ingesneden deel vertoont onthechting.	
2	Onthechting langs de insnijdingen en/of op de kruisingen van de insnijdingen. Tussen 5% en 15% van het ingesneden deel vertoont onthechting.	
3	Onthechting langs de randen van de insnijdingen, deels of volledig in de vorm van grote slierten en/of volledige gedeeltelijke onthechting van het ingesneden deel. Tussen 15% en 35% van het ingesneden deel vertoont	

	onthechting.	
4	Onthechting langs de randen van de insnijdingen in de vorm van grote slierten en/of volledige of gedeeltelijke onthechting van vierkantjes uit het ingesneden deel. Tussen 35% en 65% van het ingesneden deel vertoont onthechting.	
5	Onthechting groter dan aangegeven bij klasse 4.	--

Beschadigingen als gevolg van hechtproeven moeten door de aannemer kosteloos en volgens specificatie worden bijgewerkt.

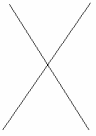
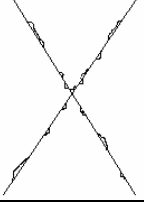
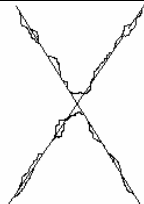
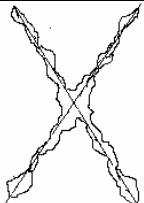
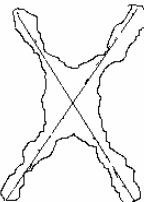
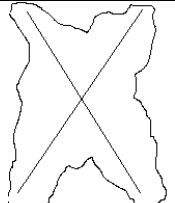
Indien het verfsysteem niet aan de gestelde criteria ten aanzien van hechting voldoet moet het verfsysteem of moeten de afzonderlijke lagen worden verwijderd. Gezien het destructieve karakter van bovenstaande testmethoden zullen deze slechts toegepast worden bij gereede twijfel aan de hechting van het aangebrachte systeem.

10.2.17 Hechting, X cut test volgens ASTM D 3359A

Deze methode is, in tegenstelling tot de methode ISO 2409, ook geschikt voor de beoordeling van lagen met een dikte > 250 micrometer.

Bij het beoordelen van de hechting van een verflaag volgens ASTM D 3359 methode A worden met een mes en een stalen liniaal een tweetal insnijdingen in de verflaag gemaakt tot op de ondergrond. Insnijdingen mogen niet nogmaals worden ingesneden als deze de eerste keer onvoldoende diep zijn. De beide insnijdingen zijn ± 40 mm lang en kruisen elkaar in hun midden onder een hoek van tussen 30 en 45°. Over de insnijdingen wordt een tape aangebracht welke stevig wordt vastgedrukt. De tape wordt vervolgens met een snelle beweging (niet rukken) verwijderd onder een hoek van $\pm 180^\circ$.

De mate waarin materiaal wordt verwijderd als gevolg van deze handeling is maat voor de hechting en wordt beoordeeld aan de hand van de volgende tabel.

Klasse	Omschrijving	Uiterlijk
5A	Geen onthechting of verwijdering van materiaal.	
4A	Geringe sporen van onthechting langs de insnijdingen.	
3A	Kartelvormige verwijdering van materiaal langs de insnijdingen tot 1,6 mm aan beide zijden.	
2A	Kartelvormige verwijdering van materiaal langs het grootste deel van de insnijdingen tot 3,2 mm aan beide zijden.	
1A	Verwijdering van de verflaag op het grootste deel van "X"-vormige insnijding.	
0A	Verwijdering van materiaal tot buiten de "X"-vormige insnijding.	

10.2.18 Hechting, Pull-off test

Door op het te testen oppervlak een zogenaamde dolly vast te lijmen kan met een speciaal hydraulisch trekapparaat een trekkracht op de Dolly wordt uitgeoefend. De maximale trekkracht waarbij een breuk optreedt tussen de dolly en het verlijmde oppervlak is maat voor de hechting van het verfsysteem.

Het te testen oppervlak moet voldoende sterkte en stijfheid bezitten om de uit te oefenen kracht op te vangen. Bij niet horizontale bevestiging van de dolly moet het trekapparaat ondersteund worden om het eigen gewicht van het trekapparaat te compenseren. Zijdelingse krachten op de dolly moeten vermeden worden.

Na zorgvuldig reinigen van het te testen oppervlak worden een aantal zogenaamde "dollies" bevestigd met epoxy of acrylaat lijm op het te testen verfsysteem.

Na uitharding van de lijmlaag wordt de verffilm eventueel rond de testdolly doorgesneden (optie) tot op de ondergrond met behulp van bijvoorbeeld een mes of boorkern.

Met behulp van een hydraulische PAT of HATE meter wordt vervolgens een oplopende trekspanning op de testdolly uitgeoefend totdat:

- de testdolly losbreekt van het oppervlak;
- een voorgeschreven testwaarde is bereikt.

Het gebruik van mechanische testers is niet toegestaan.

Er wordt een beoordeling gegeven van de kracht in N/mm² welke wordt uitgeoefend op het moment dat de testdolly als gevolg van de aangebrachte trekspanning wordt gelost van de ondergrond. De aard van de breuk wordt eveneens beoordeeld en deze wordt uitgedrukt in percentage breukoppervlak met de omschrijving waar de breuk optreedt en de beschrijving of het adhesieve en/of cohesieve breuken betreft. Dit zijn respectievelijk breuken tussen verflaag en ondergrond en verflagen onderling, of breuken in één der verflagen, of combinaties hiervan. Dit aspect van de beoordeling is zeker zo belangrijk als de maximale trekspanning.

Het opvoeren van de trekspanning moet geleidelijk plaatsvinden (± 1 MPa/s) en deze moet in ongeveer 100 seconden op de breuk- of testkracht gebracht worden.

Het navolgende dient te worden gerapporteerd (tenzij anders overeengekomen):

- referentie naar de gehanteerde standaard;
- test apparatuur, type en merk;
- plaats en datum waar de test werd uitgevoerd, laboratorium, on site;
- omgevingscondities gedurende de test;
- dolly's, aantal, type;
- ondergrond en voorbehandeling hiervan;
- verfsysteem, gespecificeerd in verflagen;
- laagdikte;
- testresultaat overeenkomstig onderstaand schema/voorbeeld.

Dolly nr.	Behaalde waarde (MPa)	Omschrijving breukvlak
1	15	100% adhesief tussen de lijm en de dolly
2	13	80% adhesief tussen de lijm en de dolly, 20% cohesief in primer X
Etc.		

10.2.19 Poriëndetectie laagspanning NACE RP 0188

Bij het detecteren van poriën in een verflaag met behulp van een zogenaamde spons tester wordt het oppervlak van de te testen verflaag met behulp van een taster, voorzien van een spons waarin leidingwater is geabsorbeerd, afgetast met een constante snelheid van 0,3 m/s. Aan het leidingwater wordt een vooraf bepaald percentage product toegevoegd welke de oppervlaktespanning van het water verlaagt. Hierdoor wordt het indringvermogen van het water vergroot. Tevens bevordert dit de geleiding van de elektrische stroom door het water.

De metalen ondergrond van de te testen verflaag is via een aardedraad verbonden met het testapparaat. Op de aan de taster bevestigde spons wordt een spanning van 90 V gezet. Wanneer de taster op een in de verflaag aanwezige porie of andersoortige opening in het verfsysteem wordt gehouden, zal een elektrisch circuit ontstaan via de metalen ondergrond van de verflaag. Als gevolg hiervan zal het testapparaat door middel van een alarm de aanwezigheid van een porie, welke doorloopt tot aan de metalen ondergrond, aangeven.

Rapportage tenzij anders overeengekomen:

- referentie naar de gehanteerde standaard;
- datum waarop de test heeft plaatsgevonden;
- object waarop de test werd uitgevoerd;
- type en merk verfsysteem;
- laagdikte verfsysteem;
- testspanning als opgegeven door de verfleverancier;
- gehanteerde testspanning;
- plaats en aantal van de gevonden gebreken;
- aard en oorzaak van de gevonden gebreken;
- eventuele afwijkingen van de procedure.

10.2.20 Poriëndetectie, hoogspanning NACE RP 0188

Bij het detecteren van poriën in een verflaag met behulp van een hoogspanning poriën detector wordt de oppervlakte van de verflaag met behulp van een taster, voorzien van een koperborstel, afgetast met een constante snelheid van 0,3 m/s. Het oppervlak van het te testen verfsysteem mag slechts één keer worden afgetast, overlappingen met reeds geteste oppervlakken dienen te worden vermeden.

De (metalen) ondergrond van de te testen verflaag wordt via een aarde draad verbonden met het testapparaat. Op de aan de taster gemonteerde borstel wordt een hoge elektrische spanning aangebracht. De hoogte van deze spanning wordt bepaald aan de hand van de minimale voorgeschreven laagdikte van het verfsysteem en het aantal volts per micrometer verflaagdikte volgens opgave van de fabrikant van het verfproduct. Als vuistgetal wordt doorgaans een waarde van 6 V per micrometer aangehouden.

Wanneer de borstel op of in de nabijheid van poriën of andersoortige openingen in het verfsysteem wordt gebracht zal onder invloed van de hoge spanning een elektrisch circuit ontstaan via het onderliggend metaal. Deze is zichtbaar door het overslaan van een vonk tussen borstel en ondergrond en hoorbaar via de alarmzoemer van het testapparaat.

De test kan niet worden uitgevoerd op vochtige ondergronden. Om schade aan de verf te voorkomen zal deze volledig moeten zijn uitgehard voordat met de detectie kan worden begonnen. Bij het ondeskundig uitvoeren van deze testmethode kan blijvende schade aan het verfsysteem ontstaan.

Rapportage, tenzij anders overeengekomen:

- referentie naar de gehanteerde standaard;
- datum waarop de test heeft plaatsgevonden;
- object waarop de test werd uitgevoerd;
- type en merk verfsysteem;
- laagdikte verfsysteem;
- testspanning als opgegeven door de verfleverancier;
- gehanteerde testspanning;
- plaats en aantal van de gevonden gebreken;
- aard en oorzaak van de gevonden gebreken;
- eventuele afwijkingen van de procedure.

10.2.21 Verkrijting volgens NEN-EN-ISO 4628/6

Verkrijting is het proces waarbij het bindmiddel en/of pigmenten worden afgebroken onder invloed van UV straling. Als gevolg van dit degradatieproces ontstaat na verloop van tijd een poedervormige laag bestaande uit vrijgekomen pigmenten en restanten van het bindmiddel.

Bij de beoordeling van de mate van verkrijting volgens NEN-EN-ISO 4628/6 wordt een transparant zelfklevende tape met een breedte van ongeveer 25 mm op de te beoordelen ondergrond geplakt. De tape wordt stevig aangedrukt met de vinger en daarna verwijderd. De verwijderde tape wordt op een witte dan wel zwarte ondergrond geplaatst, afhankelijk van de kleur van de te beoordeling conservering. Het kleurcontrast wordt vergeleken met de schaalverdeling in de norm en gewaardeerd in een klasse 0 tot 5.

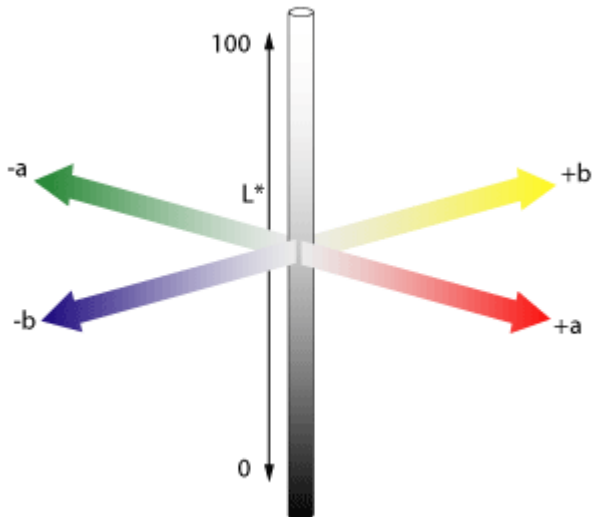
10.2.22 Verkleuring met behulp van DIN 6174

Met verkleuring wordt bedoeld de fotochemische aantasting van de conservering onder invloed van UV straling.

Het stellen van eisen met betrekking tot verkleuring is uitsluitend aan de orde als de conservering op het object een duidelijke esthetische functie heeft en het verlies van deze functie als onacceptabel wordt beschouwd. De kleurvastheid van een product en/of systeem kan als producteis worden geformuleerd in de vorm van een gedefinieerde prestatie in Florida buitenexpositietest, WOM test of QUV test. De weerstand tegen verkleuring kan ook als een prestatie-eis worden geformuleerd via het meten van de mate van verkleuring in relatie tot de verstreken tijd.

De mate van verkleuring van een conserveringsysteem kan worden bepaald door de kleur op twee momenten te "meten", nadat de kleur (in de vorm van een eindlaag) is aangebracht en na blootstelling aan de atmosfeer na het verstrijken van een bepaalde tijd. Door het verschil tussen de oorspronkelijke kleurmeting en de actuele kleurmetingen te berekenen kan een kleurverschil worden gedefinieerd. We noemen dit een ΔE (Delta E) waarde. De meting van de kleur wordt uitgevoerd volgens de CIE lab methode. Het CIE lab systeem kent drie assen, nl:

- L: beschrijving van de helderheid (0-zwart, 100-wit)
- a: beschrijving van de kleur op de Rood-Groen as ('-' -Groen, '+' -Rood)
- b: beschrijving van de kleur op de Blauw-Geel as ('-' -Blauw, '+' -Geel)



Het verschil in de L, a en b waarden tussen twee metingen wordt uitgedrukt in een zogenaamde ΔE waarde. De kleur kan worden gemeten met een kleurmeter zoals bijvoorbeeld een Hunterlab miniscan of een vergelijkbaar apparaat.

Omdat bij het maken van een kleur volgens een kleurenstandaard (bijvoorbeeld RAL) al een kleurverschil ontstaat zal de kleur van de conservering, zoals daadwerkelijk aangebracht op het object, als referentie worden gebruikt. Er zullen meerdere metingen moeten worden uitgevoerd op een aantal vooraf gedefinieerde plaatsen. Er dienen uitsluitend plaatsen als referentie te worden gebruikt die in het normale gebruik van het object zichtbaar zijn. Eventueel aanwezige verkrijting en vervuiling dient voor het nemen van een kleurmeting te worden verwijderd met water en een emulgerend reinigingsmiddel. De "nul" metingen en de verkleuringsmetingen moeten met hetzelfde (type) meetapparaat worden uitgevoerd.

De te hanteren ΔE waarde (toegestaan kleurverschil) is afhankelijk van de keuze, beleving en expositietijd van de betreffende kleur. De beleving van een kleur (en kleurverschil) is gevoelsmatig en in hoge mate subjectief, een ΔE waarde is slechts een getal en geeft niet werkelijk aan wat de toe te laten mate van verkleuring is.

De beslissing over de te hanteren ΔE waarde dient dan ook bij voorkeur te worden gemaakt aan de hand van verschilmetingen tussen een monster van de referentiekleur (oorspronkelijke kleur) en de via één van de eerder genoemde testen gedegradeerde (verkleurde) kleur welke nog juist als (visueel) acceptabel wordt beschouwd door de gebruiker(s) van het object.

10.2.23 Eisen metalliseerlagen

Thermisch gespoten deklagen dienen visueel een goed uiterlijk te hebben zonder blisters, dunne plaatsen, blaren of losse deeltjes (loose particles).

Laagdiktes moeten gemeten worden met een standaard elektromagnetische laagdiktemeter. De laagdikte dient overeen te komen met de bepalingen van NEN-ISO 19840.

Een correcte werking van de apparatuur van iedere afzonderlijke operator dient voor aanvang van iedere shift aangetoond te worden. Dit geldt tevens telkens nadat de instellingen van de apparatuur gewijzigd zijn.

