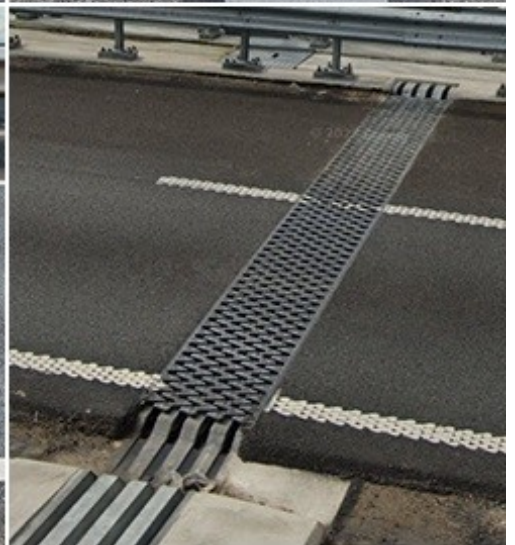
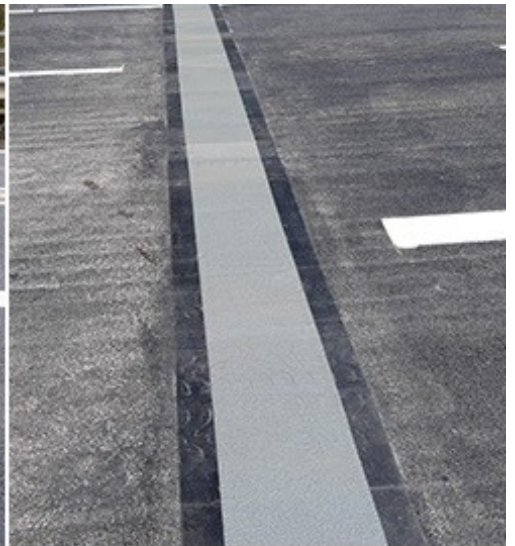


RTD 1007-1 'Keuzeproces voegovergangen'

Rijkswaterstaat Technisch Document

Versie
Status
Datum

2.0
Concept
30 januari 2024



Colofon

Titel	RTD 1007-1
Verantwoordelijke afdeling	RWS / GPO / BVI
Proces / proceseigenaar	AenO / Diana Beuting
Inhoudelijk Beheerders	Barry Doorn Frank van Beek
Informatie	ROK-Info@rws.nl
Versie	2.0
Status	Concept
Datum	30 januari 2024

DISCLAIMER/AANSPRAKELIJKHEID

Bij het opstellen van deze RTD is een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht. Desondanks moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er fouten, onvolkomenheden en/of onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Voor ieder gebruik van deze uitgave wordt ervan uitgegaan dat de gebruiker voldoende kennis van zaken, ervaring en deskundigheid bezit om oordeelkundig en kritisch met deze RTD om te gaan. Rijkswaterstaat is niet verantwoordelijk en aansprakelijk voor onjuist en/of ondeskundig gebruik van deze RTD. Vragen, opmerkingen en suggesties ten aanzien van de inhoud van deze RTD kunnen worden gecommuniceerd via ROK-Info@rws.nl.

Inhoud

1	Onderwerp en toepassingsgebied.....	5
1.1	Inleiding.....	5
1.2	Wijzigingen.....	6
1.2.1	PVO Digitale Meerkeuzemodel.....	6
1.2.2	PVO Productoverzicht.....	6
1.2.3	PVO Rekenmodel voegbewegingen (bestaande kunstwerken).....	7
1.3	Toepassingsgebied	7
1.3.1	Bij instandhoudingsadvisering (VO-niveau).....	7
1.3.2	Bij de contractvoorbereiding van een onderhoudsproject (DO-niveau).....	8
1.3.3	Bij nieuwbouw (DO-niveau)	8
1.4	Terminologie en afkortingen	8
1.5	Leeswijzer	9
2	Processtappen in het keuzeproces	10
3	Bureaustudie	11
3.1	Beheerinformatie van het kunstwerk.....	11
3.2	Aandachtspunten van de beheerder (bestaande kunstwerken)	11
3.3	Informatie uit tekeningen	12
3.4	Fotobeelden (bestaande kunstwerken)	12
4	In situ verificaties	13
4.1	Type voegovergangssysteem.....	13
4.2	Raakvlakken schampkanten.....	15
4.3	Conditie van de aangrenzende constructie	16
4.4	Grootte dilatatieopening kunstwerk (meten)	17
4.5	Minimale inbouwhoogte t.p.v. verharding en goten	18
5	Onderhoudshistorie	19
5.1	Historie vervanging voegsystemen	19
5.2	Saneren en herstellen van het kunstwerk	20
6	Objectspecifieke randvoorwaarden	22
6.1	Objecttype.....	22
6.2	Restlevensduur van het kunstwerk	22
6.3	Breedte van de frontwand (landhoofd)	22
6.4	Voegopening van het brugdek.....	24
6.5	Beschikbare inbouwhoogte	25
6.5.1	Inbouwhoogte rijbaan (nieuwbouw)	25
6.5.2	Inbouwhoogte rijbaan (vervanging)	26
6.5.3	Inbouwhoogte ter plaatse van goten en schampkanten	27
6.6	Randvoorwaarden t.a.v. inpassing bij schampkanten	28
6.7	Hoge wapeningsdichtheid	29
6.8	Voorspanning.....	30
6.9	Tanden en nokken	31
6.10	Dunne rijvloeren (≤ 250 mm)	32
6.11	Uitkragende consoles	34
6.12	Hemelwaterafvoer kunstwerk.....	35
7	Randvoorwaarden vanuit de weg en verharding	36

7.1	Verkeerscategorie.....	36
7.2	Maximaal toegestane snelheid.....	37
7.3	Stroefheid bij een horizontale boogstraat.....	37
7.4	Wegdektype	37
7.5	Specifieke zware lokale verkeersomstandigheden	39
7.6	Fietsers en voetgangers	39
8	Geluidseisen voor voegovergangen	40
8.1	Inzichtelijk maken van de omgeving	41
8.2	Berekenen van de geluidseis.....	41
8.3	Verificatie geluidseis met GLW	42
9	Voegbewegingen	43
9.1	Berekenen	43
9.2	Toetsen van voegbewegingen	44
9.2.1	Langscapaciteit $\Delta X / \Delta X_v$	45
9.2.2	Constructietemperatuur bij uitvoering	45
9.2.3	Zijdelingse capaciteit $\Delta Y / \Delta Y_v$	46
9.2.4	Verticale capaciteit ΔZ	46
9.2.5	Hoogfrequente capaciteit $\Delta X / \Delta Z_{hf}$	47
10	Milieu en levensduurkosten	48
10.1	Levensduurkosten (LCC)	48
10.1.1	Uitgangssituatie.....	48
10.1.2	Kostencomponenten.....	48
10.2	Lifecycle Analyse (LCA)	50
10.3	Afweging	51
11	Rapportage 'trade-off analyse'	52
	Bijlage 1: Schema processen, kaders en producten	53
	Bijlage 2: Overzicht voegovergangconcepten	54
	Bijlage 3: Geluidslabelwaarden (GLW)	55
	Bijlage 4: Life Cycle Costs (LCC)	56
	Bijlage 5: Milieukostenindicator (MKI)	57
	Bijlage 6: Checklist voor de beheerder	58
	Bijlage 7: Checklist voor rekentool voegvoegbewegingen	59
	Bijlage 8: Trade-off analyse (TOA)	60

1 Onderwerp en toepassingsgebied

1.1 Inleiding

Dit Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD) 1007-1 'Keuzeproces voegovergangen' is een kader voor het kiezen van het meest optimale voegovergangconcept voor infrastructurele kunstwerken. Ieder kunstwerk heeft zijn eigen unieke constructieve eigenschappen en vorm van de bovenbouw, opleggsysteem, onderbouw en fundering, dat op een bepaalde wijze vervormt met de daarbij horende unieke voegbewegingen. Daarnaast wordt de inpassing van een voegovergangsysteem in belangrijke mate bepaald door unieke detaillering van de constructie, voertuigkeringen en omgevingselementen zoals de wegverharding. Tenslotte bepaalt het type deklaag ook welke eisen er vanuit geluid gesteld worden aan het voegovergangsysteem. Dit alles maakt dat voor ieder object een aparte technische beoordeling noodzakelijk is om te bepalen welke voegovergangconcepten toepasbaar zijn. De eenvoud van 'one size fits all' is bij voegovergangen ondenkbaar geworden. Om een zorgvuldige keuze van het toe te passen voegovergangsysteem succesvol te implementeren is er kennis nodig van kunstwerken én de systeemwerking van ieder uniek voegovergangsysteem. Omwille van het specialistische kennisniveau (en impliciet het tekort aan ervaren adviseurs) is deze RTD en het bijbehorende Meerkeuzemodel ontwikkeld.

In versie 1.0 van de RTD1007-1 is een eerste stap gezet in het op gestructureerde wijze in beeld brengen van de verschillende voegovergangfamilies, de daarin te onderscheiden voegovergangconcepten en de globale prestaties daarvan. Het accent lag daarin sterk op de borging van kennis over globale prestaties van de verschillende typen voegovergangen en minder op het afwegingsproces zelf.

In afgelopen jaren zijn op basis van deze RTD door het Platform Voegovergangen en Opleggingen (PVO) praktische hulpmiddelen ontwikkeld die ondersteuning bieden voor het maken van een keuze:

- Productoverzicht voegovergangssystemen
- Rekentool voegbewegingen (voor bestaande kunstwerken)
- Digitale Meerkeuzemodel voegovergangen

Door gebruik van deze tools in de praktijk enerzijds en praktijkervaringen bij het vervangen van voegovergangen anderzijds ontstond de behoefte om het keuzeproces meer te standaardiseren en de focus te leggen op de objectspecifieke aandachtspunten en risico's die beschouwd dienen te worden in het keuzeproces en die de basis vormen voor het daarna volgende proces tot en met de realisatie.

Met deze versie 2.0 wordt het keuzeproces in grote mate gestandaardiseerd. Het eindproduct van (RTD) 1007-1 'Keuzeproces voegovergangen' is een Trade-Off Analyse (TOA). Dit document bevat veel belangrijke informatie waaronder een raakvlakanalyse, een berekening van de voegbewegingen, een trade-off matrix (TOM) en objectspecifieke eisen die bij de keuze van het voegovergangsysteem horen.

RTD 1007-1 'Keuzeproces Voegovergangen' moet worden gebruikt met kennis van en in samenhang met de volgende documenten:

- RTD 1007-2 'Eisen voor Voegovergangen'
- RTD 1007-3 'Geluideisen voor voegovergangen'
- RTD 1007-4 'Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies'
- RTD 1007-5 'Resultaatsbeschrijving engineering voegovergangen'

Samen vormen deze documenten één samenhangend pakket. De onderlinge relatie tussen de kaders en producten is opgenomen in bijlage 1.

1.2 Wijzigingen

Voorliggende RTD 1007-1 'Meerkeuzeproces Voegovergangen' vervangt RTD 1007-1 'Meerkeuzematrix voegovergangen' versie 1.0 uit 2014 en betreft een volledig herziene uitgave. In verhouding tot de vorige versie staat het keuzeproces centraal, en wordt veel technische informatie ontsloten via het Meerkeuzemodel (MKM) voegovergangen, het Productoverzicht en de online handboeken van Platform Voegovergangen en Opleggingen (PVO). Deze worden in volgende paragrafen toegelicht. Naast de technische aspecten zijn ook Lifecyclecosting (LCC) en duurzaamheid meegenomen en integraal onderdeel geworden van het keuzeproces.

1.2.1 PVO Digitale Meerkeuzemodel

Om tot een goede keuze van een voegovergangssysteem te komen, heeft Rijkswaterstaat binnen het PVO een online webapplicatie ontwikkeld; het 'Meerkeuzemodel voegovergangen'. De applicatie is ontwikkeld om het gehele proces conform deze RTD1007-1 te doorlopen in de online omgeving en tot slot de Trade-Off analyse te genereren. Indien gegevens volledig zijn en naar waarheid ingevoerd én de Trade-off analyse als rapportage is gevalideerd, is er voldaan aan de eisen in deze RTD 1007-1.

1.2.2 PVO Productoverzicht

In versie 1.0 van de RTD1007-1 lag de insteek op voegovergangconcepten. De daarop gebaseerde factsheets bleken niet specifiek en accuraat genoeg te zijn in relatie tot de in de markt beschikbare unieke voegovergangssystemen (producten). Deze hebben ieder hun eigen specifieke prestaties en eigenschappen. De prestatieverklaringen van de voegovergangssystemen vormen daarom een betere basis om daadwerkelijk de geschiktheid van voegovergangssystemen te verifiëren voor objectspecifieke situaties. Daarmee zijn de algemene factsheets overbodig geworden. De prestatieverklaringen worden, behalve via leveranciers, ook op de website van PVO ontsloten via het PVO Productoverzicht.

De Prestatieverklaringen die door Rijkswaterstaat zijn ontvangen en beoordeeld zijn samen met de tekeningen van het referentieontwerp en het Beheer- & Onderhoudsplan toegevoegd aan het de database van het PVO en ontsloten via het Productoverzicht.

In het Productoverzicht is een beoordelingsstatus opgenomen. Status 0 betekent dat prestaties van het product afkomstig zijn van de leverancier, maar niet geverifieerd door Rijkswaterstaat of een zogenoemde 'Approval Body'. Status 1 betekent dat het voegovergangssysteem door Rijkswaterstaat is beoordeeld en voldoet aan RTD1007-2. In dat geval heeft de leverancier een Vrijgavebrief ontvangen van Rijkswaterstaat. Deze is dan te vinden in het Productoverzicht.

Status 2 betekent dat de gedeclareerde prestaties van het product zijn beoordeeld door een Approval Body met behulp van een Technisch Assessment. Dit is over het algemeen van toepassing bij producten die op basis van een European Assessment Document (EAD) zijn ontwikkeld voor veel Europese landen maar niet vanzelfsprekend voldoen aan de eisen van Rijkswaterstaat. Bij contracten (met richtlijnen) van Rijkswaterstaat Status "1" vereist.

Figuur 1-1 Productoverzicht voegovergangen met 'beoordeling status'

1.2.3 PVO Rekenmodel voegbewegingen (bestaande kunstwerken)

Het PVO heeft een Generiek Rekenmodel (in Excel) ontwikkeld voor het berekenen van voegbewegingen van bestaande (betonnen) bruggen en viaducten. Met het Generiek Rekenmodel is invulling gegeven aan de behoefte van PVO-leden aan eenduidige en snelle analyses van voegbewegingen van bestaande betonnen kunstwerken. Met het gebruik van het rekenmodel wordt geborgd dat alle op de voegbewegingen van invloed zijnde aspecten worden meegenomen. Om het rekenmodel te kunnen gebruiken is voldoende kunstwerkinformatie nodig. Hiervoor is een checklist beschikbaar (zie bijlage 7). Het rekenmodel is voorzien van een exportfunctie die het mogelijk maakt om berekende voegbewegingen snel en efficiënt in te voeren in het Meerkeuzemodel.

1.3 Toepassingsgebied

RTD1007-1 'Keuzeproces voegovergangen' is van toepassing in verschillende fasen van de Asset Managementketen.

1.3.1 Bij instandhoudingsadvisering (VO-niveau)

Indien vanuit de instandhoudingsinspecties blijkt dat voegovergangen vervangen dienen te worden dan dient op basis van de bestaande situatie bepaald te worden welk type voegovergang voor de objectspecifieke situatie het meest geschikt is. Het is echter nog niet mogelijk om integraal alle uitgangspunten van een uitvoeringsproject definitief te noemen. Daarom dient de Trade-Off Analyse te worden gezien als een voorlopig ontwerp.

De instandhoudingsadvisering vindt doorgaans jaren eerder plaats dan de voorbereiding van een uitvoeringscontract. Hiermee wordt gepoogd om een realistisch beeld te geven van naderend onderhoud en daarvoor benodigde budgetten ten behoeve van de programmering. Op dit tijdstip zijn nog niet alle uitgangspunten volledig definitief.

1.3.2 Bij de contractvoorbereiding van een onderhoudsproject (DO-niveau)

Bij de contractvoorbereiding van groot onderhoud kan uit de inventarisatie blijken dat er nog geen Trade-off analyse is opgesteld of dat er gewijzigde uitgangspunten zijn voor bijvoorbeeld de verharding op het kunstwerk (deklaag, dikte). In dat geval kan besloten worden om de Trade-Off Analyse op te stellen c.q. te updaten.

Indien er geen Trade-off analyse met status 'DO' in het contract geleverd is, dienen de uitgangspunten van de 'VO' versie gecontroleerd te worden. Belangrijke aspecten zijn de afmeting van de voegopening in het kunstwerk en het type deklaag en dikte van de wegverharding dat definitief wordt toegepast.

1.3.3 Bij nieuwbouw (DO-niveau)

Bij nieuwe kunstwerken wordt de keuze van het voegovergangconcept bepaald door:

- Eisen van RTD1001 'Richtlijnen Ontwerp Kunstwerk (ROK);
- Voegbewegingen, bepaald volgens RTD1007-2 'Eisen voor voegovergangen';
- Afweging volgens RTD1007-1 d.m.v. Digitale Meerkeuzemodel (MKM).

Er kan worden volstaan met een onderbouwing in de ontwerpnota van het kunstwerk inclusief Trade-off analyse op basis van het Digitale Meerkeuzemodel en een berekening van voegbewegingen o.b.v. RTD1007-2.

Hiermee wordt nadrukkelijk meegegeven dat nieuwe kunstwerken niet standaard worden uitgerust met mechanisch verankerde stalen voegsystemen zoals opgenomen in de RTD1010 Standaarddetails voor betonnen bruggen. Het voegovergangconcept volgt uit de rapportage van het digitale Meerkeuzemodel van Platform Voegovergangen en Opleggingen (PVO).

