



# Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken

## ROK 1.4

Doc. nr. : RTD 1001:2017

Versie : 1.4

Status : Definitief

Datum : April 2017



## **Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken**

ROK 1.4

RTD 1001:2017

Datum	April 2017
Status	Definitief

## Colofon

Uitgegeven door	RWS GPO
Informatie	<a href="mailto:rok-info@rws.nl">rok-info@rws.nl</a>
Datum	April 2017
Status	Definitief
Versienummer	1.4

## Voorwoord

Met het publiceren van de Eurocode-delen met bijbehorende Nationale Bijlagen van het Eurocode cluster Bruggen zijn Europese Normen beschikbaar gekomen voor het beoordelen van Rijkswaterstaat Kunstwerken. Met ingang van 1 april 2012 wijst het Bouwbesluit 2012 de Eurocodes aan als normen waarmee de constructieve veiligheid en duurzaamheid van bouwwerken moet worden aangetoond.

Het invoeren van de Eurocodes in Nederland is een moeizaam proces geweest. Deze Eurocodes zijn volgens de Europese wetgeving ingevoerd om economische barrières tussen de lidstaten weg te nemen. De nationale normen op dit gebied (Technische Grondslagen Bouwconstructies = TGB's) zijn ingetrokken op 1 april 2010.

De Eurocodes zijn in Europees verband vastgesteld in de periode 2002 t/m 2005. Voor het toepassen van de Eurocodes in Nederland, moeten deze worden gebruikt in samenhang met de Nationale Bijlage per Eurocode-deel.

De wijzigingen in de regelgeving maken het noodzakelijk om de aanvullende regelgeving van Rijkswaterstaat hierop aan te passen. De goede ervaringen die RWS heeft gehad met de Richtlijnen Ontwerp Betonnen Kunstwerken, ROBK, heeft geleid tot het opstellen van de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, ROK. Deze gelegenheid is eveneens aangegrepen om de RWS-richtlijnen uit te breiden tot alle nieuw te bouwen kunstwerken, die in opdracht van RWS worden ontworpen en gebouwd.

ROK versie 1.4 betreft een "update" van eerdere versies. Significante wijzigingen ten opzichte van versie 1.3 zijn in blauwe tekst weergegeven.

Naast eisen aan de constructieve veiligheid en duurzaamheid is besloten om in deze ROK ook andere richtlijnen voor te schrijven, die nodig zijn om geschikte RWS kunstwerken te realiseren.

Voor het beoordelen van bestaande kunstwerken is een ander document beschikbaar, namelijk de Richtlijnen Beoordelen Kunstwerken (RBK).

We wensen iedereen die deze ROK gebruikt succes met het realiseren van RWS-kunstwerken en vertrouwen erop dat hierdoor de Nederlandse gemeenschap duurzaam en optimaal zal profiteren van het Hoofdwegennet, het Hoofdvaarwegennet en het Hoofdwatersysteem.

Rijkswaterstaat GPO  
Hoofdingenieur-directeur  
ir. J.L.P.M.G. Beguin

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Toepassingsgebied ROK</b>	<b>8</b>
1.1	Inleiding	8
1.2	Doelstelling	9
1.3	Wijzigingenbeheer	9
1.4	Definitie kunstwerkcategorieën	9
1.5	Kunstwerksoorten en -benamingen	10
<b>2</b>	<b>Overzicht normatieve verwijzingen</b>	<b>15</b>
2.1	NEN normen	15
2.2	CUR aanbevelingen en rapporten	24
2.3	CROW richtlijnen	25
2.4	Eigen RWS richtlijnen	25
2.5	Overige richtlijnen en documenten	26
2.6	Onderzoeksrapporten en literatuur	28
<b>3</b>	<b>Aanvullingen op de Eurocodes en overige ontwerprichtlijnen</b>	<b>30</b>
3.1	Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde	30
3.2	Leeswijzer	30
<b>4</b>	<b>Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp</b>	<b>31</b>
4.1	Toepassing voor bruggen	31
4.2	Toepassing voor tunnels	32
4.3	Toepassing voor natte kunstwerken	36
4.4	Toepassing voor beweegbare bruggen	36
4.5	Toepassing voor geluidschermen	37
4.6	Toepassing voor verkeerskundige draagconstructies	37
<b>5</b>	<b>Eurocode 1: Belastingen op constructies</b>	<b>39</b>
5.1	Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen	39
5.2	Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand	41
5.3	Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting	42
5.4	Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting	42
5.5	Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting	44
5.6	Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering	46
5.7	Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen	46
5.8	Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen	56
5.9	Specifieke belastingen op tunnels	63
5.10	Specifieke belastingen op natte kunstwerken	63
5.11	Specifieke belastingen op beweegbare bruggen	79
5.12	Specifieke belastingen op geluidschermen	79
5.13	Specifieke belastingen op verkeerskundige draagconstructies	79
<b>6</b>	<b>Eurocode 2: Ontwerp en berekening betonconstructies</b>	<b>80</b>
6.1	Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	80

Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken	Pagina:	6 van 255
	Uitgave:	2017
	Versie:	1.4
RTD 1001:2017	Status:	definitief

6.2	Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	105
6.3	Deel 2: Betonnen bruggen	110
6.4	Betonnen bruggen – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet	111
6.5	Tunnels – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet	118
6.6	Natte kunstwerken – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet	126
6.7	Geluidschermen – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet	126
6.8	NEN-EN 13670 Vervaardiging van betonconstructies	126
6.9	NEN-EN 206 + NEN 8005 Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit	141
6.10	NEN-EN 15050 Vooraf vervaardigde betonproducten - Bruelelementen	149
6.11	NVN-CEN/TS 1992-4 Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton	149
<b>7</b>	<b>Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies (en mechanische uitrustingen, inclusief fabricage en uitvoering)</b>	<b>152</b>
7.1	Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	159
7.2	Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	160
7.3	Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen	160
7.4	Deel 1-4: Algemene regels – Aanvullende regels voor corrosievaste staalsoorten	160
7.5	Deel 1-5: Constructieve plaatvelden	160
7.6	Deel 1-6: Algemene regels – Sterkte en stabiliteit van schaalconstructies	161
7.7	Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen	161
7.8	Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen	161
7.9	Deel 1-9: Vermoeiing	163
7.10	Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting	164
7.11	Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten	165
7.12	Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700	166
7.13	Deel 2: Stalen bruggen	166
7.14	Deel 5: Palen en damwanden	178
7.15	Natte kunstwerken en mechanische uitrustingen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet	179
7.16	Beweegbare bruggen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet	180
7.17	Geluidsschermen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet	183
7.18	Verkeerskundige draagconstructies – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet	183
7.19	Eisen voor uitvoering: NEN-EN 1090-1 Constructieve delen van staal en aluminium – Deel 1: Eisen voor conformiteitsbeoordeling van dragende delen	184
7.20	Eisen voor uitvoering: NEN-EN 1090-2 Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies	184
<b>8</b>	<b>Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies</b>	<b>217</b>
8.1	Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	217
8.2	Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	217
8.3	Deel 2: Algemene regels en regels voor staal-betonnen bruggen	217

<b>9</b>	<b>Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies</b>	<b>218</b>
9.1	Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen	218
9.2	Deel 1-2: Algemeen – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	218
9.3	Deel 2: Houten bruggen	218
<b>10</b>	<b>Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp van constructies</b>	<b>219</b>
10.1	NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels	219
10.2	NEN-EN 1997-2 Deel 2: Grondonderzoek en beproeving	234
<b>11</b>	<b>Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies</b>	<b>235</b>
11.1	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; algemeen	235
11.2	NEN-EN 1998-1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen	236
<del>11.3</del>	<del>Deel 2: Bruggen</del>	<del>239</del>
<del>11.4</del>	<del>Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten</del>	<del>239</del>
<b>12</b>	<b>Overige materialen waar geen Eurocodes voor zijn</b>	<b>240</b>
12.1	Kunststoffen als constructiemateriaal	240
<b>13</b>	<b>Overige ontwerprichtlijnen voor kunstwerken</b>	<b>241</b>
13.1	Resultaatsbeschrijvingen ontwerpdocumenten	241
13.2	Voegovergangen voor bruggen	241
13.3	Asfalt op brugdekken, kunststofslijtlagen en hydrofoberen	242
13.4	Hemelwaterafvoer	242
13.5	Standaarddetails voor betonnen bruggen	242
13.6	Overgangsconstructies voor bruggen	242
13.7	Brugopleggingen	242
13.8	Inspectie- en onderhoudsvoorzieningen	243
13.9	Generieke eisen Electrotechnische installaties	243
13.10	Voertuigkeringen, leuning, lichtmasten en veiligheids- en geluidsschermen op bruggen en viaducten	243
13.11	Best Practices ontwerp betonnen bruggen en viaducten	245
13.12	Specifieke ontwerprichtlijnen voor tunnels	245
13.13	Specifieke ontwerprichtlijnen voor folieconstructies	252
13.14	Eisen voor hydraulische bewegingswerken	254

# 1 Toepassingsgebied ROK

## 1.1 Inleiding

De Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) is een Kader binnen de Werkwijzer ~~Aanleg van~~ RWS. Het is een verzameling van generieke eisen waaraan het ontwerp en de uitvoering van een nieuw te bouwen kunstwerk moet voldoen. De ROK geldt ook voor nieuwe onderdelen van bestaande kunstwerken, wanneer deze onderdelen worden vervangen, of voor verbredingen wanneer kunstwerken worden uitgebreid.

Het ontwerpen van kunstwerken is een creatief proces dat in alle vrijheid plaats moet vinden. Het product wat hierbij ontstaat, moet echter wel betrouwbaar, duurzaam en functioneel zijn. Om dit aan te tonen zijn eisen en randvoorwaarden nodig. Het overgrote deel van deze eisen is opgenomen in de Eurocodes met bijbehorende Nationale Bijlagen. In aanvulling hierop heeft RWS nog een aantal specifieke eisen, omdat de Eurocode eisen niet streng genoeg zijn, of omdat ze niet voorkomen in de Eurocodes en Nationale Bijlagen. Ook bieden de Eurocodes en Nationale Bijlagen soms keuzemogelijkheden die via deze ROK worden ingevuld.

De ROK beoogd alle richtlijnen te omvatten voor de kunstwerkcategorieën die in paragrafen 1.4 en 1.5 zijn gedefinieerd. Voor de ordening van de eisen is de structuur van de Eurocode gevolgd.

De Eurocodes met Nationale Bijlagen bevatten de eisen voor Constructieve Veiligheid en Duurzaamheid. Er zijn geen Eurocodedelen beschikbaar voor de kunstwerkcategorieën tunnels, natte kunstwerken, beweegbare bruggen, geluidsschermen en verkeerskundige draagconstructies. Hoewel veel van de constructie-onderdelen van deze kunstwerken berekend kunnen worden met de Eurocodes, zijn er specifieke grondslagen, belastingen en materiaaleisen nodig om betrouwbare kunstwerken te realiseren. Hierin is voorzien door in de ROK specifieke eisen op te nemen per categorie.

Voor het ontwerp van nieuw te bouwen kunstwerken zijn ook de Europese uitvoeringsnormen van belang. Deze zijn genoemd bij de aanvullingen op Eurocode 2 "Betonconstructies", Eurocode 3 "Staalconstructies" en Eurocode 7 "Geotechnisch Ontwerp".

In deze ROK zijn als aanvulling op de Eurocodes ook andere richtlijnen genoemd, zoals CUR-rapporten, CROW-richtlijnen, en dergelijke en eigen RWS-richtlijnen. De RWS-richtlijnen zijn in het laatste hoofdstuk genoemd. Deze richtlijnen moeten worden toegepast bij het ontwerpen van kunstwerken, maar gaan over andere zaken dan de constructieve veiligheid en de duurzaamheid van de hoofddraagconstructie. Omdat het voor het ontwerpproces nuttig is, bevat de ROK soms ook handreikingen en Best Practices.

In de ROK gaat het over het ontwerp van de kunstwerken, met eventuele mechanische uitrustingen, en niet over het ontwerp van de afmetingen die vanuit functionele eisen nodig zijn. Ook het ontwerp van installaties, die toegevoegd moeten worden vanwege de functionele eisen, zijn geen onderwerp van deze ROK.

Indien een ontwerp wordt overwogen dat voldoet aan afwijkende, maar gelijkwaardige eisen, moet hiervoor, voor de start van het ontwerp, toestemming worden verkregen van de beheercommissie van de ROK.

De ROK is alleen digitaal als pdf-document verkrijgbaar. Via de inhoudsopgave kan worden doorgelinkt naar het gewenste hoofdstuk.

## 1.2 Doelstelling

Met de ROK wil Rijkswaterstaat, als deskundig opdrachtgever, eenduidige richtlijnen aangeven voor het ontwerpen van al zijn nieuw te bouwen kunstwerken.

## 1.3 Wijzigingenbeheer

De gebruikers van de ROK kunnen vragen of wijzigingsvoorstellen over de ROK insturen naar [rok-info@rws.nl](mailto:rok-info@rws.nl). Opgemerkt wordt dat dit e-mailadres niet is bedoeld voor algemene vragen over de Eurocodes en Nationale Bijlagen.

Wijzigingen van de ROK worden uitgebracht in de vorm van wijzigingsbladen of van een nieuwe versie. Deze wijzigingen worden door de beheercommissie van de ROK vastgesteld. In een nieuwe versie van de ROK zullen de gewijzigde of nieuwe teksten ten opzichte van de vorige versie als **blauwe tekst** worden weergegeven.

## 1.4 Definitie kunstwerkcategorieën

De Eurocodes onderscheiden drie categorieën:

- Gebouwen
- Bruggen
- Overige constructies

Veel typen kunstwerken van RWS worden niet genoemd in de Eurocodes. In de ROK zijn daarom de volgende 6 categorieën benoemd:

- Bruggen
- Tunnels
- Natte kunstwerken
- Beweegbare bruggen
- Geluidsschermen
- Verkeerskundige draagconstructies

De categorieën Gebouwen en Overige constructies worden niet beschouwd als 'kunstwerken van RWS' en komen daarom niet voor in de ROK.

De algemene definities van de categorieën zijn opgenomen in tabel 1-1. In de praktijk kunnen ook mengvormen van categorieën voorkomen. In dat geval moet het kunstwerk ten behoeve van het ontwerp gesplitst worden en zijn voor de verschillende kunstwerkdelen de corresponderende ROK-bepalingen van toepassing. Bijvoorbeeld in het geval dat een tunneldak door verkeer wordt belast, moeten voor het betreffende gedeelte de regels voor bruggen worden gehanteerd.

**Tabel 1-1: Definitie van ROK-categorieën**

<b>ROK categorie</b>	<b>Algemene definitie</b>
Bruggen	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een weg bij kruising met een andere weg, spoorweg, waterweg of een terreinverdieping.
Tunnels	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een weg bij kruising met een andere weg, spoorweg, waterweg of een terreinverdieping, waarbij grond en/of (grond)water moet worden gekeerd en/of een overdekt gedeelte van meer dan 80 m ontstaat voor de onderdoorgaande weg.
Natte kunstwerken	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een vaarweg of waterweg met als doel regulering van de waterstanden, passage van schepen, hoogwaterbescherming, kruising van waterwegen of afvoer van water.
Beweegbare bruggen	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een weg bij een kruising met een waterweg, waarbij een deel van de constructie kan worden opengesteld voor passage van scheepvaart. Het beweegbare deel met zijn mechanische uitrustingen behoren tot deze categorie, de rest van het object behoort tot een andere categorie (Bruggen of Natte kunstwerken).
Geluidsschermen	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een weg met als doel de omgeving af te schermen tegen negatieve effecten van het gebruik van de weg.
Verkeerskundige draagconstructies	Civiel-bouwkundige constructie voor het dragen van verkeersinformatiepanelen en/of -beseining.

## 1.5

### Kunstwerksoorten en -benamingen

Kunstwerken van RWS hebben diverse benamingen. Soms zijn er verschillende benamingen voor hetzelfde type kunstwerk. In tabel 1-2 is aangegeven in welke categorie de verschillende kunstwerken moeten worden ingedeeld.

**Tabel 1-2: Indeling van kunstwerken in ROK categorieën**

<b>ROK categorie</b>	<b>Kunstwerknaam</b>	<b>Omschrijving</b>
Bruggen	Brug (vast)	Kunstwerk over een waterweg, watergang of waterloop, bestaande uit een brugdek gesteund door pijlers en/of landhoofden.
Bruggen	Viaduct	Kunstwerk over een weg, spoorweg of terreinverdieping, bestaande uit een dek gesteund door pijlers en landhoofden.

ROK categorie	Kunstwerknaam	Omschrijving
Bruggen	Aanbrug	Brugdeel dat aansluit op de hoofdoverspanning.
Bruggen	Tuibrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder kunstwerknaam "Brug"</li> </ul> Brug die wordt gedragen door een aantal tuien.
Bruggen	Boogbrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder kunstwerknaam "Brug"</li> </ul> Brug waarbij de hoofddraagconstructie bestaat uit een belaste boog waarop het brugdek steunt door middel van kolommen, of waarbij het brugdek aan de boog is opgehangen door middel van hangers of trekstangen.
Bruggen	Hangbrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder kunstwerknaam "Brug"</li> </ul> Brug waarvan het brugdek door kabels of staven is opgehangen aan een of meer draagkabels.
Bruggen	Vakwerkbrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder kunstwerknaam "Brug"</li> </ul> Brug waarvan de hoofddraagconstructie is opgebouwd als een vakwerkligger.
Bruggen	Fly-over	Kunstwerk in de vorm van een viaduct dat deel uitmaakt van een verkeersbaan en waarmee een verkeerstream over twee of meer ongelijkvloerse verkeersstromen wordt geleid.
Bruggen	Duiker(brug)	Kunstwerk voor de waterhuishouding, bestaande uit een kokervormige constructie aangebracht onder een weg of spoorweg of in een dam.
Bruggen	Ecoduct	Wildwissel in de vorm van een viaduct voor passages van dieren over een weg of spoorweg.
Bruggen	Overkluizing	In de grond of aardebaan aangebrachte plaatconstructie ter bescherming van leidingen.
Tunnels	Tunnel	Kokervormig kunstwerk onder een of meer wegen, spoorwegen, waterwegen en/of andere hindernissen, als ondergrondse doorgang voor verkeer, leidingen of dieren.
Tunnels	Afzinktunnel	Tunnel bestaande uit geprefabriceerde elementen, die in drijvende toestand worden verplaatst en in een vooraf gebaggerde sleuf worden afgezonken.
Tunnels	Boortunnel	Ondergrondse tunnel die wordt samengesteld achter een boorinstallatie waarmee de grond aan de kop van de installatie wordt verwijderd.