Bij thermisch gespoten deklagen moeten hechtproeven uitgevoerd worden door middel van Pull-off testen conform ISO 4624. De minimaal vereiste waarde is 5 MPa (zie ook 10.2.15).

10.2.24 Persoonscertificering

Conserveringswerkzaamheden moeten worden uitgevoerd door aantoonbaar gecertificeerd personeel. Deze certificatie moet door de opdrachtgever zijn erkend.

Dit betekent:

1. Het "Examenreglement certificatie van vakbekwaamheid" volgens [NEN-EN ISO/IEC 17024](#) is van toepassing.
2. Daarnaast is het "[Deelreglement Metaalconserveren](#)" van toepassing. In dit reglement zijn eisen vastgelegd met betrekking tot het examen en voorwaarden voor geldigheid van de certificaten van de bekwaamheden in overeenstemming met de "[Deelreglement Metaalconservering](#)"-profielen "Straler-1", "Constructieschilder", "Spuiter-1", "Straler-2" en "Spuiter-2".
3. Minimaal 75% van de metaalconserveerders op elke locatie waar werkzaamheden worden uitgevoerd moet in het bezit zijn van het "persoonscertificaat" in overeenstemming met het "Deelreglement Metaalconservering". De overige 25% moeten hun werkzaamheden uitvoeren onder verantwoording van een gecertificeerde "metaalconserveerder".

10.2.25 Eisen vakbekwaamheid aanbrengen metalliseerlagen

Tot de datum dat er geaccrediteerde vakbekwaamheidcertificaten zijn voor operators van thermisch gespoten deklagen dient men middels overhandiging van CV's van de betrokken medewerkers de vakbekwaamheid aan te tonen.

Medewerkers betrokken bij thermisch gespoten deklagen moeten aantoonbaar een zelfde type constructie van vergelijkbare complexiteit onder dezelfde condities (hal of bouwplaats), met het betreffende product en de betreffende techniek uitgevoerd hebben.

10.3 Definities en afkortingen

10.3.1 Definities

In deze specificatie zijn de volgende definities van toepassing:

Benatting	Het (laten) aanhechten of de mate van aanhechting van een verflaag op een voorgaande verflaag of op een ondergrond. Deze hechting vindt plaats onder invloed van de zogenaamde "Van der Waals krachten"
Dubbelingen	Een fout in het oppervlak welke ontstaat bij het walsen van het staal. Hierbij wordt een laminaat van reeds gestold staal in het oppervlak gedrukt tijdens het walsen. Dit laminaat heeft onvoldoende hechting met het overige materiaal en wordt vaak pas zichtbaar na het stralen.
Hold-point	Een stap in de kwaliteitscontroleproces waarbij het proces pas verder gaat nadat formele acceptatie of acceptatie van de betreffende stap heeft plaatsgevonden. Hold-point wordt soms ook in het Nederlands als een "stop punt" aangeduid
Macro-expositie	Het (macro)klimaat waaraan het totale object wordt blootgesteld. Dit wordt gedefinieerd aan de hand van de ligging en/of de aard (binnen of buitenexpositie) van het object. De definitie vindt plaats aan de hand van ISO 12944 en is verdeeld in verschillende klassen.
Metalliseren	Het via een spuitproces aanbrengen van een metaallaag op een ondergrond. Het metaal wordt daartoe verhit, vloeibaar gemaakt en door middel van een onder druk vrijkomend gas naar het oppervlak getransporteerd. Verhitting kan plaatsvinden met behulp van een gasvlam (acetyleen) door middel van een elektrische vlamboog of in de vorm van een plasmaproces
Mometaan-waarde	De momentane belasting op een constructie is de belasting die op een bepaald moment vrijwel zeker op een constructie aanwezig is. Het gaat hier om een veranderlijke belasting .
Bevoegd gezag	De betreffende, gezaghebbende controlerende (overheids)instantie.

10.3.2Afkortingen

In deze specificatie zijn de volgende afkortingen van toepassing:

DFT	Dry film thickness (droge laagdikte)
LEL	Lower explosion limit (onderste explosiegrens)
MAC	Maximaal aanvaardbare concentratie
WVO	Wet verontreiniging oppervlaktewater
AMvB	Algemene maatregel van bestuur
ISO	International Standard Organisation
ASTM	American Society for Testing and Materials
NEN	Nederlandse Norm
NACE	National Association of Corrosion Engineers
SSPC	Steel Structure Painting Council
DIN	Deutsches Institut für Normung
IEC	International Electrotechnical Commission

Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst

deelrapport 2, voorlopige systeemeisen

**Uitgave in het kader van het PSIBouw-project
Professionaliseren Staalconserveren**

Werkgroep: Productkwaliteit

Documentcode: SCON-2008-683-TCE
Versienummer: 1.0
Status: Definitief
Datum: 30-10-2008

Auteur(s):

Ing. J. van Montfort
Ing. L.F.J.M. Linssen

Intron B.V.
DeltaRail

Met medewerking van:

N.G. Geelkerken
Ir. W.H. Verburg
Ing. G. Jonkers
P. Braat
P. Rol
G. Noordhuis
E.J. Meeuwssen

VVVF / International Paint Nederland B.V.
Adviesbureau voor Bouwmarketing
VVVF
MOPP B.V.
(voorheen) NAM/SHELL
VVVF / Zandleven Groep Holland
Bodycote RPC

Initiatieffase
(risico-analyse,
objectinfo, budget)

Dit document kan worden toegepast in de Bestek/Contractfase en de Uitvoeringsfase van een project.

Ontwerpfase
(PvE, vergunningen,
prestatie-eisen)

**Bestek/contract
opstellen**

**Aanbesteding &
gunning**

Uitvoeringsfase

**Garantie/onder-
houdsfase**

PSIBouw project O210 Professionaliseren Staalconserveren

Projectleider Ir. A. Heutink 30 oktober 2008



Voorzitter Prof.Ir. E.L.J. 30 oktober 2008
Stuurgroep Bancken



Het project en dit document

Het project Professionaliseren Staalconserveren is onderdeel van het Programma PSIBouw. PSIBouw is een netwerk van vernieuwers in de Nederlandse bouwsector.

Dit document is ontwikkeld door ketenpartijen in de sector staal en staalbescherming in het project. In dit project werken de volgende ketenpartijen samen aan technische en organisatorische vernieuwingen:

- Sectorvereniging Staalconserveringsbedrijven (SVMB)
- Vereniging van Verf- en Drukinktfabrikanten (VVVF)
- Bouwen met Staal (BmS)
- Samenwerkende Nederlandse Staalbouw (SNS)
- Opdrachtgeversoverleg Staalconservering (OGOS)
- Ingenieursplatform Staalconserveren
- Wetenschap (TUD, TU/e, UT)

PSIBouw staat voor Proces- en Systeeminnovatie in de Bouw. Dit innovatieprogramma is van en voor alle opdrachtgevers, bedrijven, adviseurs en wetenschappers en de bouwsector. PSIBouw brengt hun kennis en ervaring samen én stelt deze beschikbaar voor de hele bouwsector.

Binnen het project Professionalisering Staalconserveren zijn gezamenlijke inzichten en documenten ontwikkeld die, specifiek voor toepassing in de sector staal en staalconservering, invulling geven aan de PSIBouw hoofdthema's transparantie, innovatie en prijs/kwaliteitverhoudingen.

Dit document is één van deze documenten.

PSIBouw streeft brede toepassing na van de ontwikkelde kennis en inzichten. Daarom rust op dit document geen auteursrecht en mag eenieder (delen van) dit document gebruiken in de eigen bedrijfspraktijk. Voor een correcte toepassing van (delen van) dit document is echter wel inhoudelijke conserveringskennis noodzakelijk.

Dit document wordt beheerd door het Kennisplatform Duurzame Staalconstructies i.o. Voor meer informatie: www.staalplaza.nu

Samenvatting

Het rapport behoort bij deelrapport 1, het basisdocument professionalisering staalconservering – eisen, testmethoden, nu en in de toekomst - en behandelt de voorlopige systeemeisen.

Hoofdstuk1, de inleiding, geeft achtergrond en doelstelling, en sluit volledig aan bij het basisdocument. Hoofdstuk 2 beschrijft de huidige stand van indeling op levensduur (hier gaat het om >15 jaar), een vergelijking van bestaande eisenpakketten (hier gaat het om de gekozen verwerkingstesten ISO 20340 en WOM test, waarvan wordt aangegeven dat alleen deze twee de duurzaamheid van coatings trachten te testen op aspecten die als essentieel worden beschouwd) en de motivatie van de voorlopige testopzet.

Hoofdstuk 3 beschrijft de voorlopige aanpak; behandelt worden laboratoriumtesten en toetsingseisen, proefpanelen, fingerprints (chemisch en mechanisch), praktijkervaring, in situ metingen en milieu- en arbo-eisen. Wat betreft de praktijkervaring dient 3 jaar volledig vergelijkbare ervaring te worden aangetoond. Beschreven wordt hoe de beoordeling van referentieobjecten of referentievlakken moet gebeuren. Voor de in situ metingen worden beoordelingsaspecten, normen en eisen aangegeven.

De hoofdstukken 4 en 5 geven literatuurverwijzingen.

Tenslotte wordt in een bijlage de voorgestelde toetsingsopzet van verfproducten en – systemen beschreven. Onderscheiden worden testen en eisen voor veroudering van verfsystemen voor (A) nieuwbouw, (B) onderhoud en (C) thermisch gespoten aluminiumlagen met en zonder aanvullend verfsysteem. In tabellen wordt gedetailleerd informatie gegeven over inzetklasse (ISO 12944), laagdikte, snelverwerkingstest (ISO 20340, WOM test, ISO 11341, ISO 2812, ISO 6270, ISO 15711), testduur, type proefpaneel, beoordelingscriteria (de meeste volgens ISO normen) en eventueel aanvullende opmerkingen.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Doelstelling	7
1.3	Inperking	7
2	HUIDIGE STAND	8
2.1	Levensduur	8
2.2	Vergelijking bestaande eisenpakketten	8
2.3	Motivatie voorlopige testopzet	8
3	VOORLOPIGE AANPAK	9
3.1	Laboratoriumtesten en toetsingseisen	9
3.1.1	Keuze verwerkingstesten.	9
3.1.2	Keuze proefpanelen.	9
3.2	Productidentificatie/Fingerprints	10
3.3	Praktijkervaring	11
3.3.1	Referentieobjecten	11
3.3.2	Referentievlakken (proefvlakken)	12
3.3.3	In situ metingen	13
3.4	Milieu- en Arbo-eisen	14
4	LITERATUUR WAARNAAR IN DE TEKST VAN DEELRAPPORT 2 WORDT VERWEZEN	15
5	OVERIGE GERAADPLEEGDE LITERATUUR	16
	BIJLAGE 1. VOORGESTELDE TOETSINGSOPZET	17
	BIJLAGE 1A. TESTEN EN EISEN VOOR DE VEROUDERING VAN VERFSYSTEMEN VOOR NIEUWBOUW.	17
	BIJLAGE 1B. TESTEN EN EISEN VOOR DE VEROUDERING VAN VERFSYSTEMEN VOOR ONDERHOUD.	1

**BIJLAGE 1C. TESTEN EN EISEN VOOR DE VEROUDERING VAN
THERMISCH GESPOTEN ALUMINIUMLAGEN MET EN ZONDER
AANVULLENDE VERFSYSTEEM.**

3

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Dit rapport betreft het deelrapport 2 van de door de werkgroep Product&Kwaliteit geleverde documenten.

Conform het originele projectplan dient de werkgroep Product & Kwaliteit concreet de volgende producten te leveren:

1. **set van laboratoriumtesten** die een betrouwbare voorspelling van de duurzaamheid van verfsystemen in de praktijk geven
2. **toetsingscriteria** voor beoordeling van constante kwaliteit van het conserveringssysteem verfproducten
3. voorstel voor **toekomstige productontwikkelingen** van duurzame conserveringssystemen
4. **ontwerpspecificaties** voor een nieuwbouw- en een onderhoudssituatie die randvoorwaarden zijn voor het ontwerp
5. notitie relatie met **milieuwetgeving**.

Dit rapport omvat de eerste twee te leveren producten, namelijk:

1. **set van laboratoriumtesten** die een betrouwbare voorspelling van de duurzaamheid van verfsystemen in de praktijk geven
2. **toetsingscriteria** voor beoordeling van constante kwaliteit van het conserveringssysteem verfproducten.

Het betreft de set van **voorlopige** laboratoriumtesten gebaseerd op de huidige kennis. Dit rapport kan dan ook niet los gezien worden van het basisdocument (SCON-2008-682-TCE).

1.2 Doelstelling

Het doel van dit document is het doen van voorstellen van de **voorlopige** set met eisen waar verfsystemen aan moeten voldoen.

Dit rapport omvat de onderstaande aspecten:

- set van voorlopige laboratoriumtesten die een betrouwbare voorspelling van de duurzaamheid van verfsystemen in de praktijk geven
- toetsingscriteria voor beoordeling van constante kwaliteit van het conserveringssysteem verfproducten
- praktijkervaring
- milieu- en arbo-eisen die aan verfproducten gesteld worden.

1.3 Inperking

Met betrekking tot het doel van de werkgroep heeft de werkgroep zich beperkt tot verfsystemen die toegepast worden in de belastingsklassen C3, C4, C5-I, C5-M, Im1 en Im2 volgens ISO 12944-2.

2 Huidige Stand

2.1 Levensduur

In de norm ISO 12944 deel 1 wordt gesproken over onderstaande beschermingsduren te weten:

- Low: 2 tot 5 jaar,
- Medium: 5 tot 15 jaar,
- High: > 15 jaar.

De scope van deze werkgroep betreft verfsystemen met een beschermingsduur van meer dan 15 jaar.

Verfsystemen met kortere beschermingsduren zijn niet meegenomen omdat verfsystemen die de PSI- Bouw deelnemende opdrachtgevers toepassen een beschermingsduur eisen (en op dit moment ook hebben) van meer dan 15 jaar.

Samengevat: de werkgroep beschouwt alleen conserveringssystemen die een langdurige bescherming moeten bieden en waarbij het risico op falen zo veel mogelijk moet worden beperkt om onvoorziene gevolgkosten te kunnen voorkomen.

2.2 Vergelijking bestaande eisenpakketten

Het rapport (lit.1) van Leon Linssen geeft een overzicht van de eisenpakketten van de deelnemende OGOS-leden. Aan de hand van dit overzicht is door de OGOS-leden een gezamenlijk eisenpakket opgesteld (lit. 2). Hieruit blijkt dat er op dit moment twee testen zijn die de duurzaamheid van coatings trachten te toetsen op de aspecten die door de werkgroep als essentieel worden beschouwd. Het betreft:

- ISO 20340, inclusief immersie conform ISO 2812-2.
- WOM (weather-o-meter test uit keuzemethodiek van RWS).

In dit OGOS-eisenpakket is opsplitsing gemaakt per corrosie-belastingsklasse (C3, C4, C5-I, C5-M, Im1 en Im2 volgens ISO 12944-2).

Het is zinvol om cyclische- c.q. wisseltesten uit te voeren voor hogere belastingsklassen vanaf C4. De verfleverancier kan informatie aanleveren over zijn verfsysteem.

De werkgroep beveelt aan om in ieder geval altijd de mechanische eigenschappen van de verfproducten voor en na de genoemde verwerkingstesten te bepalen. Hiervoor zijn nog geen duidelijk criteria voorhanden. De bedoeling is dat onderzocht wordt of we deze in de nabije toekomst wel kunnen gebruiken als toetsingscriteria. Dit wordt toegelicht in deelrapport 1, het basisdocument.

2.3 Motivatie voorlopige testopzet

Voor de motivatie van de gekozen voorlopige testopzet wordt verwezen naar deelrapport 1, het basisdocument.

3 Voorlopige aanpak

Om van een verfsysteem aan te tonen dat het voldoet aan de voorlopige eisen dienen de onderstaande stappen te worden doorlopen.