1.4 Terminologie en afkortingen

Zie RTD1007-2 voor een lijst van technische termen die gerelateerd zijn aan voegovergangen en ook in deze RTD1007-1 worden gebruikt. Onderstaande lijst betreft een aanvulling op de lijst in de RTD1007-2 en bevat alleen de specifieke termen in de context van RTD1007-1.

Term	Nederlandse uitleg (geen definitie)
Contractvoorbereiding	Fase waarin het contract wordt opgesteld ten behoeve van een aanbesteding
Instandhoudings-advisering	Het advies met betrekking tot te plannen onderhoud (aan de voegovergangen).
Trade-Off Analyse	Rapportage van een analyse waarin verschillende oplossingen (producten/systemen) met elkaar worden vergeleken op basis waarvan op objectieve gronden een keuze gemaakt kan worden
Trade-off Matrix	Onderdeel van de trade-off analyse waarbij in tabelvorm de verschillende oplossingen (producten/systemen) overzichtelijk met elkaar worden vergeleken.

Uitvoeringsontwerp	Integraal uitvoeringsontwerp zoals beschreven in RTD 1007-5.
Restlevensduur	Restlevensduur van het kunstwerk/ object op basis waarvan een economisch verantwoorde keuze gemaakt dient te worden.
Variabel onderhoud	Periodiek onderhoud aan het voegovergangssysteem waarbij onderdelen van het voegovergangssysteem geheel of gedeeltelijk over de breedte van de rijbaan worden hersteld of vervangen.
Vast Onderhoud	Jaarlijks terugkerend levensduurbehoudend onderhoud, zoals reiniging, smering en lokaal herstel van kleine schades aan conservering of slijtlaag wordt verstaan.
Vervangingsadvies	Het advies met betrekking tot het geschikte voegovergangconcept bij vervanging, op basis van de Trade-Off Analyse.
Voegovergangfamilie	Een gegroepeerde verzameling van voegovergangconcepten die zich kenmerkt door een bepaalde overeenkomstige systeemwerking
Voegovergangconcept	Een gegroepeerde verzameling vergelijkbare voegovergangssystemen.
Voegovergangssysteem	Een specifiek fabricaat voegovergang, als zodanig onder een bepaalde naam in de markt gebracht door een bepaalde leverancier
Vrijgavebrief	Een brief van Rijkswaterstaat GPO waarmee de acceptatie van een voegovergangssysteem o.b.v. RTD1007-2 'Eisen voor voegovergangen' wordt bevestigd inclusief belangrijkste voorwaarden.

Lijst van afkortingen

Afkorting	Uitleg
ABC	Actueel, Betrouwbaar en Compleet
DO	Definitief Ontwerp
GTI	Gericht Technische Inspectie
KW	Kunstwerk
LCA	Lifecycle analyse – Analyse van de gevolgen van een product voor het milieu.
LCC	Lifecyclecosts - Totale levensduurkosten van aanleg, onderhoud en vervangingen over de (rest)levensduur van een kunstwerk
MKI	Milieukostenindicator
PVO	Platform Voegovergangen en Opleggingen (www.pveno.nl)
TOA	Trade-Off Analyse
TOM	Trade-off Matrix
UO	Uitvoeringsontwerp
VO	Voorlopig Ontwerp

1.5 Leeswijzer

Tekst in normale opmaak is normatieve tekst.
Cursieve opmerkingen zijn informatief.

2 Processtappen in het keuzeproces

De keuze voor een voegovergangssysteem volgt uit het doorlopen van een aantal belangrijke stappen in het proces welke in de navolgende hoofdstukken meer in detail worden behandeld.

Tabel 2.1: Processtappen voor nieuwbouw (NB) en vervanging (VV)

Processtap	§	NB	VV
Bureaustudie (verwerken van informatie)	3	✓ ¹	✓
Uitvoeren van in situ verificaties	4	-	✓ ²
Onderhoudshistorie beoordelen	5	-	✓
Objectspecifieke randvoorwaarden vaststellen	6	✓	✓
Randvoorwaarden vanuit weg en verharding vaststellen	7	✓	✓
Geluideisen vaststellen	8	✓	✓
Voegbewegingen berekenen en vaststellen	9	✓	✓
Afwegen Milieu- en Levensduurkosten	10	✓	✓
Voegovergangssysteem selecteren en adviseren	11	✓ ³	✓ ³
Acceptatie gekozen oplossing door Opdrachtgever	12	✓	✓

Toelichting:

- ¹ Bij nieuwbouw is dit (onderdeel van) het Definitief Ontwerp
- ² In situ verificaties zijn nodig om de juistheid van de uitgangspunten voor het vervangingsadvies te controleren.
- ³ Alleen door Rijkswaterstaat GPO geaccepteerde voegovergangssystemen komen in aanmerking voor het keuzeproces

3 Bureaustudie

Tijdens een bureaustudie dient de in dit hoofdstuk opgenomen relevante informatie over het kunstwerk te worden geanalyseerd en verwerkt in de rapportage van de Trade-Off Analyse.

Met de grote update van het Digitale Meerkeuzemodel wordt de onderstaande informatie direct online ingevoerd en geborgd. Met deze wijziging faciliteert de applicatie het gehele keuzeproces en hoeft er geen 'overkoepelende' rapportage te worden geschreven om alle informatie bijeen te brengen.

3.1 Beheerinformatie van het kunstwerk

De rapportage dient een overzicht te bevatten van de volgende algemene informatie over het kunstwerk en de voegovergang:

Kunstwerk:

- Objectnaam
- Objectcode
- Locatie van het object binnen het complex (kaartje)
- Wegnummer
- Bestaand of nieuw kunstwerk
- Stichtingsjaar
- Aantal overspanningen
- Aanwezigheid van voet/fietspad
- Lengte KW
- Breedte KW

M.b.t. de voegovergangen:

- Aantal/ Steunpuntlocaties
- Kruisingshoek (per steunpunt)
- Lengte voegovergangen
- Bij bestaande kunstwerken: Bestaand voegovergangconcept, fabricaat, inbouwjaar

Deze informatie kan doorgaans uit DISK worden verkregen.

3.2 Aandachtspunten van de beheerder (bestaande kunstwerken)

Bij bestaande kunstwerken zijn de ervaringen m.b.t. het functioneren van het bestaande voegovergangssysteem, aanwezige lekkages en (vermoedens van) aantasting belangrijk om mee te nemen. Deze informatie dient opgevraagd te zijn bij de beheerder.

Deze informatie betreft voornamelijk beschikbare inspectiegegevens:

- 6-jaarlijkse instandhoudingsinspecties (DISK)
- Jaarlijkse toestandinspecties (Ultimo)

Daarnaast zijn ook eventueel bekende schademeldingen vanuit het onderhoudsmanagementsysteem relevant om mee te nemen.

Tenslotte dient bij de beheerder nagegaan te zijn of sprake is van klachten van weggebruikers met betrekking tot de veiligheid (stroefheid, spleetopeningen of hoogteverschillen) en/of klachten van omwonenden met betrekking tot geluidshinder.

3.3 Informatie uit tekeningen

Aan de hand van beschikbare tekeningen dient een beeld gevormd te zijn van het kunstwerk en daarnaast specifiek de aangrenzende onderdelen ter plaatse van de voegovergang. Op basis hiervan dienen de uitgangspunten, aandachtspunten en risico's te worden vastgelegd voor het verdere ontwerpproces. Informatie die bepalend kan zijn voor de keuze van het voegovergangssysteem dient in de TOA opgenomen te worden.

Tenminste de volgende informatie dient te zijn opgenomen:

- Zijaanzicht en dwarsdoorsnede van het kunstwerk;
- Oplegsysteem en specificaties oplettingen;
- Langsdoorsnede kunstwerk met rijvloer/frontwand/voegovergang (vorm + wapening + voorspanning);
- Doorsneden van het voegovergangssysteem;
- Details van schampkanten en tussenbermen (incl. inzicht in additionele kabelkokers en andere obstakels voor de inpassing van een voegovergangssysteem);
- Dagmaat van de dilatatievoeg in het kunstwerk;
- Dikte van de verharding;

Voor bestaande kunstwerken dient onderzocht te zijn of er t.o.v. de beschikbare (aanleg) tekeningen in loop der tijd nog aanpassingen zijn geweest aan het kunstwerk. Er dient rekening mee gehouden te zijn dat informatie ontbreekt of is verouderd als gevolg van gebrekkige archivering, onvolledige overdracht en/of problemen met digitalisering. Aanlegtekeningen zijn in de meeste gevallen beschikbaar. Gegevens van aanpassingen/groot onderhoud aan een kunstwerk zijn vaak minder goed toegankelijk.

Link naar 'Landelijk areaaloket' (Meridian) voor het opvragen van areaalgegevens intern RWS: <https://topdesk-iv.intranet.rws.nl/>

3.4 Fotobeelden (bestaande kunstwerken)

In de volgende hoofdstukken wordt regelmatig het gebruik van camerabeelden aangegeven als verificatiemethode voor te toetsen aspecten. Hieronder wordt bedoeld op het gebruik van applicaties met 360 graden wegcamerabeelden die zowel recente als historische beelden bevatten (zoals Cyclomedia).

Camerabeelden dienen voorzien te zijn van een bijschrijft om aan te geven om welke locatie het gaat.

4 In situ verificaties

Na het verzamelen van de informatie uit tekeningen, rapporten, beheersystemen en wegcamerabeelden conform hoofdstuk 3 dienen te allen tijde nog enkele in situ verificaties te zijn uitgevoerd. Dit ter controle van de juistheid van actuele situatie en van de as-built geometrie.

Indien uit de bureaustudie blijkt dat bepaalde relevante informatie ontbreekt en deze niet alsnog door de Opdrachtgever beschikbaar gesteld kan worden, dan dient deze informatie, indien mogelijk, door middels van een inspectie (visueel en/of meting) te zijn vastgesteld.

De in-situ verificaties kunnen veelal gecombineerd worden met een instandhoudingsinspectie of toestandsinspectie (veelal vanaf het inspectiepad).

Indien de Trade-off Analyse wordt opgesteld ten behoeve van een instandhoudingadvies (VO-niveau) en uitsluitend voor het uitvoeren van de verificaties significante kosten moeten worden gemaakt voor het bereikbaar maken van de locatie (inzet hoogwerkers, steigers, verkeersmaatregelen) dan dienen in overleg met de Opdrachtgever de kosten hiervan te worden afgewogen tegen de waarde van de waarneming. In overleg kan besloten worden om in plaats hiervan een voorlopige schatting of aanname te doen die dan later bij de contract- of werkvoorbereiding nog geverifieerd moet worden. In de TOA-rapportage dient in dergelijke gevallen expliciet te zijn vermeld dat het een (nog te verifiëren) aanname betreft.

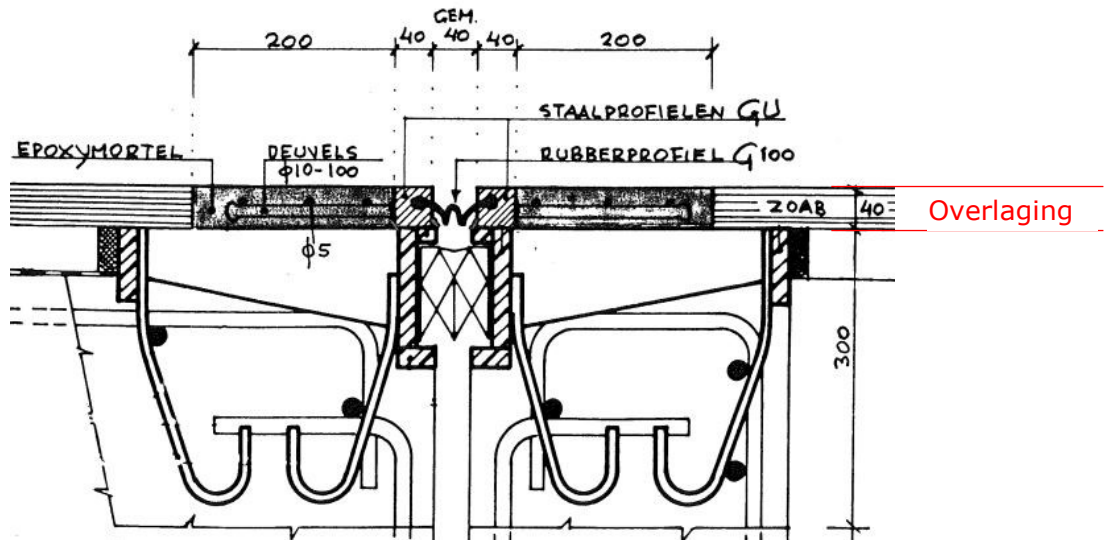
4.1 Type voegovergangssysteem

Met de inspectie dient gecontroleerd te zijn of het aanwezige type voegovergang overeenkomt met beschikbare informatie. Het systeem kan geïdentificeerd worden aan de hand van een typeplaatje of merkteken en een beeld van het afdichtingsprofiel aan het uiteinde van de voegovergang.



Figuur 4-1 Identificatie voegovergangssysteem

Aanvullend dient op visuele wijze, al dan niet met inzet van optische hulpmiddelen vastgesteld te worden of het oorspronkelijke voegovergangssysteem nog aanwezig is onder het zichtbare, bereiden voegovergangssysteem. Hiervan kan sprake zijn doordat in het verleden is gekozen voor een overlaging van het dicht asfaltbeton op het kunstwerk met een open deklaag (fig. 4-2).



Figuur 4-2 Voorbeeld van overlaagd voegovergangssysteem (EGV)

4.2 Raakvlakken schampkanten

Er dient zo volledig mogelijk, voor zover bereikbaar zonder verkeersmaatregelen, gecontroleerd te worden of er raakvlakelementen verwijderd of verplaatst dienen te worden om een juiste inpassing van een nieuw voegovergangssysteem mogelijk te maken. Deze raakvlakken dienen visueel te zijn opgenomen in de rapportage.

Voorbeelden van raakvlakelementen die een goede inpassing kunnen belemmeren, zijn:

- geleiderails;
- barriers;
- kabelkokers op de schampkant;
- een geluidscherm;
- grondbedekking of bestrating.



Figuur 4-3 Raakvlakken t.p.v. bermen en schampkanten

4.3 **Conditie van de aangrenzende constructie**

Met de inspectie dient zo volledig mogelijk, voor zover bereikbaar zonder verkeersmaatregelen, de conditie van de aangrenzende constructiedelen onder de voegovergangen te zijn vastgelegd vanaf de zijkanten en onderzijde van het brugdek. Met behulp van een professionele snake-eye/endoscoop camera met goede verlichting dienen foto's te zijn gemaakt.



Figuur 4-4 Beoordeling conditie aangrenzende constructie

De conditie van het kunstwerk is veranderlijk door invloeden zoals reparaties, lekkage of onbedoelde speling in constructie. Het doel van de inspectie is om vast te stellen in hoeverre rekening moet worden gehouden met reinigen en/of herstel van aansluitende onderdelen van de hoofddraagconstructie, onderbouw en opleggingen voorafgaand aan het vervangen van een voegovergang.

Optionele GTI

Alleen indien expliciet wordt uitgevraagd, dienen ook slecht bereikbare locaties met dilatatievoegen te zijn geïnspecteerd met behulp van bijvoorbeeld een hoogwerker, laagwerker of steigerconstructie. Ook kan aanvullende betononderzoek (potentiaalmetingen, chloridemetingen) zijn gevraagd om de aantasting van de constructie te beoordelen. Beide zijn onderdeel van een Gericht Technische Inspectie (GTI).

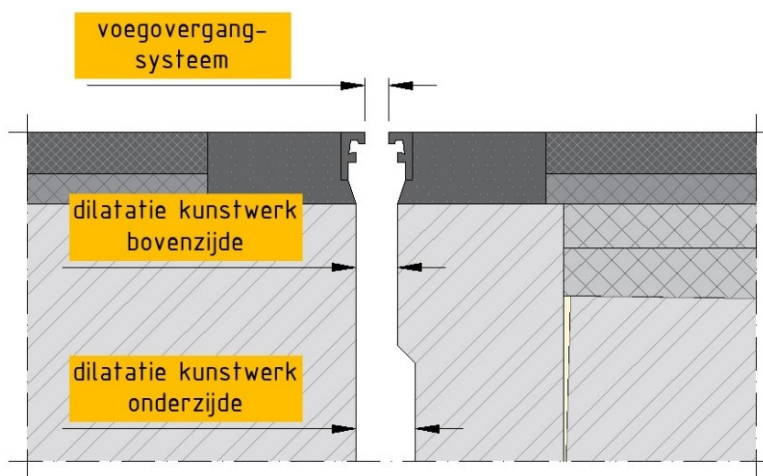


Figuur 4-5 Voorbeeld slechte bereikbaarheid bij tussensteunpunten

4.4 Grootte dilatatieopening kunstwerk (meten)

De dilatatieopening dient te zijn gemeten. Hierbij is het uitgangspunt dat de rubber afdichtingen niet worden verwijderd tenzij dit door de opdrachtgever is aangegeven en hiervoor verkeersmaatregelen en equipment zijn voorzien. De meting van de dilatatieopening zal daarom veelal uitsluitend aan de zijkanten van de dilatatievoeg plaatsvinden.

Indien er sprake is van een verjonging in of onder het voegovergangssysteem dan dient op basis van fotografische opnames zo goed mogelijk te worden bepaald hoe de opening verloopt.



Figuur 4-6 Dilatatieopening (met verjonging)

Voor een goede analyse dienen datum, tijdstip, de omgevingstemperatuur en de gemeten constructietemperatuur vastgelegd te zijn.