<b>ROK categorie</b>	<b>Kunstwerknaam</b>	<b>Omschrijving</b>
Tunnels	Open tunnelbak	Open bakconstructie welke onder maaiveld ligt.
Tunnels	Aquaduct	Kunstwerk waarmee een watergang door een bakvormige constructie over een weg, een spoorweg, een andere watergang, een leiding of een terrein wordt geleid.
Tunnels	Onderdoorgang	Kruising van (spoor)wegen waarbij de onderdoorgaande (spoor)weg ligt onder maaiveldniveau.
Tunnels	Fietstunnel	Tunnel voor passage van fietsers onder een weg of spoorweg. Passage ligt onder (grond)waterniveau.
Tunnels	Veetunnel	Tunnel voor passage van vee onder een weg of spoorweg. Passage ligt onder (grond)waterniveau.
Tunnels	Wildtunnel / Faunatunnel / Veetunnel / Fietstunnel	Tunnel voor passages van kleine dieren, vee of fietsers onder een weg of spoorweg. Passage ligt boven (grond-)waterniveau.
Tunnels	Trektunnel	Tunnel die buiten het werk wordt samengesteld en door het uitoefenen van duw- of trekkrachten op zijn plaats wordt gebracht. De trektunnel ligt boven (grond-)waterniveau.
Tunnels	Ecotunnel	Wildwissel in de vorm van een tunnel voor passages van dieren onder een weg of spoorweg.
Tunnels	(Half) verdiepte ligging	Weg onder maaiveldniveau (o.a. bakconstructie, folieconstructies, weg tussen keerwanden of damwanden, etc.).
Natte kunstwerken	Schutsluis	Kunstwerk met een beweegbare waterkering, dat de verbinding vormt tussen twee waterwegen.
Natte kunstwerken	Stuw	Vaste of beweegbare waterkering voor het stuwen van water tot een gewenst peil.
Natte kunstwerken	Sifon	Duiker die een ander water kruist, waarbij de bovenkant van de duiker onder de kruisende waterbodem ligt.
Natte kunstwerken	Spuisluis	-
Natte kunstwerken	Stormvloedkering	-
Natte kunstwerken	Kade	-

ROK categorie	Kunstwerknaam	Omschrijving
Natte kunstwerken	Haven	-
Natte kunstwerken	Gemaal	-
Natte kunstwerken	Riolering	-
Natte kunstwerken	Waterreguleringswerk	-
Beweegbare bruggen	Brug (beweegbaar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder kunstwerknaam "Brug"</li> </ul> Gedeelte van een brug die voor het kruisende verkeer geopend kan worden inclusief de daarvoor benodigde bewegingswerken.
Beweegbare bruggen	Aanleginrichting	Het gedeelte van een aanleginrichting dat als brug wordt gebruikt, moet als beweegbare brug worden beschouwd. De rest valt onder natte kunstwerken.
Beweegbare bruggen	Basculebrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder "Beweegbare brug"</li> </ul> Beweegbare brug waarbij val en staartstuk in elkaars verlengde liggen en het geheel draait om een vaste horizontale as.
Beweegbare bruggen	Draaibrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder "Beweegbare brug"</li> </ul> Om een verticale as draaibare brug.
Beweegbare bruggen	Hefbrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder "Beweegbare brug"</li> </ul> Beweegbare brug waarbij een brugdeel rechtstandig vertikaal langs heftorens wordt bewogen.
Beweegbare bruggen	Ophaalbrug	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zie ook onder "Beweegbare brug"</li> </ul> Beweegbare brug waarbij het val over de volle breedte draaiend om horizontale assen opengaat met behulp van de balans met contragewicht, die is opgelegd op de hameistijlen of hameipoort en met het val is verbonden door hangstaven.
Geluidsschermen	Geluidsscherm	Scherm langs wegen om het verkeerslawaaï voor de omgeving te verminderen.
Geluidsschermen	Fijnstofschermb	Scherm langs wegen om de luchtkwaliteit van de omgeving te verbeteren.
Geluidsschermen	Luchtscherm	Scherm langs wegen om de luchtkwaliteit van de omgeving te verbeteren.
Geluidsschermen	Veiligheidsscherm	Scherm op kunstwerk voor de veiligheid van het onderdoorgaande verkeer (stenengooiers).

<b>ROK categorie</b>	<b>Kunstwerknaam</b>	<b>Omschrijving</b>
Verkeerskundige draagconstructies	Portaal	-
Verkeerskundige draagconstructies	Uithouder	-

## 2 Overzicht normatieve verwijzingen

In de ROK worden normen, rapporten, richtlijnen en dergelijke genoemd zonder de actuele versies aan te duiden. In de hierna opgenomen overzichten worden hun officiële naam, versienummer en jaar van uitgifte vastgelegd.

### Toelichting:

Het overzicht is niet bedoeld als complete lijst van documenten die voor het ontwerp van belang zijn. De ontwerper is verantwoordelijk voor het hanteren van relevante normen, richtlijnen, etcetera bij het ontwerp.

### Opmerking:

*In ROK 1.3 zijn relatief veel normen en andere documenten toegevoegd, waarnaar ook al in voorgaande versies in de ROK tekst was verwezen. Dit betreft dus geen nieuwe versies, maar een completering van de lijst.*

### 2.1 NEN normen

**Tabel 2-3: Eurocode delen**

Versie : jaar (taal)	Titel
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011 (nl)	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011
NEN-EN 1991-1-1+C1:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-1+C1:2011
NEN-EN 1991-1-2+C1:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand
NEN-EN 1991-1-2+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-2+C1:2011
NEN-EN 1991-1-3+C1:2011 (nl) <a href="#">inclusief A1:2015 (en)</a>	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting <a href="#">(inclusief wijzigingsblad A1:2015)</a>
NEN-EN 1991-1-3+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-3+C1:2011
NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011
NEN-EN 1991-1-5+C1:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting
NEN-EN 1991-1-5+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-5+C1:2011
NEN-EN 1991-1-6:2005 (en) <a href="#">inclusief C3:2013 (en)</a>	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering <a href="#">(inclusief correctieblad C3:2013)</a>
NEN-EN 1991-1-6:2005/NB:2013 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-6:2005
NEN-EN 1991-1-7+C1+A1:2015 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN 1991-1-7+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-7+C1:2011
NEN-EN 1991-2+C1:2015 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen
NEN-EN 1991-2+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-2+C1:2011
NEN-EN 1992-1-1+C2:2011 (nl)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-1-1+C2:2011/NB:2016 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-1-1+C2:2011
NEN-EN 1992-1-2+C1:2011 (nl)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 1992-1-2+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-1-2+C1:2011
NEN-EN 1992-2+C1:2011 (nl)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 2: Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering
NEN-EN 1992-2+C1:2011/NB:2016 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-2+C1:2011
NEN-EN 1992-3:2006 (en)	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van stoffen
NEN-EN 1992-3:2006/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-3:2006
NEN-EN 1993-1-1+C2:2011 (nl) inclusief A1:2014 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen (inclusief wijzigingsblad A1:2014)
NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-1+C2:2011
NEN-EN 1993-1-2+C2:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 1993-1-2+C2:2011/NB:2015 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-2:2005+C2:2011
NEN-EN 1993-1-3:2006 (en) inclusief C3:2009 (en)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgevormdedunwandige profielen en platen (inclusief correctieblad C3:2009)
NEN-EN 1993-1-3:2006/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-3:2006 en C3:2009
NEN-EN 1993-1-4:2006 (nl) inclusief A1:2015 (en)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-4: Algemene regels – Aanvullende regels voor roestvaste staalsoorten (inclusief wijzigingsblad A1:2015)
NEN-EN 1993-1-4:2006/NB:2012 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-4:2006
NEN-EN 1993-1-5+C1:2012 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-5: Constructieve plaatvelden
NEN-EN 1993-1-5:2006/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-5:2006 en C1:2009
NEN-EN 1993-1-6:2007 (en) inclusief C1:2009 (en)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-6: Algemene regels – Sterkte en stabiliteit van schaalconstructies (inclusief correctieblad C1:2009)
NEN-EN 1993-1-6:2007/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-6:2007 en C1:2009
NEN-EN 1993-1-7:2008 (en) inclusief C1:2009 (en)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen (inclusief correctieblad C1:2009)
NEN-EN 1993-1-7:2008/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-7:2008 en C1:2009
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-8+C2:2011

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN 1993-1-9+C2:2012 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing
NEN-EN 1993-1-9:2006/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-9 en C2:2009
NEN-EN 1993-1-10+C2:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-10: Materiaalbaarheid en eigenschappen in de dikterichting
NEN-EN 1993-1-10:2006+C1:2006/NB:2007 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-10:2006+C1:2006
NEN-EN 1993-1-11+C1:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten
NEN-EN 1993-1-11:2007/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-11:2007 en C1:2009
NEN-EN 1993-1-12+C1:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700
NEN-EN 1993-1-12:2007/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-12:2007
NEN-EN 1993-2+C1:2011 (nl)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 2: Stalen bruggen
NEN-EN 1993-2+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-2+C1:2011
NEN-EN 1993-5:2008 (en) inclusief C1:2009 (en)	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden (inclusief correctieblad C1:2009)
NEN-EN 1993-5:2008/NB:2012 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-5:2008 en C1:2009
NEN-EN 1994-1-1+C1:2011 (nl)	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1994-1-1+C1:2011/NB:2012 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1994-1-1+C1:2011
NEN-EN 1994-1-2+C1:2011 (nl) <a href="#">inclusief A1:2014 (nl)</a>	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand ( <a href="#">inclusief wijzigingsblad A1:2014</a> )
NEN-EN 1994-1-2:2005/NB:2007 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1994-1-2:2005
NEN-EN 1994-2+C1:2011 (nl)	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 2: Algemene regels en regels voor bruggen
NEN-EN 1994-2+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1994-2+C1:2011
NEN 9997-1:2016 (nl)	Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels. <a href="#">Samenstelling van NEN-EN 1997-1, NEN-EN 1997-1/C1, NEN-EN 1997-1/NB Nationale bijlage en NEN-9997-1 Aanvullingsnorm bij NEN-EN 1997-1</a>
NEN-EN 1997-2:2007 (en) inclusief C1:2010 (en)	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 2: Grondonderzoek en beproeving (inclusief correctieblad C1:2010)
NEN-EN 1997-2:2007/NB:2011 (en)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-2:2007 en C1:2010
NEN-EN 1998-1:2005 (en) inclusief C1:2009 (en) inclusief A1:2013 (en)	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsblad A1:2013)

Versie : jaar (taal)	Titel
NEN-EN 1998-2:2006 (en) inclusief A1:2009 (en) inclusief C1:2010 (en) inclusief A2:2011 (en)	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 2: Bruggen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsbladen A1:2009 en A2:2011)
NEN-EN 1998-5:2005 (en)	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten

**Tabel 2-4: Overige NEN-normen**

Versie : jaar (taal)	Titel
NEN 3868:2001 (nl)	Voorspanstaal
NEN 5254:2003 (nl)	Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesherardiseerde producten (duplex-systeem)
NEN 5970:2001 (nl)	Bepaling van de druksterkte-ontwikkeling van jong beton op basis van de gewogen rijpheid
NEN 6008:2008 (nl)	Betonstaal
NEN 6786:2016 (nl) <a href="#">inclusief A1:2002 (nl)</a>	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen (VOBB) ( <a href="#">inclusief wijzigingsblad A1:2002</a> )
NEN 6787:2003 (nl)	Het ontwerpen van beweegbare bruggen - Veiligheid
NEN 7030:1975 (nl)	Waterkerende dilatatievoegstroken en al of niet waterkerende oplegstroken van rubber
<a href="#">NEN 8005:2014 (nl)</a>	<a href="#">Nederlandse invulling van NEN-EN 206: Beton: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit</a>
NEN-EN 40-1:1994 (nl)	Lichtmasten - Deel 1: Termen en definities
NEN-EN 40-2:2004 (en)	Lichtmasten - Deel 2: Algemene eisen en afmetingen
NEN-EN 40-3-1:2013 (en)	Lichtmasten - Deel 3-1: Ontwerp en verificatie - Eisen voor de karakteristieke belastingen
NEN-EN 40-3-3:2013 (en)	Lichtmasten - Deel 3-3: Ontwerp en verificatie - Verificatie door berekening
NEN-EN 40-5:2002 (en)	Lichtmasten - Deel 5: Eisen voor stalen lichtmasten
NEN-EN 40-6:2002 (en)	Lichtmasten - Deel 6: Eisen voor aluminium lichtmasten
NEN-EN 81-58:2003 (en)	Veiligheidsvoorschriften voor het vervaardigen en het aanbrengen van liften - Onderzoek en beproevingen - Deel 58: Beproeving van brandwerendheid van schachtdeuren
<a href="#">NEN-EN 206 + NEN 8005:2016 (nl)</a>	<a href="#">Beton - Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit + Nederlandse invulling van NEN-EN 206</a>
NEN-EN 446:2007 (en)	Injectiemortel voor voorspankabels - Werkwijzen voor het injecteren
NEN-EN 1090-1:2009 +A1:2011 (nl)	Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies - Deel 1: Eisen voor het vaststellen van de conformiteit van constructieve onderdelen
NEN-EN 1090-2:2008 +A1:2011 (nl)	Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies - Deel 2: Technische eisen voor staalconstructie
NEN-EN 1317-1:2010 (en)	Afschermdende constructies voor wegen - Deel 1: Terminologie en algemene criteria voor beproevingsmethoden
NEN-EN 1317-2:2010 (en)	Afschermdende constructies voor wegen - Deel 2: Prestatieklassen, botsproef-beoordelingscriteria en beproevingsmethoden voor vangrails en voertuiggeleiding

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN 1317-3:2010 (en)	Afschermdende constructies voor wegen – Deel 3: Prestatieklassen, beoordelingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor obstakelbeveiligers
NEN-EN 1317-5:2007+A2:2012 (en) inclusief C1:2012	Afschermdende constructies voor wegen - Deel 5: Producteisen en conformiteitsbeoordeling voor afschermdende constructies voor wegvoertuigen (inclusief correctieblad C1:2012)
<a href="#">NEN-EN 1317-7:2012 Ontw. (en)</a>	<a href="#">Afschermdende constructies voor wegen—Deel 7: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor uiteinde van vangrails</a>
NEN-EN 1369:2012 (en)	Gieterijtechniek – Magnetisch onderzoek
NEN-EN 1371-1: 2011 (en)	Gieterijtechniek – Penetrantonderzoek – Deel 1: Zand, met de zwaartekracht en onder lagedruk gegoten gietstukken
NEN-EN 1371-2:2015 (en)	Gieterijtechniek – Penetrantonderzoek – Deel 2: Precisiegiestukken
NEN-EN 1504-1:2005 (en)	Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies – Definities, eisen, kwaliteitsborging en conformiteitsbeoordeling – Deel 1: Definities
NEN-EN 1504-2:2004 (en)	Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies – Definities, eisen, kwaliteitsbeheersing en conformiteitsbeoordeling – Deel 2: Oppervlaktebeschermingssystemen voor beton
NEN-EN 1504-3:2005 (en)	Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies – Definities, eisen, kwaliteitsborging en conformiteitsbeoordeling – Deel 3: Constructieve en niet-constructieve reparatie
NEN-EN 1504-5:2013 (en)	Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies – Definities, eisen, kwaliteitsborging en conformiteitsbeoordeling – Deel 5: Injecteren van beton
<a href="#">NEN-EN 1537:2013 (en)</a>	<a href="#">Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Grondankers</a>
NEN-EN 1563: 2012 (en)	Gieterijtechniek – Nodulair gietijzer
NEN-EN 10025-1:2004 (nl)	Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 1: Algemene technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10025-2:2004 (nl)	Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongelegeerd constructiestaal
NEN-EN 10025-3:2004 (nl)	Warmgewalste producten van constructiestaal - Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor normaalgegleeid/ normaliserend gewalst fijnkorrelig constructies
NEN-EN 10083-1:2006 (nl)	Veredelstaal – Deel 1: Algemene technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10083-2:2006 (nl)	Veredelstaal – Deel 2: Technische leveringsvoorwaarden voor ongeleerd staal
NEN-EN 10083-3:2006 (nl)	Veredelstaal – Deel 3: Technische leveringsvoorwaarden voor gelegeerd staal
NEN-EN 10084:2008 (en)	Carboneerstaal - Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10160:1999 (nl)	Ultrasoon onderzoek van platte producten van staal met een dikte gelijk aan of groter dan 6 mm (reflectiemethode)
NEN-EN 10164:2004 (nl)	Producten van staal met verbeterde vervormingseigenschappen loodrecht op het productoppervlak - Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10204:2004 (nl)	Producten van metaal – Soorten keuringsdocumenten

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN 10210-1:2006 nl	Warmvervaardigde buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig staalsoorten - Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10219-1:2006 (nl)	Koudvervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden van ongelegeerd en fijnkorrelig staal - Deel 1: Technische leveringsvoorwaarden
NEN-EN 10228-1:2016 (en)	Niet-destructief onderzoek van smeedstukken van staal - Deel 1: Magnetisch onderzoek
NEN-EN 10228-2:2016 (en)	Niet-destructief onderzoek van smeedstukken van staal - Deel 2: Penetrantonderzoek
NEN-EN 10228-3:2016 (en)	Niet-destructief onderzoek van smeedstukken van staal - Deel 3: Ultrasoon onderzoek van smeedstukken van ferritisch en martensitisch staal
NEN-EN 10250-1:1999 (en)	Vrij-smeedwerk van staal voor algemene constructiedoeleinden - Deel 1: Algemene eisen
NEN-EN 10250-2:1999 (en)	Vrij-smeedwerk van staal voor algemene constructiedoeleinden - Deel 2: Ongelegeerd kwaliteits- en speciaalstaal
NEN-EN 10250-3:1999 (en)	Vrij-smeedwerk van staal voor algemene constructiedoeleinden - Deel 3: Gelegeerd speciaalstaal
NEN-EN 10308:2001 (en)	Niet-destructief onderzoek - Ultrasoon onderzoek van staven van staal
NEN-EN 10340:2007 (en) inclusief C1:2008	Gietstaal voor constructief gebruik (inclusief correctieblad C1:2008)
NEN-EN 12390-8:2009 (en)	Beproeving van verhard beton - Deel 8: Indringdiepte van water onder druk
NEN-EN 12680-1:2003 (en)	Gieterijtechniek - Ultrasoon onderzoek - Deel 1: Gietstukken van staal voor algemene doeleinden
NEN-EN 12680-3:2011 (en)	Gieterijtechniek - Ultrasoon onderzoek - Deel 3: Gietstukken van nodulair gietijzer
NEN-EN 12681:2003 (en)	Gieterijtechniek - Radiografisch onderzoek
NEN-EN 12699:2015 (en)	Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen
NEN-EN 12794:2005+A1:2007 (en) inclusief C1:2008	Vooraf vervaardigde betonproducten - Heipalen (inclusief correctieblad C1: 2008)
NEN-EN 13369:2013 (en)	Algemene bepalingen voor vooraf vervaardigde betonproducten
NEN-EN 13670:2009 (nl)	Het vervaardigen van betonconstructies
<del>NEN-EN 15617:2009 (en)</del>	<del>Niet-destructief onderzoek van lassen - Gebruik van time-of-flight diffractie techniek (TOFD) - Aanvaardbaarheidsniveaus</del>
NEN-EN 15050:2007+A1:2012 (en)	Vooraf vervaardigde betonproducten - Bruegelementen
NEN-EN-ISO 643:2013 (en)	Staal - Microscopische bepaling van de schijnbare korrelgrootte
NEN-EN-ISO 898-1:2013 (en)	Mechanische eigenschappen van bevestigingsartikelen van koolstofstaal en gelegeerd staal - Deel 1: Bouten, schroeven en tapeinden met gespecificeerde eigenschapsklassen - Ruwe schroefdraad en metrische fijne schroefdraad
NEN-EN-ISO 945-1:2008 (en) inclusief C1:2010 (en)	Microstructuur van gietijzer - Deel 1: Grafietclassificatie door visuele analyse (inclusief correctieblad C1:2010)
NEN-EN-ISO 1461:2009 (nl)	Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen - Specificaties en beproevingsmethoden
NEN-EN-ISO 2409:2013 (en)	Verven en vernissen - Ruitjesproef