- Het verfsysteem dient onderzocht te worden door middel van de voorgeschreven laboratoriumtesten en te voldoen aan de toetsingeisen (zie hoofdstuk 3.1).
- Het verfsysteem en verfproducten dienen te worden geïdentificeerd (zie hoofdstuk 3.2).
- De 3 jarige praktijkervaring van het verfsysteem dient te worden aangetoond (zie hoofdstuk 3.3).
- Het verfsysteem dient te voldoen aan de milieu- en arbo-eisen (zie hoofdstuk 3.4).

3.1 Laboratoriumtesten en toetsingeisen

De werkgroep stelt voor, om **voorlopig** de productkwaliteit te toetsen volgens de toetsingsopzet zoals vermeld in **bijlage 1** van dit document. Bij deze toetsingsopzet is een splitsing gemaakt tussen de corrosie-belastingsklasse volgens ISO 12944-2, waarin een verfsysteem wordt toegepast.

Een aantal punten wordt in dit hoofdstuk nog nader toegelicht

De werkgroep beveelt aan deze toetsingsopzet te handhaven totdat de resultaten van het vervolgonderzoek (zie deelrapport 1, het basisdocument) bekend zijn.

3.1.1 Keuze verwerkingstesten.

Met betrekking tot de keuze voor de verwerkingstesten is de werkgroep van mening dat op grond van de huidige stand van de kennis de gekozen verwerkingstesten het beste aansluiten bij het simuleren van de onderkende faalinvloeden en mechanismen. Voor verdere toelichting zie deelrapport 1, het basisdocument.

3.1.2 Keuze proefpanelen.

De werkgroep stelt voor met betrekking tot de keuze van de proefpanelen gebruik te maken van de onderstaande panelen.

- Vlakke panelen.
- Groevenpanelen.

Groevenpanelen worden gebruikt voor het beoordelen van de dimensieveranderingen. Er is een afweging gemaakt tussen het toepassen van groevenpanelen en T-profielen. Op grond van een notitie van de NEN (lit. 6) adviseert de werkgroep te kiezen voor groevenpanelen.

- Folie (losse verffilm).

Folie worden toegepast voor het bepalen van de diverse mechanische eigenschappen van een verf.

3.2 Productidentificatie/Fingerprints

Om de kwaliteit van het product te kunnen vastleggen is het essentieel dat het product zo eenduidig mogelijk wordt geïdentificeerd.

Hiervoor zijn volgens de werkgroep 2 methoden van toepassing:

1. Chemische analyse
2. Mechanische analyse

Chemische analyse

Van de ten behoeve van laboratoriumonderzoek toegepaste verfproducten beveelt de werkgroep aan de 0-situatie van het natte product (zowel A als B component indien van toepassing) vast te leggen door middel van fingerprints conform ISO 20340, aangevuld met een XRF.

Ook beveelt de werkgroep aan een fingerprint analyse uit te voeren van het droge verfsysteem dat alle lagen van het conserveringssysteem bevat. De fingerprint bestaat uit een FTIR analyse van alle lagen (middels de aanstraaltechniek) en een XRF analyse van het totale systeem.

Daarnaast kan, afhankelijk van het risico van het project, of wanneer de opdrachtgever twijfelt over het gebruik van de juiste verfproducten, op een werk fingerprints verlangen.

In deelrapport 3, de kwaliteitsverklaring, wordt de door de werkgroep voorgestelde werkmethode beschreven.

De werkgroep beveelt aan deze nog eens grondig te laten analyseren door de werkgroep contracten.

Mechanische analyse

Naast een chemische identificatie beveelt de werkgroep aan om ook de 0-situatie van mechanische eigenschappen van het complete opgebouwde systeem te bepalen.

Hiervoor dient het systeem op een folie te worden aangebracht en uitgehard onder laboratorium omstandigheden en gedurende de periode conform voorschrift van de leverancier. Hiervan worden de volgende parameters bepaald:

- Treksterkte en rek bij breuk voor en na 7 dagen expositie bij 40 °C
- E-modulus voor en na 7 dagen expositie bij 40 °C
- Massaverlies en krimp na 7 dagen expositie bij 40 °C.

De voorgestelde werkwijze voor zowel de chemische als de mechanische analyse is te beschouwen als voorlopig. De werkgroep beveelt aan om een onderzoek te starten naar de exacte uitvoering en de te hanteren afkeurgrenzen m.b.t. de chemische en mechanische fingerprints. Dit wordt verder toegelicht in het deelrapport 1, het basisdocument.

3.3 *Praktijkervaring*

Van een verfsysteem dient te worden aangetoond dat de verfleverancier **drie jaar aantoonbare ervaring** op een vergelijkbare constructie en ondergrond en onder vergelijkbare omstandigheden heeft. Deze praktijkervaring wordt aangetoond door het op onderstaande wijze beoordelen van referentieobjecten of referentievlakken (proefvlakken).

3.3.1 Referentieobjecten

Praktijkervaring in de vorm van referentieprojecten kan zeer waardevolle informatie zijn, mits de beoordeling van het te inspecteren object/conserveringssysteem volgens een vaste systematiek plaatsvindt.

Op hoofdlijnen dient per object het onderstaande te worden omschreven/onderzocht.

1. Omschrijving object

- a. oriëntatie.
- b. specifiek details over ligging:
 - i. boven water
 - ii. chemische belastingen (bijv. strooizout)
 - iii. mechanische belastingen
 - iv. etc.
- c. type constructiedelen:
 - i. conditie lasnaden (glad, ruw)
 - ii. klinknagels
 - iii. hoeken, naden, spleten
 - iv. etc.

2. Identificatie conserveringssysteem

- a. fingerprint analyse met FTIR
- b. laagdiktemeting en laagdikte opbouw met microscoop

3. Te beoordelen onderdelen conditie conserveringssysteem

- a. Van elk object dienen minimaal de volgende details te worden beoordeeld:
 - i. UV-belaste details/delen
 - ii. Condens belaste details/delen
 - iii. Vuil belaste details/delen
 - iv. Temperatuur belaste details/delen (kleur in combinatie met oriëntatie).

4. Te beoordelen conditie conservering

Beoordeling s- aspect	Norm	Eis 0-5 jaar	Eis na >5 jaar	Opmerking*)
Hechting	ISO 2409	Klasse 0 of 1	Klasse 0 of 1	Laagdikte < 250 µm
	ASTM D3359	Minimaal 4a	Minimaal 4a	Laagdikte ≥ 250 µm
Roestvorming	ISO 4628/3	Geen	Ri-1	
Barstvorming	ISO 4628/2	Geen	Geen	
Scheurvorming	ISO 4628/4	Geen	Geen	
Onthechting, afbladderen	ISO 4628/5	Geen	Geen	
Glans	ISO 2813	Afhankelijk van kleur en type verf	Afhankelijk van kleur en type verf	Voor beoordelen degradatie? Veel glansverschil over hele object, vaak al t.g.v. applicatie.
Kleur	DIN 6174 (CIELAB)	Afhankelijk van kleur en type verf	Afhankelijk van kleur en type verf	Veel kleurverschil over hele object, vaak al t.g.v. applicatie.
Verkrijting	ISO 4628/6	Afhankelijk van kleur en type verf	Afhankelijk van kleur en type verf	

3.3.2 Referentievlakken (proefvlakken)

Ten behoeve van het beoordelen van nieuwe ontwikkelingen kunnen opdrachtgevers de verfleveranciers de mogelijkheid bieden om de performance aan te tonen door middel van het laten aanbrengen van een verfsysteem op referentievlakken (proefvlakken). Hiervoor moet een representatief gedeelte (minimaal 100 m²) van een brug behandeld worden. Op dezelfde brug wordt ook een proefvlak gezet met het referentiesysteem. Het referentievlak wordt na 3 jaar beoordeeld en dient te voldoen aan de eisen zoals genoemd bij 'Referentieobjecten'.

3.3.3 In situ metingen

In het verlengde van de praktijkervaring is er behoefte aan een set beoordelingscriteria waarmee het verfsysteem op een object kan worden beoordeeld.

Nadeel van de beschikbare methoden is dat, afgezien van de glansmeting en hechtingstest, deze criteria alleen visueel zichtbare aspecten beschrijven. Omdat er op dit moment geen betere methoden beschikbaar zijn adviseert de werkgroep voorlopig de in tabel 2 genoemde beoordelingscriteria toe te passen.

Tabel 2. In situ beoordelingsaspecten.

Beoordelingsaspect	Norm	Eis na oplevering	Eis na garantieperiode van bijv. 5 jaar	Opmerking*)
Hechting	ISO 4624	> 3 MPa	> 3 MPa	
	ISO 2409	Klasse 0 of 1	Klasse 0 of 1	Laagdikte < 250 µm
	ASTM D3359	Minimaal 4a	Minimaal 4a	Laagdikte ≥ 250 µm
Roestvorming	ISO 4628/3	Geen	Geen	
Barstvorming	ISO 4628/2	Geen	Geen	
Scheurvorming	ISO 4628/4	Geen	Geen	
Onthechting, afbladderen	ISO 4628/5	Geen	Geen	
Glans	ISO 2813	Gespecificeerde glans ± 10% (bij 60°)	Afhankelijk van kleur en type verf	Voor beoordelen degradatie? Veel glansverschil over hele object, vaak al t.g.v. applicatie.
Kleur	DIN 6174 (CIELAB)	Gespecificeerde kleur	Afhankelijk van kleur en type verf	Veel kleurverschil over hele object, vaak al t.g.v. applicatie.
Verkrijting	ISO 4628/6	<1	Afhankelijk van kleur en type verf	

*) Het interventieniveau is niet aangegeven omdat dit afhankelijk is van het gekozen beleid van de opdrachtgever.

Ook dient nog aangegeven te worden dat degradatie op detailniveau bepaald dient te worden en niet integraal over de hele constructie.

3.4 Milieu- en Arbo-eisen

Ten behoeve van milieu kunnen eisen worden gesteld met betrekking tot:

- Het toepassen van gevaarlijke stoffen.
Hierbij dienen toe te passen verven en verfsystemen te voldoen aan van kracht zijnde nationale en Europese wet- en regelgeving. Hierin is het gebruik van gevaarlijke stoffen geregeld en de daaraan gekoppelde veiligheidsmaatregelen en etikettering.
- Het gebruik van VOS (Vluchtige Organische Stoffen)
Dit betreft hoofdzakelijk de oplosmiddelen. Het toepassen van oplosmiddelen is feitelijk een verbijzondering van toepassing van gevaarlijke stoffen in algemene zin.
Er is nog geen Europese richtlijn van kracht die het maximum niveau aan VOS in verfproducten voor metaal conservering regelt. In de nabije toekomst valt dit wel te verwachten. Momenteel wordt daar aan gewerkt door de Europese Commissie voor Milieu. CEPE, de Europese koepelorganisatie voor de verfindustrie, is nauw betrokken bij de totstandkoming van regelgeving hiervoor.
- Life Cycle Analyses (LCA's)
LCA's zijn een middel om op een evenwichtige wijze een afweging te maken over de milieubelasting van een verfsysteem. Bij LCA's gaat het om een "wie tot het graf" benadering. Alle aspecten van milieubelasting worden meegerekend. Dit betreft o.a. winning van grondstoffen, vervoer van grondstoffen, productie van verven, vervoer van verven, energie verbruik, applicatie van verfsystemen, verwijderen van oude verflagen, emissies van stoffen, en de levensduur van verfsystemen.

Opdrachtgevers kunnen aanvullende eisen stellen ten aanzien van gebruik van gevaarlijke stoffen en oplosmiddelen.

4 Literatuur waarnaar in de tekst van deelrapport 2 wordt verwezen

1. Titel: "Overzicht eisen verfsystemen van OGOS-deelnemers, versie 15 december 2006", documentnummer: SCON-2006-324-TCE, datum: 15 december 2006, auteur: Leon Linssen namens OGOS.

2. Titel: "Notitie Gezamenlijke eisen verfsystemen", documentnummer: SCON-2006-352-TCE, versie 16 januari 2007, auteur: Leon Linssen namens OGOS.

6. Titel: "Testmethode scheurvorming conserveringssystemen", versie WB 11-01-2006, documentnummer: 2007 **002**, datum: 12 januari 2007, auteur: Paula Bohlanders namens Commissie Verf op Staal, NEN.

5 Overige geraadpleegde literatuur

Eisen opdrachtgevers.

- Titel: "Gebruikershandleiding Keuzemethodiek Conserveringssystemen Rijkswaterstaat", versie 4.0, documentnummer: ?, datum: 17-11-2004, auteur: A. Heutink, Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- Titel: "NBD 16312 Verfsystemen voor onderwatertoepassingen (immersiebelasting)", documentnummer: NBD 16312, datum: 15-12-2006, auteur: Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- Titel: "NBD 16325 Verfsystemen voor Atmosferische belasting zonder UV", documentnummer: NBD 16325, datum: 15-12-2006, auteur: Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- Titel: "NBD 16365 Verfsystemen voor Atmosferische belasting met UV", documentnummer: NBD 16365, datum: 15-12-2006, auteur: Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- Titel: "NBD 10301 Eisen thermische spuitlagen", documentnummer: NBD 16301, versie/status: tijdelijk, datum: 11-12-2005, auteur: D. Ros, NIO Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- Titel: "Technical Specification, Protective coatings for offshore facilities", documentnummer: DEP 70.48.11.30-GEN, datum: Oktober 2006, auteur: Shell.
- Titel: "Performance specificatie van de bescherming van de tanks aan boord van schepen", documentnummer: ?, versie 1, datum: September 1999, auteur: Directie Materieel Koninklijke Marine, Afdeling Maritieme Techniek, Ministerie van Defensie.
- Titel: "Performance specificatie voor de bescherming van het onderwaterdeel van schepen", documentnummer: ?, versie 1, datum: September 1999, auteur: Directie Materieel Koninklijke Marine, Afdeling Maritieme Techniek, Ministerie van Defensie.
- Titel: "Performance specificatie voor de bescherming van het bovenwaterdeel van schepen", documentnummer: ?, versie 1, datum: September 1999, auteur: Directie Materieel Koninklijke Marine, Afdeling Maritieme Techniek, Ministerie van Defensie.
- Titel: "Performance specificatie voor de scheepsdekafwerklaag voor het BUITENDEK, type loop- of "heli" -dek", documentnummer: ?, versie A, datum: Juni 1998, auteur: Directie Materieel Koninklijke Marine, Afdeling Maritieme Techniek, Ministerie van Defensie.
- Titel: "Basisbestek "Specificatie voor onderhoud conserveringswerkzaamheden"", documentnummer: 0708 05 008, versie WB/DP 06, datum: 12-01-2005, auteur: N.V. Nederlandse Gasunie.
- Titel: "Productspecificatie Conservering Staal Nieuwbouw", documentnummer: SPC00240, versie 3, datum: 01-10-2004, auteur: ProRail.
- Titel: "Productspecificatie Conservering Staal Onderhoud", documentnummer: SPC00259, versie 1, datum: 01-06-2005, auteur: ProRail.

bijlage 1. Voorgestelde toetsingsopzet

bijlage 1A. Testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw.

Het betreft het eisenpakket verfsystemen voor nieuwbouw op gestraalde ondergrond.

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde Laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
C3	alle systemen	Snelverwerking conform ISO 20340 (3 echter zonder cold check)	2100 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 5 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 3 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.
C4	alle systemen	Snelverwerking conform ISO 20340 (3)	2100 uur	1 x	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed. Van losse verffilm: Massaverlies: afkeurcriterium nog vast te stellen Maximale krimp: afkeurcriterium nog vast te stellen Treksterkte: afkeurcriterium nog vast te stellen E-modulus: (-10 tot 70°C): afkeurcriterium nog vast te stellen Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: afkeurcriterium nog vast te stellen	

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
		Onderdompeling in zoet water conform ISO 2812-2	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: $\leq S2 \leq D2$ (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.
Vervolg C4	alle systemen	WOM test volgens cyclus 1 (1)	1500 uur	3 x voor vlakke panelen en 1 x voor groeven panelen en folie	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Op panelen: Hechtkracht: min 3 N/mm² (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Barstvorming: tot 1000 uur S0 na 1500 uur: maximaal 2 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Van losse verffilm: Massaverlies: $\leq 5\%$ Maximale krimp: $\leq 2,5\%$ Treksterkte: max 5% afname E-modulus: (-10 tot 70°C) $\leq 5 \text{ N/mm}^2$ Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: niet hoger dan de treksterkte bij 1500 uur.	