Het doel van de meting is om zo goed de werkelijke aanwezige breedte van de dilatatievoegopening te bepalen voor het ontwerp van een nieuw voegovergangssysteem. De dilatatie kan, naast invloeden van de temperatuur, afwijken van Ontwerptekening door niet vastgelegde uitvoeringsafwijkingen en door tijdsafhankelijke vervormingen (zettingen, krimp en kruip of bijzondere belastingen). Let op: bij controle vanaf de zijkant van het kunstwerk kan de dilatatie in het randelement anders zijn dan de rest van het brugdek.

Voor het correct meten van de constructietemperatuur wordt verwezen naar het digitaal handboek opleggingen van Platform voegovergangen en Opleggingen, §6.4.4.

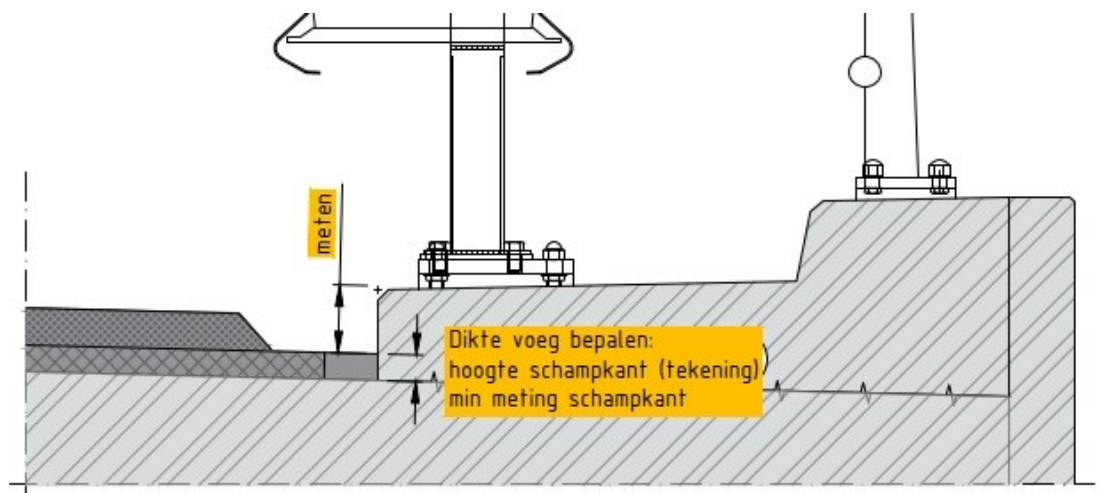
4.5 Minimale inbouwhoogte t.p.v. verharding en goten

Met behulp van fotobeelden (Cyclomedia) en metingen onder de voertuigkering (vanaf inspectiepad) dient geanalyseerd te worden hoe dik het asfalt ter plaatse van de voegovergangen is en welke minimale inbouwhoogte ter plaatse van de rijbaan en goten gehanteerd kan worden.

De beste methode om de asfaltdikte te bepalen is een directe meting door middel van het uitvoeren asfaltkernboringen. Deze vormen meestal een vast onderdeel van het onderzoek dat in het kader van de contractvoorbereiding wordt uitgevoerd. Deze methode is alleen van toepassing indien dit van tevoren is gespecificeerd door de Opdrachtgever.

Als alternatief kan vanaf het inspectiepad onder de geleiderail met een accuboort een klein gaatje worden geboord in de flexigoot of een mes worden ingebracht op het contactvlak tussen wegverharding en schamprand en vervolgens de dikte te worden gemeten met een duimstok.

In overige gevallen dient de asfaltdikte te worden ingeschat op basis van een indirecte meting. Hierbij dient vanaf het inspectiepad het hoogteverschil tussen schamprand en verharding te worden gemeten met bv. een duimstok. Nadien kan met behulp van de schamprandhoogte op de aanlegtekening worden berekend wat de verhardingsdikte is. Indien het uitvoeren van metingen niet veilig uitvoerbaar is (zonder verkeersmaatregelen) dient het hoogteverschil op basis van foto's te zijn afgeschat. Daarbij kan bijvoorbeeld de vellingkant van de schamprand (20x20mm) als referentie worden gebruikt.



Figuur 4-7 Ontwerpprincipe schamprand en deklaag

5 Onderhoudshistorie

Het volgende is van alleen van toepassing op bestaande kunstwerken.

Bij iedere vervanging van een voegovergang dient opnieuw rekening te worden gehouden met de conditie van de constructie waarin of waarop het voegovergangsysteem wordt bevestigd. Deze conditie is veranderlijk in de tijd door verschillende invloeden. Bij het vervangen van voegovergangen in betonnen kunstwerken wordt er gezaagd, gesloopt en geboord in de constructie. Hierbij raken beton en wapening beschadigd. Dit kan niet altijd eenvoudig en goed hersteld worden.

Naast schade door onderhoudswerkzaamheden is ook schade aan de betondekking (of staalconservering) als gevolg van aantasting door lekkage van invloed op de onderhoudsscope. Hoe langer een voegovergang heeft gelekt en hoe ouder het kunstwerk is, des te groter is de kans op aantasting.



Figuur 5-1 Sloopschade en aantasting

Omdat betrouwbare informatie omtrent de actuele conditie van de onderliggende draagconstructie veelal ontbreekt dient een redelijke voorspelling te zijn gedaan op basis van ouderdom en het aantal vervangingsmomenten. Dit wordt beschreven in de volgende paragrafen.

5.1 Historie vervanging voegsystemen

D.m.v. een analyse van (versnipperde) informatie uit aanlegtekeningen, opleverdossiers, inspectierapporten en camerabeelden (Cyclomedia) dient in tabelvorm (zie voorbeeld tabel 5.1) traceerbaar en overzichtelijk te zijn vastgelegd welke voegsystemen er in de loop der tijd zijn toegepast.

Tabel 5.1: Voorbeeld historisch overzicht voegovergangen

Jaar	Type	Bron	(vermoedelijke) reden
1965	Voegovergang type 1.1	Bestekstekening nr B.....	Aanleg
1991	Voegovergang type 1.1 (modificatie)	Inspectierapport 1988 Bestek BDX-..... (1990) Inspectierapport 1994	Onderhoud i.v.m. lekkage
2002	Overlaging met type 4.1a	Instandhoudingsadvies 2000 en 2006; DISK/MIOK laatste JvU	Niet bekend
2008	Voegovergang type 1.2b1	Kosmos B&O-plan Cyclomedia	Vervanging i.v.m. wegverbreding, aanpassing weg verkanting
2017	Voegovergang type 1.2b2	EOD GVO 2016-2017 Cyclomedia	Vervanging i.v.m. geluidseisen, toename asfaltdikte door toepassing 2L-ZOAB

Per situatie dient een figuur te zijn toegevoegd (foto's uit inspectierapporten, doorsnede uit tekeningen, foto uit cyclomedia, etc.).

5.2 Saneren en herstellen van het kunstwerk

Op basis van de beschikbare informatie over de staat van het kunstwerk dient met behulp van tabel 5.2 en 5.3 te zijn bepaald welke werkzaamheden -naast het vervangen van de voegovergangen- aanvullend verwacht worden ten aanzien van herstel van het kunstwerk (activiteiten die niet gemist mogen worden).

De ouderdom van het kunstwerk en het aantal vervangingen zijn de belangrijkste indicatoren voor de hoogte van het risico op schade aan de onderliggende betonconstructie.

Tabel 5.2: In te calculeren risicoprofiel voor saneren en betonherstel

Ouderdom indicatief (jr.)	<30	30-50	>50
Aanleg jaar	Na 1990		Voor 1974
Betondekking [mm](indicatief)	>40	30-35	20-25
Aantal vervangingen van harde voegovergangen inclusief de naderende keer waar het advies betrekking op heeft:			
1	L	M	H
2	M	M	H
≥3	H	H	H

Op basis van meest passende scenario dient het advies uit tabel 5.3 te worden meegegeven.

Tabel 5.3 Afgeleide eisen voor de vervangingsopgave

Omvang/ impact risico	Afgeleide eisen m.b.t. saneren en herstel
L (laag)	Geen aanvullende maatregelen vereist (tenzij nadrukkelijk uit inspecties blijkt dat er sprake is van schade)
M (middel)	Er dient rekening te worden gehouden met lokale herstelwerkzaamheden voor betonschade
H (hoog)	Er dient rekening te worden gehouden met grondig saneren en herstellen van de frontwand en rijvloer. Het uitgangspunt voor het saneren is hogedruk waterslopen (hydrojetten). Het geheel aan onderhoud is niet mogelijk in een weekendafsluiting.

De Digitale Meerkeuzemodel specificeert op basis van het gekozen scenario afgeleide eisen voor saneren en betonherstel overeenkomstig tabel 5.3.

6 Objectspecifieke randvoorwaarden

Op basis van de verzamelde informatie dienen enkele objectspecifieke randvoorwaarden te worden bepaald en vastgelegd. Deze kenmerken worden binnen het Digitale Meerkeuzemodel voegovergangen van het PVO gebruikt en vastgelegd in een rapportage die onderdeel is van de Trade-Off Analyse.

6.1 Objecttype

Het type object dient conform onderstaande opsomming bepaald te worden.

1. Verkeersbrug – integraalkunstwerk
2. Verkeersbrug – niet-integraalkunstwerk
3. Tunnels en verdiepte liggingen

Het Digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de invoer waarde en toont bij resultaten alleen producten die voor het objecttype geschikt zijn.

6.2 Restlevensduur van het kunstwerk

Ten behoeve van de analyse van de levensduurkosten (LCC) dient een verwachte restlevensduur van het kunstwerk gehanteerd te worden. Deze restlevensduur dient door de beheerder te zijn gespecificeerd.

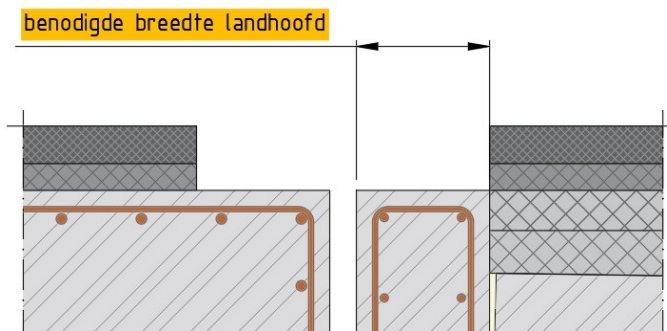
De nauwkeurigheid waarmee dit dient te zijn afgeschat betreft +0/-5 jaar. Het Meerkeuzemodel gaat uit van stapjes van 5 jaar. Bijv. keuze 20 jaar betekent levensduurverwachting 15-20 jaar, er wordt gerekend met 20 jaar.

Indien er geen aanwijzing is dat het object vervangen gaat worden in het kader van het Meerjarenprogramma Infrastructuur Ruimte en Transport (MIRT; zie <https://www.mirtoverzicht.nl/>) dan wel binnen het Vervanging & Renovatie programma dan dient uit te worden gegaan van een totale levensduur van 100 jaar.

Het Digitale Meerkeuzemodel gebruikt de ingevoerde restlevensduur van het object om technisch mogelijke voegovergangconcepten met elkaar te vergelijken ten aanzien van totale levensduurkosten (LCC).

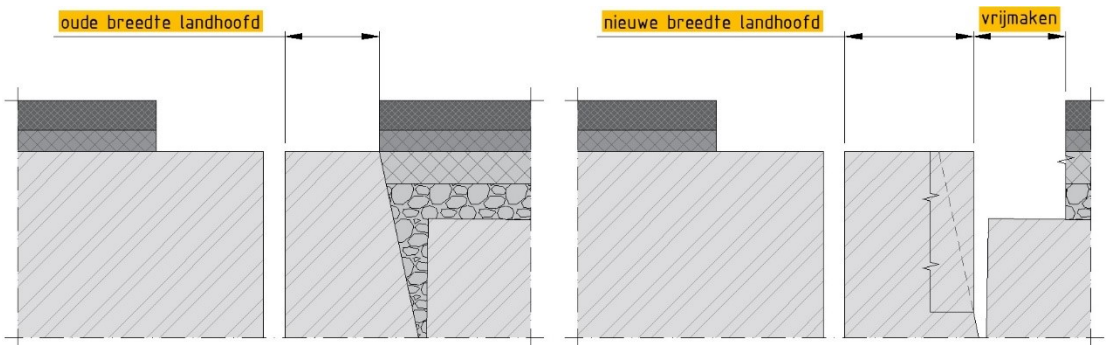
6.3 Breedte van de frontwand (landhoofd)

Getoetst dient te zijn of een voegovergangssysteem kan worden toegepast in relatie tot de aanwezige breedte van de frontwand. De breedte van de frontwand is een criterium voor een goede inpassing, verankering en hechting. De breedte van de frontwand dient op basis van ontwerptekeningen van het kunstwerk vastgesteld te worden. Het ontwerpdetail dient in de rapportage te worden opgenomen. De minimale benodigde breedte voor ieder voegovergangssysteem blijkt uit de prestatieverklaring van een specifiek product.



Figuur 6-1 Randvoorwaarde breedte landhoofd

Indien sprake is van een smalle frontwand en hierdoor géén oplossingen kunnen worden verkregen met het Digitale Meerkeuzemodel, dan dient de mogelijkheid van een reconstructie van de frontwand te worden beschouwd waarbij de breedte van de frontwand over een bepaalde hoogte wordt aangepast.



Figuur 6-2 Voorbeeld smalle frontwand, te reconstrueren, scenario B1

Tabel 6.2: Eis m.b.t. breedte frontwand (per systeem)

Scenario		Eis
1	Frontwand heeft voldoende breedte voor het voegovergangssysteem	n.v.t.
2	Frontwand heeft onvoldoende breedte voor het voegovergangssysteem, de breedte van frontwand kan wel worden aangepast.	In verband met onvoldoende breedte van de frontwand dient de frontwand te worden gereconstrueerd over een hoogte van ten minste 250 mm. Er dient uit te worden gegaan van verlengde uitvoeringstijd *
3	Frontwand heeft onvoldoende breedte voor het voegovergangssysteem en breedte kan niet worden aangepast	- (systeem kan niet worden toegepast)

Het Digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de beschikbare inbouwbreedte bij het object met de minimale inbouwbreedte van elk voegovergangssysteem en geeft het van toepassing zijnde scenario en bijbehorende adviezen en eisen conform tabel 6.2.

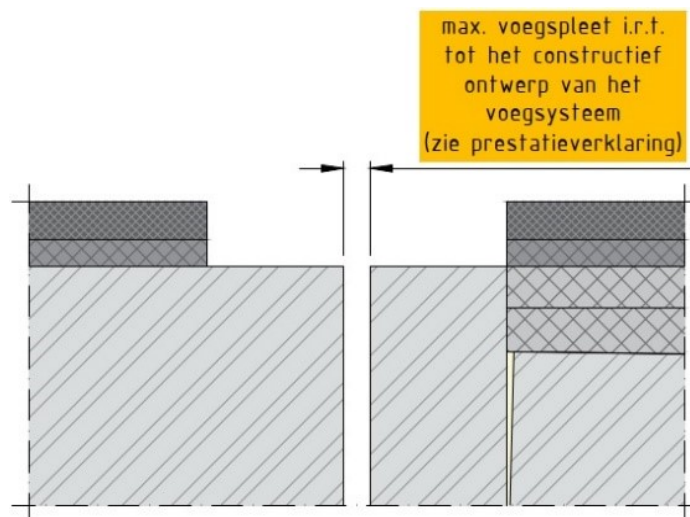
Verlengde uitvoeringstijd*

Voor het aanpassen van de constructie is het nodig om de uitvoeringstijd met minimaal 16 aaneengesloten uren te verlengen mits hierbij beton wordt toegepast met een snelle uitharding.

6.4 Voegopening van het brugdek

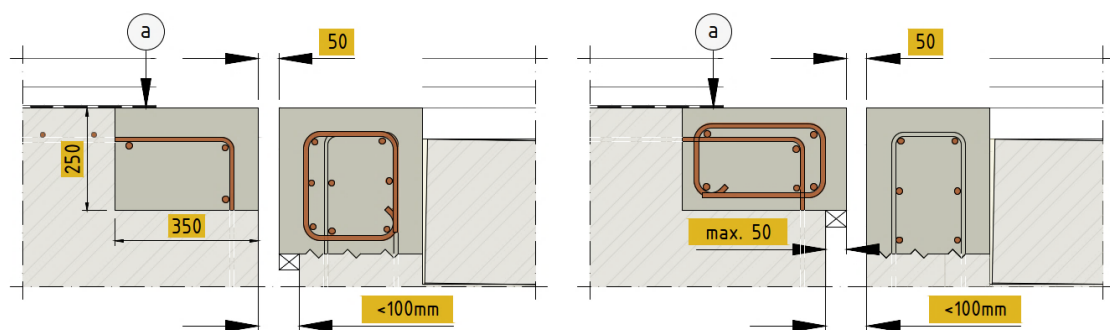
Getoetst dient te worden of een voegovergangssysteem kan worden toegepast in relatie tot de aanwezige (werkelijke) breedte van de dilatatievoeg.

De voegopening van het kunstwerk in de neutrale temperatuurstand (10 graden Celsius) dient vergeleken te worden met de max. voegopening die toelaatbaar is in het voegovergangssysteem in de neutrale stand van het voegovergangssysteem.



Figuur 6-3 Voorbeeld dilatatiebreedte in het kunstwerkontwerp

Indien sprake is van een te brede dilatatie en hierdoor geen oplossingen kunnen worden verkregen met het digitale Meerkeuzemodel, dan dient de mogelijkheid van een reconstructie van de dilatatie te zijn beschouwd, waarbij het bovenste deel van het rijdek of frontwand wordt vervangen en voorzien wordt van een uitkragende console (zie figuur 6-4).