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN-ISO 2812-2:2007 (en)	Verven en vernissen - Bepaling van de weerstand tegen vloeistoffen - Deel 2: Methode met onderdompeling in water
NEN-EN-ISO 3506-1:2009 (en)	Mechanische eigenschappen van bevestigingsartikelen van corrosievast staal - Deel 1: Bouten, schroeven en tapeinden
NEN-EN-ISO 3506-2:2009 (en)	Mechanische eigenschappen van bevestigingsartikelen van corrosievast staal - Deel 2: Moeren
NEN-EN-ISO 3834-1:2006 (nl)	Kwaliteitseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 1: Richtlijnen voor de selectie van het geschikte niveau van kwaliteitseisen
NEN-EN-ISO 3834-2:2006 (nl)	Kwaliteitseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 2: Uitgebreide kwaliteitseisen
NEN-EN-ISO 3834-3:2006 (nl)	Kwaliteitseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 3: Standaard kwaliteitseisen
NEN-EN-ISO 3834-4:2006 (nl)	Kwaliteitseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 4: Elementaire kwaliteitseisen
NEN-EN-ISO 3834-5:2015 (en)	Kwaliteitseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 5: Documenten die nodig zijn om aanspraak te kunnen maken op overeenstemming met de kwaliteitseisen van ISO 3834-2, ISO 3834-3 of ISO 3834-4
NEN-EN-ISO 4063:2010 (en)	Lassen en verwante processen - Termen voor processen en referentienummer
NEN-EN-ISO 4624:2016 (en)	Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting
NEN-EN-ISO 4628-2:2016 (en)	Verven en vernissen - Evaluatie van de degradatie van verflagen - Aanduiding van de intensiteit, hoeveelheid en omvang van algemeen voorkomende gebreken - Deel 2: Beoordeling van de mate van blaarvorming
NEN-EN-ISO 4628-3:2016 (en)	Deel 3: Beoordeling van de mate van roestvorming
NEN-EN-ISO 4628-4:2016 (en)	Deel 4: Beoordeling van de mate van barstvorming
NEN-EN-ISO 4628-5:2016 (en)	Deel 5: Aanduiding van de mate van afbladdering
NEN-EN-ISO 4628-6:2011 (en)	Deel 6: Beoordeling van de mate van krijten met tape-methode
NEN-EN-ISO 5817:2014 (en)	Lassen - Smeltlasverbindingen in staal, nikkel, titanium en hun legeringen (laserlassen en elektronenbundellassen uitgezonderd) - Kwaliteitsniveaus voor onvolkomenheden
NEN-EN-ISO 8062-3:2007 (en) incl C1:2009 (en)	Geometrische Productspecificaties (GPS) - Toleranties op afmetingen en geometrie voor in een matrix of gietvorm vervaardigde producten - Deel 3: Algemene toleranties op afmetingen en geometrie en bewerkingstoelagen voor gietstukken (inclusief correctieblad C1:2009)
NEN-EN-ISO 8501-2:2001 (en)	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 2: Voorbehandeling voor voorheen bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen
NEN-EN-ISO 8501-3:2007 (en)	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 3: Reinheidsgraden van lassen, zaagsneden en andere gebieden met oppervlakteonvolkomenheden
NEN-EN-ISO 9606-1:2013 (nl)	Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 1: Staalsoorten
NEN-EN-ISO 9712:2012 (nl)	Niet-destructief onderzoek - Kwalificatie en certificatie van NDO-personeel

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-EN-ISO 10675-1:2013 (en)	Niet-destructief onderzoek van lassen - Aanvaardbaarheidsniveaus voor radiografische beproeving - Deel 1: Staal, nikkel, titanium en hun legeringen
NEN-EN-ISO 10863:2011 (en)	Niet-destructief onderzoek van lassen – Ultrasoon onderzoek - Gebruik van time-of-flight diffractie techniek (TOFD)
NEN-EN-ISO 11666:2010 (nl)	Niet-destructief onderzoek van lassen – Ultrasoon onderzoek - Aanvaardbaarheidsniveaus
NEN-EN-ISO 11699-1:2011 (en)	Niet-destructief onderzoek – Industriële radiografische film – Deel 1: Classificatie van filmsystemen voor industriële radiografie
NEN-EN-ISO 14731:2006 (nl)	Lascoördinatie - Taken en verantwoordelijkheden
NEN-EN-ISO 14732:2013 (en)	Laspersoneel - Het kwalificeren van bedieners en lasinstellers voor het gemechaniseerd en automatisch lassen van metalen
NEN-EN-ISO 15609-2:2001 (en)	Beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen – Lasmethodebeschrijving – Deel 2: Autogeenlassen
NEN-EN-ISO 15609-2:2001/A11:2003 (en)	Beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen – Lasmethodebeschrijving – Deel 2: Autogeenlassen – Aanvulling
NEN-EN-ISO 15614-1:2004 (nl) inclusief A1:2008 (nl) inclusief A2:2012 (en)	Beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Lasmethodebeproeving - Deel 1: Boog- en autogeenlassen van staal en booglassen van nikkel en nikkellegeringen (inclusief wijzigingsbladen A1:2008 en A2:2012)
<a href="#">NEN-EN-ISO 15626:2013 (en)</a>	<a href="#">Niet-destructief onderzoek van lassen - Time-of-flight diffractie techniek (TOFD) - Aanvaardbaarheidsniveaus</a>
NEN-EN-ISO 16474-1:2013 (en)	Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 1: Algemene richtlijn
NEN-EN-ISO 16474-2:2013 (en)	Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 2: Xenon-arc lampen
NEN-EN-ISO 16474-3:2013 (en)	Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 3: Fluorescerende UV-lampen
ISO 16474-4:2013 (en)	Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 4: Carbor
NEN-EN-ISO 17635:2010 <a href="#">(en)</a>	Niet-destructief onderzoek van lassen - Algemene regels voor metalen
NEN-EN-ISO 17636-1:2013 (en)	Niet-destructief onderzoek van lassen - Radiografisch onderzoek - Deel 1: Röntgen- en gammastralingstechnieken met film
NEN-EN-ISO 17640:2010 (en)	Niet-destructief onderzoek van lassen – Ultrasoon onderzoek – Technieken, onderzoeksniveaus en beoordeling
NEN-EN-ISO 17663:2009 (en)	Lassen – Richtlijnen voor kwaliteitseisen voor warmtebehandeling in verbinding met lassen en verwante processen
NEN-EN-ISO 23277:2015 <a href="#">(en)</a>	Niet-destructief onderzoek van lassen – Penetrantonderzoek van lassen - Aanvaardbaarheidsniveaus
NEN-EN-ISO 23278:2015 <a href="#">(en)</a>	Niet-destructief onderzoek van lassen – Magnetisch onderzoek van lassen - Aanvaardbaarheidsniveaus
NEN-EN-ISO/IEC 17020:2012 (en)	Algemene criteria voor het functioneren van verschillende soorten instellingen die keuringen uitvoeren
NEN-EN-ISO/IEC 17024:2012 (en)	Conformiteitsbeoordeling - Algemene eisen voor instellingen die certificatie van personen uitvoeren
<del><a href="#">NEN-ISO 6336-5:2016 (en)</a></del>	<del><a href="#">Belastingsberekening van tandwielen met rechte en schuine vertanding – Deel 5: Sterkte en materiaalkwaliteiten</a></del>

<b>Versie : jaar (taal)</b>	<b>Titel</b>
NEN-ISO 19840:2012 (en)	Verven en vernissen - Corrosiebescherming van staalconstructies door beschermende verfsystemen op - Meetmethode en aanvaardingscriteria voor de droge laagdikte op ruwe oppervlakken
NEN-ISO 20340:2009 (en)	Verven en vernissen - Prestatie-eisen voor beschermende verfsystemen voor buitengaatse en gerelateerde constructies
ISO 12944-1:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 1: General introduction
ISO 12944-2:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 2: Classification of environments
ISO 12944-3:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 3: Design considerations
ISO 12944-4:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 4: Types of surface and surface preparation
ISO 12944-5:2007 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 5: Protective paint systems
ISO 12944-6:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 6: Laboratory performance test methods
ISO 12944-7:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 7: Execution and supervision of paint work
ISO 12944-8:1998 (en)	Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 8: Development of specifications for new work and maintenance
NPR-CEN-ISO/TR 15608:2013 (en)	Lassen – Leidraad voor groepsindeling van metalen
NVN-CEN/TS 1992-4-1:2012 (en)	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – Deel 4-1: Algemeen
NVN-CEN/TS 1992-4-1/NB:2012 (en)	Nationale bijlage bij NVN-CEN/TS 1992-4-1:2012 (en)
NVN-CEN/TS 1992-4-2:2012 (en)	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – Deel 4-2: Ankerbouten
NVN-CEN/TS 1992-4-3:2012 (en)	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – Deel 4-3: Ankerrails
NVN-CEN/TS 1992-4-4:2012 (en)	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – Deel 4-4: Bevestigingsmiddelen die achteraf worden gemonteerd – Mechanische systemen
NVN-CEN/TS 1992-4-5:2012 (en)	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – Deel 4-5: Bevestigingsmiddelen die achteraf worden gemonteerd – Chemische systemen
NPR 2053:2012 (nl)	Lasverbindingen met betonstaal en stalen stripfen
NVN-ENV 1317-4:2001 (en)	Afschermdende constructies voor wegen - Deel 4: Prestatieklassen, aanvaardingscriteria voor botsproeven en beproevingsmethoden voor begin- en eindconstructies en overgangsconstructies van geleiderail
<del>NPR-CEN/TR 1317-6:2012 (en)</del>	<del>Afschermdende constructies voor wegen – Afschermdende systemen voor voetgangers – Deel 6: Borstwerping voor voetgangers</del>
NPR-CEN/TS 1317-8:2012 (en)	Afschermdende constructies voor wegen - Deel 8: Afschermdende constructies voor motoren op wegen welke de ernst van botsingen van motorrijders tegengaan door middel van vangrails

Versie : jaar (taal)	Titel
NPR-CEN/TS 14754-1:2007 (en)	Curing compounds – Beproevingmethoden – Deel 1: Bepaling van de efficiëntie van de waterretentie van standaard curing compounds
NPR-CEN/TS 16949:2016 (en)	<a href="#">Road restraint system - Pedestrian restraint system - Pedestrian parapets</a>
CWA 14646:2003 (en)	Eisen aan het installeren van voorspanssystemen voor voorgespannen constructies en kwalificering van het gespecialiseerde bedrijf en het personeel
DIN 18541-1:2014 (du)	<a href="#">Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 1: Begriffe, Formen, Maße, Kennzeichnung</a>
DIN 18541-2:2014 (du)	<a href="#">Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 2: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung</a>

## 2.2 CUR aanbevelingen en rapporten

**Tabel 2-5: CUR Aanbevelingen en rapporten**

Versie (jaar)	Titel
CUR Rapport 166 (2012)	Damwandconstructies (6 <sup>e</sup> druk, deel 1+2) inclusief Errata (2014)
CUR Rapport 198 (2000)	Kerende constructies in gewapende grond. Taludhelling steiler dan 70° inclusief Errata (2012)
CUR Rapport 211E (2013)	Quay Walls-Second Edition (Handboek kademuren) inclusief Errata (2013)
CUR/COB Rapport 221 (2009)	Handboek Folieconstructies. Voor verdiept aangelegde infrastructuur
CUR/COB Rapport 231 (2010)	Handboek diepwanden – Ontwerp en uitvoering, inclusief Errata (2012)
CUR Rapport 2001-8 (2001)	Bearing capacity of steel pipe piles (with Addendum in Dutch)
CUR Rapport 2003-7 (2003)	Bepaling geotechnische parameters
CUR Rapport 2006-1 (2006)	Veiligheid van hulpconstructies voor het realiseren van betonwerk
CUR Rapport 2008-2 (2008)	Van onzekerheid naar betrouwbaarheid, handreiking voor geotechnisch ontwerpers
CUR Aanbeveling 2 (1983)	Voorspanstaal en voorspanelementen, bescherming en verwerking
CUR Aanbeveling 6 (1984)	Toelaatbaarheid van putcorrosie in voorspanstaal
CUR Aanbeveling 24 (1991)	Krimparme cementgebonden mortels
CUR Aanbeveling 39 (1994)	Beton met grove lichte toeslagmaterialen
CUR Aanbeveling 48 (2010)	<a href="#">Procedures, criteria en beproevingsmethoden voor de toetsing van de geschiktheid van nieuwe cementen voor toepassing in beton en voor de gelijkwaardige prestatie van beton met vulstoffen</a>
CUR Aanbeveling 68 (2012)	Vijzelen en Schuiven; Constructieve eisen en bepalingsmethoden (tweede, herziene uitgave)
CUR Aanbeveling 76 (2014)	Rekenregels voor diepwanden (tweede, herziene uitgave)
CUR Aanbeveling 77 (2014)	Rekenregels voor ongewapende onderwaterbetonvloeren (tweede, herziene uitgave)
CUR Aanbeveling 81 (2001)	Vijzelen en Schuiven; Uitvoeren
CUR Aanbeveling 84 (2002)	Cement-bentoniet wanden
CUR Aanbeveling 89 (2006)	Maatregelen ter voorkoming van betonschade door alkali-silicareactie (tweede, herziene uitgave)
CUR Aanbeveling 96 (2003)	Vezelversterkte kunststoffen in civiele draagconstructies
CUR Aanbeveling 100 (2013)	Schoonbeton. <a href="#">Specificatie, uitvoering</a> en beoordeling van betonoppervlakken <a href="#">waaraan esthetische eisen worden gesteld</a> (tweede, herziene uitgave)

Versie (jaar)	Titel
<a href="#">CUR Aanbeveling 114 (2009)</a>	<a href="#">Toezicht op de realisatie van paalfunderingen</a>
<a href="#">Publicatie 679.15 (2015)</a>	<a href="#">Handreiking Observational Method</a>

## 2.3 CROW richtlijnen

**Tabel 2-6: CROW Richtlijnen**

Versie (jaar)	Titel
CROW publicatie 202 (2004)	Handboek Veilige inrichting van bermen – Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom
CROW publicatie 298 (2012)	GCW 2012 - Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen
CROW publicatie 706 (2000)	ROA Handboek Bermbeveiligingsvoorzieningen

## 2.4 Eigen RWS richtlijnen

De eigen richtlijnen van RWS zijn op de volgende website te downloaden:

<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/>

**Tabel 2-7: Eigen RWS richtlijnen**

Versie (jaar)	Titel
<a href="#">Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem (2016)</a>	Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem, versie 1.2 SP2, 9 december 2016. Deze basisspecificatie is opgenomen in de Landelijke Tunnel Standaard . <a href="https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/aanleg-tunnels/index.aspx">www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/aanleg-tunnels/index.aspx</a>
Component-specificatie Verkeerskundige Draagconstructies (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Componentspecificatie Verkeerskundige Draagconstructies versie 3.0 d.d. 1 maart 2012</li> <li>- Verkeerskundige DraagConstructies (VDC's), Beschrijving standaard RWS VDC's, doc. VDC 2011-001, versie 2.0 d.d. 22-03-2012, inclusief: <ul style="list-style-type: none"> <li>- NBD00002, Verrichten van Metingen, uitgave 03-03-2003;</li> <li>- NBD00003, Aanbrengen van Constructie nummers, uitgave 890401;</li> <li>- NBD10000, Eisen staal conservering nieuwbouw, uitgave 06-09-2005 (in de Beschrijving standaard RWS VDC's is een onjuiste verwijzing naar versie 24-03-2004 opgenomen);</li> <li>- NBD16343, Conserveringssysteemblad, uitgave 02-02-2011 (informatief).</li> </ul> </li> </ul> <p>Noot: deze documenten zijn verkrijgbaar op de volgende website: <a href="https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/portalen-en-uithouders.aspx">https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/portalen-en-uithouders.aspx</a></p> <p><i>Toelichting:</i> In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld op bovengenoemde website).</p>
RVW 2011	Richtlijnen Vaarwegen 2011 inclusief supplement d.d. 5-11-2013
<a href="#">Rapport nr. 22</a>	<a href="#">Regenwaterafvoer, deel II: Afvoergoten en putten, mei 1990 (wordt RTD 1008)</a>
ViN 2013	Vaarwegen in Nederland, editie februari 2013
<a href="#">NBD00730 (2009)</a>	<a href="#">Standaarddetails voor betonnen bruggen, versie 1.1 (wordt RTD 1010)</a>
NBD06000 (2005)	Eisen voor hydraulische bewegingswerken

Versie (jaar)	Titel
NBD09799 (2001)	Eisen Kunststoffen: Technische leveringsvoorwaarden voor overwegend glijdend belaste kunststoffen in de waterbouw en de werktuigbouw waaronder regeneraat- en recycling kunststoffen
NBD10005 (2005)	Eisen conservering stalen- en aluminium onderdelen t.b.v. betonnen kunstwerken
NBD10300 (2010)	Eisen thermische spuitlagen: Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie
NBD16312 (2011)	Verfsystemen voor onderwatertoepassingen (immersiebelasting) (informatief)
NBD16325 (2006)	Verfsystemen voor atmosferische belasting zonder UV (informatief)
NBD16365 (2006)	Verfsystemen voor atmosferische belasting met UV (informatief)
RTD 1002 (2016)	Hydrofoberen van beton, Aanvullende eisen ten aanzien van NEN-EN 1504-2, <a href="#">versie 3, d.d. 20-12-2016</a>
RTD 1003	Ontwerp van inspectie- en onderhoudsvoorzieningen voor vaste bruggen (nog niet beschikbaar)
RTD 1004	Resultaatsbeschrijvingen ontwerpdocumenten (nog niet beschikbaar)
RTD 1005	Best Practices ontwerp betonnen bruggen en viaducten (nog niet beschikbaar)
RTD 1007-1 (2013)	Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen, <a href="#">versie 1.0, d.d. 01-04-2013</a>
RTD 1007-2 (2014)	Eisen voor voegovergangen, versie 3.0 d.d. 01-12-2014
RTD 1007-3 (2013)	Geluideisen voegovergangen, <a href="#">versie 1.0, d.d. 26-03-2013</a>
RTD 1007-4 (2013)	Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies, <a href="#">versie 1.0, d.d. 01-04-2013</a>
RTD 1008 (2017)	<a href="#">Richtlijn Hemelwaterafvoer voor BRUGGEN EN VIADUCTEN, versie 1.0 d.d. maart 2017</a>
RTD 1009 (2016)	Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken, <a href="#">versie 1.7, d.d. 11-2016</a>
RTD 1010 (2017)	Standaarddetails voor betonnen bruggen ( <del>nog niet beschikbaar</del> )
RTD 1011 (2014)	Eisen stootplaten, <a href="#">versie 1.0, d.d. 01-03-2014</a>
RTD 1012 (2017)	Eisen voor brugopleggingen, <a href="#">d.d. 21-02-2017</a>
RTD 1014 (2012)	Generieke eisen elektrotechnische installaties, <a href="#">versie 3.0, d.d. 17-12-2012</a>
RTD 1015 (2014)	Eisen voor kunststoflijtlagen, <a href="#">versie 1.1, d.d. 01-12-2014</a>
RTD 1018 (2014)	Eisen Handelsproducten; Handelsproducten zoals toegepast in werktuigkundige installaties van kunstwerken, <a href="#">versie 2.0, d.d. 01-07-2014</a>
RTD 1019 (2014)	Eisen tandwielkasten, open overbrengingen en boogtandkoppelingen, <a href="#">versie 2.0, d.d. 01-07-2014</a>
RTD 1020 (2014)	Eisen staakabels: leveringsvoorwaarden, kwaliteitseisen en keuringseisen voor staakabels, <a href="#">versie 2.0, d.d. 01-07-2014</a>
RTD 1022 (2015)	Richtlijnen veiligheidsschermen, <a href="#">versie 1.0, d.d. 01-04-2015</a>
RTD 1023 (2017)	Buigslappe voegen, <a href="#">versie 1.2, d.d. 24-1-2017</a>

## 2.5 Overige richtlijnen en documenten

**Tabel 2-8: Overige richtlijnen en documenten**

Versie (jaar)	Titel	Verkrijgbaar bij
ASTM A380M (2013)	Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems	<a href="http://www.astm.org">www.astm.org</a>
ASTM D4752 (2010) ( <a href="#">revision 2015</a> )	Standard Practice for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub ( <a href="#">revision 2015</a> )	<a href="http://www.astm.org">www.astm.org</a>