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
C5-I en C5-M	alle systemen	Snijverwering conform ISO 20340 (3)	4200 uur	1 x	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed. Van losse verffilm: Massaverlies: afkeurcriterium nog vast te stellen Maximale krimp: afkeurcriterium nog vast te stellen Treksterkte: afkeurcriterium nog vast te stellen E-modulus: (-10 tot 70°C): afkeurcriterium nog vast te stellen Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: afkeurcriterium nog vast te stellen	
		Onderdompeling in zoet water conform ISO 2812-2	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: $\leq S2 \leq D2$ (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
Vervolg C5-I en C5-M	alle systemen	WOM test volgens cyclus 1 (1)	1500 uur	3 x voor vlakke panelen en 1 x voor groeven panelen en folie	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Op panelen: Hechtkracht: min 3 N/mm² (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Barstvorming: tot 1000 uur S0 na 1500 uur: maximaal 2 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Van losse verffilm: Massaverlies: ☐ 5% Maximale krimp: ☐ 2,5% Treksterkte: max 5% afname E-modulus: (-10 tot 70°C) ☐ 5 N/mm² Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: niet hoger dan de treksterkte bij 1500 uur.	
Im 1	alle systemen	Snelverwering conform ISO 20340 (3)	4200 uur	1 x	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Hechtkracht: bij laagdikte ☐ 250 µm: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) bij laagdikte > 250 µm: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 5 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 3 mm bij kras van 0,5 mm breed. Van losse verffilm: Massaverlies: afkeurcriterium nog vast te stellen Maximale krimp: afkeurcriterium nog vast te stellen Treksterkte: afkeurcriterium nog vast te stellen E-modulus: (-10 tot 70°C): afkeurcriterium nog vast te stellen Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: afkeurcriterium nog vast te stellen	

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
		Onderdompeling in zoet water, ISO 2812-2	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: bij laagdikte $\leq 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		Kathodische onthechting conform ISO 20340 (ISO 15711)	4200 uur	1 x	Vlak	Onthechting: $< 20 \text{ mm}$ bij een gat van 6 mm waarvan het staal helemaal blank is.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.
Vervolg Im 1	alle systemen	WOM test volgens cyclus 1 (1)	1500 uur	3 x voor vlakke panelen en 1 x voor groeven panelen en folie	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm))	Op panelen: Hechtkracht: min 3 N/mm^2 (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Barstvorming: tot 1000 uur S0 na 1500 uur: maximaal 2 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Van losse verffilm: Massaverlies: $\leq 5\%$ Maximale krimp: $\leq 2,5\%$ Treksterkte: max 5% afname E-modulus: (-10 tot 70°C) $\leq 5 \text{ N/mm}^2$ Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: niet hoger dan de treksterkte bij 1500 uur.	

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Gespecificeerde laagdikte systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelingscriterium (eis cursief gedrukt)	Opmerking
Im2	alle systemen	Snelverwering conform ISO 20340 (3)	4200 uur	1 x	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Hechtkracht: bij laagdikte $\square 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 5 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 3 mm bij kras van 0,5 mm breed. Van losse verffilm: Massaverlies: afkeurcriterium nog vast te stellen Maximale krimp: afkeurcriterium nog vast te stellen Treksterkte: afkeurcriterium nog vast te stellen E-modulus: (-10 tot 70°C): afkeurcriterium nog vast te stellen Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: afkeurcriterium nog vast te stellen	
		Onderdompeling in zout water, conform ISO 20340	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: bij laagdikte $\square 250 \mu\text{m}$: <i>klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409)</i> bij laagdikte $> 250 \mu\text{m}$: min 50% van de uitgangswaarde (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 3 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 1 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.
		Kathodische onthechting conform ISO 20340 (ISO 15711)	4200 uur	1 x	Vlak	Onthechting: $< 20 \text{ mm}$ bij een gat van 6 mm waarvan het staal helemaal blank is.	
Vervolg Im2	alle systemen	WOM test volgens cyclus 1 (1)	1500 uur	3 x voor vlakke panelen en 1 x voor groeven panelen en folie	Vlak, groeven en + folie (laatste t.b.v. maken losse verffilm)	Op panelen: Hechtkracht: min 3 N/mm ² (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Barstvorming: tot 1000 uur S0 na 1500 uur: maximaal 2 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Van losse verffilm: Massaverlies: $\square 5\%$ Maximale krimp: $\square 2,5\%$ Treksterkte: max 5% afname E-modulus: (-10 tot 70°C) $\square 5 \text{ N/mm}^2$ Berekende spanning bij relaxatiecoëfficiënt = 2: niet hoger dan de treksterkte bij 1500 uur.	

* Aantal malen de gespecificeerde laagdikte

Overzicht cycli zoals genoemd in hiervoor vermelde tabel.

Cyclus 1

- 10 min: T black-panel 40°C en UV straling 1 kW/m²
- 3 min sproeien met demiwater en UV straling 1 kW/m²
- 7 minuten: afkoelen tot –15°C zonder straling
- 30 minuten –15°C met UV straling 1 kW/m²
- 10 min: opwarmen tot T black-panel 75°C met UV straling 1 kW/m²
- 57 minuten: T black- panel 75°C met UV straling 1 kW/m²
- 3 minuten: afkoelen naar T black-panel 40°C, sproeien met demiwater met UV straling 1 kW/m².

Cyclus 2

- Continu licht, straling: 550 W/m²
- T black-standard = 65°C,
- 102min droog,
- 18 min. regen.

Cyclus 3

- 72 uur UV straling met vocht volgens ISO 11507, d.w.z.
 - steeds 4 uur UV-straling (UVA 340 nm) met T-black-panel = 60°C en
 - 4 uur expositie aan vocht door condenseren van vocht met T black-panel = 50°C
- 72 uur zoutspoeitest volgens ISO 7253
- 24 uur expositie bij een temperatuur van –20°C.

bijlage 1B. Testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor onderhoud.

Het betreft het eisenpakket verfsystemen voor onderhoud op gestraalde ondergrond, op handontroeste ondergrond en op oude verfsystemen.

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Ondergrond systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelings-criterium	Opmerking
C3, C4, C5-I, C5-M, Im1, Im2	gestraald Sa2½	Eisen conform nieuwbouwssystemen					
	handontroest tot St3°	Snelverwering conform ISO 20340 (3) of Corrosiewisseltest volgens ISO volgens ISO 11997-1 Cycle B (4)	2100 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 5 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 5 mm bij kras van 0,5 mm breed.	Overige testen nog uitzoeken?
		Continue vochtbelasting volgens ISO 6270	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) Blaarvorming: □ S2 □ D2 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: maximaal 5 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 5 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	Deze test alleen v esthetische eisen worden.
Vervolg C3, C4, C5-I, C5-M, Im1, Im2	oud verfsysteem	Praktijktest op oud verfsysteem	Minimaal 1 jaar	1 x	Vlak	Hechtkracht: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) Blaarvorming: S-0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5)	LET OP: Test duurt moet op het te con object uitgevoerd

* Aantal malen de gespecificeerde laagdikte

Overzicht cycli zoals genoemd in hiervoor vermelde tabel.

Cyclus 2

- Continu licht, straling: 550 W/m²
- T black-standard = 65°C,
- 102min droog,
- 18 min. regen.

Cyclus 3

- 72 uur UV straling met vocht volgens ISO 11507, d.w.z.
 - steeds 4 uur UV-straling (UVA 340 nm) met T-black-panel = 60°C en
 - 4 uur expositie aan vocht door condenseren van vocht met T black-panel = 50°C
- 72 uur zoutsproei test volgens ISO 7253
- 24 uur expositie bij een temperatuur van –20°C.

Cyclus 4

- 24 uur zoutsproeitest (ISO 7253)
- 4 dagen waterdamptest (DIN KFW 50017)
- 48 uur laboratoriumatmosfeer.

bijlage 1C. Testen en eisen voor de veroudering van thermisch gespoten aluminiumlagen met en zonder aanvullende verfsysteem.

Het betreft het eisenpakket verfsystemen voor nieuwbouw. Dit is het voostel op dit moment. Deze eisen dienen nog nader te worden uitgewerkt°.

Inzetklasse systeem volgens ISO 12944	Systeem	Verlangde test (tussen haakjes cyclus)	Testduur	Laagdikte waarbij getest wordt*	Type proef-paneel	Beoordelings-criterium	Opmerking
C4, C5-I, C5-M, Im1, Im2	Thermisch gespoten aluminiumlaag op gestraald staal Sa2½	Snelverwering conform ISO 20340 (3)	4200 uur	1 x	Vlak en U-profiel	Hechtkracht: minimaal 5 MPa (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: geen.	Overige testen nog verder uitzoeken°
		Corrosiewisseltest volgens ISO volgens ISO 11997-1 Cycle B (4)	2100	1 x	Vlak en U-profiel	Hechtkracht: minimaal 5 MPa (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: geen	
		Continue vochtbelasting volgens ISO 6270	2000 uur	1 x	Vlak en U-profiel	Hechtkracht: minimaal 5 MPa (volgens ISO 4624) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras: geen	
C4, C5-I, C5-M, Im1, Im2	Verfsysteem op thermisch gespoten aluminiumlaag	Corrosiewisseltest volgens ISO volgens ISO 11997-1 Cycle B (4)	2100	1 x	Vlak	Hechtkracht: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) Blaarvorming: S0 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras tot op aluminium: 2 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 2 mm bij kras van 0,5 mm breed.	Deze test alleen wanneer esthetische eisen gesteld worden.
		Continue vochtbelasting volgens ISO 6270	2000 uur	1 x	Vlak	Hechtkracht: klasse 0 of 1 (volgens ISO 2409) Blaarvorming: □ S2 □ D2 (volgens ISO 4628-2) Roestvorming: Ri0 (volgens ISO 4628-3) Barstvorming: S0 (volgens ISO 4628-4) Onthechting: S0 (volgens ISO 4628-5) Corrosie vanuit kras tot op aluminium: 2 mm bij kras van 2 mm breed en maximaal 5 mm bij kras van 0,5 mm breed.	
		WOM test conform ISO 11341, cycle A (2)	2000 uur	1 x	Vlak	Kleurbehoud: afhankelijk van kleur Glansbehoud: glans minimaal 30% van de uitgangsglas (volgens ISO 2813) Verkrijten: afhankelijk van kleur.	

* Aantal malen de gespecificeerde laagdikte

° Vergt nog nader onderzoek.

Overzicht cycli zoals genoemd in hiervoor vermelde tabel.

Cyclus 2

- Continu licht, straling: 550 W/m²
- T black-standard = 65°C,
- 102min droog,
- 18 min. regen.

Cyclus 3

- 72 uur UV straling met vocht volgens ISO 11507,
d.w.z.
 - steeds 4 uur UV-straling (UVA 340 nm) met T-black-panel = 60°C en
 - 4 uur expositie aan vocht door condenseren van vocht met T black-panel = 50°C
- 72 uur zoutsproeitest volgens ISO 7253
- 24 uur expositie bij een temperatuur van –20°C.

Cyclus 4

- 24 uur zoutsproeitest (ISO 7253)
- 4 dagen waterdampstest (DIN KFW 50017)
- 48 uur laboratoriumatmosfeer

Eisen thermisch gespoten deklagen
Eisendeel
OGOS-500-TRL

Opdrachtgever : **OGOS**, Opdrachtgeversoverleg Staalconservering
Samenwerkingsverband tussen:
Gasunie
Gemeentewerken Rotterdam
Gemeente Utrecht
Ministerie van Defensie
NAM/Shell
ProRail
Provincie Zuid-Holland
Rijkswaterstaat

Opsteller : Leon Linssen (Deltarail)
Carolien Nieuwland (RWS/OGOS)
Arnold Seegers (RWS/OGOS)

Extern adviseur : Tony de Munter (M&O Beheer)

Datum : 11-10-2010

Vastgesteld : OGOS

Versie : Definitief 1.0

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Uitgangspunten	3
3	Definities	3
4	Eisenpakket voor thermisch gespoten deklagen	4
4.1	Eisen aan de selectie van een type thermisch gespoten deklaag	4
4.2	Eisen aan de constructie	4
4.3	Eisen bij applicatie	4
4.4	Eisen aan eindlaag	5
4.5	Eisen aan metalliseerbedrijf en metalliseerder	6
5	Eisen verflagen op thermisch gespoten deklagen	6
5.1	Eisen selectie van een verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag	6
5.2	Eisen applicatie	6
5.3	Eisen applicatiebedrijf en applicateur	7
6	Normen	8
	Bijlage 1 Eisen aan de selectie van een toe te passen thermisch gespoten deklaag	9
	Bijlage 2 Eisen aan de selectie van verflagen op een thermisch gespoten deklaag	11

1 Inleiding

Deze technische richtlijn omschrijft de eisen waaraan moet worden voldaan voor:

- thermisch gespoten deklagen;
- de metalliseerbedrijven en de metalliseerders;
- verfsystemen aangebracht op thermisch gespoten deklagen.

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten weergegeven.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de definities.

Hoofdstuk 4 omschrijft de eisen aan de thermisch gespoten deklagen, metalliseerbedrijven en de metalliseerders.

Hoofdstuk 5 omschrijft de eisen aan verflagen op thermisch gespoten deklagen.

2 Uitgangspunten

In dit document worden de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Het metalliseren met Aluminium en Zink/Aluminium 85/15, bedoeld voor de corrosiebescherming van staalconstructies.
- Voor de normverwijzing is gebruik gemaakt van geldende ISO-normen, waar dat niet mogelijk is, is gebruik gemaakt van andere normen.

3 Definities

- Metalliseerbedrijf: Bedrijf dat de thermisch gespoten deklaag aanbrengt.
- Metalliseerder: Persoon die de thermisch gespoten deklaag aanbrengt.
- Sealer: Organische verflaag met een lage viscositeit die goed indringt in de poriën van de thermisch gespoten deklaag.

4 Eisenpakket voor thermisch gespoten deklagen

Bij de eisen aan thermisch gespoten deklagen wordt het onderstaande onderscheid gemaakt:

- Eisen aan de selectie van een nieuw type thermisch gespoten deklaag opgesplitst in:
 - laboratoriumeisen;
 - praktijkervaring/referenties.
- Eisen aan de constructie opgesplitst in:
 - bereikbaarheid;
 - afronding randen.
- Eisen aan de applicatie opgesplitst in:
 - type thermisch gespoten deklaag;
 - oppervlaktereinheit;
 - oppervlakteruwheid;
 - aanbrengmethode;
 - omgevingsconditie.
- Eisen aan de thermisch gespoten deklaag opgesplitst in:
 - de laagdikte;
 - de hechting;
 - eisen aan het metalliseerbedrijf en de metalliseerder.

Deze eisen zijn in de onderstaande paragrafen nader uitgewerkt.

4.1 Eisen aan de selectie van een type thermisch gespoten deklaag

Bij de selectie van een thermisch gespoten deklaag moet aan de eisen zoals vermeld in de Bijlage 1 worden voldaan.

4.2 Eisen aan de constructie

Bereikbaarheid

De constructie moet overal bereikbaar zijn met een gangbaar metalliseerpistool.

Afronding randen

De afrondingsstraal van alle randen moet minimaal 2 mm bedragen.
Het breken van randen is toegestaan.