Figuur 6-4 Verjongen constructie, landhoofd of rijdek met sparring

Reconstructie is aan frontwandzijde meestal goed mogelijk. Reconstructie aan rijdekzijde is alleen toegestaan in geval van een aanwezige voegsparring in het oorspronkelijke ontwerp.

Tabel 6.3: Eis m.b.t. breedte dilatatie (per systeem)

Scenario		Eis
1	Dilatatie geschikt voor beschikbare voegovergangssystemen	N.v.t. (oplossingen voor handen)
2	Dilatatie is te breed voor het voegovergangssysteem maar kan worden aangepast door reconstructie	In verband met de breedte van de dilatatie dient de constructie te zijn gereconstrueerd zodat de dilatatie in overeenstemming is met de Prestatieverklaring. De hoogte van het uitkragende deel dient, zonder verdere constructieve beschouwing, tenminste 5x de lengte van uitkraging te zijn. Er dient uit te worden gegaan van verlengde uitvoeringstijd*
3	Het is niet haalbaar om de grootte van de dilatatie aan te passen	N.v.t. (systeem kan niet worden toegepast)

Het Digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de gespecificeerde dilatatiebreedte van het object met de maximaal toegestane dilatatiebreedte van ieder uniek voegovergangssysteem en in geval van scenario 2 bijbehorende eisen conform tabel 6.3. Voegovergangssystemen waarvoor geen reconstructie nodig is, krijgen voorrang in de resultaten.

Verlengde uitvoeringstijd*

Voor het aanpassen van de constructie is het nodig om de uitvoeringstijd met minimaal 16 aaneengesloten uren (2 werkdagen) te verlengen mits hierbij beton wordt toegepast met een snelle uitharding.

6.5 Beschikbare inbouwhoogte

De beschikbare inbouwhoogte dient vastgesteld te worden voor zowel de rijbaan als ook aanwezige watervoerende goten.

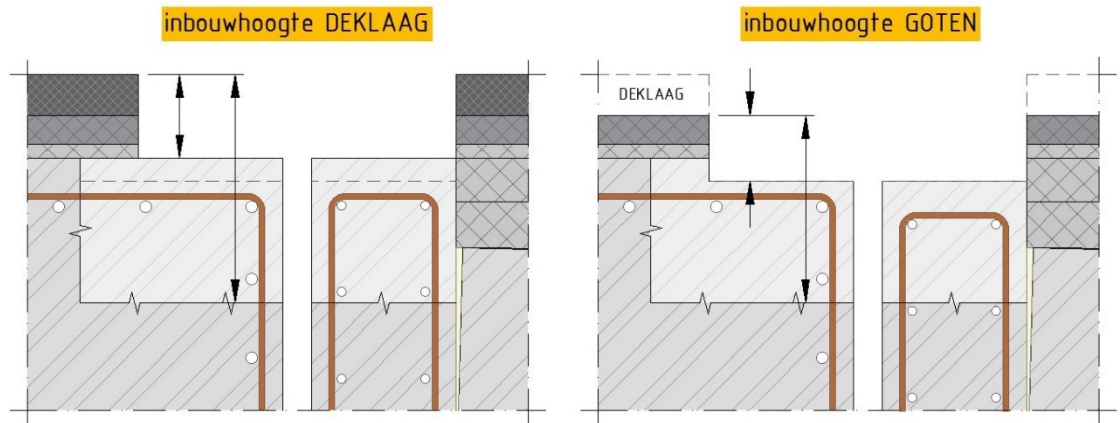
Het (waterdicht) functioneren van een voegovergangssysteem vergt het naleven van ontwerpuitgangspunten die zijn vastgesteld op basis van een V&V-dossier. Het is niet voldoende om alleen de inbouwhoogte ter plaatse van de rijbaan te toetsen. De detaillering in goten is zeer belangrijk en wordt daarom expliciet getoetst.

6.5.1 Inbouwhoogte rijbaan (nieuwbouw)

Bij nieuwbouw wordt de inbouwhoogte bepaald door de afwerkhoogte van het beton in de sparing en de frontwand. Zie figuur 6-5.

Let op: hieraan zijn nieuwe eisen gesteld in RTD 1001 'Richtlijn ontwerp kunstwerken'. Omwille van een toekomstvast onderhoudbaarheid met de mogelijkheid om te kunnen wijzigen van voegovergangconcept wordt voortaan

een minimale inbouwhoogte van 120 mm geëist (min. 100 in goten schampkanten) in combinatie met een voegopening van 50 mm in de neutrale temperatuurstand +10°C. Tevens dienen brugdekken voorzien te worden van een voegsparing van 350x250 mm waarbinnen geen voorspanning en constructieve wapening voor de hoofd draagconstructie ligt.



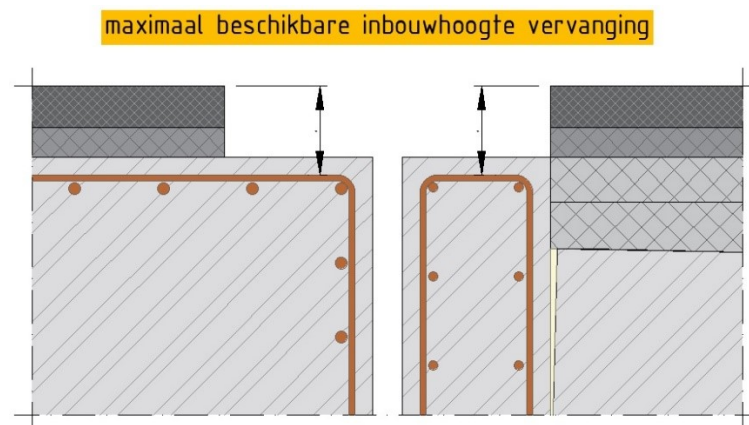
Figuur 6-5 Randvoorwaarde inbouwhoogte rijbaan

Indien bij nieuwbouw sprake is van een verhardingsdikte kleiner dan 100 mm kan de inbouwhoogte worden vergroot door het beton in de sparingzone lager af te werken. Ter plaatse van goten zal hiervoor doorgaans lokaal een sparing nodig zijn.

6.5.2 Inbouwhoogte rijbaan (vervanging)

Bij vervanging dient de inbouwhoogte ter plaatse van de rijbaan te zijn bepaald aan de hand van de verificatiemeting van de schampkanthoogte zoals beschreven in §4.5. Als gevolg van de aanvankelijke ontworpen detaillering kan het gebeuren dat er geen voegovergangssysteem inpasbaar is zonder gebruik te maken van de betondekking.

Het Digitale Meerkeuzemodel biedt gelegenheid om te kiezen voor 'betondekking toevoegen'. Hiermee kan de gebruiker de inbouwhoogte vergroten.



Figuur 6-6 Inbouwhoogte met benutting van betondekking

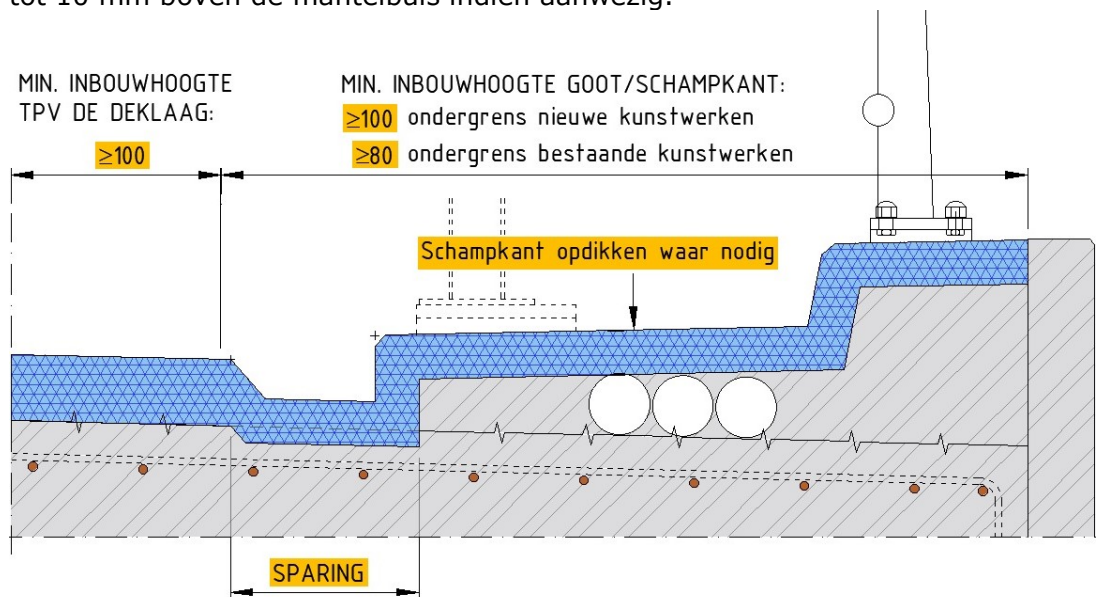
6.5.3 Inbouwhoogte ter plaatse van goten en schampkanten

Een voegovergangconstructie dient omwille van de waterdichtheid kunstwerkbreed te worden ingepast met de minimale dikte die voor het voegovergangssysteem is voorgeschreven. Hiervoor dient de beschikbare inbouwhoogte ter plaatse van de goten en schampkanten te zijn bepaald. Dit dient inzichtelijk te worden gemaakt in de rapportage van de Trade-off analyse.

Uitgangspunten inbouwhoogte

Bij goten: dikte verharding + (dekking – 10 mm)

Bij schampkanten: van bovenkant schampkant +30 mm lokale opdikking, tot 10 mm boven de mantelbuis indien aanwezig.



Figuur 6-7 Inbouwhoogte t.p.v. goten en schampkant

Tabel 6.4: Eis m.b.t inbouwhoogte (per systeem)

Scenario		Eis
1	Het voegovergangssysteem is ter plaatse van de goot niet inpasbaar.	Er dient door middel van frezen of hydrojetten een sparing ter plaatse van de goot te zijn gerealiseerd om voldoende inbouwhoogte te creëren. De minimale resterende betondekking is 10mm.
2	Het voegovergangssysteem is ter plaatse van de schampkant niet inpasbaar.	Er dient extra inbouwhoogte ter plaatse van de schampkant te zijn gerealiseerd door de schampkant op zodanige wijze plaatselijk op te hogen dat de afdracht van interne en externe krachten gewaarborgd blijft.

Het Digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de beschikbare inbouwhoogte van het object met de minimale inbouwhoogte van ieder voegovergangssysteem en geeft het van toepassing zijnde scenario en bijbehorende eisen conform tabel 6.4.

6.6 Randvoorwaarden t.a.v. inpassing bij schampkanten

Op basis van een inspectie of op basis van wegcamerabeelden dient de situatie ter plaatse van iedere schampkanten in beeld te zijn gebracht in de trade-off analyse.

Vastgesteld dient te worden of sprake is van een of meer van de volgende zaken in relatie tot de inpassing én onderhoudbaarheid van het voegovergangssysteem:

- Aanwezigheid van geleiderailstijlen binnen 250 mm uit het hart van de dilatatie)
- Aanwezigheid van barrières boven de voegovergang
- Aanwezigheid van geluidschermen boven de voegovergang
- Aanwezigheid van uitwendige kabelkokers
- Aanwezigheid van grondbedekking of bestrating

De keuze voor het voegovergangssysteem wordt hierdoor niet bepaald maar het dient als eerste signalering voor het Uitvoeringsontwerp en werkplan voor de uitvoering. Het digitale Meerkeuzemodel rapporteert een afgeleide eis conform tabel 6.5 .

Tabel 6.5: Eisen m.b.t inpassing bij schampkanten

Scenario		Eis
1	Er is een geleiderail stijl binnen 250 mm van de dilatatie aanwezig	Geleiderailstijlen die conflicteren met de voegovergang dienen te zijn verplaatst.
2	Een barriër kruist de voegovergang	Het deel van de barriër ter plaatse van de voegovergang dient voorafgaande aan de vervanging van de voegovergang te zijn gedemonteerd
3	Een geluidsscherm kruist de voegovergang	Het deel van het geluidsscherm ter plaatse van de voegovergang dient voorafgaande aan de vervanging van de voegovergang te zijn gedemonteerd
4	Er zijn uitwendige kabelkokers aanwezig op de schampkant	Voorafgaande aan de vervanging van de voegovergang dienen uitwendige kabelkokers in voldoende mate in verticale richting te zijn verplaatst zodat voldoende werkruimte is verkregen.
5	Er is een laag grond aanwezig op de voegovergang	Voorafgaande aan de vervanging van de voegovergang dient de aanwezige grondafdekking te zijn verwijderd.

6.7 Hoge wapeningsdichtheid

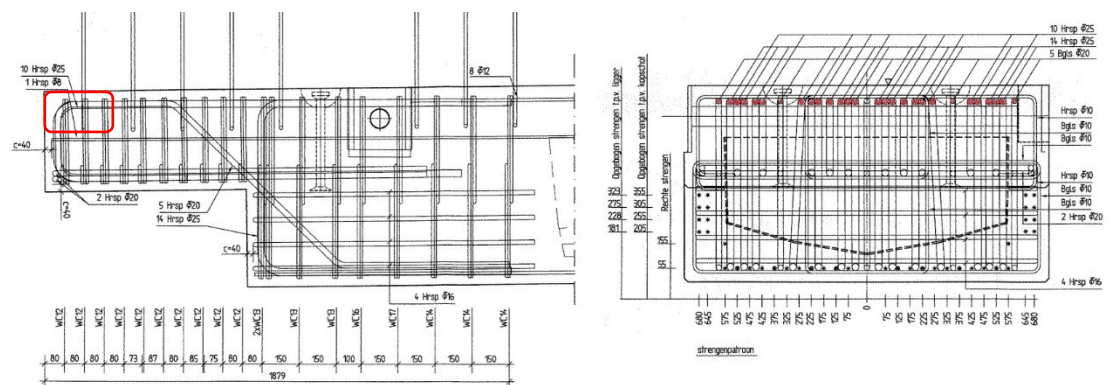
Er dient aan de hand van wapeningstekeningen te zijn vastgesteld of sprake is van een hoge wapeningsdichtheid van het rijdek onder de voegovergang. Relevante informatie hierover dient te zijn toegevoegd in de rapportage.

Er is tenminste sprake van een hoge wapeningsconcentratie indien gemiddeld meer dan 1/3 deel (33%) van het horizontale oppervlak (exclusief de betondekking aan de kopse zijde) onder de voegovergang in beslag genomen wordt door wapening of indien de (gemiddelde) afstand tussen de aanwezige wapening kleiner is dan 3x de boordiameter van het anker. Zowel de langs- als dwarswapening dient te zijn beschouwd. Voor de te beschouwen lengte in langsrichting dient uit worden gegaan van 250mm. Bij twijfel dient het wapeningspercentage te worden berekend conform onderstaand voorbeeld.

Betonconstructies kunnen erg verschillen qua detaillering en de hoeveelheid wapening die er is toegepast in de zone onder het voegovergangssysteem. Een hoge wapenings-dichtheid geeft aanzienlijk grote kans op misboringen en afwijkingen t.a.v. de voorgeschreven posities van de verankering van een nieuw voegovergangssysteem. Voorbeelden van kunstwerken met hoge wapeningsconcentraties zijn onder meer:

- Tand/nok opleggingen (zie par. 6.9), met name zijde oplegtafel/nok;
- Voorgespannen prefab (koker)liggers zonder druklaag en sparing.

Brugdekken waarin sparingen zijn toegepast voor voegovergangen en brugdekken met een in het werk gestorte druklaag hebben meestal een lage wapeningsdichtheid.



Figuur 6-8 Voorbeeld met hoge wapeningconcentratie

In figuur 6-8 is een voorbeeld van een tandoplegging van een kokerligger en de daarin aanwezige wapening gegeven. In rood is het invloedsgebied van de voegovergang aangegeven. In onderstaand voorbeeld is de wapeningsconcentratie hiervan getoetst. De wapeningsconcentratie dient op basis hiervan te worden gekwalificeerd als "hoog".

Voorbeeldberekening wapeningsconcentratie onder voegovergang

Beschouwde breedte	1500 mm
Beschouwde lengte (langrichting)	250 mm
Betondekking kopse zijde brugdek	40 mm
Beschouwde lengte	210 mm
Boordiameter in te boren stek/anker	20 mm

Richting	type	diameter	aantal	lengte	opp [mm2]
langswapening	Haarspeld	25	10	210	52500
	beugel	20	5	210	21000
dwarswapening	beugel	10	3	1300	39000
	beugel	10	3	500	15000
Totale oppervlakte wapening [mm2]					127500

oppervlakte totaal exl betondekking 315000 mm2
Wapeningspercentage **40%** >33% voldoet niet

Aantal staven langsrichting 15 st
 Totale breedte betonstaal langsrichting 350 mm
 Totale breedte beton 1150 mm
 Gemiddelde tussenafstand staven 82 mm
Tussenafstand/boordiameter **4,1** >3 voldoet

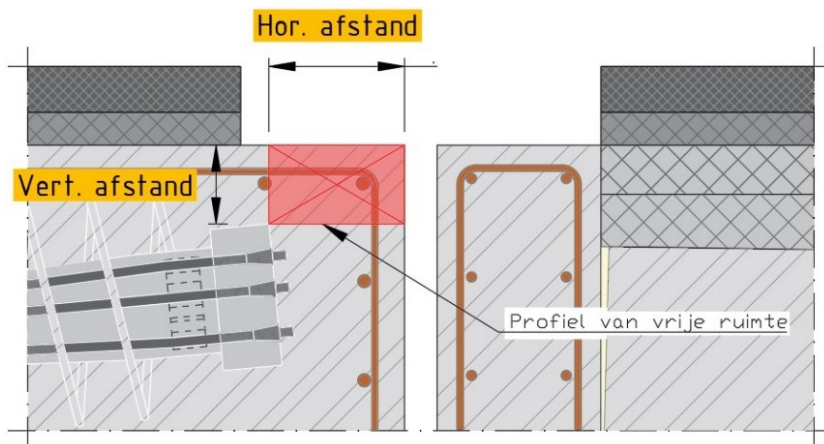
Het digitale Meerkeuzemodel sluit mechanische verankerde voegovergangen uit indien het wapeningspercentage "hoog" wordt toegekend.