Versie (jaar)	Titel	Verkrijgbaar bij
BRL 0501 (2010)	Beoordelingsrichtlijn 0501 – Betonstaal	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 0503 (2012)	Beoordelingsrichtlijn 0503 – Buig- en vlechtwerk en gehechtlaste (prefab) wapeningsconstructies	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 0504 (2012)	Beoordelingsrichtlijn 0504 – Mechanische verbindingen van betonstaal	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 0506 (2012)	Beoordelingsrichtlijn 0506 – Stekken- en doorkoppelbakken	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 0509 (2009)	Beoordelingsrichtlijn 0509 – Aanbrengen van constructieve ankers in verhard beton	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 0512 (2007)	Beoordelingsrichtlijn 0512 – Krachtlas-verbindingen met betonstaal en stalen strippen	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 1801 (2016)	Beoordelingsrichtlijn 1801 – Betonmortel, <del>inclusief</del> <a href="#">wijzigingsblad 2014</a>	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
<a href="#">BRL 1802 (2016)</a>	<a href="#">Beoordelingsrichtlijn 1802 - Vulstof/cementbeton</a>	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 2401 (2013)	Beoordelingsrichtlijn 2401 – Voorspanstaal	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 2817 (2012)	Beoordelingsrichtlijn 2817 – Cementgebonden afstandhouders ( <a href="#">inclusief wijzigingsblad 2016</a> )	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
BRL 3201 (2009)	Beoordelingsrichtlijn 3201 – Het toepassen van specialistische instandhoudingstechnieken voor betonconstructies ( <a href="#">inclusief wijzigingsblad 2015</a> )	<a href="http://www.komo.nl">www.komo.nl</a>
CTO 3L10314254 (1984)	Voorschrift NS d.d. 840807	
ETAG 001 (2007)	Metal Anchors for Use in Concrete, Part 1, 2, 3, 4 and 5, with amendments 2007-2013 en annexen. Volgens EOTA te gebruiken als EAD	<a href="http://www.eota.be">www.eota.be</a>
FIB Bulletin 30 (2005) inclusief corrigendum 1 (2009)	Acceptance of stay cable systems using prestressing steels, Task group 9.2 Inclusief corrigendum 1 (2009)	<a href="http://www.fib-international.org">www.fib-international.org</a>
LTS Versie 1.2 (2012)	Landelijke Tunnel Standaard	<a href="http://www.rijkswaterstaat.nl">www.rijkswaterstaat.nl</a>
NACE SP 0188 (2006)	Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates	<a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a>
<del>NACE No. 5/SSPC-SP-12 (2002)</del>	<del>Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating</del>	<del><a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a> <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a></del>
<a href="#">NACE WJ-1/SSPC-SP WJ-1 (2013)</a>	<a href="#">Waterjet Cleaning of Metals – Clean to Bare Substrate</a>	<a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a> <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
<a href="#">NACE WJ-2/SSPC-SP WJ-2 (2013)</a>	<a href="#">Waterjet Cleaning of Metals – Very Thorough Cleaning</a>	<a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a> <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
<a href="#">NACE WJ-3/SSPC-SP WJ-3 (2013)</a>	<a href="#">Waterjet Cleaning of Metals – Thorough Cleaning</a>	<a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a> <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
<a href="#">NACE WJ-4/SSPC-SP WJ-4 (2013)</a>	<a href="#">Waterjet Cleaning of Metals – Light Cleaning</a>	<a href="http://web.nace.org">web.nace.org</a> <a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
OGOS-500-TRL (2010)	Eisen thermisch gespoten deklagen: Eisendeel	OGOS
OGOS-501-TRL (2010)	Eisen thermisch gespoten deklagen: Handreiking	OGOS
Ontwerp van Schutsluizen (2000)	Ontwerp van Schutsluizen, R.C.A. Beem, A. Glerum, P.L. Spits, Bouwdienst RWS	RWS
OVS00030-6 (2012)	OntwerpVoorSchrift 00030 "Kunstwerken - Deel 6, Aanvullingen en wijzigingen op NEN-EN normen", versie 004 (2012), Prorail	Prorail

Versie (jaar)	Titel	Verkrijgbaar bij
SCON-2007-337-TCE (2008)	Proces Eisen - "Code of Practice" Metaalconservering, PSIBouw	PSIBouw
SCON-2008-683-TCE (2008)	Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst - deelrapport 2, voorlopige systeemeisen, PSIBouw	PSIBouw
SSPC-SP1 ( <del>2000</del> ) (revision 2015)	Solvent cleaning (revision 2015)	<a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
SSPC VIS 4/NACE VIS7 (2001)	Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Waterjetting	<a href="http://www.sspc.org">www.sspc.org</a>
SEW-550 (1976)	Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 550 3rd edition; Steel for larger forged parts; Quality Instructions	<a href="http://www.stahleisen.de">www.stahleisen.de</a>
TAW Leidraad (2003)	TAW Leidraad Kunstwerken mei 2003, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen	RWS/ENW
TR-23 (2006)	Technical Report 23: Assessment of post-installed rebar connections	<a href="http://www.eota.be">www.eota.be</a>
WL Rapport Q1442 (1994)	Krachten op puntdeuren en enkele draaideuren, A. Vrijburcht, Waterloopkundig Laboratorium	Deltares
305/2011/EU (2011)	Construction Products Regulation (CPR)	<a href="http://eur-lex.europa.eu">eur-lex.europa.eu</a>
2006/87/EG (2006)	Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad van 12 december 2006 tot vaststelling van de technische voorschriften voor binnenschepen en tot intrekking van Richtlijn 82/714/EEG van de Raad	<a href="http://eur-lex.europa.eu">eur-lex.europa.eu</a>

## 2.6 Onderzoeksrapporten en literatuur

Tabel 2-9: Onderzoeksrapporten en literatuur

Titel	Auteur	Jaar
Aanvaarbelasting door schepen op starre constructies	N.D. Joustra, R.P.N. Pater (TU Delft)	1993
Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden 1204875-002-GEO-0008 (zie ROK bijlagedocumenten)	Deltares	2012
Betoniek 12-15, De perfecte stortnaad	Betoniek	2002
Betoniek 14-05, De stukken eraf	Betoniek	2007
Cement 1998 /3, pag. 22-29, Zeetransport Piet Heintunnel leidt tot behoud voorspanning in de gebruiksfase (I)	J. van Bokkem, J.C.W.M. de Wit, L. Franken en J. Wens	1998
<a href="#">Cement 2003/8, pag. 56 t/m 59, Definitieve ongewapende onderwaterbetonvloeren in combinatie met definitieve damwanden</a>	<a href="#">G.M. Wolsink, A. Zeilmaker</a>	2003
Cement 2008/4, pag. 69-73, Invloed nabehandeling op poriestructuur van beton	W.J. Bouwmeester - van den Bos, E. Schlangen	2008
Cement 2011/2, pag. 76 t/m 80, Levensduur beton	prof. dr. R. Polder, dr. ir. G. van der Wegen, prof. dr. ir. K. van Breugel	2011
CIRIA C660, Early age thermal crack control in concrete	Bamforth, P.B.	2007
CIRIA C683, The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)	CIRIA, CUR, CETMEF	2007
Development in anchor technology and anchor penetration in seabed	Luger, D. (Geodelft)	2006

Titel	Auteur	Jaar
Efectis Nederland report 2008-Efectis-R0695 "Fire testing procedure for concrete tunnel linings"	Efectis Nederland	2008
Extreme-neerslagcurven voor de 21 <sup>e</sup> eeuw, Vaststelling van de voor ontwerp-toepassingen maatgevende, extreme-neerslagcurven	Meteoconsult	2006
Handboek Tunnelbouw – Civieltechnisch ontwerp en realisatie van tunnels	Centrum Ondergrond Bouwen www.handboektunnelbouw.nl	2014
Heron volume 31, No.4, Plastic Design of Buried Steel Pipelines in Settlement Areas,	A.M. Gresnigt	1986
Injectie van een rubbermetalen voegstrook; Numeriek onderzoek naar de effecten van injectie bij verschillende wapeningsconfiguraties	C. van der Vliet, Rijkswaterstaat Bouwdienst	2006
Load Regulations for Road Bridges, IABSE Colloquium on ship collision with bridges and offshore structures	Nordic Road Engineering Federation	1975
Merkblatt 866 Nichtrostender Beronstahl, 1. Auflage 2011	Informationsstelle Edelstahl Rostfrei	2011
Onderzoek naar toepassing van zeer open asfaltbeton (ZOAB) in verkeerstunnels, PML 1990-C52	Prins Maurits Laboratorium TNO	1990
Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU 2012, 11. Auflage	Arbeitsausschuss Uferneimassungen der HTG e. V.	2012
A seismic zoning map conforming to Eurocode 8, and practical earthquake parameter relations for the Netherlands	Th. de Crook, Geologie en Mijnbouw	1975
Sluiskolkwanden in Maasbracht en Born, Advies horizontale druk tegen sluiscolkwanden	Geodelft	2007
Stepbarrier, een stap nader	Bouwdienst Rijkswaterstaat	1995
Structural Concrete, Vol. 4, no. 3, September 2003, The vibration resistance of young and early-age concrete	A. Ansell, J. Silfwerbrand	2003
Stufib-rapport 19, Injecteren van voorspankanalen 2	Stufib studiecél 17	2010
Stuvorapport 59, IJsbelastingen (discussienota)	H.J. Dekker, A. van Heekeren, W. Stevelling, L.J.W.M. van den Vrande	1976
Stubecorapport C04, Afstandhouders voor beton	Stubeco studiecél C04	1995
TNO-rapport 99-CVB-R2136, Oriënterend onderzoek naar het koelend effect van grondwater op stalen damwanden	TNO	1999
<a href="#">TNO Rapport 2001-CVB-R03264, Brawat 3: Onderzoek naar het afspatgedrag van een op druk belaste wand in afgezonken tunnels</a>	<a href="#">Both, C., TNO</a>	<del>2001</del>
Rapport VAL 99-18 "Onderzoek vallend scheepsanker op tunneldak", definitief, versie 1	D.W. Hemelop, Bouwdienst Rijkswaterstaat	2000
Verlichting van tunnels en onderdoorgangen	NSVV Werkgroep Tunnelverlichting	2003

## 3 Aanvullingen op de Eurocodes en overige ontwerprijtlijnen

### 3.1 Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde

De in deze ROK genoemde Eurocode delen met bijbehorende Nationale Bijlagen (NB's) zijn bindend van toepassing op alle zes kunstwerkategorieën van Rijkswaterstaat, inclusief de normen waarnaar in de Eurocodes wordt doorverwezen en de in deze ROK genoemde aanvullingen op de Eurocodes. Ook bindend van toepassing zijn alle overige normen, richtlijnen en documenten die in deze ROK worden genoemd, inclusief de aanvullingen hierop. Alle in of via de hiervoor genoemde normen aangeroepen documenten zijn tevens bindend van toepassing.

Daar waar gegevens onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:

1. Eisen uit het contract;
2. ROK bepalingen;
3. Eigen RWS richtlijnen;
4. Eurocodes + NB's, NEN-normen, CUR- en CROW-documenten.

Bij tegenstrijdigheden tussen bindende documenten die vallen onder dezelfde rangorde, gaat het meest recente document boven het document van een vroegere datum.

### 3.2 Leeswijzer

Per deel worden eventuele aanvullingen gegeven waarbij in een kader van twee cellen het volgende wordt vermeld:

- Cel 1:
  - **Artikelnummer**: hierop is de eraan toegevoegde tekst van toepassing;
- Cel 2:
  - **Eis**: de tekst is een eis waar aan moet worden voldaan;
  - **Advies**: een handreiking die niet bindend wordt opgelegd;
  - **Toelichting**: betreft een toelichting op het Eurocode artikel met als doel om te verduidelijken en mogelijke discussie/verwarring/veel voorkomende fouten (valkuilen) te voorkomen;
  - **Verificatie**: een methode om aan te tonen dat aan het Eurocode artikel wordt voldaan.
  - **Onjuistheid**: het Eurocode artikel bevat een redactionele onjuistheid of fout;
  - **(KW-categorie)**: wordt alleen vermeld wanneer de aanvulling geldt voor een specifieke KW-categorie.

*Toelichtingen en opmerkingen zijn in cursief geschreven.*

Voor aanvullingen in deze ROK die geen betrekking hebben op Eurocode delen of andere normen, is de genoemde cel-indeling niet gebruikt. Deze aanvullingen moeten als eisen zijn gelezen, tenzij uitdrukkelijk anders is aangegeven.

## 4 Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp

### 4.1 Toepassing voor bruggen

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB.

A.2.1 (1)	Eis
-----------	-----

Aan bruggen mogen geen leidingen voor transport van brandbare, ontplofbare of agressieve vloeistoffen of gassen worden bevestigd.

Opstellen onder betonnen bruggen moeten brandwerende voorzieningen bevatten om afspatten van beton van RWS-objecten bij brand te voorkomen.

*Toelichting:*

*De uiteindelijke beslissing voor het aanbrengen van een opstal onder een betonnen brug is aan de beheerder van het object.*

A.2.1 (1)	Eis
-----------	-----

Voor vervangbare onderdelen als bijvoorbeeld opleggingen, voegovergangen en (geluid)schermen zijn in de ROK of in de betreffende RTD afwijkende ontwerplevensduren voorgeschreven.

A.2.2.1	Eis
---------	-----

In aanvulling op NEN-EN 1990 +NB geldt:

(8) Voor bruggen waarover zowel wegverkeer als spoorwegverkeer wordt afgewikkeld moet voor de SLS en ULS worden uitgegaan van het gelijktijdig voorkomen van extreme wegverkeers- en spoorwegverkeersbelastingen. Bij de toetsing op vermoeiing moet met gelijktijdigheid van voorkomen van wegverkeers- en spoorwegverkeersbelastingen rekening zijn gehouden.

A.2.3.2	Eis
---------	-----

Aardbeving moet worden beschouwd voor bruggen (bekende bijzondere belasting). De aardbevingsbelasting bestaat uit een gebiedsafankelijk horizontale versnelling en een verticale versnelling volgens de ROK bepalingen bij NEN-EN 1998-1. Alleen bruggen in gevolgklasse 3 hoeven op aardbevingen te worden ontworpen.

A.2.4.1 (2)	Eis
-------------	-----

Voor bruikbaarheidseisen en -criteria wordt tevens verwezen naar A2.4.2(3).

A.2.4.2 (3)	Eis
-------------	-----

Toetsing aan het profiel van vrije ruimte van de onderdoorgaande rijbaan of vaarweg moet worden uitgevoerd uitgaande van de frequente waarde van de verkeersbelasting. Windbelasting en thermische belastingen hoeven voor die toets niet te worden beschouwd. Eventuele tijdsafhankelijke vervormingen (beton) moeten in rekening worden gebracht.

Bij betonnen bruggen voor wegverkeer moet in verband met het voorkomen van trillingshinder de elastische doorbuiging ten gevolg van de frequente waarde van de verkeersbelasting voldoen aan:

$$u_{el} \leq L / 1000 \quad \text{voor } L \leq 3 \text{ m}$$

$$u_{el} \leq L / 300 \quad \text{voor } L > 10 \text{ m}$$

Voor een overspanning van  $3 \text{ m} < L \leq 10 \text{ m}$  moet rechtlijnig worden geïnterpoleerd tussen beide eisen.

*Toelichting:*

Voor trillingseisen bij voetgangersbruggen geldt NEN-EN 1990, A.2.4.3.

B.3.1	Eis
-------	-----

Bruggen van RWS moeten worden ingedeeld in gevolgklasse 3, tenzij anders in het contract is voorgeschreven.

*Toelichting:*

De meeste wegen in het beheer van RWS zijn hoofdwegen en de meeste vaarwegen in het beheer van RWS zijn hoofdvaarwegen (zie de Nota Mobiliteit voor een overzicht van de hoofdwegen en hoofdvaarwegen die bedoeld worden). Daarom is CC3 voorgeschreven. Voor bepaalde bruggen die niet in of over hoofdwegen of hoofdvaarwegen liggen is een indeling in CC3 te hoog, omdat de gevolgen voor bezwijken of het slecht functioneren beperkter zijn dan voor CC3 is aangegeven in tabel B1. Voor deze gevallen kan in het contract CC2 zijn voorgeschreven.

## 4.2 Toepassing voor tunnels

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB.

1.1 (1)	Eis (Tunnels)
---------	---------------

Voor specifieke ontwerpaspecten in verband met tunnelveiligheid wordt verwezen naar de Landelijke Tunnelstandaard (LTS).

*Toelichting:*

Sinds mei 2006 is in Nederland een wet- en regelgeving met betrekking tot tunnelveiligheid van kracht geworden, o.a. de Wet Aanvullende Regels Veiligheid Wegtunnels (Warvw), het Besluit Aanvullende Regels Veiligheid Wegtunnels (Barvw) en de Regeling Aanvullende Regels Veiligheid Wegtunnels (Rarvw).

Voor tunnels langer dan 250 m zijn de Veiligheidsrichtlijnen Deel C (VRC) – Rijkswaterstaat, Steunpunt Tunnelveiligheid, versie 3.0 vervallen; de betreffende informatie uit de VRC is nu opgenomen in de LTS.

Voor tunnels korter dan 250 m zal in een nog te verschijnen kennisdocument de relevante informatie uit de VRC, na aanpassing en uitbreiding aan de huidige inzichten, worden opgenomen. [Als tijdelijke oplossing is hoofdstuk 8 uit 'bijlagen bij Veiligheidsrichtlijnen deel C – versie 1.3' opgenomen in het bijlagendocument bij de ROK.](#)

1.4 (5)	Advies (Tunnels)
---------	------------------

Het is toegelaten om gebruik te maken van alternatieve ontwerp- en berekeningsregels, verschillend van de regels zoals in deze ROK gegeven zijn, op voorwaarde dat is aangetoond dat de alternatieve regels overeenstemmen met de van belang zijnde beginselen en ten minste gelijkwaardig zijn wat betreft de

constructieve veiligheid, bruikbaarheid en duurzaamheid, die zou mogen worden verwacht bij gebruikmaking van de ROK.

*Toelichting:*

*Het hier geformuleerde gelijkwaardigheidsbeginsel is analoog aan hetgeen voor de Eurocodes is vermeld in NEN-EN 1990, 1.4 (5). Het is hier expliciet aangehaald, omdat bepalingen in de ROK voor tunnels grotendeels niet als zodanig zijn opgenomen in de Eurocodes.*

2.3 (1)	Eis (Tunnels)
---------	---------------

Voor tunnels gelden ten minste de volgende ontwerplevensduren:

- 100 jaar voor alle onderdelen van de hoofddraagconstructie;
- 100 jaar voor alle niet vervangbare essentiële onderdelen;
- 50 jaar voor vervangbare onderdelen van beton;
- 25 jaar voor vervangbare onderdelen anders dan van beton.

*Toelichting:*

*Met "essentiële onderdelen" worden onderdelen bedoeld waardoor bij falen de constructieve veiligheid, gebruiksveiligheid of beschikbaarheid van de tunnel in gevaar kan komen. Een voorbeeld is een Omega-profiel bij afgezonden tunnels en aquaducten, omdat dit profiel de definitieve dichting gedurende de levensduur van de tunnel moet verzorgen. De ontwerpfilosofie hierbij is dat Gina en pneumatische profielen in ontwerptechnische zin slechts tijdelijk hoeven te functioneren, dat wil zeggen tot het aanbrengen en testen van de definitieve afdichting in de vorm van een Omega-profiel.*

*De eis voor vervangbare onderdelen van beton is hoger gesteld dan onderdelen anders dan van beton, omdat, ten opzichte van bijvoorbeeld staal, de eis van 50 jaar tegen relatief geringe kosten gerealiseerd kan worden.*

*Hittewerende en akoestische bekleding, inclusief bevestiging, wordt geacht een ontwerplevensduur van minimaal 25 jaar te bezitten.*

Het gestelde in NEN-EN 1992-1-1, 4.1 (5) is, in relatie tot de toepassing van corrosiebestendig materiaal, alleen van toepassing voor zover het essentiële onderdelen, zoals hiervoor gedefinieerd, betreft.

*Toelichting:*

*In NEN-EN 1992-1-1, 4.1 (5), wordt vereist dat aan de buitenlucht blootgestelde metalen bevestigingsmiddelen die inspecteerbaar en vervangbaar zijn, moeten zijn voorzien van een beschermende bekleding. In andere gevallen behoren ze te bestaan uit een corrosiebestendig materiaal.*

A.1.3.1	Eis (Tunnels)
---------	---------------

Voor de  $\gamma$ - en  $\xi$ -waarden moeten de waarden voor gebouwen worden aangehouden, zoals opgenomen in NEN-EN 1990/NB, A.1.3.1. Hierna zijn de waarden voor gevolgklassen 2 en 3 overgenomen met aanvullende voetnoot voor de belasting door (grond)water. Voor de belastingsfactoren voor verkeersbelasting wordt verwezen naar NEN-EN 1990/NB, A.2.3.1.