4.3 Eisen bij applicatie

Type thermisch gespoten deklaag

De volgende uitgangsmaterialen zijn toegestaan bij het aanbrengen van thermisch gespoten deklagen .

- Al 99,0 of zuiverder
- AlMg5
- Zn/Al 85/15

Oppervlaktereinheit

Het staaloppervlak moet op het moment van aanbrengen van de thermisch gespoten deklaag een reinheid van ten minste Sa 2½ volgens NEN-EN-ISO 8501-1 hebben.

Oppervlakteruwheid

De ruwheid van het staaloppervlak (Rz) moet bij aluminium-type deklagen tussen 80 - 120 µm en bij zinkaluminium deklagen tussen 50 - 70 µm liggen volgens NEN-EN-ISO 4288.

Er moet worden gestraald met scherpkantig grit.

Aanbrengmethode

De volgende methoden zijn toegestaan voor het aanbrengen van de thermisch gespoten deklagen:

- autogeen vlamspuiten;
- elektrisch draadspuiten.

Het is niet toegestaan om op een door middel van vlamspuiten aangebrachte thermisch gespoten deklaag een thermisch gespoten deklaag door middel van elektrisch draadspuiten aan te brengen.

Omgevingscondities

De staaltemperatuur moet vanaf het stralen totdat de thermisch gespoten deklaag is aangebracht minimaal 3°C boven het dauwpunt liggen en de relatieve vochtigheid mag niet hoger zijn dan 85%.

4.4 Eisen aan eindlaag

Laagdikte

In onderstaande tabel zijn de voorgeschreven laagdikten opgenomen.

Metalliseer-laag	Met sealer of aanvullende conservering	Klimaatklasse	Minimale gemiddelde laagdikte in µm	Absoluut minimum in µm
Aluminium-typen	Nee	C2-C4 en C5I	300	250
		C5 M en immersie in zoet water	350	300
		Immersie in zout water	400	350
	Ja	C2-C4 en C5I	200	180
		C5 M en immersie in zoet water	250	225
		Immersie in zout water	350	300
ZnAl	Nee	C2-C4 en C5I	250	200
		C5 M en immersie in zoet water	300	250
		Immersie in zout water	Niet toepassen	
	Ja	C2-C4 en C5I	150	125
		C5 M en immersie in zoet water	200	175
		Immersie in zout water	300	250

Laagdiktemeting

Het minimum aantal metingen bedraagt:

- 10 metingen per m² voor gevarieerde constructiedelen.
- 5 metingen per m² voor continue vlakken groter dan 20 m².
- 5 metingen per strekkende meter per voor-, achter- en/of binnenzijde van smalle constructies en/of profielen zoals hoekstaal, leuningregels en staanders, verstijvingen, leidingwerk, goten enzovoort.

Hechting

De hechting van de thermisch gespoten deklaag, bepaald met een hydraulische hechtingsmeter, moet minimaal 5 MPa bedragen bij een destructieve bepaling volgens NEN-EN-ISO 4624 en minimaal 6 MPa te bedragen bij een niet destructieve bepaling volgens NEN-EN-ISO 4624.

4.5 Eisen aan metalliseerbedrijf en metalliseerder

Eisen aan het metalliseerbedrijf

Er moet aantoonbaar gewerkt worden volgens NEN-EN-ISO 14992-2 en/of ANSI/AWS C2.18-93. Tevens moet het bedrijf minimaal 3 jaar ervaring met het metalliseren van een object hebben. Er moet minimaal 1 object met een oppervlak van minimaal 50% van het te metalliseren oppervlak zijn uitgevoerd, waarbij toe te passen materiaal of methode moet hetzelfde zijn al waarmee ervaring is opgedaan.

Eisen aan de metalliseerder

De metalliseerder moet gecertificeerd zijn volgens NEN-EN-ISO 14918 en/of volgens ANSI/AWS C2.16 waarbij de theoretische kennis en het praktijkexamen van metalliseerder door een onafhankelijke instantie zijn getoetst.

5 Eisen verflagen op thermisch gespoten deklagen

Bij de eisen aan verflagen op een thermisch gespoten ondergrond wordt het onderstaande onderscheid gemaakt:

- Eisen aan de selectie van verfsystemen op een thermisch gespoten deklaag:
 - laboratoriumeisen;
 - praktijkervaring/referenties.
- Eisen aan de applicatie opgesplitst in:
 - oppervlaktereinheid;
 - aanbrengmethode;
 - omgevingscondities;
 - laagdikte eisen.
- Eisen aan bedrijven die de verflagen aanbrengen opgesplitst in:
 - eisen aan het applicatiebedrijf;
 - vakbekwaamheidseisen applicateur.

Deze eisen zijn in de onderstaande paragrafen nader uitgewerkt.

5.1 Eisen selectie van een verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag

Ten behoeve van de selectie van een verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag moet voldaan worden aan de eisen zoals vermeld in de Bijlage 2.

5.2 Eisen applicatie

De applicatie van het verfsysteem moet voldoen aan ISO 12944, tevens gelden voor zover niet opgenomen de onderstaande eisen.

Oppervlaktereinheid

Op het moment van aanbrengen mogen op het oppervlak geen verontreinigingen aanwezig zijn.

Aanbrengmethode

Het aanbrengen van de sealer of primer moet zo spoedig mogelijk geschieden na het metalliseren.

Omgevingsconditie

De staaltemperatuur moet tijdens het aanbrengen minimaal 3°C boven het dauwpunt liggen en de relatieve vochtigheid mag niet hoger zijn dan 85%.

Laagdikte eisen

Voor de laagdikte van het verfsysteem gelden de nominale laagdikten van het geschikte verfsysteem volgens bijlage 2. Voor de laagdikte toleranties zijn de bepalingen in de ISO 12944 van toepassing.

5.3 Eisen applicatiebedrijf en applicateur**Eisen aan het applicatiebedrijf**

Het bedrijf moet minimaal 3 jaar ervaring hebben met het aanbrengen van verflagen op een thermisch gespoten deklaag. Er moet minimaal 1 object met een oppervlaktegrootte van minimaal 50% van het te behandelen oppervlak zijn uitgevoerd.

Vakbekwaamheidseisen applicateur

1. Straal- en conserveringswerkzaamheden moeten worden uitgevoerd door werknemers die in het bezit zijn van een certificaat overeenkomstig het bepaalde in de navolgende leden 2 en 3.
2. Het certificaat moet door een daartoe ISO 17024 geaccrediteerde certificatie-instelling zijn afgegeven op basis van Vakbekwaamheidsnormen (eindtermen), geldigheidsduur en – condities voor de functieprofielen:
 - Straler -1,
 - Constructieschilder,
 - Spuiter -1,zoals vastgesteld door de Waarborgcommissie Vakbekwaamheid Metaalconservering, dan wel een gelijkwaardig certificaat afgegeven door een daartoe EN-45013/ISO 17024 geaccrediteerde Certificatie-instelling.
3. Het certificaat moet voorts zijn afgegeven op basis van de examenreglementen zoals deze door de Waarborgcommissie Metaalconservering zijn vastgesteld en waarin toetsprocedures zijn vastgelegd dan wel afgegeven op basis van gelijkwaardige examenreglementen.
4. Van de op het werk ten behoeve van straal – en/of conserveringswerkzaamheden in te zetten werknemers, moet tenminste 75% van die werknemers, in een van de in lid 2 genoemde functieprofielen, in het bezit zijn van het in lid 1 bedoelde certificaat. Werknemers die niet in het bezit zijn van het vereiste certificaat voor de door hen uit te voeren werkzaamheden, mogen straal en/of schilderwerkzaamheden uitsluitend uitvoeren onder verantwoording en toezicht van een voor de uit te voeren werkzaamheden wel gecertificeerde werknemer.

6 Normen

De onderstaande normen zijn in de tekst vermeld.

- NEN-EN-ISO 2409: "Ruitjesproef", Juni 2007.
- NEN-EN-ISO 4288: "Oppervlaktegesteldheid - Profielmethode - Regels en procedures voor de beoordeling van de oppervlaktextuur", April 1998.
- NEN-EN-ISO 4624: "Lostrekproef voor de bepaling van de hechting", Juni 2003.
- NEN-EN-ISO 4628-2: "Beoordeling van de kwaliteitsafbraak van verflagen - Aanduiding van de intensiteit, hoeveelheid en omvang van algemeen voorkomende gebreken - Deel 2: Beoordeling van de mate van blaarvorming", September 2003.
- NEN-EN-ISO 4628-3: "Deel 3: Beoordeling van de mate van roestvorming", Sep 2003.
- NEN-EN-ISO 4628-4: "Deel 4: Beoordeling van de mate van barstvorming", Sep 2003.
- NEN-EN-ISO 4628-5: "Deel 5: Aanduiding van de mate van afbladderen", Sep 2003.
- NEN-EN-ISO 6270-1: "Bepaling van de bestandheid tegen vocht - Deel 1: continue-condensatie", September 2001.
- NEN-EN-ISO 8501-1: "Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid: Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen", Augustus 2007.
- NEN-EN-ISO 9001: "Kwaliteitsmanagementsystemen - Eisen", September 2009.
- NEN-EN-ISO 11997-1: "Bepaling van de weerstand tegen cyclische corrosie-omstandigheden - Deel 1: Nat (zoutnevel)/droog/vochtig", Februari 2006.
- ISO 12944 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems
- NEN-EN-ISO 14918: "Thermisch spuiten - Het kwalificeren van thermische spuiters", Oktober 1998.
- NEN-EN-ISO 17024: "Conformiteitsbeoordeling - Algemene eisen voor instellingen die persoonscertificatie uitvoeren", Juni 2003.
- NEN-EN-ISO 20340: "Prestatie-eisen voor beschermende verfsystemen voor buitengaats en gerelateerde constructies", April 2009.
- EN 45013: Algemene criteria voor certificatie-instellingen die certificatie van personen uitvoeren, 1991
- AWS C2.16/C2.16M:2002: "Guide for Thermal-Spray Operator Qualification", Juli 2002.
- AWS C2.18-93: "Guide for the Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and Their Alloys and Composites", April 1993.

Bijlage 1 Eisen aan de selectie van een toe te passen thermisch gespoten deklaag

Het onderzoek ten behoeve van de selectie van een nieuw type thermisch gespoten deklaag omvat de navolgende eisen.

Laboratoriumonderzoek

De voorbehandeling, applicatiemethode en de metalliseerlegering moeten identiek zijn aan hetgeen op het object wordt toegepast.

Omschrijving eisen bij laboratoriumonderzoeken

Na het aanbrengen van het te onderzoeken systeem wordt op de proefpanelen een kruiskras aangebracht tot op de stalen ondergrond.

In de hieronder genoemde eisen wordt met "bij beschadiging" bedoeld rond de vooraf aangebrachte kruiskras en met "in het vlak", het onbeschadigde oppervlak.

Met het aangeboden systeem dient bij de onderstaande proeven voldaan te worden aan de daarbij genoemde eisen.

- Snelverwering conform ISO 20340 (4200 uur)
 - Op proefpanelen (vlak en U-profiel):
 - bij beschadiging: bij kras van 2 mm breed, blaren + ondermijning: geen
bij kras van 0,5 mm breed, blaren + ondermijning: geen
 - in het vlak: blaarvorming: S0 volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - hechting: minimaal 5 MPa volgens ISO 4624
- Corrosiewisseltest volgens ISO 11997-1 (1998) Cycle B (15 cycli)
 - bij beschadiging: bij kras van 2 mm breed, blaren + ondermijning: geen
bij kras van 0,5 mm breed, blaren + ondermijning: geen
 - in het vlak: blaarvorming: S0 volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - hechting: minimaal 5 MPa volgens ISO 4624
- Waterdampstest volgens ISO 6270 (3 maanden)
 - bij beschadiging: bij kras van 2 mm breed, blaren + ondermijning: geen
bij kras van 0,5 mm breed, blaren + ondermijning: geen
 - in het vlak: blaarvorming: S0 volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - hechting: minimaal 5 MPa volgens ISO 4624

Omschrijving eisen praktijkervaring

Algemeen

Het voorgestelde systeem is in de praktijk minimaal 3 jaar aantoonbaar toegepast op een vergelijkbare constructie of proefvlak waarbij de ondergrond en omstandigheden vergelijkbaar moeten zijn met het object. Dit wordt aangetoond met een recent inspectierapport van het referentie-object van een onafhankelijk inspectiebureau. Beoordeling van de praktijkervaring van het verfsysteem op een object moet plaats vinden conform de onderstaande eisen.

Omschrijving eisen praktijkervaring van referentieobject of proefvlak

Bij een bestaand, minimaal 3 jaar oud, referentieobject of proefvlak dient de toegepaste producten en de opbouw van het aangebrachte producten te worden aangetoond. Dit kan bijvoorbeeld door kwaliteitsdocumenten van het applicatiebedrijf en/of met rapportages welke tijdens de conservering van het betreffende object door een onafhankelijk onderzoeksbureau zijn opgesteld. Het systeem moet wat betreft opbouw en laagdikte overeenkomen met het systeem waarmee met goed gevolg de laboratoriumbeproeving is uitgevoerd.

Tot en met het derde jaar zijn de eisen:

- geen roestvorming op onbeschadigd oppervlak,
- roestvorming, ondermijning of blaarvorming vanuit mechanische beschadigingen max. 1 mm,
- geen blaarvorming op onbeschadigd oppervlak,
- geen barst- en/of scheurvorming,
- hechting minimaal 6 MPa volgens ISO 4624.

Bij objecten ouder dan 3 jaar worden de eisen afhankelijk van de ouderdom en de omgevingsklasse waarin het object zich bevindt aangepast.

- Hechting dient tot 25 jaar na de applicatie onveranderd goed te zijn.
- Er mag tot 30 jaar na de applicatie geen roest- blaar-, barst- en/of scheurvorming op onbeschadigd oppervlak zijn opgetreden.
- Roestvorming, ondermijning of blaarvorming vanuit mechanische beschadigingen:
 - na 10 jaar maximaal 1 mm
 - na 15 jaar maximaal 1 mm
 - na 20 jaar maximaal 2 mm
 - na 25 jaar maximaal 3 mm
 - na 30 jaar maximaal 5 mm

Incidentele uitvoeringgebreken zullen niet worden meegewogen. Als er meerdere uitvoeringgebreken worden geconstateerd wordt er vanuit gegaan dat de applicatie-eigenschappen van het systeem onvoldoende zijn en daarmee het systeem ongeschikt is.

Bijlage 2 Eisen aan de selectie van verflagen op een thermisch gespoten deklaag

De geschiktheid van een sealer of verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag moet voor toepassing worden aangetoond conform het beschreven laboratoriumonderzoek en de praktijktoets. Dit onderzoek moet per type thermisch gespoten deklaag en per leverancier worden uitgevoerd.

De eisen hebben betrekking op het aantonen van de goede hechting en barrièrewerking. De eisen zijn hieronder weergegeven.

Laboratoriumonderzoek

Het systeem moet voor dit onderzoek worden aangebracht op de thermisch gespoten deklaag waarop het verfsysteem dient te worden aangebracht. De voorbehandeling moet identiek zijn aan de voorbehandelingsmethode die op de objecten wordt toegepast.

Omschrijving eisen verflagen op een thermisch gespoten deklaag bij laboratoriumonderzoeken

Na het aanbrengen van het te onderzoeken systeem wordt op de proefpanelen een kruiskras aangebracht tot op de thermisch gespoten deklaag.

In de hieronder genoemde eisen wordt met "bij beschadiging" bedoeld rond de vooraf aangebrachte kruiskras en met "in het vlak", het onbeschadigde oppervlak.

Met het aangeboden systeem dient bij de onderstaande proeven voldaan te worden aan de daarbij genoemde eisen.