6.8 Voorspanning

Vervanging van het voegovergangssysteem mag in géén geval risico's geven op beschadiging van het voorspansysteem ten gevolge van sloopwerk, zaagwerk of boorwerk (met diamant). Aan de hand van beschikbare constructietekeningen dient een beeld te zijn gevormd van de aanwezigheid van en de ligging van aanwezig voorspankabels en -verankeringen.

De ligging van de voorspanning dient te zijn geregistreerd:

- Kortste verticale afstand (diepte) t.o.v. bovenzijde rijdek in mm;
- Kortste horizontale afstand vanaf kopse kant brugdek (dilatatie) in mm.



Figuur 6-10 Invloedsgebied voorspanning vs. PVR voegovergangssysteem

Getoetst dient te zijn of de voorspanning binnen het invloedsgebied van de voegovergang (incl. zijn verankering) is gelegen. Indien dit het geval is kan het voegovergangssysteem niet worden toegepast.

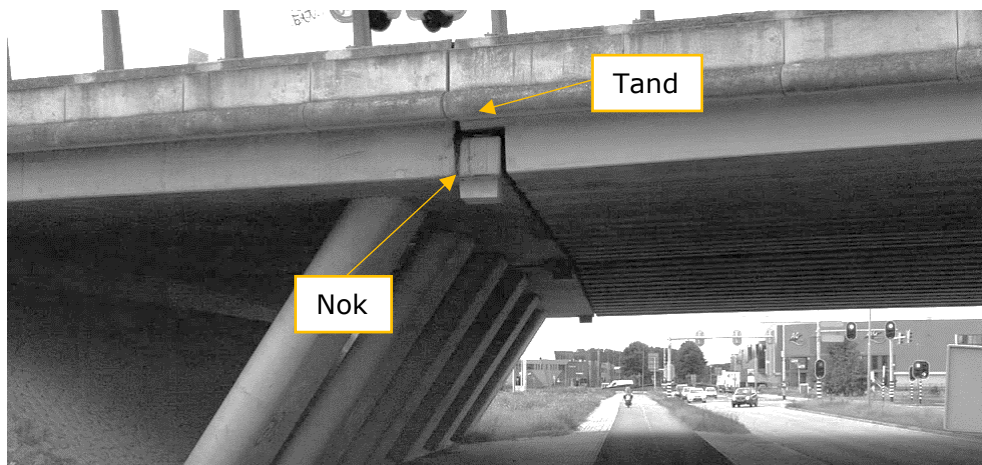
Het digitale Meerkeuzemodel sluit mechanische verankerde voegovergangen uit indien de inbouwruimte binnen het 'Profiel van vrije inbouwruimte' komt.

6.9 Tand en nokken

Om alle krachten via de tand en nok over te kunnen brengen, is dit deel van de betonconstructie (onder het voegovergangssysteem) zwaargewapend en kwetsbaar voor zaag-, sloop- en boorschades. Tand-nok constructies dienen om die reden beschouwd te worden als zeer kritische detailleringen in het onderhoudsadvies.

De keuze voor het voegovergangssysteem vergt bij dit type kunstwerken een nauwkeurige beoordeling van de volgende risico's:

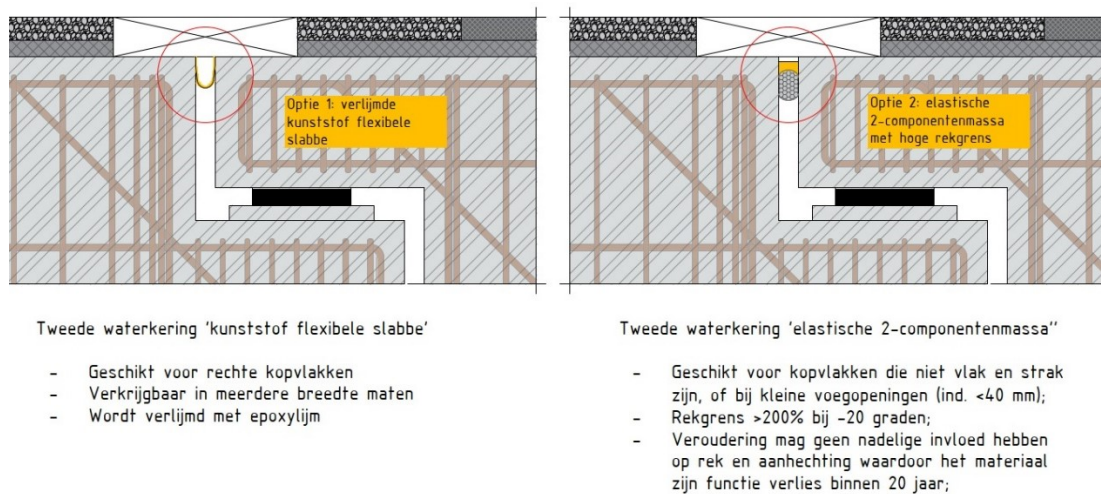
1. Beschadiging van de wapening door diamantzagen, frezen of hakken;
2. Beschadiging van de wapening door diamantboren (verboden);
3. Verlies van verankering van schuine ophangwapening door verwijderen van betondekking;
4. Verlies van drukdiagonaal door verwijderen van beton tot onder de wapening



Figuur 6-11 Viaduct met tand-nok oplegging

Het digitale Meerkeuzemodel:

- staat geen voegovergangssystemen toe met diamantgeboorde lijmanekers;
- staat niet toe dat extra inbouwhoogte wordt verkregen d.m.v. verwijderen van betondekking
- Genereert een afgeleide eis dat (het verloop in) de verhardingsdikte nauwkeurig in beeld moet zijn gebracht en de zaagdiepte niet groter mag zijn dan de kleinst gemeten verhardingsdikte
- genereert een afgeleide eis met als uitgangspunt dat hydrodemolition wordt toegepast. Hiervoor is het noodzakelijk om rekening te houden met een verlengde uitvoeringstijd;
- genereert een afgeleide eis dat in aanvulling op het voegovergangssysteem een tweede waterkering wordt toegepast (fig. 6-12).



Figuur 6-12 Principe van een tweede waterkering

Een verkrijgbaar product bij optie 1 is Sika Combiflex. Een verkrijgbaar product bij optie 2 is bijvoorbeeld ITS PU6640 of Wabo Silicone seal.

6.10 Dunne rijvloeren (≤ 250 mm)

Er dient te zijn vastgesteld of sprake is van een beperkte rijvloerdikte onder de voegovergang. Dit kan lokaal voorkomen, bijvoorbeeld door het ontbreken van een massieve einddwarsdrager. Het slopen en boren ten behoeve van voegovergangen kan resulteren in het uitbreken van de rijvloer, of doorboren hiervan. Indien dit het geval is dan dient de dikte van de rijvloer onder de voegovergang te zijn vastgesteld op basis van tekeningen of een meting tijdens de Gericht Technische Inspectie.

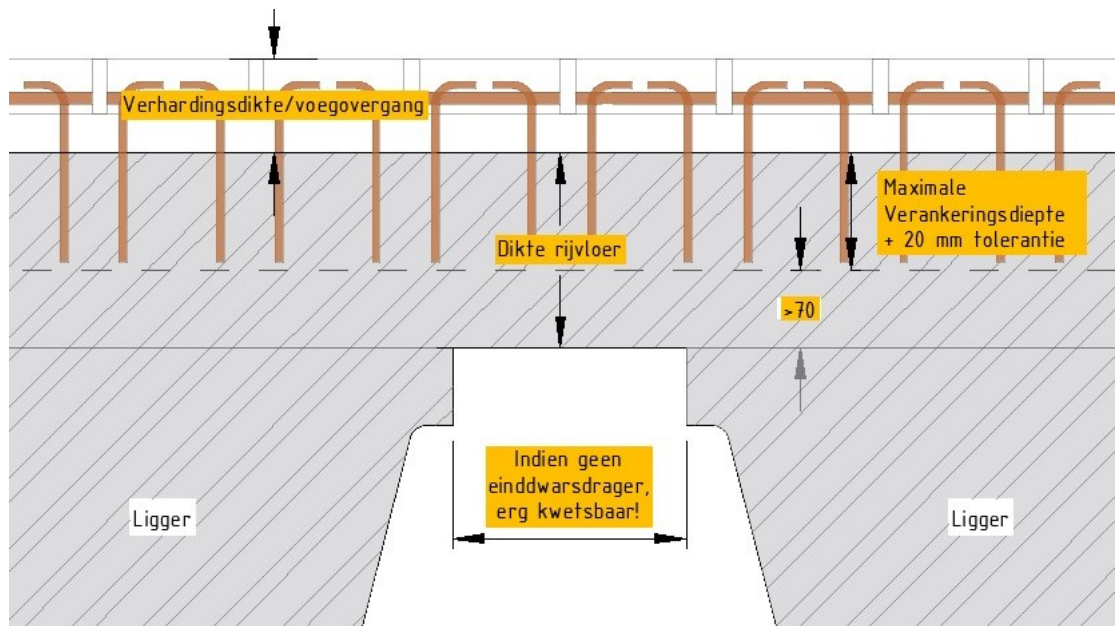


Figuur 6-13 Beschadigde druklaag

Dergelijke schades zijn niet of nauwelijks goed te herstellen vanwege bereikbaarheid, en kosten veel in termen van hersteltijd, hinder en herstelkosten.

Om onherstelbare schade aan het kunstwerk te voorkomen dient bij de keuze van het voegovergangsysteem nadrukkelijk rekening te zijn gehouden met deze kwetsbaarheid van het kunstwerk door extra eisen te stellen aan de maximale inbouwhoogte/verankeringsdiepte en de inzetbare sloopmethodiek.

De maximale verankeringsdiepte van het nieuwe voegstelsel dient ten minste 70 mm minder dan de dikte van de rijvloer (figuur 6-14).



Figuur 6-15 Verankerings-/slooppdiepte bij dunne rijvloeren

Opmerking: doorgaans ligt de kritieke rijvloerdikte daarmee op circa 250mm

Tabel 6.7: Scenario m.b.t. rijvloerdikte zonder einddwarsdrager

Scenario		Eis
1	De rijvloer is ≥ 250 mm en/of er is een massieve einddwarsdrager aanwezig	N.v.t.
2	De rijvloer is < 250 mm, er is geen massieve einddwarsdrager ter plaatse van de voegovergang aanwezig	Voor het verwijderen van de voegovergangen in de rijvloer dient gebruik te worden gemaakt van waterslopen met een druk van ca. 1000 bar (hydrojetten).

Het Digitale Meerkeuzemodel:

- Staat geen voegovergangssystemen toe met een inbouw-/verankeringsdiepte indien er ≤ 70 mm aan de onderzijde van de rijvloer resteert.
- Tevens wordt bij rijvloeren met een dikte ≤ 250 mm zonder einddwarsdrager een afgeleide eis gegenereerd voor de benodigde slooppmethodiek inclusief indicatie van de (extra) benodigde uitvoeringstijd ten behoeve hiervan.

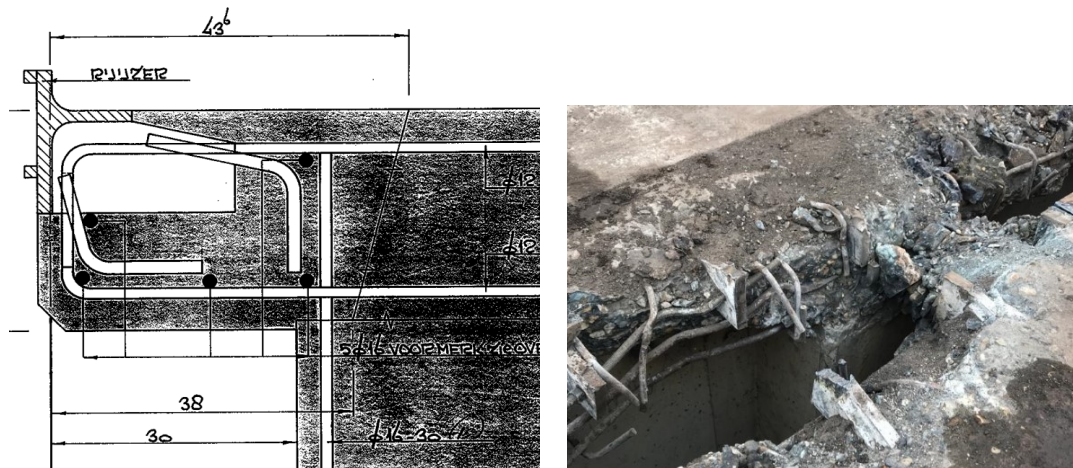
Verlengde uitvoeringstijd*

Voor het aanpassen van de constructie is het belangrijk om de uitvoeringstijd met minimaal 16 aaneengesloten uren (2 werkdagen) te verlengen mits hierbij beton wordt toegepast met een snelle uitharding.

6.11 Uitkragende consoles

Er dient te zijn vastgesteld of sprake is van een uitkragende console (fig. 6-16) onder de voegovergang. Consoles zijn kwetsbaar door de volgende risico's:

- Inzagen bovenwapening (trekband);
- Doorboren/ponsen console bij boorwerk;
- Afboeren door pneumatisch sloopwerk ten behoeve van verwijderen bestaande voegovergang.



Figuur 6-16 Voorbeeld console t.b.v. voegovergangsysteem

De kwetsbaarheid van de console is afhankelijk van de wapeningsdetaillering, afmetingen, betonsterkte, betondekking op de bovenwapening en eventuele aantasting (aan de kopse zijde en onderzijde) door lekkages.

Ter plaatse van consoles is beschadiging van de (trekband) wapening zeer risicovol. Om deze reden worden voegovergangssystemen met diamantgeboorde lijmkankers uitgesloten.

Consoles met een hoogte <250 mm worden beschouwd als kwetsbaar voor het inboren van ankers en het pneumatisch slopen. Om risico's te beperken dienen hiervoor conform tabel 6.8 aanvullende eisen gesteld aan de sloopmethodiek en daarvoor benodigde uitvoeringstijd.

Tabel 6.8: Scenario m.b.t. uitkragende consoles

Scenario		Eis
1	Er is geen sprake van uitkragende consoles	N.v.t.
2	Er is sprake van een uitkragende console ≤250 mm	Voor het verwijderen van de voegovergangen in de rijvloer dient gebruikt te worden gemaakt van hogedruk waterslopen met een druk van ca. 1000 bar (hydrojetten).*
3	Er is sprake van een robuust uitgevoerde, hoge, goed verankerde console >250 mm	N.v.t.

Het Digitale Meerkeuzemodel:

- Staat geen voegovergangssystemen toe met diamantgeboorde lijmaners;
- Genereert bij uitkragende consoles met een dikte kleiner dan 250mm een afgeleide eis voor de benodigde sloopmethodiek die wordt gevraagd inclusief indicatie van de (extra) benodigde uitvoeringstijd ten behoeve hiervan.
- Genereert een afgeleide eis dat (het verloop in) de verhardingsdikte nauwkeurig in beeld moet zijn gebracht en de zaagdiepte niet groter mag zijn dan de kleinst gemeten verhardingsdikte

Verlengde uitvoeringstijd*

Voor het vervangen van de voegovergangconstructie is het belangrijk om de uitvoeringstijd met minimaal 16 aaneengesloten uren (2 werkdagen) te verlengen mits hierbij beton wordt toegepast met een snelle uitharding.

6.12 Hemelwaterafvoer kunstwerk

De invloed van de keuze voor het voegovergangsysteem op de hemelwaterafvoer van het kunstwerk dient beschouwd te zijn. In verreweg de meeste situaties wordt hemelwater over de voegovergangen geleid (blijft bovendeks) en afgevoerd naar de dichtstbijzijnde afvoeren en kolken. In andere situaties wordt een deel van het water afgevoerd via de voegovergang naar het onderliggende steunpunt. Het water wordt door middel van molgoten of leidingssystemen afgevoerd naar een dichtstbijzijnd riool of berm die bestand is tegen stromend water (erosie).

Op basis van tabel 6.9 dient bepaald te worden of aanvullende eisen voor aanpassing van de hemelwaterafvoer aan de orde zijn.

Tabel 6.9: Scenario's en eisen m.b.t hemelwaterafvoer

Scenario oude situatie		Eis
1	In de bestaande situatie wordt het hemelwater volledig over de voegovergang geleid en afgevoerd naar een HWA put/kolk, en in de nieuwe situatie is dit niet meer het geval	Het water dat afstroomt in de nieuwe voegovergang dient via een nader te ontwerpen en realiseren duurzaam HWA-systeem te worden afgevoerd naar de dichtstbijzijnde bermsloot of bestaande riolering. De minimale diameter van de HWA dient n.t.b. mm te zijn.
2	In de bestaande situatie wordt het water niet over de voegovergang geleid en afgevoerd en in de nieuwe situatie is dat wel het geval.	Er dient op het landhoofd een HWA-systeem achter de voegovergang te zijn ontworpen en gerealiseerd om de afstromende water van het rijdek op te vangen en af te voeren. Putten van dit HWA systeem dienen op een zettingsvrije console aan de vleugelwand te zijn aangebracht.