**Tabel 4-1: Belastingsfactoren voor gevolgklasse 2 (STR/GEO)**

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting <sup>b</sup>	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende <sup>b</sup>	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (zo nodig)	Andere
Verg. 6.10a	1,35 $G_{kj,sup}^a$	0,9 $G_{kj,inf}$		1,5 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,5 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ $i > 1$
Verg. 6.10b	1,2 $G_{kj,sup}$	0,9 $G_{kj,inf}$	1,5 $Q_{k,1}$		1,5 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ $i > 1$

<sup>a</sup> voor (grond)waterdruk geldt 1,2  $G_{kj,sup}$   
<sup>b</sup> voor de belastingsfactoren voor verkeersbelasting wordt verwezen naar NEN-EN 1990/NB, A.2.3.1

**Tabel 4-2: Belastingsfactoren voor gevolgklasse 3 (STR/GEO)**

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting <sup>b</sup>	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende <sup>b</sup>	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (zo nodig)	Andere
Verg. 6.10a	1,5 $G_{kj,sup}^a$	0,9 $G_{kj,inf}$		1,65 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ $i > 1$
Verg. 6.10b	1,3 $G_{kj,sup}$	0,9 $G_{kj,inf}$	1,65 $Q_{k,1}$		1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ $i > 1$

<sup>a</sup> voor (grond)waterdruk geldt 1,3  $G_{kj,sup}$   
<sup>b</sup> voor de belastingsfactoren voor verkeersbelasting wordt verwezen naar NEN-EN 1990/NB, A.2.3.1

De belasting door (grond)water moet in principe als blijvende belasting worden beschouwd. Voor vergelijking 6.10b geldt echter dat het variabele deel van de (grond)waterdruk, d.w.z. het verschil tussen de hoogste en de laagste waterstand, moet worden beschouwd als:

1. veranderlijke belasting in het geval dat de variatie in (grond)waterstanden relatief goed bekend is, bijvoorbeeld uit historische peildata, en goed beheerst kan worden. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn bij kanalen en polders. De laagste (grond)waterstand moet worden beschouwd als een blijvende belasting;
2. blijvende belasting in overige gevallen, bijvoorbeeld in het geval dat grote variaties kunnen optreden en waarbij de (grond)waterstanden moeilijk beheerst kunnen worden. In dat geval moet worden uitgegaan van een extreme (grond)waterstand welke een overschrijdingskans heeft van  $3,9 \cdot 10^{-5}$  of  $1,3 \cdot 10^{-5}$  op jaarbasis voor respectievelijk gevolgklasse 2 en 3, dat wil zeggen  $3,9 \cdot 10^{-3}$  resp.  $1,3 \cdot 10^{-3}$  over de ontwerplevensduur van 100 jaar. De belasting door het (grond)water wordt in dit geval dus volledig als blijvende belasting beschouwd, waarbij, in afwijking van de tabellen 4-1 en 4-2, bij verg. 6.10b voor gevolgklasse 2 een waarde  $\gamma_{Gj,sup} = 1,10$  mag worden aangehouden en voor gevolgklasse 3 een waarde  $\gamma_{Gj,sup} = 1,15$ .

Indien de waterstand fysiek wordt beperkt, bijvoorbeeld doordat het water de tunnel instroomt of als een dijk overstroomt, mag de hoogste grondwaterstand worden afgetopt.

*Toelichting:*

*Voor laagfrequente metingen is de meestal gehanteerde definitie voor Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG),*

*gebaseerd op 2 metingen per maand (24 per jaar) in de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar) en gedurende een periode van ten minste 8 jaar, het gemiddelde van de 3 laagste respectievelijk hoogste metingen per jaar over de totale periode van 8 jaar.*

*Voor hoogfrequente metingen (b.v. 1 maal per uur) moet hierop een variatie worden aangebracht, waarbij de Representatieve Hoogste Grondwaterstand (RHG) en de Representatieve Laagste Grondwaterstand (RLG) als volgt kunnen worden bepaald: de RHG is de 90% grenswaarde van de meetreeks en de RLG de 10% grenswaarde van de meetreeks. De meetperiode moet minimaal 1 jaar bedragen; bij voorkeur meer.*

*In beide gevallen mogen gedurende de meetperiode geen ingrepen hebben plaats gevonden die de (grond)waterstanden wijzigen.*

*Omdat in de situatie onder punt 2 door middel van een statistische analyse extreme (grond)waterstanden vastgesteld worden met een zeer kleine overschrijdingskans, kan met een lagere belastingsfactor worden volstaan ten opzichte van de situatie onder punt 1, waarbij de (grond)waterstanden bijvoorbeeld alleen worden ontleend aan een beperkte reeks historische peildata. De gegeven waarde voor  $\gamma_{Gj,sup}$  is een ondergrenswaarde, bepaald door de noodzakelijke modelfactor  $\gamma_{sd}$  als onderdeel van  $\gamma_{Gj,sup}$ ; zie verder ook NEN-EN 1990, Tabel A.1.2(B), OPMERKING 4 en Figuur C3.*

*Voor de bepaling van de overschrijdingskansen is gebruik gemaakt van NEN-EN 1990, bijlage C, C.7(3).*

Bij de bepaling van de hoogste (grond)waterstand moet rekening worden gehouden met mogelijke trendwijzigingen gedurende de ontwerplevensduur van de constructie (bijvoorbeeld waterwinning, peilwijziging, wijziging peilbeheer van rivier/beek, wijziging waterstanden als gevolg van klimaatveranderingen). Hieraan moet, indien noodzakelijk, een hydrologisch en/of geohydrologisch model ten grondslag te liggen.

#### *Toelichting:*

*Welke trendwijzigingen in rekening moeten worden gebracht, is afhankelijk van de lokale omstandigheden en moet in overleg met de opdrachtgever en bijvoorbeeld waterschappen worden vastgesteld. Opgemerkt wordt dat trendwijzigingen voor de bouwfase over het algemeen niet van belang zijn.*

B.3.1	Eis (Tunnels)
-------	---------------

Tunnels in en onder hoofdwegen en onder hoofdvaarwegen moeten worden ingedeeld in gevolgklasse 3.

#### *Toelichting:*

*Gevolgklasse 3 is een verzwaring ten opzichte van de in het verleden volgens NEN 6700 toegepaste veiligheidsklasse 3. Globaal komt het er op neer dat de belastingfactoren circa 10% groter genomen moeten worden. Bij het toepassen van reeds bestaande voorschriften, richtlijnen, CUR aanbevelingen, CUR rapporten en dergelijke moet hiermee rekening worden gehouden.*

### 4.3 Toepassing voor natte kunstwerken

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB.

De natte kunstwerken moeten voldoen aan de eisen in NEN-EN 1990, NEN-EN 1990/A1 en NEN-EN 1990/NB (+ bijbehorende ROK-delen). De constructie moet als een brug worden beschouwd.

Het verlangde constructieve veiligheidsniveau voor natte kunstwerken moet voldoen aan betrouwbaarheidsklasse RC 3 (gevolgklasse CC3), bij een referentieperiode van 100 jaar.

Overige bepalingen voor natte kunstwerken ten aanzien van NEN-EN 1990 zijn voor de overzichtelijkheid opgenomen bij de belastingen in paragraaf 5.10.

### 4.4 Toepassing voor beweegbare bruggen

Beweegbare bruggen moeten voldoen aan NEN 6786 en NEN 6787

Beweegbare bruggen inclusief mechanische uitrustingen moeten worden ingedeeld in gevolgklasse 3 (CC3), tenzij anders in het contract is voorgeschreven.

~~In gesloten stand moet de beweegbare brug voldoen aan de eisen in NEN-EN 1990 + NB (+ bijbehorende ROK-delen). De beweegbare brug moet aan dezelfde eisen te voldoen als een overeenkomstige "vaste" brug inclusief de keuze van de gevolgklasse.~~

~~In de grenstoestand "overbelasten" / "overbelasten overbrenging" (mechanische uitrusting) moeten alle belastingen volgens NEN 6786 worden gehanteerd en moet voor de belastingcombinaties worden uitgegaan van formule 6.10 van NEN-EN 1990, waarbij voor gevolgklasse 2 voor het eigen gewicht met een belastingsfactor van 1,30 i.p.v. 1,5 moet worden gerekend (voor overige gevolklassen zie onderstaande alinea). Dit geldt voor de tabellen 11, 12, 13, 14, 15 en 17 van NEN 6786.~~

~~Volgens NEN-EN 1990 Bijlage B, tabel B3 moeten de belastingsfactoren voor "overbelasten" / "overbelasten overbrenging" (mechanische uitrusting) in hoofdstuk 8 van NEN 6786 vermenigvuldigd worden met de factor  $K_{FF}$ . De RC-klasse van de mechanische uitrusting moet gelijk gesteld worden aan de stalen bovenbouw.~~

~~Toelichting:~~

~~In NEN-EN 1990/NB zijn in tabel NB.13 per gevolgklasse de waarden van de belastingfactoren gegeven met inbegrip van de factor  $K_{FF}$ . Voor de aansluiting van NEN 6786 aan de Eurocode moet echter op dit punt alsnog gebruik worden gemaakt van de in bijlage B tabel B3 opgenomen  $K_{FF}$ -factoren.~~

~~Voor controle op vaste ligging van de brug wordt verwezen naar NEN 6786.~~

~~De mechanische uitrusting van beweegbare constructies (beweegbare bruggen, sluizen, stuwen en dergelijke) moet, met inbegrip van bovenomschreven aanpassingen, getoetst worden aan NEN 6786 (constructieve aspecten) en NEN 6787 (veiligheid). Onder de mechanische uitrusting wordt verstaan het geheel van~~

~~aandrijfmechanismen (mechanische en hydraulische), vastzetinrichtingen en overige mechanische onderdelen, zoals draaipunten, kabelschijven, geleidingen, loopbanen en dergelijke.~~

Voor de ontwerplevensduur van de mechanische uitrusting wordt verwezen naar NEN 6786. Bij beweegbare bruggen waar voor de stalen bovenbouw een ontwerplevensduur van 100 jaar is vereist, moet hiervan ook worden uitgegaan voor de draaipunten van het val, balans, hangstangen en dergelijke.

#### 4.5 Toepassing voor geluidsschermen

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB.

Voor geluidsschermen zijn alle eisen inclusief de constructieve eisen met betrekking tot grondslagen, belastingen, sterkte en enz. opgenomen in de GCW (Richtlijnen Geluidsbeperkende Constructies langs Wegen), e.e.a. met inbegrip van de grondslagen volgens NEN-EN 1990 + NB, de in rekening te brengen belastingen volgens de NEN-EN 1991-serie + NB's en de materiaalgebonden toetsingnormen + NB's. Voor stalen geluidsschermen is in de GCW voor de fabricage tevens de uitvoeringsklasse gedefinieerd. De GCW kan daarmee dienen als basisdocument wat voor het constructieve deel invulling geeft aan het gebruik van en de keuzes in de Eurocodes en NEN-EN 1090-2. De ROK (met name het NEN-EN 1090-2 deel in ROK paragraaf 7.20) moet, net als voor overige producten, worden gezien als nadere invulling van keuzes en (aanvullende) eisen.

A.1.1 (1)	Eis
-----------	-----

Voor geluidsschermen op kunstwerken in- en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen moeten een ontwerplevensduur van 50 jaar en gevolgklasse 3 worden aangehouden.

Voor geluidsschermen in de aardebaan langs hoofdwegen moeten een ontwerplevensduur van 50 jaar en gevolgklasse 2 worden aangehouden.

*Toelichting:*

*In de GCW, 4.1 is voor geluidsschermen in de aardebaan gevolgklasse 1 of 2 voorgeschreven, afhankelijk van de afstand tot de rijbaan. In de ROK is gekozen voor gevolgklasse 2 in verband met toekomstvastheid.*

#### 4.6 Toepassing voor verkeerskundige draagconstructies

Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB.

Voor verkeerskundige draagconstructies (portalen en uithouders) wordt verwezen naar de documenten genoemd in tabel 2-7.

*Toelichting:*

*In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld in de betreffende documenten).*

A.1.1 (1)	Eis
-----------	-----

Voor verkeerkundige draagconstructies moeten een ontwerplevensduur van 50 jaar en gevolgklasse 2 worden aangehouden.

## 5 Eurocode 1: Belastingen op constructies

### 5.1 Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-1 + NB.

2.1 (1)	Eis (Tunnels)
---------	---------------

Tot de blijvende belastingen van tunnels moet bijvoorbeeld ook ballastbeton, zandaanvulling tussen onderwaterbetonvloer en constructievloer, gewicht onderwaterbetonvloer en verankerd vulbeton in graafkamers van caissons worden gerekend.

*Toelichting:*

*Het betreft hier hecht met de hoofdconstructie verbonden onderdelen.*

2.1 (4)P	Eis
----------	-----

De belastingen door grond op constructies (bijvoorbeeld ecoducten) moeten zijn beschouwd als blijvende belastingen. In dit kader wordt opgemerkt dat volgens NEN-EN 1991-1-1, 2.1 (2) voor het grondgewicht een bovengrens- en ondergrenswaarde moet worden aangehouden en dat volgens 2.1 (5) rekening moet worden gehouden met veranderingen in vochtgehalte en dikte.

Indien geen informatie beschikbaar is over een eventuele verandering van de dikte gedurende de levensduur, mag worden aangenomen dat de bovengrens voor de dikte van het grondpakket 1,25 maal de gemiddelde dikte van het grondpakket (= bijvoorbeeld de ontwerpwaarde uit ecologische voorwaarden bij ecoducten) bedraagt met een minimum van de gemiddelde dikte vermeerderd met 0,25 meter.

Tevens moet rekening worden gehouden met de grondwaterstand en mogelijke wateraccumulatie op de constructie.

Rekening moet worden gehouden met plaatselijke belastingen door ophoping van grond als gevolg van het aanbrengen van het grondpakket in de uitvoeringsfase op bijvoorbeeld ecoducten.

2.2 (1)P	Eis
----------	-----

Voor ecoducten en andere constructies die met grond zijn afgedekt, geldt dat met de opdrachtgever moet worden overlegd of naast de blijvende belasting ook rekening moet worden gehouden met een opgelegde belasting door voertuigen (brandweer, onderhoudsvoertuigen). Indien hierover geen nadere afspraken zijn gemaakt, moet als verkeerbelasting uit worden gegaan van minimaal het tandemstelstel LM1 met  $\alpha_Q = 0.5$  volgens NEN-EN 1991-2.

Rekening moet worden gehouden met plaatselijke belastingen door voertuigen tijdens het aanbrengen van het grondpakket.

5.2.3 (3)	Eis (Bruggen)
-----------	---------------

Voor betonnen bruggen moet in de berekening een asfaltpakket worden aangehouden van ten minste  $(140 + a)$  mm.

*Toelichting:*

*De maat van 140 mm is gebaseerd op de dikste standaardoplossing met open deklagen op betonnen kunstwerken volgens RTD 1009, 5.2.2.*

Voor de maat a geldt:

$$a = (L-30) / 4 \quad \text{waarbij} \quad 0 \text{ mm} \leq a \leq 30 \text{ mm}$$

waarin:

a = uitvulling in mm

L = grootste overspanning in m

De maat a wordt enkel in rekening gebracht voor uitvullingen van onvlakheden en zeegafwijkingen. Uitvullingen om andere redenen moeten apart in rekening worden gebracht. Tussenlagen dikker dan 120 mm zijn daarbij niet toegestaan.

*Toelichting:*

*Tussenlagen dikker dan 120 mm zijn volgens RTD 1009, B4.3.2 niet acceptabel.*

Voor stalen bruggen met een asfalt- of ZOAB-deklaag wordt, voor de in berekening aan te houden extra uitvuldikte van de deklaag vanwege onvlakheden en toleranties, verwezen naar ROK paragraaf 7.20 (deel toleranties). Voor lokale onderdelen (korte invloedslijnen,  $L \leq 20$  m) moet minimaal rekening worden gehouden met een uitvullaag van 40 mm (op het invloedsvlak). Indien de overspanning van het betreffende brugdeel kleiner is dan 40 m, mag de lokale uitvulling lineair worden gereduceerd tot minimaal 25 mm bij een overspanning van 20 m. Voor globale onderdelen (lange invloedslijnen,  $L > 20$  m) moet minimaal rekening worden gehouden met een gemiddelde uitvullaag van 25 mm (op het invloedsvlak).

Indien het asymmetrisch verwijderen van asfalt over de breedte van het rijdek de stabiliteit in ongunstige zin beïnvloedt, moet ook deze situatie in de berekening worden beschouwd.

*Toelichting:*

*Dit kan bijvoorbeeld maatgevend zijn voor een kokerligger (fly-over), al dan niet met een gekromd verloop, met tussensteunpunten die bestaan uit een enkele kolom. Het is daarbij onder meer van belang of opleggingen in staat zijn om een trekbelasting op te nemen.*

5.2.3 (4)	Eis
-----------	-----

Bij toepassing van vloeistofleidingen in/aan/onder/op dekken van kunstwerken moet rekening worden gehouden met het gewicht van een volledig gevulde leiding en het effect ervan op de belasting van het dek.

Bij toepassing van leidingen en leidingkanalen in holle ruimtes van kunstwerken of dekken van kunstwerken moet rekening worden gehouden met een eventuele lekkage van de leiding en het effect ervan op de belasting van het dek (belasting door vloeistof in deze ruimtes als gevolg van de lekkage).

5.2.3 (5)	Advies
-----------	--------

Er mag worden uitgegaan van de nominale waarden van het eigen gewicht voor leuning, veiligheidskeringen, afscheidingen, opstaande randen en andere brugaccessoires.

6.4 (1)	Eis
---------	-----

Statische horizontale belastingen op leuning en keringen (niet geschikt als voertuigkering) op kunstwerken moeten zijn ontleend aan Bijlage NB.A.

Voor een leuning als tweede kering (achter de voertuigkering) wordt verwezen naar de belastingen volgens ROK paragraaf 5.8, 4.8 (1).

Voor windbelasting (inclusief vermoeiing) op leuning en keringen wordt verwezen naar ROK paragraaf 5.4.

Voor overige eisen met betrekking tot leuning en keringen op kunstwerken wordt verwezen naar ROK paragraaf 13.10.

A.1	Eis
-----	-----

Voor het gewicht van uitgehard/niet-uitgehard, gewapend/ongewapend normaal beton, licht beton en zwaar beton moet tabel A.1 bijlage A worden aangehouden.

Indien de hoeveelheid wapening leidt tot een volumiek gewicht groter dan  $25 \text{ kN/m}^3$ , moet met dit hogere volumieke gewicht rekening gehouden worden.

Voor brugdekken van lichtbeton moet voor de gewichtsklasse LC de hoogste waarde voor het volumieke gewicht worden aangehouden.

Voor het gewicht van onderwaterbeton moet als ondergrens een volumiek gewicht  $\gamma$  van  $23 \text{ kN/m}^3$  worden aangehouden.

A.4	Eis
-----	-----

Voor het gewicht van staal volgens tabel A.4 bijlage A moet de hoogste waarde voor het volumieke gewicht worden aangehouden.

A.6	Eis
-----	-----

In afwijking van tabel A.6 in bijlage A moet voor het gewicht van zeer open asfaltbeton en dicht asfaltbeton een volumiek gewicht  $\gamma$  van  $23.0 \text{ kN/m}^3$  worden aangehouden.

## 5.2

### Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-2 + NB.

3.2	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Voor tunnels geldt, tenzij anders is voorgeschreven in het contract, gedurende 120 minuten de RWS-brandkromme (NEN-EN 1991-1-2/NB, 3.2.4) voor het gesloten deel en de waterstofkromme (Hydrocarbon) (NEN-EN 1991-1-2, 3.2.3) voor het niet-gesloten deel (toeritten).

**Toelichting:**

Voor een verdere toelichting wordt ook verwezen naar de LTS, Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem bijlage F. De opdrachtgever kan, op basis van een beschouwing van het aanwezige risico (kans x gevolg) in relatie tot de kosten, beslissen om andere brandkrommen te hanteren en/of de tijdsduur van de brandkrommen te beperken. De mate van repareerbaarheid is altijd een belangrijk aspect bij de keuze van de voor te schrijven brandkromme, omdat het uitgangspunt is dat tunnels na het optreden van een grote brand repareerbaar moeten zijn. In dit kader is ook de situering van de tunnel van belang (bijvoorbeeld wel of niet onder open water).

Verondersteld kan worden dat het extra temperatuureffect dat ontstaat als ook het asfaltwegdek in brand staat is opgenomen in de RWS-brandkromme. Het extra temperatuureffect dat ontstaat als ook het asfaltwegdek in brand staat wordt geacht opgenomen te zijn in de waterstofkromme.

De opgelegde vervorming als gevolg van de temperatuurbelasting tijdens de brand wordt geacht geen invloed te hebben op de sterkte van de constructie tijdens de brand. Daarom hoeft de brandbelasting niet in rekening te worden gebracht bij het bepalen van de krachtwerking. Dit geldt niet voor constructiedelen die de constructieve integriteit waarborgen waarvan de werking verloren kan gaan bij temperatuurbelasting, zoals stempels in toeritten (knik, pons, etc.). In deze gevallen moeten de gevolgen van temperatuurbelasting wel worden beschouwd.