- Corrosiewisseltest volgens ISO 11997-1 (1998) Cycle B (15 cycli)
 - bij beschadiging: bij kras van 2 mm breed, blaren + ondermijning: geen
bij kras van 0,5 mm breed, blaren + ondermijning: geen
 - in het vlak: blaarvorming: S0 volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - hechting: klasse 0 of 1 volgens NEN-EN-ISO 2409
- Waterdamptest volgens ISO 6270 (3 maanden)
 - bij beschadiging: bij kras van 2 mm breed, blaren + ondermijning: geen
bij kras van 0,5 mm breed, blaren + ondermijning: geen
 - in het vlak: blaarvorming: $\leq S2 \leq D2$ volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - hechting: klasse 0 of 1 volgens NEN-EN-ISO 2409
- Snelverweringstest m.b.v. een Weather-Ometer volgens ISO 11341 (1994) Cycle A (2000 uur)
 - in het vlak: blaarvorming: S0 volgens ISO 4628-2
roestvorming Ri0 volgens ISO 4628-3
barstvorming S0 volgens ISO 4628-4
onthechting S0 volgens ISO 4628-5
 - verkleuring
glans afhankelijk van type dekverf en kleur
minimaal 30% van de uitgangsglans

Omschrijving eisen praktijkervaring

Het voorgestelde systeem is in de praktijk minimaal 3 jaar aantoonbaar toegepast op een vergelijkbare constructie of proefvlak waarbij de ondergrond en omstandigheden vergelijkbaar moeten zijn met het object. Dit wordt aangetoond met een recent inspectierapport van het referentie-object van een onafhankelijk inspectiebureau. Beoordeling van de praktijkervaring van het verfsysteem op een object moet plaats vinden conform de onderstaande eisen.

Omschrijving eisen praktijkervaring van referentieobject of proefvlak

Op een bestaande referentie of een proefvlak

Bij een bestaand, minimaal 3 jaar oud, referentieobject of proefvlak dient de aanbieder van het systeem de toegepaste producten en de opbouw van het aangebrachte producten aan te tonen. Dit kan bijvoorbeeld d.m.v. kwaliteitsdocumenten van het applicatiebedrijf en/of met rapportages welke tijdens de conservering van het betreffende object door een onafhankelijk onderzoeksbureau zijn opgesteld. Het systeem moet wat betreft opbouw en laagdikte overeenkomen met het systeem waarmee met goed gevolg de laboratoriumbeproeving is uitgevoerd.

Tot en met het derde jaar zijn de eisen:

- geen corrosievorming van de thermisch gespoten deklaag op onbeschadigd oppervlak,
- corrosie van de thermisch gespoten deklaag, ondermijning of blaarvorming vanuit mechanische beschadigingen maximaal 2 mm,
- geen blaarvorming op onbeschadigd oppervlak,
- geen barst- en/of scheurvorming,
- hechting klasse 0 of 1 volgens NEN-EN-ISO 2409.

Bij objecten ouder dan 3 jaar worden de eisen afhankelijk van de ouderdom en de omgevingsklasse waarin het object zich bevindt aangepast.

- *Hechting dient tot 20 jaar na de applicatie onveranderd goed te zijn.*
- Er mag tot 10 jaar na de applicatie geen corrosie, blaar-, barst- en/of scheurvorming op onbeschadigd oppervlak op zijn opgetreden.
- Corrosie, ondermijning of blaarvorming vanuit mechanische beschadigingen:
 - na 10 jaar maximaal 1 mm
 - na 15 jaar maximaal 4 mm
 - na 20 jaar maximaal 6 mm
 - na 25 jaar maximaal 10 mm
 - na 30 jaar maximaal 15 mm.

Gebreken door incidentele uitvoeringgebreken zullen niet worden meegewogen. Als er meerdere uitvoeringgebreken worden geconstateerd wordt er vanuit gegaan dat de applicatie-eigenschappen van het systeem onvoldoende zijn en daarmee het systeem ongeschikt is.

Eisen thermisch gespoten deklagen

Handreiking

OGOS-501-TRL

Opdrachtgever : **OGOS**, Opdrachtgeversoverleg Staalconservering
Samenwerkingsverband tussen:
Gasunie
Gemeentewerken Rotterdam
Gemeente Utrecht
Ministerie van Defensie
NAM/Shell
ProRail
Provincie Zuid-Holland
Rijkswaterstaat

Opsteller : Leon Linssen (Deltarail)
Carolien Nieuwland (RWS/OGOS)
Arnold Seegers (RWS/OGOS)

Extern adviseur : Tony de Munter (M&O Beheer)

Datum : 11-10-2010

Vastgesteld : OGOS

Versie : Definitief 1.0

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Toelichting op eisenpakket voor thermisch gespoten deklagen	3
3	Algemene aanbevelingen voor het metalliseren	6
3.1	Staalkwaliteit ondergrond	6
3.2	Uiterlijk	7
3.3	Kathodische bescherming	7
4	Toelichting op eisen verflagen op thermisch gespoten deklagen	8
5	Aanbeveling voor de systeemkeuze	9
6	Herstelmethoden	10
6.1	Herstel thermisch gespoten deklagen	10
6.2	Herstel sealer op verfsysteem	10
7	Technische aspecten te benoemen in kwaliteitsplan	10
7.1	Constructie	10
7.2	Voorbehandeling	10
7.3	Applicatie thermisch gespoten deklaag	11
7.4	Kwaliteit thermisch gespoten deklaag	11
7.5	Aanbrengen verflaag op de thermisch gespoten deklaag	11
7.6	Veiligheidsmaatregelen	11
7.7	Herstel gebreken	11
8	Literatuur	12
	Bijlage 1 Inventarisatie momenteel gestelde eisen	14
	Bijlage 2 Tabel met door OGOS-deelnemers opgestelde eisen voor thermisch gespoten deklagen	16
	Bijlage 3 Tabel met door OGOS-deelnemers opgestelde eisen voor verflagen op thermisch gespoten deklagen	19

1 Inleiding

Deze handreiking, behorend bij het Eisendeel "Eisen Thermisch gespoten deklagen", geeft hierop een toelichting en achtergrondinformatie.

In hoofdstuk 2 en 4 geeft een toelichting op het Eisendeel.

In hoofdstuk 3 staan aanbevelingen voor het aanbrengen van thermisch gespoten deklagen.

Hoofdstuk 4 biedt een handreiking voor de keuze van het type thermisch gespoten deklaag al of niet afgewerkt met een verfsysteem.

Hoofdstuk 5 beschrijft de herstelmethoden van een thermisch gespoten deklaag bij beschadigingen.

In hoofdstuk 6 staan de eventueel in het contract op te nemen kwaliteitseisen.

Als bijlage is een overzicht gevoegd van de vigerende eisen van de OGOS deelnemers tijdens het opstellen van dit document.

2 Toelichting op eisenpakket voor thermisch gespoten deklagen

In onderstaande toelichting wordt bij de verwijzingen de hoofdstuknummers uit het eisendeel vermeld waar de toelichting betrekking op heeft.

4.1 Eisen aan de selectie van een type thermisch gespoten deklaag

Inleiding

De eisen zijn gebaseerd op de eisen van het ProRail document "SPC00240" en het document "Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, voorlopige systeemeisen", versie 1.0, documentnummer: SCON-2008-683-TCE, datum 30-10-2008". Dit laatste document is te vinden op www.staalplaza.nu

De eisen hebben betrekking op het aantonen van de goede corrosiewering en hechting.

Het onderzoek ten behoeve van de selectie van een nieuw type thermisch gespoten deklaag kan eenmalig plaats vinden.

4.2 Eisen aan de constructie

Afronding randen

HANDREIKING

Om de vereiste ruwheid te bereiken op alle locaties moeten alle walsdubbelingen, lasspetters, tijdelijke hechtlassen en ruwe lassen en brandkanten etc. worden verwijderd of moeten worden geslepen en glad worden afgewerkt.

Geharde delen in het staal oppervlak (blauwverkleuringen), lasplaatsen van hechtlassen, plasma snijranden etc. moeten eerst worden geslepen, totdat de geharde laag is verdwenen, omdat deze anders bij het stralen niet de vereiste ruwheid kan worden gehaald.

4.3 Eisen bij applicatie

Oppervlaktereinheid

HANDREIKING

Het oppervlak moet vrij zijn van olie- en vetresten en andere verontreinigingen.

Oppervlakteruwheid

HANDREIKING

Voor een goede hechting is een juiste ruwheid noodzakelijk.

De vermelde Rz waarden zijn niet te meten met replica-tape. Deze zijn wel bij benadering snel te bepalen met een replica-schijf met loop volgens NEN-EN-ISO 8503-1.

Aanbrengmethode

HANDREIKING 1

Het is niet toegestaan om op een aangebrachte thermisch gespoten deklaag door middel van vlamspuiten een thermisch gespoten deklaag door middel van elektrisch draadspuiten aan te brengen, omdat door de hoge temperaturen van het elektrisch draadspuiten een thermoshock optreedt. Door de thermoshock kan de thermisch gespoten deklaag onthechten. Andersom is dit niet het geval.

HANDREIKING 2

Voor het aanbrengen van op aluminium gebaseerde deklagen moet bij voorkeur Electrisch Draadspuiten worden toegepast.

HANDREIKING 3

De overspray van AlMg5 is licht ontvlambaar, waardoor in voorkomende gevallen gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

Al en AlMg5 zijn in stofvorm explosief. Hiermee moet het metalliseerbedrijf bij het ontwerp en in het gebruik van de afzuig- en filterinstallatie rekening houden.

Bij het verspuiten van thermische gespoten deklagen moeten persoonlijke beschermingsmiddelen worden gebruikt om inademing van vrijkomende stof en damp te voorkomen. Inademing van Zn/Al 85/15 kan metaaldampkoorts veroorzaken, inademing van Al kan op de langere termijn schadelijke effecten voor de gezondheid veroorzaken.

In het V&G plan en de risico-inventarisatie moeten deze aspecten duidelijk benoemd worden.

4.4 Eisen aan eindlaag

Laagdikte

HANDREIKING 1

Een thermisch gespoten deklaag vertoont onder een dikte van 160 tot 200 µm poriën tot de stalen ondergrond, dit heeft geen gevolgen voor de beschermende werking. Het roestwater zal uit de poriën bloeden, waardoor het lijkt dat het staal is aangetast. Na verloop van tijd zullen de poriën dichtslibben met aluminium corrosieproducten. Bij deze laagdikten wordt niet voldaan aan de levensduurverwachting.

HANDREIKING 2

Een eigenschap van een thermisch gespoten deklaag zijn de grote verschillen in de laagdikte binnen een klein meetgebied. Daardoor is het ondanks uitgebreide laagdiktemetingen niet altijd te voorkomen dat er gebieden met te dunne lagen aanwezig zijn zonder dat dit is vastgesteld.

HANDREIKING 3

Als aanvullende methode om te onderzoeken of poriën tot de ondergrond doorlopen (en zo dunnere lagen vast te stellen) kan het oppervlak natgemaakt worden. De plaatsen waar de poriën tot het staal doorlopen zullen bruin kleuren t.g.v. de roest. Nadeel van deze methode is dat het oppervlak nat wordt, hetgeen nadelig is als een aanvullende verflaag aangebracht wordt aangebracht.

Deze methode dus niet toepassen op thermisch gespoten deklagen die voorzien worden van een sealer of verfsysteem.

Hechting

HANDREIKING

Een destructieve bepaling is de bepaling waarbij de thermisch gespoten deklaag rond de erop gelijmde dolly tot op de stalen ondergrond wordt ingesneden (door middel van een boor). Bij een niet destructieve bepaling wordt niet ingesneden.

In de praktijk ligt de hechting veelal boven de 10 MPa.

4.5 Eisen aan metalliseerbedrijf en metalliseerder

Eisen aan de metalliseerder

HANDREIKING 1

Hierna volgt een beknopt overzicht van de verschillen aan de eisen die gesteld worden aan personeel dat thermisch gespoten deklagen aanbrengt.

Het betreft een vergelijking tussen de normen ANSI/AWS C2.16, ANSI/AWS C2.16M en NEN-EN-ISO 14918. Bij ANSI/AWS C2.16 worden de werknemers door een extern gekwalificeerd bedrijf getoetst. Bij ANSI/AWS C2.16M worden de werknemers door het eigen bedrijf getoetst.

De ANSI/AWS en de NEN-EN-ISO kennen de onderstaande indelingen (alleen de voor de OGOS van belang zijnde indelingen).

Thermisch gespoten deklaag	Applicatiemethode	Categorie	
		ANSI/AWS C2.16/C2.16M	NEN-EN-ISO 14918
Al, AlMg5 en ZnAl	Vlamspuiten	FS-1	B1
Al, AlMg5 en ZnAl	Elektrisch	AS-1	B1

Item	Beoordeeld item	Eis			Opmerkingen
		ANSI/AWS C2.16	ANSI/AWS C2.16M	NEN-EN-ISO 14918	
Theorie-examen		Ja	Ja	Ja	Inhoud theorie-examen tussen normen vrijwel identiek
Praktijkexamen	Laagdikte bepaling	Ja	Ja	Ja	
	Hechtingstest	Ja, pull-off-test: AS-1 en FS-1: Al : gem. 10,3 MPa, min: 6,7 MPa ZnAl: gem. 7,2 MPa, min. 4,8 MPa	Ja, pull-off-test: AS-1 en FS-1: Al : gem. 10,3 MPa, min: 6,7 MPa ZnAl: gem. 7,2 MPa, min. 4,8 MPa	Ja, krastest of pull-off-test (volgens NEN-EN-ISO 2063). Eisen onderling af te stemmen.	
	Buiging/elasticiteit	Ja	Ja	Nee	
Geldigheid	Initieel examen	Onbeperkt	Onbeperkt	3 jaar	Mits aan de ervaringseis wordt voldaan
	Ervaring	Elke 6 maanden metalliseren 8 uur metalliseren	Elke 6 maanden minimaal 8 uur metalliseren	Elke 6 maanden metalliseren	
	Wanneer gedurende 6 maanden geen metalliseerwerk is uitgevoerd	Nieuw examen doen, of voor afloop van de 6 maanden een proefstuk maken de buigtest uitgevoerd wordt	Nieuw examen doen, of voor afloop van de 6 maanden een proefstuk maken de buigtest uitgevoerd wordt	Nieuw examen doen	
Wie neemt examen af		Gekwalificeerde instantie	Bedrijf zelf	Gekwalificeerde instantie	

3 Algemene aanbevelingen voor het metalliseren

In dit hoofdstuk staan algemene aanbevelingen voor het aanbrengen van thermisch gespoten deklagen.

3.1 Staalkwaliteit ondergrond

HANDREIKING

Het staal dient vrij te zijn van walsdubbelingen, onregelmatigheden (zoals splinter, bladders en overwalsingen), en putcorrosie.

Deze fouten zijn vaak pas te zien na het stralen.

Op grond van het bovenstaande kunnen alle uitgangsklassen van het staal volgens NEN-EN-ISO 8501-1 toegepast worden. Bij het staal met de uitgangsklasse D zullen de aanwezige onregelmatigheden na het stralen en metalliseren zichtbaar blijven.

3.2 Uiterlijk

HANDREIKING

Het oppervlak van een thermisch gespoten deklaag zal veelal ruw zijn. De ruwheid kan enigszins beïnvloed worden door de applicatiemethode en type. Over het algemeen geldt dat Zn/Al 85/15 lagen minder ruw zijn dan Al lagen.

3.3 Kathodische bescherming

HANDREIKING

Thermisch gespoten deklagen op basis van zink en/of aluminium zijn te verenigen met kathodische bescherming. Voor de berekening van de kathodische bescherming zal zowel de onder- als bovengrens van de bescherm potentiaal bekend moeten zijn. Hiermee wordt voorkomen dat versnelde aantasting van het aluminium optreedt. Bij een te goede bescherming (lees een potentiaal lager dan de corrosiepotentiaal van aluminium) wordt de thermisch gespoten deklaag geactiveerd. Te veel kathodische reactie op de thermisch gespoten deklaag kan de pH lokaal zodanig verhogen dat er in poriën juist actieve aantasting mogelijk is (aluminium is amfoteer en kan dus niet tegen zuur maar zeker ook niet tegen base).