Het Meerkeuzemodel genereert de afgeleide eisen uit tabel 6.9 indien het meest geschikte voegovergangsysteem een verandering introduceert in de wijze waarop hemelwater wordt afgevoerd.

7 Randvoorwaarden vanuit de weg en verharding

7.1 Verkeerscategorie

De verkeerscategorie of het berekende aantal zware voertuigen dat jaarlijks van de zwaarst belaste rijstrook gebruik maakt (N_{obs}) dient gespecificeerd te worden op basis van actuele verkeersprognoses. De Eurocode EN-1991-2 specificeert de volgende categorieën:

1. Verkeerscategorie 1: N_{obs} 500.000 - 2.000.000
2. Verkeerscategorie 2: N_{obs} 125.000- 500.000
3. Verkeerscategorie 3: N_{obs} 50.000 - 125.000
4. Verkeerscategorie 4: N_{obs} < 50.000

Het voegovergangssysteem dient (constructief) ontworpen te zijn voor het geldende aantal zware voertuigen.

Het digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de ingevoerde categorie of handmatig ingevoerde aantal zware voertuigen met het toepassingsgebied van ieder voegovergangssysteem zoals gespecificeerd in de prestatieverklaring. De applicatie toont bij resultaten alleen producten die aan dit criterium voldoen.

Rijkswegen

Rijkswegen kunnen zowel autosnelwegen als bepaalde autowegen zijn en vallen onder verkeerscategorie 1 of 2. Uit een analyse van het rijkswegennet in 2022 blijkt dat circa 50% van het rijkswegennet onder verkeerscategorie 2 valt.

De van toepassing zijnde N_{obs} dient voor rijkswegen te worden bepaald met behulp van INWEVA:

<https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=Inweva.Webviewer>

Werkwijze:

- Selecteer kaartlagenlijst (tab linksonder).
- Selecteer weekdaggemiddelde van de laatste 3 jaar
- Zoom in op de kaart en klik de locatie aan.
- Neem het "aantal zware vrachtauto's" van ieder jaar over (d.m.v. klikken op de pijltjes kan het jaar worden gewijzigd). Ga voor het vervolg uit van de hoogste waarde.
- Vermenigvuldig het weekdaggemiddelde met 365

Provinciale wegen

Provinciale N-wegen vallen onder categorie 2 (Stroomweg) of 3 (Gebiedsontsluitingsweg). Voor provinciale wegen dient te worden uitgegaan van verkeerscategorie 2 tenzij door de wegbeheerder verkeersgegevens beschikbaar zijn gesteld waaruit anders blijkt.

Gemeentelijke wegen

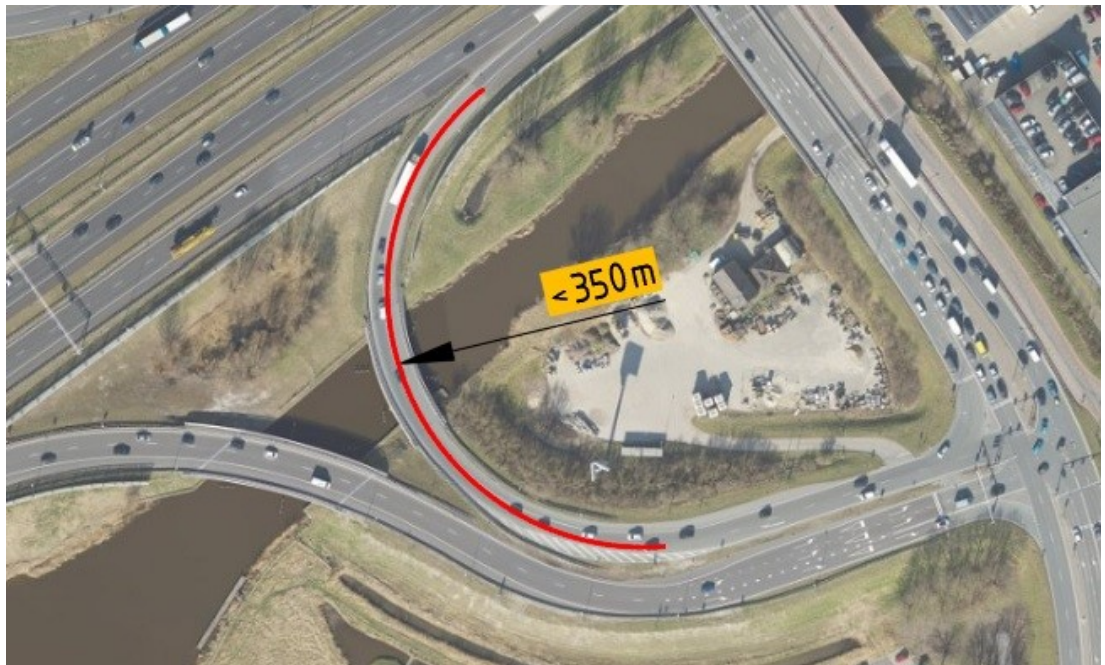
Gemeentelijke wegen vallen doorgaans onder verkeerscategorie 3 of 4. Voor erftoegangswegen kan verkeerscategorie 4 worden geselecteerd, tenzij sprake is van bijzondere omstandigheden met een verhoogde vrachtverkeerintensiteit zoals bij transportbedrijven, distributiecentra en containerterminals. Voor gebiedsontsluitingswegen dient uit te worden gegaan van verkeerscategorie 3.

7.2 Maximaal toegestane snelheid

De toegestane snelheid voor de betreffende weg dient gespecificeerd te worden ten behoeve van het berekenen van de Geluidseisen voor voegovergangen, conform RTD1007-3.

7.3 Stroefheid bij een horizontale boogstraal

De horizontale boogstraal van de weg over het kunstwerk dient gespecificeerd te worden. Bij boogstralen van 350m en kleiner dienen flexibele voegovergangen te worden uitgesloten als ook voegovergangen met een relatief groot stalen oppervlak. Vanwege de hoge eisen aan stroefheid ter bevordering van de verkeersveiligheid dient in deze situaties een alternatief voegovergangssysteem te worden toegepast.



Figuur 7-1 Horizontale boogstraal

Het digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de ingevoerde boogstraal met de maximaal toegestane boogstraal die voor het voegovergangssysteem van toepassing is en toont bij resultaten alleen producten die aan dit criterium voldoen. Het toepassingsgebied blijkt uit de Prestatieverklaring van het voegovergangssysteem.

7.4 Wegdektype

Het gehanteerde (stilst aangrenzende) wegdektype dient gespecificeerd te worden ten behoeve van het berekenen van de Geluidseisen voor voegovergangen, conform RTD1007-3.

In geval van een trade-off analyse voor het instandhoudingsadvies vergt dit een doorkijk naar de nabije toekomst in verband met een mogelijk (naderend) 'geluidsplafond' waardoor een stiller type deklaag vereist zal worden.

Indien het advies wordt gebaseerd op de huidige deklaageigenschappen is de kans reëel dat een voegovergangssysteem te vroeg wordt vervangen. Onnodige ingrepen met sloopwerk zijn zeer onwenselijk voor het kunstwerk waardoor een goede beschouwing van de toekomstige situatie vereist is.

Het vaststellen van de verhardingsopbouw en deklaag dient derhalve onderdeel te zijn van de intake met de klant/beheerder. Voor het beoordelen van aanstaande wijzingen in de verharding als gevolg van het geluidsplafond kan hiervoor de webviewer van de RWS-nalevingstool voor geluidproductie 2040 geraadpleegd worden:

<https://rhk.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e579e731d61d4381bf91ebbcdfc5d31>

Hierin is de doelmatige verharding te vinden, een indicatie voor de betrouwbaarheid van die bronmaatregel en of er sprake is van reeds bekende technische uitsluitingen.

Tabel 7.1: Advies m.b.t type uitgangspunt type deklaag

Scenario		Advies/eis
1	Doelmatig type deklaag uit het nalevingsadvies Geluid 2020 heeft een hoge betrouwbaarheid En er is geen sprake van een technische uitsluiting m.b.t. draagvermogen KW (KW gebouwd na 1995 en/of op basis van constructieve verificatieberekening voldoende draagkrachtig)	Advies: Uitgaan van toekomstig type deklaag Eis: In definitief ontwerp (contractvoorbereidingsfase) dient het type deklaag verifieerd te zijn
2	Er is sprake van een technische uitsluiting (bijvoorbeeld i.v.m. draagvermogen KW)	Advies: Uitgaan van bestaand type deklaag
3	Doelmatig type deklaag uit het nalevingsadvies Geluid 2020 heeft een lage betrouwbaarheid (waarschijnlijk niet doelmatig). En er is geen sprake van een technische uitsluiting m.b.t. draagvermogen KW (KW gebouwd na 1995 en/of op basis van verificatieberekening voldoende draagkrachtig)	Advies: Bij beheerder/geluidadviseur in de regio nagaan wat meest waarschijnlijke scenario is. Eis: In definitief ontwerp (contractvoorbereidingsfase) dient het type deklaag verifieerd te zijn. Trade-off analyse zo nodig aanpassen

Tabel wordt nog herzien en is informerend t.b.v. beheerder

7.5 Specifieke zware lokale verkeersomstandigheden

Vastgesteld dient te worden of er sprake is van situaties met frequent stilstaand, optrekkend of draaiend verkeer. Bij voegovergangen in een zone van 100 meter voor de verkeerslichten is sprake van sterk remmend en optrekkend verkeer waartegen sommige voegovergangssystemen niet voldoende bestand zijn. Voegovergangen met een matige weerstand tegen remmen, optrekken en draaiende wielbewegingen dienen buiten de selectie te zijn gehouden.



Figuur 7-2 Voorbeeldlocatie met optrekkend, remmend en wringend verkeer

In het onderliggend wegennet kan daarnaast ook sprake zijn van wringend verkeer omdat het voegovergangssysteem in een scherpe bocht van de weg ligt (bijvoorbeeld een afslag op een kruispunt, rotonde).

Het digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de invoer met de geschiktheid van elk uniek voegovergangssysteem en toont bij resultaten alleen producten die voldoende weerstand 'uit verkeer' hebben.

7.6 Fietzers en voetgangers

Bij kunstwerken die voorzien in een rijwielpad of voetpad dient aanvullende geverifieerd te zijn of hier voldoende inbouwhoogte beschikbaar is.

Het digitale Meerkeuzemodel vergelijkt de invoer met de geschiktheid van elk uniek voegovergangssysteem en toont bij resultaten alleen producten die kunstwerkbreed inpasbaar zijn.

Voor kunstwerken die enkel voor voetgangers en fietsers zijn ontworpen, zijn ook voegovergangssystemen toepasbaar die bij gebruik door vracht- en autoverkeer worden uitgesloten.

Het digitale Meerkeuzemodel staat ook voegovergangssystemen toe waarvoor geen vrijgavebrief met status 1 beschikbaar is maar wel door Rijkswaterstaat voor deze specifieke situatie als geschikt zijn aangemerkt.

8 Geluidseisen voor voegovergangen

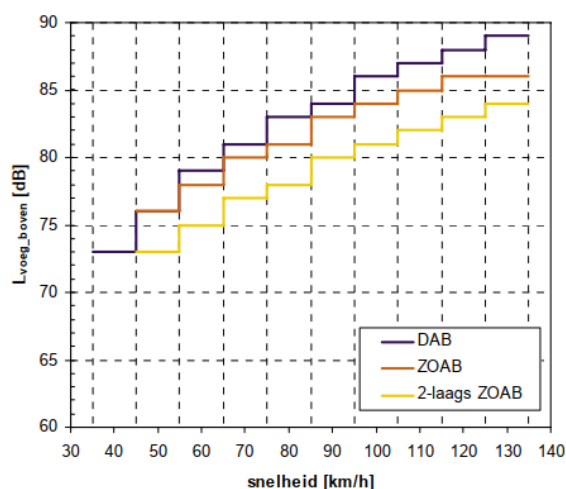
Om de geluidhinder van voegovergangen te beperken, worden aan nieuw in te bouwen voegovergangen geluidseisen gesteld in relatie tot de stilstaangrenzende verharding. Deze geluidseisen worden bepaald volgens de 'RTD 1007-3 Geluidseisen Voegovergangen'. Van een nieuw in te bouwen voegovergang moet op voorhand worden aangetoond dat de voegovergang in desbetreffende situatie voldoet aan de geluidseis. Dit is afhankelijk van:

- De maximale voertuigsnelheid (te handhaven snelheid);
- De geluidsemisatie van de stilstaangrenzende deklaag;
- De kruisingshoek tussen de voegovergang en de rijrichting.

Om een vergelijking tussen de geluidseis voor het voegovergangssysteem van een specifiek object en de geluidsemisatie van een voegovergangssysteem mogelijk te maken, is op basis van RTD1007-3 voor elk voegovergangconcept een zogenoemde Geluidlabelwaarde (GLW) gespecificeerd, welke met 90% zekerheid niet zal worden overschreden. Deze GLW is dus feitelijk de 'prestatie' van een voegovergangssysteem.

De GLW is gebaseerd op het geluidsniveau van personenvoertuigen die de voegovergang passeren, gemeten aan de bovenzijde van het kunstwerk. De meetmethode wordt beschreven in de RTD 1007-3. De geluidsemisatie van een voegovergang, en dus ook de GLW, neemt toe met de voertuigsnelheid.

Een overzicht van geluidlabelwaarden afgeleid van RTD1007-3 wordt opgenomen in bijlage 3. De GLW is ook tevens gespecificeerd in de Prestatieverklaring van een voegovergangssysteem.



Figuur 1: Geluidseisen boven het kunstwerk voor DAB, ZOAB en 2-laags ZOAB als stilstaangrenzende verharding.

Figuur 8-1 Figuur wordt herzien op basis van herziening RTD1007-3

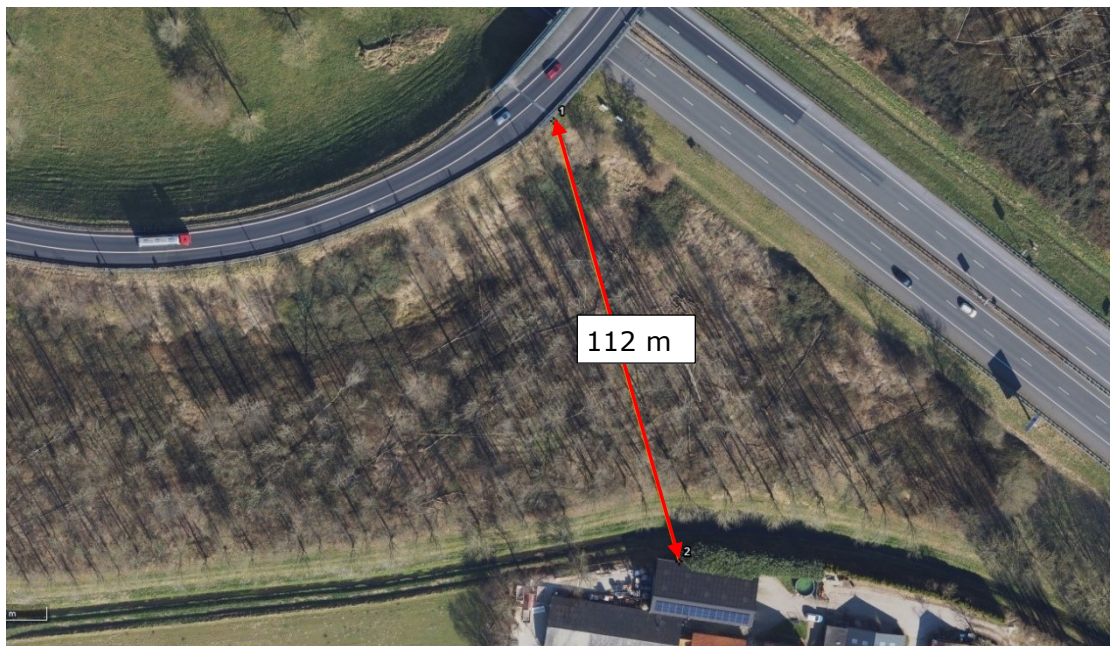
8.1 Inzichtelijk maken van de omgeving

In de rapportage dient een satellietbeeld te zijn opgenomen met het betreffende gebied rondom het object. Dit geeft een beeld van de locatie van het kunstwerk ten opzichte van de omgeving.

Tevens dient een satellietbeeld met een leesbare afstandmeting te zijn toegevoegd (meer ingezoomd).



Figuur 8-2 Satellietbeeld t.b.v. aandachtsgebied geluidseisen



Figuur 8-3 Satellietbeeld met (leesbare) afstandmeting tot dichtstbijzijnde woning

8.2 Berekenen van de geluidseis

De geluidseis dient berekend te worden conform RTD1007-3 Eisen voor voegovergangen.

Bij gebruik van het digitale Meerkeuzemodel wordt de geluidseis berekend op basis van de ingevoerde snelheid en het type deklaag.

8.3 Verificatie geluidseis met GLW

De berekende geluidseis (objectspecifiek) dient te zijn vergeleken met de Geluidslabelwaarde van het voegovergangconcept.

Bij gebruik van de Digitale Meerkeuzemodel wordt de geluidseis berekend, getoetst aan de prestaties van verschillende voegovergangsystemen en gerapporteerd.

Bij een kruisingshoek (α) kleiner dan 100 gon mag de GLW van randprofielvoegovergangen zonder geluidreducerende sinusplaten gecorrigeerd worden zoals beschreven in RTD 1007-3.

Deze correctie is bij deze voegovergangen mogelijk omdat bij haaks aanrijden van het voegovergangssysteem en de randprofielen meer 'pulse-geluid' ontstaat dan wanneer een voertuig over een 'scheve voegovergang' rijdt. Het digitale Meerkeuzemodel verrekent de invloed van de kruisingshoek.