**5.3 Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting**

Geen aanvullingen.

**5.4 Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting**

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-4 + NB.

2 (5)	Eis
-------	-----

Vermoeing door windbelasting moet in acht zijn genomen voor daarvoor gevoelige constructies (zoals bijvoorbeeld geluidsschermen en verkeerskundige draagconstructies, beide zoals genoemd in ROK Tabel 1-1). Met vermoeing door windbelasting wordt hier bedoeld vermoeing door het variabel zijn van de wind in de tijd als gevolg van bijvoorbeeld vlagen.

Voor de vermoeingsbelasting wordt verwezen naar NEN-EN 1991-1-4, bijlage B.3. Aanvullend onderzoek toont aan dat in het gebied  $N_g < 10^4$ ,  $\Delta S/S_k$  als functie van de eigenfrequentie en de hoogte, hoger als bijlage B.3 kan uitvallen. In plaats van bijlage B.3 moet daarom ROK tabel 5-1 worden toegepast, waarin ook de omrekening van overschrijdingsfrequentie naar een discreet spectrum is verwerkt (aantallen wisselingen per grootte van de windbelasting). Voor tussenliggende waarden van de eigenfrequentie en de hoogte mag  $\Delta S/S_k$  lineair worden geïnterpoleerd. Het aantal lastwisselingen is gebaseerd op een referentieperiode van 50 jaar. Bij een afwijkende referentieperiode moet het aantal lastwisselingen (n) evenredig vergroot of verkleind worden.

**Tabel 5-1: Aantal wisselingen per windbelasting (referentieperiode 50 jaar)**

H (m)	25	25	25	25
f (Hz)	0,5	1	2	≥ 4
n	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)
1	150	132	110	100
9	137	120	101	93
90	110	98	84	78
900	82	75	67	64
9000	55	53	50	49
90000	36	36	36	36
900000	26	26	26	26
9000000	17	17	17	17
90000000	9	9	9	9

H (m)	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
f (Hz)	0,5	1	2	≥ 4
n	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)	$\Delta S/S_k$ (%)
1	174	153	128	116
9	158	139	117	107
90	125	111	95	88
900	91	83	74	70
9000	58	55	52	51
90000	36	36	36	36
900000	26	26	26	26
9000000	17	17	17	17
90000000	9	9	9	9

H = hoogte van het zwaartepunt van de windbelasting op de constructie

f = de bepalende eigenfrequentie van de constructie of het constructieonderdeel

n = is het aantal wisselingen dat optreedt in de constructie of het constructie-onderdeel door een belasting ter grootte van de bijbehorende  $\Delta S/S_k$  in %, waarbij  $S_k$  de statische extreme windbelasting is.

Aerodynamische aspecten, en vermoeiing als gevolg daarvan, zoals vortex en flutter, moeten volgens de daarvoor bestemde delen van NEN-EN 1991-1-4 worden beschouwd.

4.3.2 (2)	Eis
-----------	-----

Voor de terreincategorie moet worden uitgegaan van terreincategorie II (Onbebouwd gebied), tenzij terreincategorie 0 (Zee of Kustgebied aan zee) van toepassing is. Het windgebied moet volgens figuur NB.1 worden gekozen.

Los van dit uitgangspunt moet rekening worden gehouden met het effect van nabijgelegen, dan wel geplande hogere bouwwerken volgens 4.3.4(1).

4.5 (1)	Eis
---------	-----

Voor de bepaling van de extreme stuwdruk moet gebruik worden gemaakt van uitdrukking (4.8) of van tabel NB.5 (rekening houdend met de referentieperiode). Bij gebruik van uitdrukking (4.8) mag de blootstellingfactor alleen bepaald worden met uitdrukking (4.9) en mag geen gebruik worden gemaakt van figuur 4.2.

*Toelichting:*

*NEN-EN 1991-1-4 figuur 4.2 geldt niet voor de in de Nationale Bijlage voorgeschreven waarden voor de ruwheidslengte per terreincategorie. De windbelasting vastgesteld op basis van figuur 4.2 is conservatief en geeft een hogere waarde dan berekening volgens de in de norm gegeven uitdrukkingen.*

**5.5 Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting**

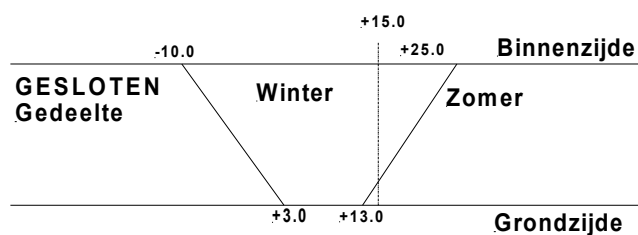
Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-5 + NB.

4 (2)	Eis (Tunnels)
-------	---------------

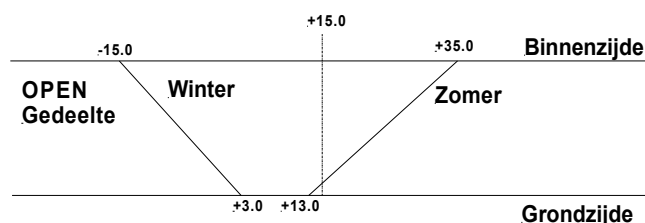
Voor tunnels moeten de volgende temperatuurverdelingen worden aangehouden. De gegeven waarden moeten in rekening worden gebracht zonder het gebruik van correctiefactoren (momentaanfactoren zijn ~~niet van toepassing~~ gelijk aan 1).

Als gevolg van jaarlijkse temperatuurswisselingen

Referentie temperatuur 15 °C.



**Figuur 5-1: Jaarlijkse temperatuurswisselingen voor gesloten gedeelten**



**Figuur 5-2: Jaarlijkse temperatuurswisselingen voor open gedeelten**

In een overgangsbied tussen gesloten en open gedeelten moet over een lengte van 25 m tussen de waarden voor het gesloten en open gedeelte lineair worden geïnterpoleerd.

De jaarlijkse temperatuurswisselingen volgens figuur 5-1 gelden ook voor tunneldaken met een gronddekking van minimaal 1 meter. Bij een kleinere gronddekking moeten de jaarlijkse temperatuurswisselingen met een niet-stationaire berekening worden bepaald. Daarbij mag de volgende formule voor het verloop van de luchttemperatuur als functie van de tijd worden aangehouden:

$$T(t) = -5 + 25 \sin(t \pi / 365)$$

waarin:

$T(t)$  temperatuur in °C op tijdstip  $t$   
 $t$  tijd in dagen ( $0 \leq t \leq 365$ )

## sin sinus in radialen

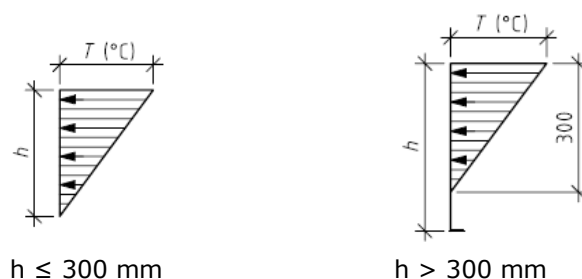
### Als gevolg van dagelijkse temperatuurswisselingen

Voor de binnenzijde van het open gedeelte en de bovenzijde van tunneldaken moeten de dagelijkse wisselingen volgens tabel 5-2 worden gesuperponeerd op de jaarlijkse temperatuurswisselingen.

**Tabel 5-2: Dagelijkse temperatuurswisselingen voor binnenzijde van open gedeelten en de bovenzijde van tunneldaken**

Grond- of asfaltdekking (m)	Min. en max. temperaturen	
	Min. (°C)	Max. (°C)
0	-8	+20
0,08	-6	+12
0,10	-5	+10
0,20	-2	+5
0,30 of meer	0	0

De in tabel 5-2 gegeven temperaturen gelden voor constructieonderdelen tot een dikte van 300 mm als lineaire verschiltemperatuur over de totale dikte van het constructiedeel, zie figuur 5-3 links. Bij constructiedelen met een grotere dikte dan 300 mm verloopt de temperatuur lineair tussen het oppervlak en een punt 300 mm onder het oppervlak, voor de rest van de dikte treedt geen wijziging van de temperatuur op, zie figuur 5-3 rechts.



**Figuur 5-3: Temperatuurverloop over de dikte van een constructieonderdeel**

In een overgangsgebied tussen gesloten en open gedeelte moet over een lengte van 25 m tussen de waarden voor het gesloten en open gedeelte lineair geïnterpoleerd worden.

De genoemde maximale en minimale temperaturen gelden voor een constructie in de gebruiksfase. Als de constructie tijdens de bouwfase aan andere omstandigheden wordt blootgesteld, bijvoorbeeld als de constructie niet aangevuld is met grond, moet dit in rekening worden gebracht.

#### Toelichting:

Voor de berekening van de effecten van de gegeven temperatuurverdelingen in de bezwijktoestand (UGT) wordt verwezen naar NEN-EN 1992-1-1 art. 5.4 of art. 5.5. De effecten kunnen nog verder beperkt worden m.b.v. NEN-EN 1992-1-1 art. 5.6 (mits de rotatiecapaciteit herverdeling m.b.v. plastische scharnieren toestaat).

## 5.6 Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-6 + NB.

3.1 (5)	Eis
---------	-----

Voor de uitvoeringfase moeten de klimaatbelastingen (wind en temperatuur) worden aangehouden met een referentieperiode gelijk aan de ontwerplevensduur van de definitieve constructies.

4.9 (6)	Advies
---------	--------

Voor de belasting door ijs(druk) wordt verwezen naar NEN-EN 1991-1-7/NB 5.4.

4.11.1 (1)	Eis
------------	-----

In aanvulling op tabel 4.1 moet voor dat de gelijkmatig verdeelde bouwbelasting door personeel (met handgereedschap) worden aangehouden:

$$q_{ca,k} = 1,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{voor } A < 400 \text{ m}^2$$

$$q_{ca,k} = \left( 1,5 - \frac{A}{800 \text{ m}^2} \right) \times 1,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{voor } 400 \text{ m}^2 \leq A \leq 800 \text{ m}^2$$

$$q_{ca,k} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{voor } A > 800 \text{ m}^2$$

Hierbij is A het belaste gedeelte van het dek in m<sup>2</sup>, waarbij de plaats van dit belaste gedeelte zo ongunstig mogelijk aangenomen moet worden.

A.2.1	Eis
-------	-----

Bij de berekening van hulpconstructies moet worden uitgegaan van CC3 voor constructies in en boven een in gebruik zijnde hoofd(vaar)weg en CC2 voor overige constructies.

Annex B (2)	Eis
-------------	-----

Bij het vervangen van opleggingen moeten CUR Aanbevelingen 68 en 81 worden toegepast met de volgende aanvullingen en wijzigingen op CUR Aanbeveling 68:

### Gevolgklasse

Bij de berekening van de voor het vijzelen benodigde constructies, zowel tijdens het vijzelen als in de parkeerstand moet uitgegaan worden van CC3 voor constructies in en boven een in gebruik zijnde hoofd(vaar)weg en CC2 voor overige constructies.

## 5.7 Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen

Aanvullingen op NEN-EN 1991-1-7 + NB.

3.3/3.4	Toelichting
---------	-------------

*Het Bouwbesluit 2012 stuurt het gedeelte van NEN-EN 1991-1-7 met betrekking tot onbekende buitengewone belastingen (vooralsnog) niet aan. Dit betekent dat alleen de bekende buitengewone belastingen hoeven te worden beschouwd.*

*In dit kader wordt gewezen op de eisen in NEN-EN 1990, 2.1 (4)P en 2.1 (5)P ten aanzien van het incasseringsvermogen van constructies. Uit deze eisen volgt dat een onbeduidende oorzaak niet mag leiden tot disproportionele schade. Vanuit dat oogpunt moet een constructeur/ontwerper, ondanks dat het Bouwbesluit 2012 het*

*gedeelte van NEN-EN 1991-1-7 met betrekking tot onbekende buitengewone belastingen niet aanstuurt, zich bewust zijn van de gevolgen van ontwerpkeuzen voor de kwetsbaarheid c.q. robuustheid van de constructie.*

4.1 (1)	Eis
---------	-----

Voor voetgangersbruggen [en voor tijdelijke bruggen](#) moeten dezelfde stootbelastingen door wegvoertuigen (aanrijding) worden aangehouden als voor overige typen bruggen.

4.3.1 (1)	Eis
-----------	-----

De reductiefactor  $\sqrt{(1-d/d_b)}$  mag voor de bepaling van de equivalente statische kracht niet worden toegepast [behalve voor stootbelastingen op tijdelijke constructies](#).

*Toelichting:*

*Deze eis is gesteld omdat alle constructieve elementen van de onderbouw ten behoeve van "toekomstvastheid" moeten worden berekend op stootbelastingen door wegverkeer, onafhankelijk van het voorgenomen ontwerpdoorsnede van de onderdoorgaande weg.*

Bijlage C (dynamische berekening voor stootbelastingen) mag niet worden gebruikt voor de bepaling van de equivalente statische kracht.

Binnen het toepassingsgebied van deze richtlijn moet voor constructies over of grenzend aan wegen in tabel NB.1 – 4.1 uit worden gegaan van verkeerscategorie "Autosnelwegen, provinciale wegen en hoofdwegen".

In tabel NB.1 – 4.1 moet "x" gedefinieerd worden als: x = richting // wegas, onafhankelijk van de rijrichting.

Afscherpende constructies voor wegen die voldoen aan NEN-EN 1317 worden niet beschouwd als een beperkende maatregel om een stootbelasting door wegverkeer tegen de onderbouw te reduceren of te voorkomen.

4.3.2 (1)	Eis
-----------	-----

Binnen het toepassingsgebied van deze richtlijn moet voor constructies over of grenzend aan wegen in tabel NB.2 – 4.2 uit worden gegaan van verkeerscategorie "Autosnelwegen, provinciale wegen en hoofdwegen".

In tabel NB.2 – 4.2 moet "x" gedefinieerd worden als: x = richting // wegas, onafhankelijk van de rijrichting.

Afscherpende constructies voor wegen die voldoen aan NEN-EN 1317 worden niet beschouwd als een beperkende maatregel om een stootbelasting door wegverkeer tegen de [bovenbouw](#) te reduceren of te voorkomen.

4.5 (1)	Eis
---------	-----

Er moet rekening worden gehouden met de bijzondere belasting tegen een ondersteunend element als gevolg van kantelen van de trein tegen de steunpunten volgens OVS00030-6, hoofdstuk 10, 6.7.4.

## 4.5.1.5 (1) | Eis

Voor Klasse B constructies moet rekening worden gehouden met het feit dat door de vergunning verlenende instantie (bijvoorbeeld Prorail) aanvullende voorwaarden kunnen worden gesteld. Het beleid van RWS zal erop gericht zijn om ondersteuning ver van het spoor te plaatsen (bij voorkeur verder dan PVR+3m).

In afwijking van de Nationale Bijlage moeten bij klasse B constructies de krachten zijn ontleend aan tabel NB.4 – 4.4, vermenigvuldigd met een factor 1,0.

## 4.6 | Eis (Tunnels + Natte Kunstwerken)

In aanvulling op de voorgeschreven scheepsstoten, moeten de volgende buitengewone belastingen door scheepverkeer in rekening worden gebracht:

1. Vallende ankers;
2. Slepande ankers;
3. Gezonken schip.

Vallende spudpalen moeten worden beschouwd als vallende ankers met het gewicht van de spudpaal. Gezonken (zee)containers moeten worden beschouwd als gezonken schip.

*Toelichting:*

*Met betrekking tot scheepsstoten wordt opgemerkt dat deze vaak zo groot zijn dat het verstandig is om een beschermingsconstructie (remmingwerk, dukdalf, etc.) of een onderwatertalud aan te brengen, waardoor het schip aan de grond zal lopen.*

## Ad. 1, Vallende ankers

Onafhankelijk van de waterdiepte en het soort anker, moet voor de valsnelheid van ankers in water 9 m/s worden aangehouden. De dikte van de afdekking op de tunnel moet zodanig worden gekozen dat het maatgevende vallende scheepsanker in de dikte van de afdeklaag tot stilstand komt. Het materiaal van de afdeklaag moet voldoende stroombestendig te zijn.

Het in rekening te brengen maatgevende anker (massa) moet op basis van een risicoanalyse als volgt worden bepaald:

- Bepaal het aantal scheepsbewegingen per jaar boven de tunnel, verdeeld naar klasstonnage cq. anker massa;
- Bepaal de kans van verlies van een anker door een schip per scheepsbeweging;
- Bepaal de kans dat het schip zich op dat moment boven de tunnel bevindt, dus de kans dat het vallend anker op de tunnel terecht komt.

Het aantal scheepsbewegingen per klasstonnage moet worden gebaseerd op actuele gegevens van de vaarwegbeheerder, rekening houdend met een zekere toename gedurende de ontwerplevensduur.

De relatie tussen klasstonnage en anker massa kan als volgt worden bepaald:

- Voor zeeschepen (volgens Luger D. (2006) Development in anchor technology and anchor penetration in the seabed):

$$m_{\text{anker}} = 40 \sqrt{(\text{dwt} + 3500)}$$

waarin:

$m_{\text{anker}}$  = anker massa in kg met een maximum van 7000 kg

dwt = dead weight tonnage in m<sup>3</sup> waterverplaatsing

- Voor binnenvaartschepen: volgens EU-richtlijn 2006/87/EG Bijlage II, hoofdstuk 10, artikel 10.01 ankeruitrusting

Voor de kans van verlies van een anker per scheepsbeweging kan uitgegaan worden van  $P(A) = 2 \cdot 10^{-3}$  per schip per jaar. Deze kans moet gelijkmatig over de totale scheepsbeweging per jaar aangenomen worden, zonder rekening te houden met variërende omstandigheden zoals open zee, storm etc. Indien ter plaatse van de tunnel sprake is van afwijkende omstandigheden in relatie tot bijvoorbeeld manoeuvreren en ankeren, moet deze kans van optreden zonodig verhoogd worden.

Uitgaande van een vaartijd van 75% per jaar is de 'kans' dat het schip zich boven de tunnel bevindt gelijk aan:

$$P(B) = b_{\text{tunnel}} / (0,75 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot v_{\text{schip}})$$

waarin:

$b_{\text{tunnel}}$  = breedte tunnel in m

$v_{\text{schip}}$  = vaarsnelheid schip in m/sec

*Toelichting:*

*De vaarsnelheden zijn afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse.*

De kans dat een schip een anker verliest boven de tunnel is dan  $P(A) \times P(B)$ . Het maatgevende anker is dat anker, waarvan de kans dat een zwaarder anker op de tunnel valt gelijk is aan  $1 \cdot 10^{-6}$ . De in rekening te brengen equivalente ankerbelasting moet bepaald worden aan de hand van de ontwerpgrafieken behorende bij de samenvattende eindrapportage VAL 99-18 'Onderzoek vallend scheepsanker op tunneldak'.

*Toelichting:*

*Het maatgevende bezwijkmechanisme voor een vallend scheepsanker is veelal het doorponsen van het dak van de tunnel. De massa van het maatgevende scheepsanker is afhankelijk van de aantallen en typen schepen. Hiertoe moet een statistische analyse worden uitgevoerd.*

*De uit de ontwerpgrafieken van VAL 99-18 af te leiden waarde voor de wrijvingskracht  $F_{\text{max}}$  heeft geen betrekking op de statisch equivalente belasting die door het vallende anker op het tunneldak wordt uitgeoefend. Het betreft de grootte van de wrijvingskracht, optredende in de afdeklaag, op het tijdstip van de grootste vertragsversnelling.*

*De grootte van de dynamische factor hangt samen met de verhouding tussen de tijdsduur van de belasting en de periode van de eigentrilling van het dak van de tunnel. Als gevolg van de afdekkingslaag op de tunnel bouwt de dynamische belasting op het tunneldak zich relatief langzaam op.*

*Zonder uitgebreide dynamische berekeningen mag uitgegaan worden van een statisch equivalente waarde voor de belasting van het vallende anker op het tunneldak ter grootte van  $2 F_{\text{max}}$  (dynamische factor is maximaal 2) voor het mechanisme van bezwijken op buiging en  $F_{\text{max}}$  voor het mechanisme van pons.*

*De afdekking moet stabiel zijn onder stromingskrachten; waaronder scheepsschroef straalstromen. De korreldiameter van de afdeklaag moet daartoe doorgaans aanzienlijk groter zijn dan die van zand.*

**Ad. 2, Slepende ankers**

Indien het mogelijk is dat een slepend scheepsanker achter een constructie kan haken, moet de constructie hierop berekend worden. De te hanteren ankerkracht moet bij haken overeenkomen met de breukkracht van de ketting of kabel van het maatgevende anker.