4 Toelichting op eisen verflagen op thermisch gespoten deklagen

In onderstaande toelichting op de eisen aan verflagen op thermisch gespoten deklagen wordt bij de verwijzingen de hoofdstuknummers uit het eisendeel vermeld waar de toelichting betrekking op heeft.

5.1 Eisen selectie van een verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag

HANDREIKING 1

De geschiktheid van een sealer of verfsysteem op een thermisch gespoten deklaag moet voor toepassing worden aangetoond conform het beschreven laboratoriumonderzoek en de praktijktoets. Dit onderzoek dient per type thermisch gespoten deklaag en per leverancier te worden uitgevoerd. Het kan namelijk zijn dat een door een leverancier aangeboden verfsysteem op één type thermisch gespoten deklaag wel voldoet en op een ander type niet.

De eisen die genoemd staan zijn gerelateerd aan de eisen die ProRail op dit moment voorschrijft (SPC00240) en die ook vermeld zijn in het PSIBouw document van de Werkgroep product ("Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, voorlopige systeemeisen", versie 1.0, documentnummer: SCON-2008-683-TCE, datum 30-10-2008).

HANDREIKING 2

Met de volgende sealers zijn goede ervaringen opgedaan bij toepassing op thermisch gespoten deklagen:

- Epoxysealer
- Siliconenaluminiumsealer

Minder goede ervaringen zijn er met ijzerglimmerhoudende sealers bij immersiebelasting (Im) of een flinke zoutbelasting (C5M). Er kan blaarvorming en delaminatie van de thermisch gespoten deklaag optreden.

Met de volgende verfsystemen zijn goede ervaringen opgedaan bij toepassing op thermisch gespoten deklagen:

- Systeem opgebouwd uit:
 - Epoxysealer
 - Polyurethaan of polysiloxaan deklaag

Van elk verfsysteem dient de toepasbaarheid op een specifieke thermisch gespoten deklaag te worden aangetoond conform paragraaf 5.1.

Voor immersiebelasting is een sealer of verfsysteem niet noodzakelijk. Voor de corrosiewering is de minimaal aangebrachte laagdikte van de thermisch gespoten deklaag van belang, zie hiervoor de laagdikte eisen.

5.2 Eisen applicatie

Laagdikte

HANDREIKING

De laagdikte van de sealer is niet goed te meten, omdat de sealer tijdens applicatie in de poriën van de thermisch gespoten deklaag dringt. De sealer moet vol en zat worden aangebracht.

5 Aanbeveling voor de systeemkeuze

In onderstaande tabel wordt aangegeven welke thermisch gespoten deklaag toegepast kan worden in relatie tot de levensduur.

Levensduur object	Gewenste onderhoudsvrije periode	Klimaatklasse	Esthetische eisen	Al laag	ZnAl laag	Al laag + verf	ZnAl laag + verf	verf
< 30 jaar	20	Alle		X	X	X	X	X
> 30 jaar < 50 jaar	40	C4, Im in zoet water en spatzone		X	X			
	30	C5I		X	X			
	20-25 jaar	C4, C5I, Im in zoet water en spatzone	X			X	X	
	50 jaar	C5M		X				
	20-25 jaar	C5M		X				
	50 jaar	Immersie in zout water		X				
	20-25 jaar	Immersie in zout water		X				
> 50 jaar	40 jaar	C4, C5, Im in zoet water en spatzone		X	X			
	20-25 jaar	C4, C5I, Im in zoet water en spatzone	X			X	X	
	> 50 jaar	C4, C5I, C5M, Immersie in zoet water en spatzone		X				
	30-50 jaar	Immersie in zout water		X				
	20-25 jaar	C4, C5I, Im in zoet water en spatzone	X			X		
	20-25 jaar	C5M		X				
	20-25 jaar	Immersie in zout water		X				

Toelichting:

X = de meest economische keuze

X = minder economische keuze

6 Herstelmethoden

6.1 Herstel thermisch gespoten deklagen

Defecten aan gemetalliseerde lagen kunnen op onderstaande wijze worden hersteld. Hetzelfde geldt voor secties die op de bouwplaats aan elkaar gelast worden waarvan de lasnaden beschermd dienen te worden.

- Verwijder loszittende thermisch gespoten deklaag door middel van afsteken.
- Verwijderen eventuele roest door middel van stralen tot een reinheidsgraad Sa 2½ volgens NEN-EN-ISO 8501-1.
- Ruw de blank stalen delen op door middel van stralen tot een ruwheid van Rz = 80-120 µm volgens NEN-EN-ISO 4288. Het beste resultaat wordt bereikt als de straalsozzle hierbij schuin op het oppervlak staat om onthechting van de goed hechtende thermisch gespoten deklaag te voorkomen. Een overlap van 5 tot 7,5 cm met de onbeschadigde thermisch gespoten deklaag kan aangehouden worden.
- Op de gestraalde oppervlakte een nieuwe thermisch gespoten deklaag van hetzelfde type als aangebracht op het omringende oppervlak tot de vereiste laagdikte.

6.2 Herstel sealer op verfsysteem

Een beschadigde sealer of een beschadigd verfsysteem kan op onderstaande wijze worden hersteld:

- Loszittende verflagen verwijderen door licht aanstralen.
- Sealers op basis van siliconenaluminium kunnen verwijderd worden door deze eerst uit te laten harden door middel van warmte (circa 150 °C) en vervolgens te verwijderen door stralen.
- Opnieuw aanbrengen sealer of verfsysteem.

7 Technische aspecten te benoemen in kwaliteitsplan

In het kwaliteitsplan van de aannemer dienen minimaal de onderstaande volgende technische aspecten te zijn verwerkt. Het uitgangspunt hierbij is dat het eisendeel bekend is bij de aannemer.

7.1 Constructie

- Hoe worden scherpe randen voorbereid?

7.2 Voorbehandeling

- Met welk straalmiddel wordt gestraald (type, grofheid, leverancier)?
- Hoe wordt de reinheid beoordeeld (methode en frequentie)?
- Hoe wordt de ruwheid beoordeeld (methode, frequentie en met welke apparatuur)?
- Hoe wordt de hoeveelheid stof op de ondergrond beoordeeld (methode en frequentie)?

7.3 Applicatie thermisch gespoten deklaag

- Welk type thermisch gespoten deklaag wordt aangebracht (welke legering)?
- Welke draaddiameter wordt gebruikt?
- Hoe wordt de samenstelling van de legering geborgd (analyse, certificaat)?
- Met welke methode en apparatuur wordt de thermisch gespoten deklaag aangebracht?

7.4 Kwaliteit thermisch gespoten deklaag

- Hoe wordt de laagdikte bepaald (methode, apparatuur, aantal metingen per m of m²)?
- Hoe wordt de hechting bepaald (methode, apparatuur, aantal metingen per m of m²)?

7.5 Aanbrengen verflaag op de thermisch gespoten deklaag

- Hoe wordt de vereiste reinheid van de ondergrond gewaarborgd?
- Welke verfproducten worden aangebracht (type, merknaam en leverancier)?
- Welke tijdsduur zitten er tussen het metalliseren en het aanbrengen van de verflagen?
- Wat zijn de omgevingsomstandigheden tussen het metalliseren en het aanbrengen van de verflagen (o.a. temperatuur oppervlak, dauwpunt en relatieve vochtigheid) en hoe wordt dit geborgd?
- Hoe wordt de laagdikte van de verflagen bepaald (methode, apparatuur, aantal metingen per m of m²)?
- Hoe wordt de hechting van de verflagen bepaald (methode, apparatuur, aantal metingen per m of m²)?

7.6 Veiligheidsmaatregelen

- Inzet Persoonlijk BeschermingsMiddelen (PBM's)
- Afzuiging Al stof of Zn/Al 85/15 stof
- Type brandblusmiddelen

7.7 Herstelprocedure

- Hoe worden gebreken in de thermisch gespoten deklaag en verflagen hersteld (bijv. herstellocatie, herstelmethode (o.a. voorbehandeling en aanbrengmethode) en herstelomstandigheden)?

8 Literatuur

Ten behoeve van de rapportage is naast de in de tekst vermelde normen gebruik gemaakt van de onderstaande literatuur.

- NBD 10300: "Eisen thermische spuitlagen; Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie", versie: definitief, datum: 01-08-2005, auteurs: D.Ros en J/Blom.
- DEP 30.48.40.31-Gen: "Technical Specification; Thermal Spray of Aluminium and 85/15 Zn/Al Alloy", dd 18-02-2008, auteurs: Shell Global Solutions International B.V. en Shell International Exploitation and Production B.V.
- DEP 30.48.40.33-EPE: "Technical Standard; External Protective Coatings for On- and Offshore Facilities", datum: Juni 2005, auteurs: Shell International Exploitation and Production B.V.
- DEP 70.48.11-30-Gen: "Technical Specification, Protective coatings for offshore facilities", datum: Oktober 2006, auteur: Shell Global Solutions International B.V. en Shell International Exploitation and Production B.V.
- Titel: "SPC00240, Productspecificatie Conservering Staal Nieuwbouw", documentnummer SPC00240, versie 004 van 01-02-2010, auteur: ProRail Assetmanagement.
- Titel: "RLN00068, Applicatie eisen thermisch gespoten aluminium", documentnummer RLN00068, versie 003 van 01-12-2004, auteur: ProRail Beheer en Instandhouding.
- Titel: "Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 1, basisdocument", versie 1.0, documentnummer: SCON-2008-682-TCE, datum 30-10-2008, auteurs: Ing. J. van Montfort, Ing. L.F.J.M. Linssen, uitgave PSI-Bouw, Project Professionaliseren Staalconserveren.
- Titel: "Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, voorlopige systeemeisen", versie 1.0, documentnummer: SCON-2008-683-TCE, datum 30-10-2008, auteurs: Ing. J. van Montfort, Ing. L.F.J.M. Linssen, uitgave PSIBouw, Project Professionaliseren Staalconserveren.
- Tech-info-blad nr. TI.05.25: "Thermisch gespoten aluminiumlagen (toepassing, kosten en ontwerpaspecten)", FME-CWM, september 2005.
- Tech-info-blad nr. TI.05.24: "Dikke deklagen. Selectie en keuzecriteria in relatie met functionaliteit", FME-CWM, september 2005.
- Praktijkrichtlijn voor het aanbrengen van een duplexstelsel op staal: thermisch gespoten deklagen (metallisatie) gevolgd door een organische deklaag", Uitgave EVIO, december 2007.
- Guus Coolegem en Robert Gouwen: "Aluminium deklagen, Literatuuroverzicht 1995-2004", TNO-Rapport CA04.5071, TNO Industrie, 17 september 2004.
- S.Koruda en M. Takemoto: "Ten Year Interim Rapport of Thermal Sprayed Zn, AL and Zn-Al Coatings Exposed to Marine Corrosion by Japan Association of Corrosion Control", Proceeding of the 1st International Thermal Spray Conference, Montreal 2000.
- A.J. de Munter, A. Bult en J.A. de Jong: "On the Economical and Environmental Aspects of TSA Coating".
- ing. J.A. de Jong: "Rapport haalbaarheid aluminiseren roldeur 5, Westsluis te Terneuzen, Technische haalbaarheid, risico inventarisatie, integrale kosten en milieu", Bouwdienst Rijkswaterstaat, Rapportnummer: 4838R-JJO-01.119, van 9 juli 2001.
- Mink Ros: "Levenscycluskosten als uitgangspunt", Artikel uit Oppervlaktetechnieken nr. 1 – 2004 – jrg 48.
- Marita Bütelführ: "Einfluss des Aluminiumgehaltes gespritzter Zinküberzüge auf den Korrosionsschutz von Stahl", Otto-Graf-Institut Stuttgart, ISSN 0585-7899, ISBN 3-9809512-4-3, Schriftenreihe Heft 91, 2006.
- P. Verbiest: "Daling corrosiesnelheid van zink tijdens de laatste decennia", O&C nov.1998.
- NACE Paper No. 04023 Rapid Degradation of Painted TSA, O. Knudsen and T. Rogne, 2004

De onderstaande aanvullende normen zijn bestudeerd (naast de normen die al onder de kop normen genoemd zijn).

- NEN-EN 582: "Thermisch spuiten. Bepaling van de hecht-treksterkte", Mei 1994.
- NEN-EN-ISO 2063: "Thermal spraying – Metallic and other inorganic coatings – Zinc, aluminum and their alloys", April 2005.
- NEN-EN-ISO 8503-1: "Voorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante produkten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 1: Specificaties en definities voor vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid voor de beoordeling van gestraalde oppervlakken", Juni 1995.
- NEN-EN 14616: "Thermal spraying – Recommendations for thermal spraying", November 2004.
- NEN-EN-ISO 14917: "Thermisch spuiten – Terminologie, classificatie", September 1999.
- NEN-EN-ISO 14922-3: "Thermisch spuiten – Kwaliteitseisen voor thermisch gespoten onderdelen – Deel 3: Standaard kwaliteitseisen", Augustus 1999.
- NEN-EN-ISO 14922-4: "Thermisch spuiten – Kwaliteitseisen voor thermisch gespoten onderdelen – Deel 4: Elementaire kwaliteitseisen", Augustus 1999.
- NEN-EN-ISO 14924: "Thermal spraying – Post-treatment and finishing of thermally sprayed coatings", September 2005.
- NEN-EN-ISO 14922-1: "Thermisch spuiten – Kwaliteitseisen voor thermisch gespoten onderdelen – Deel 1: Leidraad voor de keuze en de toepassing", Augustus 1999.
- NEN-EN-ISO 14922-2: "Thermisch spuiten – Kwaliteitseisen voor thermisch gespoten onderdelen – Deel 2: Uitgebreide kwaliteitseisen", Augustus 1999.
- ISO 14713: "Protection against corrosion of iron and steel in structures – Zinc and aluminium coatings – Guidelines", Maart 1999, status: vervallen.
- NEN-EN-ISO 14713-1: "Zinc coatings – Guidelines and recommendations for the protection of iron and steel in structures – Part 1: General principles of design and corrosion resistance", Januari 2010.
- AWS C2.16-92: "Guide for Thermal-Spray Operator Qualification", April 1992, status: vervallen.
- NACE No.12/AWS C2.23M/SSPC-CS 23.00: "Specifications for the Application of Thermal Spray Coatings (Metallizing) of Aluminium, Zinc, and Their alloys and Composites for the Corrosion Protection of Steel", 2003.

Bijlage 1 Inventarisatie momenteel gestelde eisen

De onderstaande opdrachtgevers stellen op dit moment met betrekking tot het metalliseren de onderstaande eisen.

Rijkswaterstaat, Dienst Infrastructuur

De eisen zijn vermeld in het document:

- NBD 10300: "Eisen thermische spuitlagen; Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie", versie: definitief, datum: 01-08-2005, auteurs: D.Ros en J/Blom.

Dit document geeft de applicatie-eisen van diverse thermische spuitlagen.

In dit rapport zijn alleen de eisen benoemd die betrekking hebben op Aluminium deklagen ter bescherming van staal tegen corrosie.

De overige aspecten die in deze NBD benoemd zijn, zijn o.a. thermische spuitlagen als loopvlak voor afdichtingen en als loopvlak voor glijlagers.

De eisen staan vermeld in de overzichtstabel in Bijlage 2.

Shell

De eisen zijn vermeld in de documenten:

- DEP 30.48.40.31-Gen: "Technical Specification; Thermal Sprayed Aluminium Coatings", datum: Juli 2008, auteurs: Shell Global Solutions International B.V. en Shell International Exploitation and Production B.V.
- DEP 30.48.40.33-EPE: "Technical Standard; External Protective Coatings for On- and Offshore Facilities", datum: Juni 2005, auteurs: Shell International Exploitation and Production B.V.
- DEP 70.48.11.30-Gen: "Technical Specification; Protective Coatings for Offshore Facilities", Revision, datum: Oktober 2006, auteurs: Shell Global Solutions International B.V. en Shell International Exploitation and Production B.V.