Familie / Concept	b	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h	130 km/h
1. Nosing Joints zonder geluidbeperkende voorziening	28,6	76,8	79,0	80,9	82,6	84,1	85,4	86,6	87,6	88,6
1s. Nosing Joints met geluidbeperkende voorziening	24,0				77,5	78,7	79,8	80,8	81,7	82,6
2. Vingervoegen zonder geluid beperking	18,1				83,4	84,3	85,1	85,9	86,5	87,2
2s. Vingervoegen met geluidbeperking	21,5				82,0	83,1	84,1	85,0	85,8	86,6
3a. Mattenvoeg 3.1	20,6				82,0	83,1	84,0	84,9	85,6	86,4
3b. Mattenvoeg 3.2	24,1				84,7	85,9	87,0	88,0	88,9	89,7
3c. Mattenvoeg 3.3	22,9				81,2	82,4	83,4	84,4	85,2	86,0
4. Flexibele voegen	18,7				77,6	78,6	79,4	80,2	80,9	81,6
5. Verborgene voeg	18,7				77,6	78,6	79,4	80,2	80,9	81,6
6. Overgangsconstructie voor Integraal KW: GLW: n.v.t.; Geluidsniveau gelijk aan het geluidsniveau van wegdek.										
7. Lamellenvoegen zonder geluidbeperkende voorziening	25,8				87,5	88,9	90,0	91,1	92,1	93,0
7s. Lamellenvoegen met geluidbeperkende voorziening	25,8				82,5	83,9	85,0	86,1	87,1	88,0

N.b.: De 's' achter de nummers 1,2 en 7 staat voor 'Silent', de conceptgroep met geluidreducerende voorziening.

Figuur 8-4 Figuur wordt herzien op basis van herziening RTD1007-3

9 Voegbewegingen

Elk voegovergangssysteem heeft zijn unieke gedrag en bijbehorende maximale capaciteit aan opneembare bewegingen. Overschrijden van deze capaciteit leidt tot belastingen in het voegovergangssysteem waarvoor het niet is ontworpen. Als gevolg hiervan kan schade optreden waardoor onveilige situaties ontstaan voor weggebruikers, de levensduur van de voegovergang wordt gereduceerd en/of lekkages ontstaan die schadelijk zijn voor het kunstwerk.

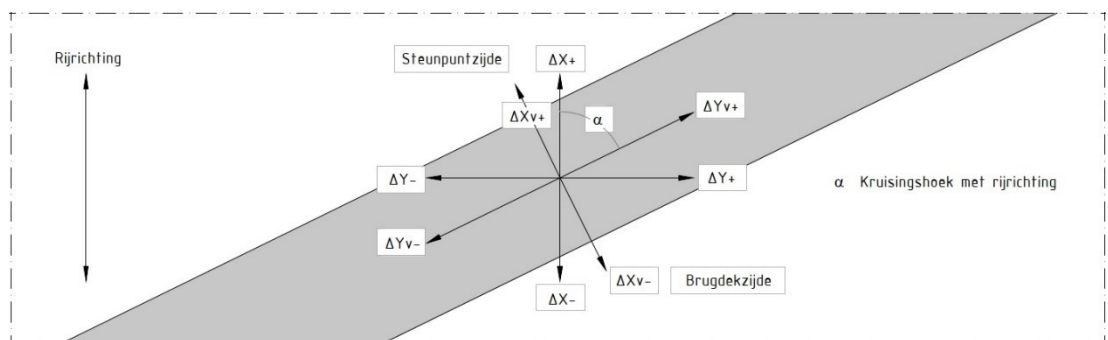
Voegbewegingen dienen om die reden voldoende nauwkeurig berekend te worden conform RTD1007-2.

Platform Voegovergangen en Opleggingen heeft voor leden een up-to-date rekentool ter beschikking waarmee voegbewegingen voor de meeste vaste bruggen en viaducten nauwkeurig en snel te berekenen zijn. In bijlage 7 wordt een checklist geboden waarmee inzichtelijk wordt welke informatie de ontwerper nodig heeft om een berekening te kunnen maken.

9.1 Berekenen

Voegbewegingen dienen bepaald te worden conform RTD1007-2 'Eisen voor voegovergangen'. De volgende voegbewegingen dienen te worden bepaald:

- $\Delta X_{+/-}$ voegopening, gemeten in de rijrichting
- $\Delta X_{v+/-}$ voegopening, gemeten haaks op de voeg
- $\Delta Y_{+/-}$ zijdelingse verplaatsing haaks op rijrichting
- $\Delta Y_{v+/-}$ zijdelingse verplaatsing parallel aan de voeg
- $\Delta Z_{+/-}$ verticale verplaatsing (omhoog/omlaag)
- ΔX_{hf} hoogfrequente horizontale voegbeweging
- ΔZ_{hf} hoogfrequente verticale voegbeweging



Figuur 9-1 Definitie voegbewegingen i.r.t. kruisingshoek

Belangrijk: bij het bepalen van de voegbewegingen wordt de vervorming vanuit het perspectief van het brugdek bepaald. ΔX_{+} betekent dat het kunstwerk uitzet of naar het steunpunt toe verplaatst, de voegopening wordt dus kleiner. ΔX_{-} betekent dat het kunstwerk krimpt of van het af steunpunt verplaatst, de voegopening wordt dus groter. In het gebruik van voegbewegingen wordt dit soms andersom geïnterpreteerd.

Voor de keuze van het voegovergangssysteem zijn alleen de voegbewegingen in de bruikbaarheids-grenstoestand (BGT) benodigd. In de uiterste grenstoestand (UGT) is er sprake van een (kortdurende) overschrijding waarvoor de constructief gezien, is ontworpen. De overschrijding kan leiden tot falen van een voegrubber, scheurvorming of onthechting met lekkage tot gevolg. Dit is acceptabel voor een uiterste grenstoestand.

De Trade-Off Analyse dient te voorzien in een berekeningsrapport van de PVO Rekenmodule voegbewegingen, of een vergelijkbare berekening die inzicht geeft in de invoer- en uitvoerwaarden. Hoogfrequente voegbeweging is een nadrukkelijk aandachtspunt om goed te beschouwen, ook bij nieuwbouw.

Voegovergang steunpunt 2			Maatgevend hoekpunt: A			
Translaties [mm]	$\Delta X_+ // \blacktriangleleft$	$\Delta X_- // \blacktriangleright$	$\Delta Y_+ // \blacktriangledown$	$\Delta Y_- // \blacktriangle$	$\Delta Z_+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_- \searrow \blacktriangledown$
Temperatuurbelasting gelijkmatig	5,5	-6,6	1,9	-1,9	0,0	0,0
Temperatuurverschilcomponent	0,4	-0,2	0,0	0,0	0,1	-0,3
Windbelasting zonder verkeer	1,1	-1,1	1,6	-2,4	0,0	-0,1
Windbelasting met verkeer	0,8	-0,8	1,2	-1,7	0,0	0,0
Centrifugaalbelasting	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rem/aanzetbelasting	10,8	-4,3	0,5	-1,2	0,0	0,0
Verticale verkeersbelasting (LM1)	0,0	-1,9	0,0	0,0	0,7	-0,4
Combinatiewaarde	16,1	-11,9	3,1	-3,7	0,9	-0,6
Totale dilatatiecapaciteit X-richting	28,0					
Omgerekende translaties voeg [mm]	Loodrecht op voeg		Evenwijdig aan voeg		Verticaal	
	$\Delta X_v+ // \blacktriangleleft$	$\Delta X_v- // \blacktriangleright$	$\Delta Y_v+ // \blacktriangledown$	$\Delta Y_v- // \blacktriangle$	$\Delta Z_v+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_v- \searrow \blacktriangledown$
Combinatiewaarde	14,9	-11,1	6,8	-6,1	0,9	-0,6
Dilatatiecapaciteit totaal	26,0					
Hoogfrequente voegbewegingen [mm]	$\Delta X_+ // \blacktriangleleft$	$\Delta X_- // \blacktriangleright$	$\Delta Y_+ // \blacktriangledown$	$\Delta Y_- // \blacktriangle$	$\Delta Z_+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_- \searrow \blacktriangledown$
Verkeersbelasting (FLM1)	0,00	-0,83	0,00	0,00	0,35	-0,22
Rotaties [mrad]	$\varphi_y+ \curvearrowright$	$\varphi_y- \curvearrowleft$	Correctie translatie per °C afwijkende inbouwtemp.			
Temperatuurverschilcomponent	0,83	-0,42	$\Delta X:$ 0,23 mm/°C		$\Delta X_v:$ 0,18 mm/°C	
Verkeersbelasting LM1	0,00	-3,50	$\Delta Y:$ 0,08 mm/°C		$\Delta Y_v:$ 0,15 mm/°C	
Verkeersbelasting FLM1	0,00	-1,54				

Figuur 9-2 samenvatting voegbewegingen PVO rekenmodule

Vervormingen als gevolg van thermische belastingen dienen gespecificeerd te zijn ten opzichte van de neutrale constructietemperatuur +10° Celsius.

9.2 Toetsen van voegbewegingen

Alle berekende voegbewegingen dienen vergeleken te worden met de capaciteit van het voegovergangssysteem. Dit wordt beschreven in de prestatieverklaring (Declaration of Performance) van ieder voegovergangssysteem.

De digitale Meerkeuzemodel vergelijkt alle maatgevende voegbewegingen met de prestaties van beschikbare voegovergangssystemen. De prestaties worden afgeleid van de Declaration of Performance en andere documenten uit het V&V-dossier van een leveranciersuniek voegovergangssysteem. Een prestatieverklaring is te vinden op de website van Platform Voegovergangen en Opleggingen.

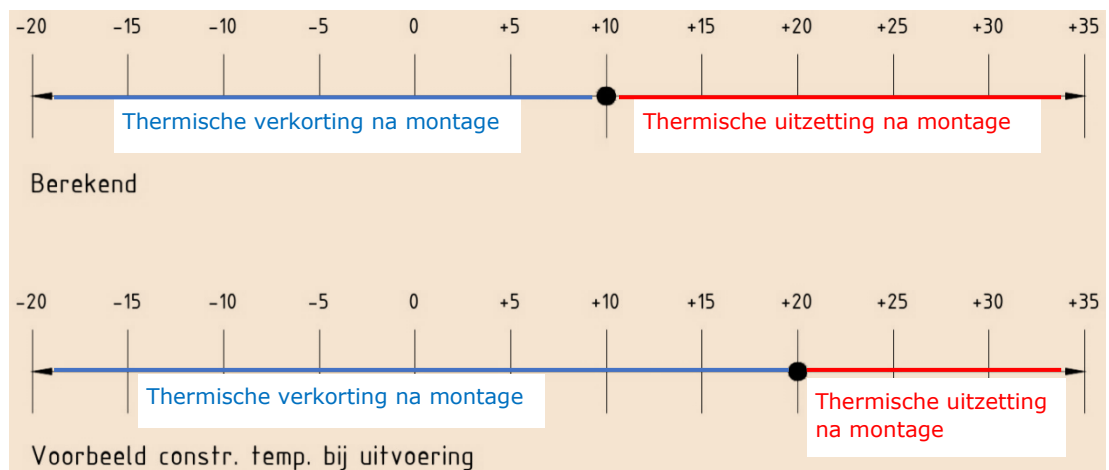
9.2.1 Langscapaciteit $\Delta X/\Delta X_v$

De voegbeweging in langsrichting van een kunstwerk bestaat uit een deel uitzetting/vervorming waardoor de dilatatie kleiner wordt en een deel krimp/vervorming waardoor de dilatatie groter wordt. Bij het toetsen van de langscapaciteit dient voor beide richtingen vastgesteld te worden of een beoogd voegovergangssysteem aan de capaciteit voldoet.

Het digitale Meerkeuzemodel gebruikt de omgerekende translaties uit de geïmporteerde rekenmodule of door de voegbewegingen om te rekenen met behulp van de ingevoerde kruisingshoek.

9.2.2 Constructietemperatuur bij uitvoering

Omdat voegovergangssystemen niet bij exact +10° Celsius aangebracht worden, dient aanvullend de gevoeligheid voor afwijkende constructietemperaturen ten tijde van het inbouwen van de voegovergang te zijn onderzocht. Hierbij dient het temperatuurbandbreedte te zijn berekend en gespecificeerd waarbij de voegovergang aangebracht kan worden, met de bijbehorende voorinstellingen indien van toepassing.



Figuur 9-3 Voorbeeld met constructietemp. van +20 (betonnen kunstwerk)

In het voorbeeld hierboven wordt een constructietemperatuur van +20 graden getoond voor een betonnen kunstwerk (Totaal temperatuurbereik = 55°C). Montage bij deze constructietemperatuur betekent dat het kunstwerk nog 15° kan opwarmen (voeg wordt kleiner) en 40° kan afkoelen (voeg wordt groter). Bij naadloze voegovergangen dient deze 'verschuiving' als overcapaciteit beschikbaar te zijn.

In het berekeningsrapport van de PVO-rekenmodule wordt de correctie per °C in de tabel weergegeven. Zie onderstaand fragment, figuur 9-4.

Rotaties [mrad]	Φ_y^+	Φ_y^-	Correctie translatie per °C afwijkende inbouwtemp.	
Temperatuurverschilcomponent	0,83	-0,42	ΔX : 0,23 mm/°C	ΔX_v : 0,18 mm/°C
Verkeersbelasting LM1	0,00	-3,50	ΔY : 0,08 mm/°C	ΔY_v : 0,15 mm/°C
Verkeersbelasting FLM1	0,00	-1,54		

Figuur 9-4 Correctie translatie per 1 graad Celsius

Het digitale Meerkeuzemodel toetst hoeveel 'overcapaciteit' ten opzichte van de berekening aanwezig is en berekent de bandbreedte voor de temperatuur van de constructie bij uitvoering.

9.2.3 Zijdelingse capaciteit ΔY / ΔY_v

De zijdelingse verplaatsing van een kunstwerk, dwars op de rijrichting, bestaat uit een pluswaarde en een minwaarde ten opzichte van de neutrale temperatuur. De capaciteit voor het opnemen van deze verplaatsingen dient in beide richtingen te zijn getoetst.

Voegovergang steunpunt 2			Maatgevend hoekpunt: A			
Translaties [mm]	$\Delta X_+ \parallel \blacktriangleleft$	$\Delta X_- \parallel \blacktriangleright$	$\Delta Y_+ \parallel \blacktriangledown$	$\Delta Y_- \parallel \blacktriangle$	$\Delta Z_+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_- \searrow \blacktriangledown$
Temperatuurbelasting gelijkmatig	5,5	-6,6	1,9	-1,9	0,0	0,0
Temperatuurverschilcomponent	0,4	-0,2	0,0	0,0	0,1	-0,3
Windbelasting zonder verkeer	1,1	-1,1	1,6	-2,4	0,0	-0,1
Windbelasting met verkeer	0,8	-0,8	1,2	-1,7	0,0	0,0
Centrifugaalbelasting	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rem/aanzetbelasting	10,8	-4,3	0,5	-1,2	0,0	0,0
Verticale verkeersbelasting (LM1)	0,0	-1,9	0,0	0,0	0,7	-0,4
Combinatiewaarde	16,1	-11,9	3,1	-3,7	0,9	-0,6
Totale dilatatiecapaciteit X-richting	28,0					
Omgerekende translaties voeg [mm]	Loodrecht op voeg		Evenwijdig aan voeg		Verticaal	
	$\Delta X_{v+} \parallel \blacktriangleleft$	$\Delta X_{v-} \parallel \blacktriangleright$	$\Delta Y_{v+} \parallel \blacktriangledown$	$\Delta Y_{v-} \parallel \blacktriangle$	$\Delta Z_+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_- \searrow \blacktriangledown$
Combinatiewaarde	14,9	-11,1	6,8	-6,1	0,9	-0,6
Dilatatiecapaciteit totaal	26,0					

De zijdelingse capaciteit wordt medebepaald door de constructietemperatuur op het moment van inbouwen en eventuele speling in het opleggsysteem.

9.2.4 Verticale capaciteit ΔZ

De in het digitale Meerkeuzemodel en Prestatieverklaring vermelde waarden zijn de waarden ten opzichte van de neutrale stand. Deze bestaat dus uit een pluswaarde (dek beweegt opwaarts) en een minwaarde (dek beweegt neerwaarts). De benodigde capaciteit dient getoetst te worden aan de prestaties uit de prestatieverklaringen van verschillende voegsystemen.

Omgerekende translaties voeg [mm]	Loodrecht op voeg		Evenwijdig aan voeg		Verticaal	
	$\Delta X_{v+} \parallel \blacktriangleleft$	$\Delta X_{v-} \parallel \blacktriangleright$	$\Delta Y_{v+} \parallel \blacktriangledown$	$\Delta Y_{v-} \parallel \blacktriangle$	$\Delta Z_+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z_- \searrow \blacktriangledown$
Combinatiewaarde	14,9	-11,1	6,8	-6,1	0,9	-0,6
Dilatatiecapaciteit totaal	26,0					

Figuur 9-5 Verticale translaties

De verticale capaciteit wordt feitelijk ook deels bepaald door de constructie-temperatuur op het moment van inbouwen. Hierbij ontstaat mogelijk een geringe afwijking (tienden van een millimeter) die we gemakshalve niet toetsen.

9.2.5 Hoogfrequente capaciteit $\Delta X/\Delta Z$ _{hf}

Ten behoeve van een brede afweging van beschikbare voegovergangssystemen dienen ook de hoogfrequente voegbewegingen te zijn getoetst. Deze bewegingen ontstaan als gevolg van buiging in de hoofddraagconstructie onder verkeersbelasting. Daarbij gaat het om zowel de horizontale voegbeweging (X-richting) als de verticale voegbeweging (Z-richting).