*Toelichting*

*Het maatgevende anker kan bepaald worden met een risico-analyse of door uit te gaan van het zwaarste passerende anker.*

**Ad. 3, Gezonken schip**

Voor een gezonken schip geldt de volgende maximale belasting:

Binnenvaart : 50 kN/m<sup>2</sup> (inclusief dynamisch effect)

Zeeschepen : 150 kN/m<sup>2</sup> (inclusief dynamisch effect)

De positie van de belasting moet aan de hand van een risico-analyse worden bepaald. Voor tunnels onder waterwegen waar zeescheepvaart voor kan komen, moet de belasting voor zeeschepen aangehouden worden.

*Toelichting:*

*Bovenstaande belastingen mogen nader bepaald worden met een statistische analyse naar de aard van het scheepvaartverkeer (groottes en aantallen) en de kans op zinken per vaarkilometer ter plaatse van de tunnel. Daarbij moet de overschrijdingskans van de belasting maximaal  $3,9 \cdot 10^{-5}$  of  $1,3 \cdot 10^{-5}$  op jaarbasis voor resp. CC2 en CC3 te zijn, dat wil zeggen  $3,9 \cdot 10^{-3}$  resp.  $1,3 \cdot 10^{-3}$  over de ontwerplevensduur van 100 jaar. Voor de bepaling van deze overschrijdingskansen is gebruik gemaakt van NEN-EN 1990, bijlage C, C.7 (3). Voor 'groot' water waar weinig zeeschepen komen zal met een risico-analyse worden gevonden dat de belasting lager zal zijn.*

4.6.1 (5)	Eis
-----------	-----

Voor het bepalen van de stootkrachten moet een gedegen nautische analyse in het horizontale en verticale vlak worden uitgevoerd om de maatgevende aanvaarsituatie te bepalen. Hierbij moeten de verschillende scheepvaartklassen, de geladen en ongeladen situatie, de bijbehorende bevaarbare waterstanden, getijde beweging en alle mogelijke aanvaarhoeken gezien de lokale geometrische situatie worden beschouwd. In de nautische analyse moet de vaarsnelheid volgens ROK paragraaf 5.10, (1.6) worden toegepast.

4.6.1 (6)	Eis
-----------	-----

Dit artikel heeft ook betrekking op zogeheten verende constructies. Voor ontwerpregels van verende constructies wordt verwezen naar ROK paragraaf 5.10, (1.6). Dit geldt niet alleen voor verende constructies bij natte kunstwerken, maar voor verende constructies in het algemeen. Als een scheepvaartonvriendelijke verende constructie zoals genoemd in (1.6), onvoldoende bescherming biedt tegen een aanvaarbelasting volgens 4.6.2 (1) of 4.6.3 (1), moet de resterende aanvaarbelasting bij het ontwerp van het kunstwerk in rekening worden gebracht.

4.6.2 (1)	Eis
-----------	-----

In afwijking op NEN-EN 1991-1-7/NB, 4.6.2(1) geldt de volgende tekst:

Frontale kracht

De frontale, representatieve equivalente statische kracht ( $F_{dx}$ ) door een stootbelasting door rivier- en kanaalverkeer tegen starre obstakels is:

$$F_{dx} = 3,3 \sqrt{E} + 5,6 \text{ [MN]}$$

waarin:

$E$  = kinetische energieniveau van het schip  $E = 0,55 mv^2$  [MNm]

$m$  = waterverplaatsingstonnage schip [ton]

$v$  = snelheid schip [m/sec]

Toelichting:

De botskracht  $F_{dx}$  geldt voor constructies die in normale omstandigheden niet door scheepvaart worden geraakt en gelden als "scheepvaartonvriendelijke" constructies. De formule gaat uit van botsing tegen een starre obstakel. De energie wordt volledig door vervorming van het schip opgenomen. Het schip raakt daarbij (zwaar) beschadigd. De "kreukelzone" van het schip is daarbij zo groot dat het aandeel van de elastische of plastische vervorming van het kunstwerk daarbij vergeleken in het niet valt. De formule komt uit het rapport 'Aanvaarbeasting door schepen op starre constructies' van de TU Delft. Het betreft formule 2.21 in dat rapport.

Het kinetische energieniveau ( $E$ ) van een schip is  $0,55 mv^2$  in plaats van  $\frac{1}{2} mv^2$  in verband met de massa van het water die met een schip meebeweegt.

Het waterverplaatsingstonnage van een schip bestaat uit de massa van het schip zelf, vermeerderd met het draagvermogen.

Voor het bepalen van de representatieve equivalente statische kracht op starre constructies die in een vaarweg aangevaren kunnen worden, moet worden uitgegaan van de waterverplaatsingstonnages volgens tabel 5-3. De CEMT-klasse van alle vaarwegen zijn te vinden in 'Vaarwegen in Nederland' (ViN).

**Tabel 5-3: Waterverplaatsingstonnage per CEMT-klasse vaarweg**

CEMT-klasse vaarweg	Waterverplaatsingstonnage [ton]
0	Vaste botskracht
I	400
II	650
III	1000
IV	1500
Va	3000
Vb	3000
Vla	3000
Vlb	6000
Vlc	9000
VII	15000

Klassen Vb t/m VII betreffen duwvaart. Deze zijn ingedeeld naar grootte van de konvoien, die varieert van één tot negen bakken. In tabel 5-3 is voor het waterverplaatsingstonnage bij een botsing 0,5 maal het waterverplaatsingstonnage

van het konvooi aangehouden, met als minimum het waterverplaatsingstonnage van één bak (3000 ton).

*Toelichting:*

*Bij frontale botsing door een duwkonvooi zullen veelal de verbindingen tussen de bakken onderling breken en zullen de bakken elk hun eigen richting gaan. De botsingsenergie die dan op één plaats moet worden opgenomen, is minimaal de energie van één bak en maximaal nooit meer dan de energie van het halve konvooi.*

Voor de snelheid van een schip ( $v$ ) bij een botsing moet de maximale vaarsnelheid voor een geladen schip in vrijwater worden aangehouden, vermeerderd met de stroomsnelheid van de vaarweg.

De maximaal te behalen vaarsnelheid van een schip ten opzichte van de vaarweg is afhankelijk van het scheepstype, het type vaarweg (vaarwaterbreedte en diepte) en de beladingsgraad. Maatgevend voor de botsing is daarbij de vaarsnelheid voor geladen schepen.

Voor de verschillende klassen van vaarwegen is de aan te houden maximale vaarsnelheid opgenomen in tabel 5-4.

**Tabel 5-4: Aan te houden maximale vaarsnelheid per CEMT-klasse vaarweg**

Klasse	0	I	II	III	IV	Va	Vb t/m VII
Snelheid [m/sec]	Vaste botskracht	4,1	4,8	5,1	5,3	5,5	4,5

Beperking van de maximale vaarsnelheid:

Een schip heeft een minimale waterdiepte onder de kiel en een minimale waterbreedte naast het schip nodig om de maximale vaarsnelheid uit de tabel 5-4 te kunnen halen. Bij te kleine vaarwaterafmetingen zijn de haalbare vaarsnelheden lager. De situatie van verminderde maximale snelheid wordt geacht zich niet voor te doen als het vaarwater wordt bevaren door een schip van een klasse die niet hoger is dan de CEMT-klasse van de vaarweg.

*Toelichting:*

*Als de waterdiepte onder het schip (te) klein wordt, kan de schroef van het schip niet meer zijn gehele waterverplaatsende vermogen kwijt. Als de waterbreedte naast het schip (te) klein wordt, dan wordt de stroming van het retourwater belemmerd en neemt de vaarweerstand toe.*

De maximale stroomsnelheid waarbij nog gevaren mag worden c.q. gevaren wordt, moet opgevraagd worden bij de vaarwaterbeheerder.

*Toelichting:*

*Rekenvoorbeeld botskracht  $F_{dx}$ .*

*Uitgangspunten:*

- Vaarweg CEMT klasse Va:
  - waterverplaatsingstonnage = 3000 ton
  - maximale vaarsnelheid = 5,5 m/sec
- stroomsnelheid vaarweg volgens vaarwegbeheerder = 0,1 m/sec

*Snelheid schip bij botsing tegen star object = 5,5 + 0,1 = 5,6 m/sec*

*$E = 0,55 \cdot 3000 \cdot 5,6^2 = 51744 \text{ kNm} = 51,7 \text{ MNm}$*

*$F_{dx} = 3,3 \cdot \sqrt{51,7} + 5,6 = 29,3 \text{ MN} (= 29300 \text{ kN})$*

Op CEMT-klasse 0 vaarwegen waar alleen kleine vaart en recreatieve scheepsverkeer plaatsvindt, moet worden gerekend op vaste aanvaarbelastingen van  $F_{dx} = 500 \text{ kN}$  en  $F_{dy} = 250 \text{ kN}$ .

#### Zijdelingse kracht

Een zijdelingse botskracht geldt voor constructies die in normale omstandigheden niet door scheepvaart worden geraakt en gelden als "scheepvaartonvriendelijke" constructies. Een zijdelingse, representatieve equivalente statische kracht door een stootbelasting door rivier- en kanaalverkeer tegen starre obstakels moet worden ontbonden in een component loodrecht op de constructie ( $F_{dy}$ ) en een component evenwijdig aan de constructie ( $F_R$ ). Naarmate de botshoek meer afwijkt van  $90^\circ$ , wordt de kans groter dat de ontbondene evenwijdig zo groot wordt dat de maximaal te leveren wrijvingskracht wordt overschreden.

Uitgaande van een wrijvingscoëfficiënt van 0,5 treedt dat op bij een hoek van  $63^\circ$ . Voor hoeken  $90^\circ > \alpha > 63^\circ$  wordt de totale energie door het schip opgenomen.

$F_{dy}$  is dan  $F_{dx} \cdot \sin \alpha$

$F_R$  is dan  $F_{dx} \cdot \cos \alpha$

#### *Opmerking:*

*Na de botsing is de snelheid van het schip, net als bij een frontale botsing gelijk aan nul m/sec.*

Bij hoeken  $< 63^\circ$  wordt een aandeel van de kinetische energie niet door vervorming van het schip vernietigd. Dit aandeel kan in rekening worden gebracht door  $F_{dy}$  te reduceren door vermenigvuldiging met de reductiefactor  $\delta$ . Voor de verschillende hoeken leidt dat tot een reductiefactor  $\delta$  zoals aangegeven in tabel 5-5.

**Tabel 5-5: Reductiefactor  $\delta$  als functie van de aanvaarhoek**

$\alpha^\circ$	60	50	40	30	20	10	5
$\delta$	0.98	0.91	0.82	0.73	0.64	0.48	0.34

Voor tussenliggende waarden van  $\alpha$  moet geïnterpoleerd worden:

$F_{dy}$  is dan  $\delta \cdot F_{dx} \cdot \sin \alpha$

$F_R$  is dan  $0,5 \cdot F_{dy}$

#### *Toelichting:*

*Na de botsing is nu wel de snelheid van het schip loodrecht op het obstakel nul, maar de snelheid evenwijdig aan het obstakel niet. Het schip is gedraaid en beweegt nog evenwijdig aan het obstakel.*

Het in rekening brengen van een lagere representatieve equivalente statische kracht voor een stootbelasting door rivier- en kanaalverkeer dan bepaald volgens de formule aan het begin van deze ROK-aanvulling, kan alleen door middel van een grondige risicoanalyse. Met deze analyse moet het aannemelijk worden gemaakt dat

wordt voldaan aan NEN-EN 1991-1-7, 3.2 (1), dat wil zeggen een bezwijkkans kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar.

4.6.2 (2)	Eis
-----------	-----

Dit artikel is niet van toepassing.

*Voor de stootkracht door wrijving ( $F_R$ ) zie het gedeelte over de zijdelingse kracht in de aanvulling op NEN-EN 1991-1-7, 4.6.2 (1).*

4.6.2 (3)	Eis
-----------	-----

In aanvulling op dit artikel moeten alle mogelijke boegvormen worden beschouwd.

4.6.3 (1)	Eis
-----------	-----

In afwijking op de Nationale Bijlage, 4.6.3(1) behorend bij NEN-EN 1991-1-7 is onderstaande tekst van toepassing voor een harde botsing tegen starre constructies.

**Frontale kracht en zijdelingse kracht bij aanvaarhoeken  $63^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$**

Zeeschepen hebben bij gelijke dwt's andere afmetingen en stijfheden dan binnenvaartschepen. De formules voor binnenvaartschepen gaat dan ook niet op voor zeeschepen. Voor zeeschepen moet tabel 5-6 worden aangehouden. Deze tabel is een omzetting van de grafiek van "Nordic Road Federation" (deze grafiek geeft afhankelijk van diepgang/dwt en vaarsnelheid van schepen een kracht evenwijdig aan de vaarrichting, en één loodrecht op de vaarrichting).

**Tabel 5-6: Frontale ( $F_{dx}$ ) en zijdelingse kracht ( $F_{dy}$ ) bij zeeschepen ( $63^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ )**

brt	dwt	d	$v_t$	Stoot		$v_t$	Stoot		$v_t$	Stoot	
				$F_{dx}$	$F_{dy}$		$F_{dx}$	$F_{dy}$		$F_{dx}$	$F_{dy}$
ton	ton	m	m/s	MN	MN	m/s	MN	MN	m/s	MN	MN
2000	3200	6	2.6	12	6	5.1	26	13	8.2	40	20
3300	5000	7	2.6	22	11	5.1	38	19	8.2	54	27
5000	7500	8	2.6	34	17	5.1	52	26	8.2	74	37
7500	11000	9	2.6	54	27	5.1	72	36	8.2	96	48
11000	20000	10	2.6	72	36	5.1	92	46	8.2	120	60
	40000	11	2.6	90	45	5.1	108	54	8.2	140	70
	80000	12	2.6	104	52	5.1	126	63	8.2	158	79

brt = bruto registerton: massa laadvermogen van het schip;

dwt = waterverplaatsingstonnage;

d = onderkant beladen schip ten opzichte van de waterlijn;

$v_t$  = vaarsnelheid van het schip ten opzichte van een stilstaand punt.

*Opmerking:*

*De vaarsnelheid wordt ook wel uitgedrukt in knopen. Een knoop is een zeemijl (1852 meter) per uur = 0,514 m/sec.*

**Toelichting:**

De frontale kracht is tweemaal zo groot als de zijdelingse kracht. Vergelijkend met 4.6.2 (1) voor binnenvaartschepen kan worden gesteld dat bij zeeschepen altijd wordt gerekend op een bijkomend "schampeffect", en dat gerekend wordt met een zijdelingse kracht met één loodrecht werkende component voor aanvaarhoeken tussen  $63^\circ$  en  $90^\circ$ .

**Zijdelingse kracht bij aanvaarhoeken  $< 63^\circ$** 

Voor de zijdelingse kracht onder een hoek kleiner dan  $63^\circ$  moet voor  $F_{dy}$  en  $F_R$  worden uitgegaan van de frontale kracht  $F_{dx}$  met toepassing van de reductieformules volgens 4.6.2(1).

4.6.3 (2)	Eis
-----------	-----

In aanvulling op dit artikel moeten alle mogelijke boegvormen worden beschouwd.

4.6.3 (3)	Eis
-----------	-----

Dit artikel is niet van toepassing.

Voor de stootkracht door wrijving ( $F_R$ ) zie het gedeelte over de zijdelingse kracht bij aanvaarhoeken kleiner dan  $63^\circ$  in de aanvulling op NEN-EN 1991-1-7, 4.6.3 (1).

5.1 (1)P	Eis (Tunnels)
----------	---------------

Bij tunnels volgens de categorieën B, C, D of E hoeft, in relatie tot het interne risico, voor de verkeerskokers geen rekening te worden gehouden met ontploffingen. Voor tunnels volgens categorie A moet alleen met de effecten van een ontploffing rekening worden gehouden als de specifieke omstandigheden, in relatie tot het externe risico, daar aanleiding toe geven.

In de betonconstructie ingebedde rioleringsbuizen moeten bestand zijn tegen een constante interne overdruk van  $800 \text{ kN/m}^2$ .

**Toelichting:**

Voor de (nieuwe) indeling in tunnelcategorieën zie de [ADR 2015 \(1.9.5.2.2\)](#). In Nederland komen categorie B tunnels tot op heden niet voor.

De kans op een gasexplosie in een verkeerskoker, bij alle tunnelcategorieën, is klein door allerlei maatregelen die voorgeschreven worden vanuit de LTS Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem, bijvoorbeeld dwarsverkanting, geen ZOAB (Bijlage E), riolering en explosievrije kelder (Bijlage D). Voor tunnelcategorieën anders dan categorie A wordt deze kans verder verkleind doordat transport van goederen die een zeer grote ontploffing kunnen veroorzaken niet is toegestaan. Voor tunnels van categorie A wordt het risico verhoogd door de kans op het optreden van een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion; bijvoorbeeld LPG tankwagens). De kosten om een verkeerskoker van een tunnel bestand te doen zijn tegen een gasexplosie (detonatie) of BLEVE zijn aanzienlijk; hiervoor benodigde maatregelen gaan ver voorbij het ALARA principe (As Low As Reasonably Achievable). Het uitgangspunt is dat de kans van optreden voldoende klein is, zodat met dit type calamiteitsbelasting geen rekening hoeft te worden gehouden voor wat betreft interne veiligheidsrisico's. In relatie tot een groot extern risico (naar de omgeving toe) is het echter denkbaar dat het gevaar van explosies apart wordt afgewogen.

*Aangrijpingspunten om voortschrijdende instorting te voorkomen kunnen worden ontleend aan NEN-EN 1992-1-1, 9.10 (volgens het ALARA-principe). [Het voldoende explosiebestendig maken van een ingebedde rioleringsbuis valt qua haalbaarheid wel onder het ALARA principe.](#)*

*In NEN-EN 1991-1-7 worden in bijlage D (Ontploffingen in bouwwerken) in D.3 (Ontploffingen in auto- en spoortunnels) voor respectievelijk detonaties en deflagraties tijd-drukdiagrammen gegeven. Het realiteitsgehalte hiervan kan echter worden betwijfeld. De gegeven explosiedrukken voor detonaties zijn zeer hoog (piekdruk van 20 bar). De impuls van de drukken wordt aanzienlijk groter (een ruime verdubbeling) over een zekere afstand (ruim 100 m) ten opzichte van de explosiebron. De verklaring hiervoor is niet duidelijk. De gegeven explosiedrukken in NEN-EN 1991-1-7 zijn echter aanzienlijk lager bij een deflagratie (piekdruk van 1 bar). Bij ondiep liggende tunnels heeft ook een dynamische piekdruk van 1 bar nog steeds relatief grote consequenties voor de benodigde wapening. Verder wordt niets vermeld over de te hanteren drukken bij het optreden van een BLEVE, terwijl naar de huidige inzichten in tunnels de kans van optreden van een BLEVE groter is dan een gasdetonatie. Naar de huidige inzichten kan de piekdruk van een BLEVE nabij de bron in een tunnel circa 15 bar bedragen. In relatie tot het in rekening brengen van het effect van explosies is in deze ROK vanuit een risico-beoordeling geoordeeld dat, in relatie tot risico's betreffende de constructieve integriteit, niet gerekend hoeft te worden op explosiedrukken. Deze aanpak sluit aan bij hetgeen is vermeld in NEN-EN 1991-1-7, bijlage A (Informatie voor risicobeoordeling).*

5.4	Eis
-----	-----

In voorkomende gevallen moeten maatregelen worden getroffen in geval van aanwezigheid van (drijf)ijs. Deze maatregelen bestaan uit:

- Beschermende maatregelen die het optreden van ijsbelasting voorkomen of beperken;
- Constructieve maatregelen die de constructie bestand doen zijn tegen de optredende ijsbelastingen.