In het document DEP 30.48.40.31-Gen staan de applicatie-eisen waar een aangebrachte aluminiumlaag en zinkaluminiumlaag aan dient te voldoen.

In de documenten DEP 30.48.40.33-EPE en DEP 70.48.11.30-Gen staan naast de eisen waaraan aangebracht conserveringslaag aan dient te voldoen ook de eisen waar de metalliseerders aan dienen te voldoen.

De eisen staan vermeld in de overzichtstabel in Bijlage 2 en 3.

ProRail

De eisen zijn vermeld in de documenten:

- Titel: "SPC00240, Productspecificatie Conservering Staal Nieuwbouw", documentnummer SPC00240, versie 004 van 01-02-2010, auteur: ProRail Assetmanagement.
- Titel: "RLN00068, Applicatie eisen thermisch gespoten aluminium", documentnummer RLN00068, versie 003 van 01-12-2004, auteur: ProRail Beheer en Instandhouding.

In het document SPC00240 staan de laboratorium-eisen waar een aangebrachte aluminiumlaag aan dient te voldoen met de eisen waaraan een aanvullende verflaag of verflagen dienen te voldoen.

In het document RLN00068 staan de applicatie-eisen waar aan aangebracht thermisch gespoten deklaag dient te voldoen en de eisen waar de metalliseerders aan dienen te voldoen.

De eisen staan vermeld in de overzichtstabel in Bijlage 2 en 3.

Gemeentewerken Rotterdam

De eisen zijn vermeld in het document:

- 56 "Technische bepalingen conserveringswerken; Eisen en uitvoering; Aanbrengen thermisch gespoten aluminium deklaag". Bestektekst uit een bestek, auteur: Gemeentewerken Rotterdam.

Dit document geeft de applicatie-eisen van een aangebrachte aluminiumlaag en een aanvullende verflaag.

De eisen staan vermeld in de overzichtstabel in Bijlage 2 en 3.

Bijlage 2 Tabel met door OGOS-deelnemers opgestelde eisen voor thermisch gespoten deklagen

Aluminiumlagen

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeentewer- ken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerking
Keuze systeem	Laboratoriumonder- zoek t.b.v. toelating	Snelverweringstest volgens ISO 20340 gedurende 4200 uur			Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa		Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa	
		Corrosiewisseltest volgens ISO 11997-, Cycle B gedurende 15 cycli (2100 uur PSI Bouw)			Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa		Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa	
		Waterdampstest volgens ISO 6270- 1, gedurende 3 maanden (2000 uur PSI Bouw)			Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa		Geen defecten, hechting minimaal 5 MPa	
	Praktijkervaring na 3 jaar t.b.v. toelating				Geen defecten, bij beschadiging maximaal 1 mm ondermijning, hechting minimaal 6MPa			
	Toegelaten legeringen		Al 99,5 of AlMg5	Al 99,9 (= 1100), Al 99,5 (= 1350), Zn85Al15	Al 99,5 (= 1050 of 1350) AlMg5 (=	Al 99,5 of AlMg5		

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeentewer- ken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerking
Eisen constructie	Afrondingsstraal		$\geq 3 \text{ mm}$		$\geq 2 \text{ mm}$	$\geq 2 \text{ mm}$		
Applicatie- eisen	Methode				Vlamspuiten of electrisch draadspuiten	Electrisch boogspuiten		
	Reinheid ondergrond	NEN-EN-ISO 8501-1	Sa 2½	Sa 2½	Sa 2½	Sa 2½		
	Ruwheid ondergrond	NEN-EN-ISO 8503-4 (8504-1)	Ry5 = 80-120 μm		Ry5 = 80-120 μm	Ry5 = 80-120 μm		
		ISO 8503-5		75-110 μm				
	Oplosbaar zout ondergrond	ISO 8502-6		< 20 mg/cm ²				
		NEN-EN-ISO 8501-1	100 mg/m ²					
	Voorverwarmen			Eerste 0,1 à 0,2 m ² , 40-65 °C, niet bij electrisch boogspuiten				
Eisen aan aluminiumlaag	Laagdikte bij toepassing Al zonder verfsysteem		Nominaal 260 μm		Gemiddeld Minimum 300 μm Absoluut minimum 250 μm			
	Laagdikte bij toepassing Al met aanvullend verfsysteem	ISO 2178	Nominaal 260 μm	250 μm Al typen en 250 μm ZnAl	Gemiddeld Minimum 250 μm Absoluut minimum 200 μm	Minimaal 240 μm Nominaal 280 μm		
	Hechting	ISO 4624	$\geq 5 \text{ MPa}$		$\geq 6 \text{ MPa}$	$\geq 5 \text{ MPa}$		
		ASTM D 4541		$\geq 7 \text{ MPa}$				
Garantie			10 jaar		10 jaar	10 jaar		

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeentewer- ken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerking
Verwachte beschermings- duur			50 jaar		> 40 jaar			
Eisen applicatie- bedrijf	Kwaliteitsnorm		NEN-EN-ISO 9001 en ANSI/AWS C2.18-93	ISO 9001 en ISO 14922-1 en 14922-2	EN-ISO 9001 of 9002 en ANSI/AWS C2.18- 93			
	Ervaring		Min. 5 jaar ervaring, waarbij tenminste 5 objecten met een oppervlak van min. 50% van het te metalliseren oppervlak dienen te zijn gemetalliseerd		Object met minimaal de helft van het te metalliseren oppervlak gemetalliseerd			
Eisen applicateur			ANSI/AWS C2.16-92	ISO 14918	ANSI/AWS C2.16- 92			

Bijlage 3 Tabel met door OGOS-deelnemers opgestelde eisen voor verflagen op thermisch gespoten deklagen

Aluminiumlagen

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeente- werken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerk- ing
Keuze systeem	Laboratoriumonderzoek t.b.v. toelating	Corrosiewisseltest volgens ISO 11997-, Cycle B gedurende 15 cycli (2100 uur PSI Bouw)			Langs kras tot op thermisch gespoten deklaag: maximale 2 mm blaren en ondermijning Op oppervlak: Geen defecten, Hechting verflagen minimaal klasse 1 volgens NEN-EN-ISO 2409		Langs kras tot op thermisch gespoten deklaag: maximale 2 mm blaren en ondermijning Op oppervlak: Geen defecten, Hechting verflagen minimaal klasse 1 volgens NEN-EN-ISO 2409	
		Waterdampstest volgens ISO 6270-1, gedurende 3 maanden (2000 uur PSI Bouw)			Langs kras tot op thermisch gespoten deklaag: maximale 5 mm blaren en ondermijning Op oppervlak: Geen defecten, blaarvorming maximaal s2d2 volgens NEN-EN-ISO 4628-2, hechting minimaal klasse 1 volgens NEN-EN-ISO 2409		Langs kras tot op thermisch gespoten deklaag: maximale 5 mm blaren en ondermijning Op oppervlak: Geen defecten, blaarvorming maximaal s2d2 volgens NEN-EN-ISO 4628-2, hechting minimaal klasse 1 volgens NEN-EN-ISO 2409	
		Snelverwerkingstest volgens ISO 11341,			Geen defecten, glans minimaal 30% van de		Geen defecten, glans minimaal 30% van de	Alleen wanneer

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeente- werken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerk- ing
		Cycle A gedurende 2000 uur			uitgangswaarde		uitgangswaarde	estheti- sche eisen worden gesteld.
Keuze verfsysteem	Praktijkervaring na 3 jaar t.b.v. toelating				Geen defecten, bij beschadiging maximaal 2 mm ondermijning, hechting minimaal 5MPa			
	Toegelaten verfsystemen			Sealer: epoxy en siliconen. Verflagen: Epoxy- primer, Epoxy- midcoat, Alifatische PUR deklaag	Epoxy, polyurethan, polysiloxaan			
Applicatie- eisen	Tijdsduur na metalliseren			Binnen 24 uur	Binnen 2 weken, mits vochtigheid onder 85% blijft en staaltemperatuur minimaal 3°C boven dauwpunt.	Zo spoedig mogelijk		
	Reinheid ondergrond					Oxidelaa g voor aanbrengen		

Deelonderwerp	Item	Sub-item/norm	RWS Dienst Infrastructuur	Shell	ProRail	Gemeente- werken Rotterdam	PSI Bouw	Opmerk- ing
						verflagen verwijderen		
Eisen aan verflagen	Laagdikte verflagen							
	Hechting							
Garantie			10 jaar		10 jaar	10 jaar		
Verwachte beschermings- duur			50 jaar		> 40 jaar			Verflagen wel eerder onderhoud
Eisen applicatie- bedrijf	Kwaliteitsnorm		NEN-EN-ISO 9000	ISO 9001	EN-ISO 9001 of 9002			
	Ervaring				Object met minimaal de helft van het te metalliseren oppervlak gecoat			
Eisen applicateur								

Doc. 1/10 84 *KE*

Centrum voor Technisch Onderzoek
Concordiastraat 67, 3551 EM UTRECHT

CTO/3/L/10.314/254
7 augustus 1984

Meting oppervlakte hardheid van verzinkte voorspanbouten

Inleiding

Een hoge hardheid kan bij verzinkte voorspanbouten aanleiding geven tot breuk door waterstofbroosheid. Deze breuk kan optreden wanneer een bout een hoge hardheid heeft over de gehele doorsnede, maar ook bij een hoge hardheid aan de buitenrand bijvoorbeeld wanneer het materiaal is opgekoold. De zone met een hoge hardheid aan de buitenrand kan zeer dun zijn. Om niet door de dunne laag heen te prikken moet gemeten worden met een lage belasting. Om een hardheidsmeting met een lage belasting nauwkeurig te kunnen uitvoeren is een voorbereiding (slijpen, schuren, polijsten) van het te meten materiaal vereist. Door deze voorbereiding is het mogelijk dat de harde oppervlakte-laag of een deel daarvan verwijderd wordt.

Om dit te voorkomen wordt het te meten proefstuk op een bepaalde manier voorbereid.

Dit rapport geeft een beschrijving van de voorbereiding van het proefstuk en de bepaling van de oppervlakte hardheid.

Vorbewerking van de te meten bouten

Uit de boutsteel wordt op een afstand van ca 5 mm van de boutkop een proefstuk geslepen met een lengte van ca 30 mm.

Met behulp van een vlakslijpbank wordt het proefstuk van een vlakke kant voorzien met een breedte van ca 10 mm.

Het proefstuk wordt met de vlakke kant op een spie gelegd, die een helling heeft van 1:10, waarna de andere zijde wordt vlakgeslepen over een lengte van ca 25 mm, waarbij het resterend niet vlakgeslepen gedeelte (lengte ca 5 mm) moet liggen buiten het schroefdraadgedeelte (indien aanwezig).

Foto 1 op bijlage 1 geeft een beeld van een proefstuk dat gereed is voor een hardheidsmeting.

Hardheidsmeting

De hardheid wordt bepaald met de Vickers micro-hardheidsmeter. De belasting waarbij gemeten wordt bedraagt 2,94N (300 g).

Nadat het proefstuk op de spie is gelegd (proefstuk niet inklemmen) wordt de hardheid gemeten op een afstand van 0,1 mm van de zinklaaggegrens ongeveer

ter plaatse van de denkbeeldige hartlijn van het proefstuk.

De zinklaaggrens is door kleurverschil van het staal te onderscheiden, zie foto 2 op bijlage 1.

Als hardheidswaarde wordt aangehouden het gemiddelde van minimaal 3 metingen, waarbij de eis van een maximale hardheid van 370 HV wordt gehanteerd.

ing L.P. van der Sloot

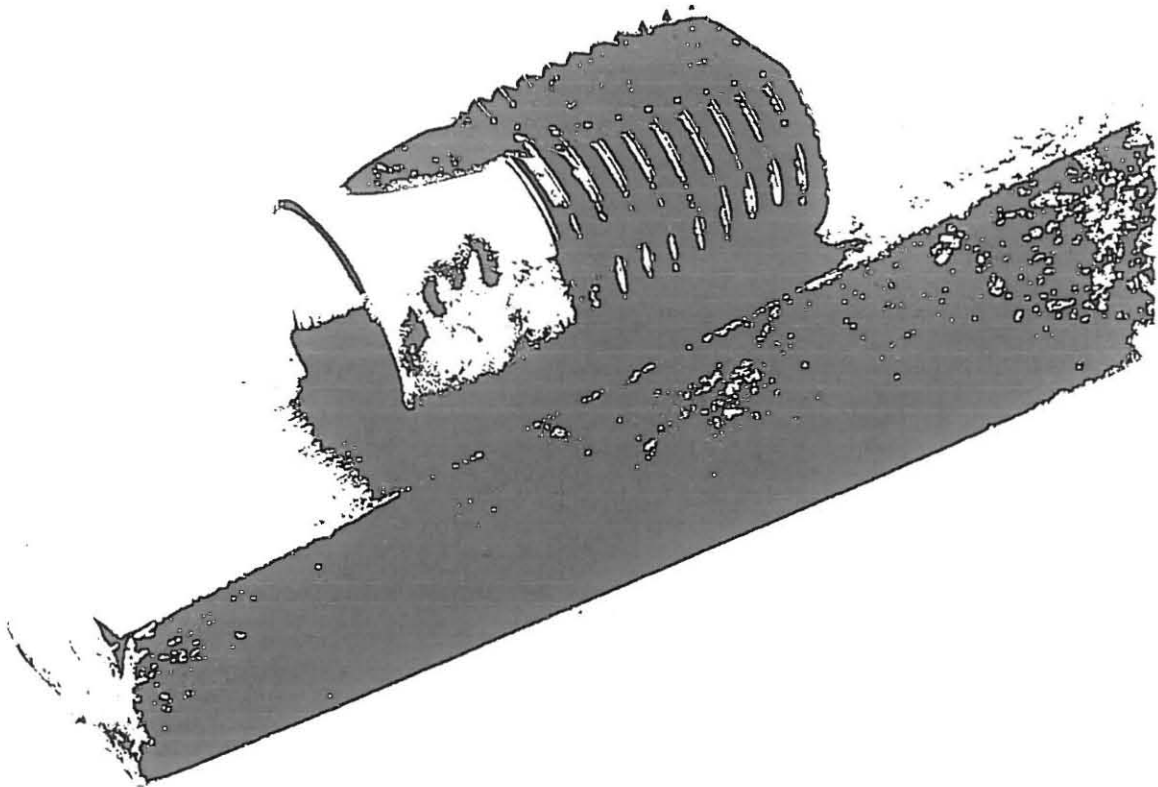
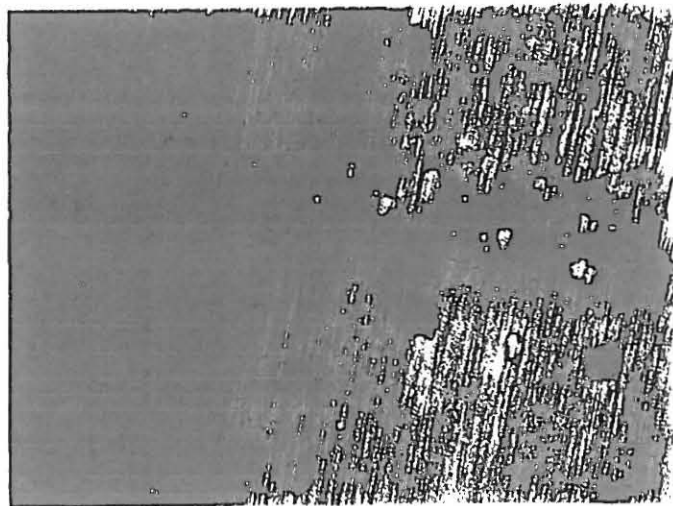


Foto 1 Proefstuk gereed voor de hardheidsmetingen

V = 1,5

Foto 2 Micro-hardheidsmetingen op 0,1 mm
van de zinklaaggrens. V = 100