Hoogfrequente voegbewegingen [mm]	$\Delta X^+ // \blacktriangleleft$	$\Delta X^- // \blacktriangleright$	$\Delta Y^+ // \blacktriangledown$	$\Delta Y^- // \blacktriangle$	$\Delta Z^+ \nearrow \blacktriangle$	$\Delta Z^- \searrow \blacktriangledown$
Verkeersbelasting (FLM1)	0,00	-0,83	0,00	0,00	0,35	-0,22

Figuur 9-6 Hoogfrequente beweging uit verkeer

Toelichting:

Het PVO rekenmodel hanteert hiervoor het verkeersbelastingmodel voor vermoeiing, FLM1. Deze is algemeen toepasbaar maar geeft bij kleine (eind)overspanningen (<15 m) conservatieve waarden waardoor mogelijk bepaalde voegovergangssystemen onterecht worden uitgesloten. Het rekenmodel genereert hiervoor een waarschuwing, waarbij aanbevolen wordt een nauwkeurigere berekening met FLM4b uit te voeren. Met deze waarschuwing kunnen eventuele kleine overschrijdingen van de hoogfrequente voegbewegingen worden genegeerd bij kleine (eind)overspanningen.

10 Milieu en levensduurkosten

In het keuzeprocés wordt na technische verificatie van toepasbare voegsystemen ook een waardering toegekend voor de maatschappelijke invloed door levensduurkosten voor onderhoud en milieu.

10.1 Levensduurkosten (LCC)

Onderhoudskosten zijn door Rijkswaterstaat per voegovergangconcept geprognoseerd en worden gebruikt voor de (rest)levensduur van het kunstwerk. Hierbij wordt gebruik gemaakt van verschillende kostencomponenten (10.1.2) die voor de restlevensduur in beeld komen. Het geheel aan kosten geeft een objectspecifieke LCC-waarde (Life Cycle Costs).

Voor technisch geschikte voegovergangconcepten dient een relatieve vergelijking gemaakt te zijn van de LCC-bedragen die zijn berekend door Rijkswaterstaat; zie bijlage 4. Daarbij wordt het voegovergangconcept met de laagste LCC als referentie genomen (relatieve score: 100%) en alle andere voegovergangconcepten hieraan gerelateerd.

10.1.1 Uitgangssituatie

De LCC-berekening is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Fictief en 'gemiddeld' kunstwerk met 2 voegovergangen van 15 m1;
- Eerste sloopkosten voor wijziging naar een ander voegovergangssysteem zijn gelijk gehouden;
- De kosten voor slopen/verwijderen later in de tijd zijn gebaseerd op vervanging van het voegovergangssysteem voor een soortgelijk product;
- Materiaalhoeveelheden zijn op basis van 100 mm dikte. Indien een voegovergangssysteem bijv. 70 mm dik is, wordt de resterende 30 mm in snel verhardende beton doorberekend;
- In de aanlegkosten zijn expliciet uren berekend voor engineering op basis van RTD1007-5
- Voor grotere bruggen is de keuzevrijheid beperkt tot vingervoegen en lamellenvoegen waarvoor andere uitgangspunten gelden. De keuze zal grotendeels door techniek bepaald worden. Een LCC-berekening **wordt** ondanks dit gegeven wel opgesteld om een indicatie te hebben.

10.1.2 Kostencomponenten

De berekende LCC-waarden van verschillende voegovergangconcepten is toegevoegd in bijlage 4. De berekeningen zijn opgebouwd met de volgende kostencomponenten.

Aanleg-/vervangingskosten

De kosten voor de aanleg of vervanging van een voegovergangssysteem voor zowel het eerstvolgende als navolgende vervangingsmoment tot aan de (theoretische) einde levensduur van het kunstwerk. Hierbij wordt arbeidsloon gebaseerd op tarieven vergelijkbaar met weekendwerk hetgeen ook prima bruikbaar is bij kort en hevig afsluitingen met dag- en nachtwerk.

Jaarlijks vast onderhoud (Basis Onderhoud)

Jaarlijkse kosten voor met name reiniging van het voegovergangssysteem. Voor naadloze voegsystemen is dit niet van toepassing. Voor voegovergangen met spleten t.b.v. dilatatieruimte wordt gemiddeld een bedrag van € 3.000,00 inbegrepen voor een wegafzetting. Dit bedrag is gekozen als een gemiddelde voor alle kunstwerken en op basis van gedeeltelijk combineren van onderhoud. Er wordt tevens als uitgangspunt genomen dat een deel van de voegovergang wordt gereinigd in de jaarlijkse afzetting voor wegdekreiniging t.p.v. de vluchtstrook (vandaar dat één afzetting 1 wordt doorberekend).

Variabel onderhoud

Periodieke onderhoudskosten voor instandhouding en (deel)vervanging. Dit betreft (deel)vervanging of herstel van onderdelen met een kortere levensduur dan het gehele voegovergangssysteem. Dit is niet altijd rijbaanbreed, maar kan ook betrekking hebben op alleen de zwaarst belaste rijstrook. Variabel onderhoud wordt veel gecombineerd met vervanging van asfalt deklagen en ander onderhoud waardoor geen kosten zijn berekend voor verkeersmaatregelen. Deze dienen een veelvoud aan onderhoudsmaatregelen en zijn derhalve niet specifiek doorberekend voor voegovergangen.

Ongepland onderhoud

Praktijkervaringen leren veel over de betrouwbaarheid van voegovergangen en de onvoorziene kosten die in beeld komen wanneer voegovergangen ongepland falen. Voor ongepland onderhoud is op basis van ervaring en expert judgement een inschatting gemaakt van de kosten die gepaard gaan met falen inclusief daarvoor benodigde wegafzetting. Omdat deze kosten niet bij ieder kunstwerk optreden, zijn de berekende kosten vermenigvuldigd met een percentage.

Het Digitale Meerkeuzemodel berekend de LCC-waarde bij de opgegeven restlevensduur van het kunstwerk. Dit wordt gecombineerd met de LCA-waarde die voor dezelfde levensduur berekend is

10.2 Lifecycle Analyse (LCA)

In samenwerking met Rijkswaterstaat zijn door TNO categorie 3 'Life Cycle Analyses' uitgevoerd voor een groot deel van de beschikbare voegovergang concepten. Op basis van de LCA zijn voor ieder voegovergangconcept MKI-waarden bepaald (zie bijlage 6).

De analyses zijn gerapporteerd in document 'LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase' d.d. 24-03-2022 en opgenomen in de →[Nationale Milieudatabase](#) en in de →[PVO Literatuurtool](#).

Merk ongebonden data van categorie 3 verklaringen is opgesteld door deskundigen op basis van internationale databases en ze bevatten zogenaamde default waarden (veilige waarden). Omdat de data ongetoetst is krijgen deze verklaringen een toeslag van 30%. Bron: Nationale Milieudatabase.

De MKI-waarden zijn bepaald op basis van gemiddelde hoeveelheden. Hierdoor worden leverancier gebonden verschillen binnen de voegovergangconcepten niet gewaardeerd. De hierin bepaalde milieukostenindicator (MKI) wordt gebruikt om de verschillende voegovergangconcepten met elkaar te vergelijken.

Tabel 11: MKI van de verschillende voegen per strekkende meter

Effectcategorie	Eenheid	Voeg 1.2b1	Voeg 1.2b2	Voeg 1.4a2	Voeg 4.1b	Voeg 4.1d	Voeg 4.2	Voeg 5.1
		1m	1m	1m	1m	1m	1m	1m
Levensduur		40 jaar	30 jaar	25 jaar	25 jaar	12,5 jaar	25 jaar	25 jaar
Totaal MKI	€/m	43,83	68,90	36,06	25,82	27,87	38,76	23,26
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	€/m	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	€/m	0,37	0,52	0,29	0,31	0,40	0,29	0,48
4 global warming (GWP)	€/m	16,33	22,81	12,48	10,12	11,46	14,24	8,90
5 ozone layer depletion (ODP)	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	€/m	0,50	0,70	0,30	0,43	0,52	0,48	0,59
7 acidification (AP)	€/m	9,23	14,55	8,27	6,02	6,66	4,97	4,93
8 eutrophication (EP)	€/m	4,10	6,34	3,57	2,60	2,82	2,48	1,49
9 human toxicity (HT)	€/m	12,06	21,63	9,47	5,24	4,72	14,93	4,80
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	€/m	0,12	0,20	0,14	0,08	0,09	0,63	0,14
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	€/m	0,84	1,47	0,96	0,88	1,15	0,64	1,81
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	€/m	0,28	0,67	0,56	0,12	0,05	0,10	0,13

Figuur 10-1 Tabel 11 uit LCA rapportage voegovergangen

10.3 Afweging

Bij meer dan 1 technisch geschikte voegovergangconcepten wordt de keuze gebaseerd op basis van een gecombineerde waarde die zowel de levensduurkosten als milieukosten evenwichtig beschouwd. Hiervoor kiest Rijkswaterstaat voor de volgende benadering:

Voegovergangconcepten worden gerangschikt op basis van LCC waarbij de laagste LCC-waarde als referentie geldt (100%) en de overige LCC-waarden in een relatief percentage worden uitgedrukt. In onderstaand voorbeeld variëren de overige oplossingen van 101 tot 221%.

Voegovergangen worden ook gerangschikt op basis van LCA waarbij de hoogste MKI-waarde als referentie geldt (100%) en de overige MKI-waarden zijn uitgedrukt in een relatief percentage. In onderstaand voorbeeld variëren de overige oplossingen van 34-74%.

Er wordt vervolgens een combinatiescore berekend door het percentage 'referentie LCC' te vermenigvuldigen met het percentage 'referentie MKI'. Het voegovergangconcept met de laagste combinatiescore is de voorkeursvariant. Op basis van onderstaand voorbeeld is dat 1.2b1 met $100\% \times 34\% = 34\%$.

Referentieperiode 40 jaar

MKM	voegovergang	LCC	Verschil	LCC relatief	MKI	MKI relatief	LCC rel x
		Euro/m	Euro/m	tov referentie	Euro/m	tov max MKI	MKI rel
v	5.1 Brainjoint (40m)	3737,21	0,00	100%	46,54	35%	35%
v	1.2b1	3773,82	36,62	101%	44,01	34%	34%
v	4.1d + gietasfalt	3800,75	63,54	102%	97,36	74%	75%
v	4.1b Silent joint (500)	4098,05	360,84	110%	47,69	36%	40%
v	4.2 (variant 50mm)	4099,77	362,56	110%	77,52	59%	65%
v	1.2b2	5385,95	1648,75	144%	131,23	100%	144%
v	1.4a2	8256,27	4519,06	221%	72,11	55%	121%
Ref:	5.1 Brainjoint (40m)	3737			46,54	35%	35%
							Laagste 34%
							Marge 10%
							Grenswaarde 44%
							Gemiddelde 74%

Figuur 10-2 Voorbeeldberekening

Concepttekst:

Binnen een bandbreedte van 10% komen oplossingen in aanmerking voor de keuze. Op basis van onderstaand voorbeeld zijn dat 35% (5.1) en 40% (4.1b). Voor bestaande kunstwerken maakt Rijkswaterstaat de keuze voor het voegovergangstelsel op basis van beschikbaarheid bij meerdere aanbieders als ook voorwaarden en risico's bij ieder voegovergangconcept. Dit voegovergangconcept zal gespecificeerd worden in het contract.

Dit betekent dat er binnen projecten niet afgeweken kan worden van het voorgeschreven voegovergangconcept.

Voor nieuwe kunstwerken ligt de keuzevrijheid binnen de bandbreedte bij de Opdrachtnemer omdat de voorwaarden en risico's beoordeeld dienen te worden in de context van overige projectrandvoorwaarden.

11 Rapportage 'trade-off analyse'

Het te leveren eindproduct van het proces bestaat uit drie delen:

1. Een Trade-off analyserapport (in pdf-formaat) dat de keuze voor het voegovergangssysteem onderbouwt inclusief bijbehorende eisen;
2. Het digitale *.MKM bestand dat hieraan ten grondslag ligt;
3. Excel-bestand PVO-rekenmodel of geüpload berekeningsrapport.

Op basis van resultaten dient conform tabel 11.1 een advies te zijn verstrekt met betrekking tot het toe te passen voegovergangconcept.

Tabel 11.1: Scenario's voor afronding advies.

Scenario		Actie
1	Er is géén oplossing technisch geschikt voor de ingevoerde randvoorwaarden.	Controleer de invoer parameters met behulp van de MKM-rapportage. Deze biedt inzicht in criteria waarop voegovergangssystemen zijn afgevallen. Invoergegevens mogen niet worden aangepast om een resultaat te krijgen! Er is eerst overleg met Opdrachtgever en diens technisch specialist vereist is om tot een afronding te komen. Mogelijk is er sprake van een bijzondere situatie waarvoor maatwerk is vereist.
2	Er is 1 voegovergang-concept technisch geschikt	Controleer de invoer parameters met behulp van de MKM-rapportage. Deze biedt inzicht in criteria waarop voegovergangssystemen zijn afgevallen. Wanneer het voegovergangconcept technisch als enige optie geschikt is, dient deze gekozen te zijn.
3	Er zijn 2 of meer voegovergangconcepten geschikt	Het voegovergangconcept met de beste combinatiescore voor LCC en LCA kan geadviseerd/ gekozen worden. Bij twee gelijkwaardig presterende voegovergangconcepten dient het systeem te zijn gekozen dat in de markt het meest beschikbaar is.

Acceptatie

De Trade-off analyse dient ter acceptatie aangeleverd te worden bij Rijkswaterstaat GPO.

Bijlage 1: Schema processen, kaders en producten

Bijlage 2: Overzicht voegovergangconcepten

De nummering voor voegovergangconcepten is over lange tijd gegroeid en zou achteraf gezien ook anders ingedeeld kunnen worden. De nummers zijn tegelijk al bekend geraakt bij verschillende organisaties, en het wijzigen kan onbedoeld voor verwarring zorgen. We hebben ervoor gekozen om de tabel met voegovergangconcepten te behouden te actualiseren.

Bijlage 3: Geluidslabelwaarden (GLW)

In onderstaande tabel is voor de verschillende typen voegovergangen de GLW weergegeven voor snelheden van 50 tot 130 km/u. Tevens is ook de factor b die de snelheidsinvloed beschrijft weergegeven. De concepten met geluidbeperkende voorzieningen worden in de tabel aangeduid met een 's' achter het betreffende Familie/Conceptnummer.

Onderstaande tabel wordt geüpdate met herziene getallen

Familie / Concept	b	50 km/h	60 km/h	70 Km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h	130 km/h
1. Nosing Joints zonder geluidbeperkende voorziening										
1s. Nosing Joints met geluidbeperkende voorziening										
2. Vingervoegen										
3a. Mattenvoeg 3.1										
3b. Mattenvoeg 3.2										
4. Flexibele voegen										
5. Verborgene voeg: de geluidslabelwaarde is gelijk aan de toegepaste deklaag										
6. Overgangsconstructie voor Integraal KW: GLW: n.v.t.; Geluidsniveau gelijk aan het geluidsniveau van wegdek.										
7. Lamellenvoegen zonder geluidbeperkende voorziening										
7s. Lamellenvoegen met geluidbeperkende voorziening										

N.b.: De 's' achter de nummers 1 en 7 staat voor 'Silent', de conceptgroep met geluidreducerende voorziening.

Bijlage 4: Life Cycle Costs (LCC)

De LCC-waarden in de tabel betreft een indexwaarde voor het totaal aan kosten voor vervanging, jaarlijks onderhoud (zeer beperkt bij naadloze voegsystemen), variabel onderhoud en ongepland/onvoorzien onderhoud.

Tabel wordt in definitieve versie voorzien

Bijlage 5: Milieukostenindicator (MKI)

Bijlage wordt in definitieve versie voorzien

Bijlage 6: Checklist voor de beheerder

De betrouwbaarheid van het vervangingsadvies met behulp van de Trade-off analyse wordt medebepaald door areaalinformatie en gebruikerservaring die alleen bij de beheerder bekend is. De adviseur of ontwerper heeft naast openbare bronnen de informatie nodig om uitgangspunten voor het advies mee te bepalen:

Tabel B5: Informatiebehoefte voor keuzeproces

Criteria	§
Beheerobjectgegevens (DISK Paspoort en inspectietekeningset)	3.1
Inspectierapporten van het kunstwerk	3.2
Klachten m.b.t. veiligheidsbeleving weggebruiker	3.2
Klachten m.b.t. geluidshinder in de omgeving	3.2
Schademeldingen Onderhoudsmanagementsysteem	3.2
DO (Bestek + Bestekstekeningen) aanleg kunstwerk	3.3
UO / tekeningen aanleg KW (vorm, wapening en voorspanning) rijdek, landhoofd, schampkanten, voegovergangen	3.3
Verhardingsdikte op het kunstwerk	4.5
Informatie over eerdere voegovergang vervangingen (uit opleverdossiers variabel onderhoud)	5.1
Verwachte restlevensduur kunstwerk	6.2
(toekomstige) wegdektype (deklaag)	7.4

Bijlage 7: Checklist voor rekentool voegvoegbewegingen

*In deze bijlage wordt de checklist weergegeven met de informatie die in de Excel rekentool wordt gevraagd. Deze checklist is ook te vinden op de website van Platform Voegovergangen en Opleggingen:
<https://www.pveno.nl/tools/rekentool-verplaatsingen/>*

Bijlage 8: Trade-off analyse (TOA)

In deze bijlage wordt een voorbeeld gegeven van een Trade-off analyse die voldoet aan de informatiebehoefte en presentatie hiervan.