*Toelichting:*

*Informatie over ijsbelasting is onder meer te vinden In de EAU 2012, CUR Rapport 166 en Stuvorapport 59.*

B.4.1	Eis
-------	-----

Voor de bepaling van de locatie waar aardbeving in rekening moet worden gebracht en de grootte van het aardbevingseffect (verticale en horizontale versnellingen) wordt verwezen naar de ROK bepalingen bij NEN-EN 1998-1.

## 5.8 Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen

Aanvullingen op NEN-EN 1991-2 + NB.

1.1 (3)	Eis
---------	-----

De verkeersbelasting volgens deze norm is ook van toepassing op door verkeer belaste delen van kunstwerkencategorieën anders dan bruggen.

1.4	Toelichting
-----	-------------

*In deze norm worden de modellen voor verkeersbelastingen beschreven met behulp van de term belastingsmodel (afgekort BM). In diverse andere normen wordt voor die belastingsmodellen voor verkeer de term Load Model (afgekort LM) volgens de oorspronkelijke Engelse tekst gebruikt. Met beide benamingen (BM en LM) worden dezelfde belastingsmodellen bedoeld.*

1.4.1.6	Eis
---------	-----

De definitie geldt ook voor een leuning langs een niet voor het publiek toegankelijke inspectiepad.

3 (5)	Eis
-------	-----

Zie voor dit aspect de aanvulling in de ROK op NEN-EN 1990, A.2.2.1.

Voor bruggen waarover zowel wegverkeer als spoorwegverkeer wordt afgewikkeld, moet voor de SLS en ULS worden uitgegaan van het gelijktijdig voorkomen van extreme wegverkeers- en spoorwegverkeersbelastingen. Bij de toetsing op vermoeiing moet met gelijktijdigheid van voorkomen van wegverkeers- en spoorwegverkeersbelastingen rekening zijn gehouden.

4.1 (2) opm. 1	Eis
----------------	-----

Afwijkende belastingsmodellen zijn niet toegestaan.

4.2.1 (1) opm. 3	Eis
------------------	-----

Bij de bepaling van de statische belastingen is in de norm uitgegaan van een gemiddelde kwaliteit van de (asfalt)deklaag. Op basis van dit uitgangspunt mag worden aangenomen dat de dynamische effecten op de belastingen reeds zijn verwerkt in de verschillende statische belastingsmodellen. Bij de bepaling van de vermoeiingsbelastingen (4.6.1 (6)) is in de norm uitgegaan van een goede kwaliteit van de (asfalt)deklaag. Op basis van dit uitgangspunt mag worden aangenomen dat de dynamische effecten op de belastingen reeds zijn verwerkt in de verschillende vermoeiingsbelastingsmodellen voor vermoeiing.

Reductie van de statische belastingen volgend uit het verschil in dynamische effecten tussen een (asfalt)deklaag van goede en gemiddelde kwaliteit is niet toegestaan.

4.2.3 (1)	Eis
-----------	-----

In alle gevallen mag voor de afstand van de rand van de verkeersbrug tot de rijweg geen grotere afstand dan 1,40 m worden aangehouden, tenzij [in het contract](#) een andere waarde is voorgeschreven. Tussengelegen bermconstructies moeten als rijweg worden beschouwd, tenzij anders is voorgeschreven [in het contract](#).

*Opmerking:*

*Fiets- / voetpaden die verder dan 1,40 m vanaf de rand van de verkeersbrug zijn gelegen worden dus als rijweg met autoverkeer beschouwd.*

4.3.2 (3)	Eis
-----------	-----

Voor de bepaling van de correctiefactoren  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{q1}$  en  $\alpha_{qr}$  moet worden uitgegaan van  $N_{obs} \geq 2.000.000$  vrachtwagens per jaar per rijstrook voor zwaar verkeer, tenzij anders is voorgeschreven [in het contract](#).

*Toelichting:*

*Voor nieuwbouw is de reductie van de karakteristieke statische verkeersbelasting beperkt en mag deze om reden van toekomstvastheid niet worden toegepast.*

4.3.3 (3)	Eis
-----------	-----

Vervang bij (3) de term 'uitzettingsvoegen' door 'voegovergangen'.

4.3.5 (3)	Toelichting
-----------	-------------

In de Nationale Bijlage, 4.3.5 (3) wordt verwezen naar 5.2.1(3). Deze verwijzing moet naar 5.3.2.1 (3) zijn.

4.4.1 (6)	Eis
-----------	-----

De gegeven waarde is een ondergrens. De constructies die aan weerszijden op de voegen aansluiten, moeten worden ontworpen op de krachtswerking die vanuit de voegen optreedt.

~~Voor aansluitkrachten bij het veel gebruikte principe van een buigslappe voeg wordt verwezen naar RTD 1023. geldt binnen het toepassingsgebied van het standaarddetail (SD-VOEG-01 volgens NBD00730) in de bruikbaarheidsgrenstoestand een inklemmingsmoment van 37 kNm/m en een normaalkracht die afhankelijk is van de horizontale weerstand tegen opgelegde vervormingen van de opleggingen onder de dekconstructie.~~

~~Voor een standaardberekening van de buigslappe voeg wordt verwezen naar een artikel in Cement 2/2000 met de volgende aanpassingen:~~

- ~~• Nieuwe berekeningen van voegen die vallen buiten het toepassingsgebied moeten zijn gebaseerd op de Eurocodes;~~
- ~~• Hierbij mag de scheurwijdte (SLS) worden getoetst aan  $w_{\max} = 0,4 \text{ mm (X0)}$ .~~

4.6	Eis
-----	-----

De belastingsmodellen voor vermoeiing die bij de toetsing van de materialen beton (en beton- en voorspanstaal) en staal moeten worden gehanteerd, kunnen in de volgende normen worden gevonden:

- Beton, beton- en voorspanstaal: NEN-EN 1992-2/NB, 6.8.4 (108) en 6.8.7 (101)
- Staal: NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1 (6)
- Staal-beton: NEN-EN 1994-2/NB, 6.8.4

Voor beton (en beton- en voorspanstaal) betekent dit dat de belastingmodellen 1 en 4b (met vervanging van tabel NB.8, zie onder 4.6.5) mogen worden toegepast.

Voor staal betekent dit dat alleen belastingmodel 4a mag worden toegepast.

Voor staalbeton betekent dit dat voor de stalen onderdelen belastingmodel 4a moet worden gehanteerd en voor beton (en beton- en voorspanstaal) de belastingmodellen 1 en 4b (met vervanging van tabel NB.8, zie onder 4.6.5) mogen worden gehanteerd. Als alternatief mag 4b (met vervanging van tabel NB.8, zie onder 4.6.5) voor het geheel (staal en beton) worden gehanteerd.

Voor beide materialen geldt dat belastingmodel 5 alleen mag worden toegepast indien dit expliciet in het contract is voorgeschreven.

*Toelichting:*

*Vooralsnog worden voor de toetsing op vermoeiing van de materialen beton en staal verschillende belastingsmodellen aangehouden. Lopend onderzoek moet leiden tot één belastingsmodel voor beide materialen.*

4.6.1 (6)	Toelichting
-----------	-------------

Verwezen wordt naar de aanvulling bij 4.2.1 (1) opm. 3.

4.6.5 (1)	Eis
-----------	-----

Tabel NB.8 moet worden vervangen door tabel 5-7.

**Tabel 5-7: Verzameling van gelijkwaardige vrachtwagens voor belastingsmodel 4b**

Voertuig-type	Asafstand [m]	Equivalentente aslast [kN]	Wieltype	Equivalent voertuiggewicht [kN]	Aantal per jaar
1	4,50	70 130	A B	200	750.000
2	4,20 1,30	70 120 120	A B B	310	600.000
3	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	A B C C C	490	600.000
4	3,20 1,30 4,40 1,30 1,30 1,30 1,30 1,30	70 90 70 70 70 70 70 70	A C A A A A A A	580	230.000
5	1,50 2,40 1,30 9,50 1,30 1,30 1,30	70 70 170 160 70 70 70 70	A A B B A A A A	750	66.000
6	1,70 3,30 1,30 3,50 3,50 1,30	70 70 180 190 70 180 190	A A B B A B B	950	3.100
7	2,40 1,30	170 170	B B	1.090	500

Voertuig- type	Asafstand [m]	Equivalente aslast [kN]	Wieltype	Equivalent voertuiggewicht [kN]	Aantal per jaar
	5,50 1,30 1,30	200 180 180 190	B B B B		
8	2,50 1,30 5,20 1,30 1,30 1,30	130 160 170 220 200 170 170	B B B B B B B	1.220	200
9	1,40 2,60 1,30 6,10 1,90 1,90	130 130 180 180 220 220 220	B B B B B B B	1.280	100
10	2,40 1,30 1,30 9,50 1,30 1,30 1,30	90 90 240 220 200 180 190 200	C C B B B B B B	1.410	100

## 4.6.5.3 (1)

Eis

Voor  $N_{obs,a,sl}$  bij belastingsmodel 4b moet het totaal aantal voertuigen volgens tabel 5-7 worden aanhouden (2.250.000 per jaar).

## 4.6.5 (4)

Eis

De regenstroom- of reservoir-telmethode moet niet worden uitgevoerd per vrachtwagen maar, waar nodig, voor de set van vrachtwagens (of een karakteristieke deelverzameling hieruit). De volgorde van de vrachtwagens moet random worden gekozen, waar nodig rekening houdend met de dwarsverdeling volgens NEN-EN 1991-2, figuur 4.6.

## 4.7.1 (1)P

Eis

Er moet worden gerekend op de mogelijkheid van een verkeersongeval op het brugdek als buitengewone belasting. Verondersteld moet worden dat de buitenste wielen van het zwaarste tandemstelsel ( $2Q_{1k}$  zoals gedefinieerd in 4.3.2) op de rand van het brugdek staan, ongeacht de aanwezigheid van een geleideconstructie. De verkeersbelasting op de rest van de brug is gelijk aan de representatieve waarde van de verkeersbelasting volgens 4.3.2, verminderd met het tandemstelsel dat op de rand staat.

*Toelichting:*

- *Als rand van het brugdek geldt in dit verband de buitenkant van de (prefab)randconstructie. Het bovenstaande geldt dus ook voor vrijliggende voet- en rijwielpaden bij bruggen voor wegverkeer.*
- *Constructies waarbij zich het kritisch zijn van de "sterkte van de rand" kan voordoen zijn over het algemeen constructies waarvan het dek (of delen van het dek) in de hoofdraagrichting niet als plaat maar als enkele ligger werkt.*

*Voorbeelden:*

- a) het overstek van een kokerligger, waar, bij "bezwijken van het overstek" ofwel het overstek als deel van de drukzone van de totale ligger wegvalt- ofwel de bijdrage van het in het overstek liggende voorspanstaal en betonstaal wegvalt voor het draagvermogen van de totale ligger- ofwel een combinatie van beide;*
- b) een tuibrug met hoofdliggers onder de rand;*
- c) een tuibrug waar rijden op de "rand", zonder dat de tui op zich wordt aangereken, bezwijken van de tui tot gevolg heeft.*

## 4.7.3.2 (1)

Eis

Deze belasting geldt ook voor schampranden met een voertuigkering. Voor de stootrand uitgevoerd als starre barri er wordt verwezen naar de aanvulling op opmerking 1 behorende bij artikel 4.7.3.3. (1).

## 4.7.3.3 (1) opm. 1

Eis

De belasting als gevolg van een aanrijding door een voertuig met een starre (= niet verplaatsbare) barri er moet als een zijdelings kracht gelijk aan 300 kN/m over een lengte van 3 m worden aangenomen, die aangrijpt op een hoogte van 0,06 m boven het wegdek. Deze kracht wordt overgedragen aan de ondersteunende constructie-elementen. Aangenomen moet worden dat de belasting zich spreidt onder een hoek van 45°. Gelijktijdig met de aanrijdkracht moet, indien ongunstig werkend, een verticale verkeersbelasting ter grootte van  $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$  (zie figuur 4.10) in rekening worden gebracht.

*Toelichting:*

*Voor de kracht is uitgegaan van het type halve stepbarri er met stijlen h.o.h. 1,33 m en waarvan de lasverbinding van voetplaat met stijl rondom is gelast (lastype R). De aanrijdbelasting is vastgesteld aan de hand van simulatieonderzoek verricht door de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV). Het aangrijpingspunt van de maximale horizontale aanrijdkracht ligt bij een stepbarri er, door zijn specifieke vorm, ter hoogte van de voetplaat en daardoor is het moment navenant klein. Bovengenoemde representatieve belasting op de ondergrond is gelijk aan de bezwijkbelasting van de stijlconstructie.*

*Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat de gegeven kracht geldt voor de betonnen stootrand. Voor informatie over indicatieve belastingen op een starre betonnen barri er wordt verwezen naar het Bouwdienst rapport "Stepbarri er, een stap nader" uit februari 1995, waarbij wordt opgemerkt dat voertuigkeringen tegenwoordig in ieder geval moeten voldoen aan NEN-EN 1317 (full scale getest).*

## 4.7.3.3 (2)

Eis

Voor de karakteristieke lokale weerstand van een geleiderail moet minimaal 24 kNm per stijl worden aangehouden.

*Toelichting:*

*Dit is de waarde die behoort bij het breuklas-type R van de verbinding stijl – voetplaat van het geleiderailtype VLP 1R 133-60 of 80 L/R. Dit zijn de meest gangbare typen op kunstwerken van Rijkswaterstaat (zie ook de RWS-standaarddetails). Een lagere waarde is in verband met de toekomstvastheid niet toegestaan; bij een ander type voertuigkering kan de karakteristieke lokale weerstand hoger zijn.*

4.7.3.4 (1)	Eis
-------------	-----

In de berekening moet worden verondersteld dat een dergelijke belasting op constructieve elementen kan optreden, tenzij is aangetoond dat een bijzondere voorziening dat verhindert (c.q. de bijzondere belasting opneemt). Afscherpende constructies voor wegen die voldoen aan NEN-EN 1317 worden niet beschouwd als een dergelijke bijzondere voorziening.

Alle constructieve elementen van een brug moeten als 'starre constructie' worden beschouwd.

4.8 (1)	Eis
---------	-----

- Indien de leuning ook functioneert als onderdeel van een voertuigkering, moet ook (naast de lijnbelasting) worden gerekend op een horizontale belasting van  $F_{rep} = 12$  kN. Deze belasting is een bijzondere belasting, waarvoor geldt  $\gamma_f = 1,0$ , en treedt niet tegelijkertijd op met de lijnbelasting. Er geldt geen vervormingseis.
- De genoemde belastingen gelden niet voor voertuigkerende leuningen. Voor dergelijke leuningen wordt verwezen naar CROW publicatie 202 (zie o.a. paragrafen 9.4 en 11.4 t/m 11.6). Daarbij moet minimaal worden uitgegaan van N1-niveau. In dit kader wordt verwezen naar de tabel in de Componentspecificatie Voertuigkering voor de minimaal toe te passen prestatieclassen van geleideconstructies per wegcategorie op kunstwerken.

*Toelichting:*

*De horizontale lijnbelastingen op leuningen volgens NEN-EN 1991-2/NB, 4.8 (1) zijn afgeleid uit NPR-CEN/TR 16949 (voorheen NPR-CEN/TR 1317-6). Daarbij is uitgegaan van klasse J, de hoogste klasse, in het geval van een voor het publiek toegankelijke leuning. Voor leuningen langs inspectiepaden is uitgegaan van klasse B. Indien de opdrachtgever een hogere klasse voorschrijft voor een dergelijke leuning, moet voor de belasting op de onderliggende constructie de belasting op de leuning volgens de geëiste klasse volgens NPR-CEN/TR 16949 worden toegepast. Daarnaast moet, indien noodzakelijk, rekening worden gehouden met de genoemde belasting van 12 kN in verband met de functie als onderdeel van de voertuigkering. Dit is afhankelijk van het type voertuigkering.*

4.9.2 (3)	Toelichting
-----------	-------------

*Aangenomen mag worden dat deze horizontale belastingen op stootplaten worden opgenomen door de wegverharding.*

5.6.3	Eis
-------	-----

Indien geen vast / permanent obstakel het rijden van een voertuig over het brugdek verhindert, moet voor een brug over een rijksweg het onbedoelde voertuig worden vervangen door een qua geometrie gelijkwaardig voertuig met 2 assen van 100 kN.

Deze belasting hoeft in dit laatste geval niet met overige verkeersbelasting te worden gecombineerd (volgens tabel NB.17 van NEN-EN 1990/NB).

Genoemd voertuig moet tevens worden toegepast op als permanent te beschouwen fiets/voetpaden van verkeersbruggen. Met permanent wordt bedoeld dat het fiets/voetpaddeel niet middels herindeling bij het snelverkeerdeel kan worden betrokken. Indien zwaar verkeer (LM1 en LM2) in calamiteitssituaties wel op het fiets/voetpad kan komen, moeten deze belastingen als bijzondere belasting worden meegenomen.

## 5.9 Specifieke belastingen op tunnels

Geen aanvullingen.

## 5.10 Specifieke belastingen op natte kunstwerken

### Belastingen, belastingsfactoren en –combinaties voor waterkerende constructies

(1) Voor de in rekening te brengen belastingen en belastingcombinaties wordt verwezen naar de TAW Leidraad Kunstwerken, Bijlage B4 (verder aangeduid met Ref 1) en naar "Ontwerp van Schutsluizen deel II" (Ref 2). De verwijzingen in deze documenten naar de TGB 1990-serie, NEN 6788 en NEN 2063 moeten worden gelezen als verwijzingen naar de betreffende normen/artikelen in de NEN-EN 1990, NEN-EN 1991 serie, NEN-EN 1992-serie, NEN-EN 1993-serie, NEN-EN 1995-serie, NEN-EN 1996-serie, NEN-EN 1997-serie inclusief bijbehorende Nationale Bijlagen en ROK delen.

De rekenwaarde van de belasting moet voor EQU worden bepaald volgens NEN-EN 1990/NB, tabel NB.11. Voor STR/GEO wordt verwezen naar ROK paragraaf 5.10 (1.12). Voor het drukverschil ten gevolge van waterstanden en windgolven behorend bij het MHW (Maatgevend Hoog Water), ten gevolge van de dagelijkse omstandigheden (waterstandsverschillen zoals bij schutten) en ten gevolge van incidentele omstandigheden (waterstandsverschillen optredend bij onderhoud of inspectie), moet gerekend worden met een belastingsfactor van 1,5. Het is toegestaan om via de gedetailleerde methode volgens de TAW Leidraad Kunstwerken Appendix B4.2 "Belastingsfactor op waterstandverschuldruk" deze belastingsfactor accurater te bepalen. Wel moet daarbij voldaan worden aan de vereiste betrouwbaarheidsindex conform de Waterwet (10 jaar periode) en aan de Eurocode (CC3, 100 jaar). Zie ook het document "Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden 1204875-002-GEO-0008" van Deltares. Dit document is opgenomen in de bijlage bij de ROK.

In het geval dat voor de betreffende waterkerende constructie geen MHW bekend is, bijvoorbeeld bij een sluis die niet in een primaire waterkering ligt, moet voor het drukverschil ten gevolge van waterstanden en golven gerekend worden met de karakteristieke waterstanden tijdens de referentieperiode. De bijbehorende belastingsfactor is 1,5.

Aanvullend op de belastingen genoemd in Leidraad Kunstwerken, moet met de volgende belastingen rekening gehouden worden:

### (1.1) Scheepsgolven

Scheepsgolven van schepen moeten worden berekend met de rekenrelaties uit "The Rock Manual".

### (1.2) Schroefstraal

Er moet rekening worden gehouden met een belasting door een schroefstraal, welke door een uitvarend schip op de sluisdeuren wordt uitgeoefend. Voor de bepaling van de grootte van deze belasting moet worden gerekend met de afstand van circa 5 m tussen de deur en de scheepsschroef en de werkelijke schroefdiepte van het maatgevende schip.

De te gebruiken formule ziet in dit geval als volgt uit:

$$F_s = \rho * \frac{\pi}{4} * D_0^2 * u_0^2$$

waarin:

$\rho$  = soortelijke massa van (eventueel zout) water;

$D_0$  = effectieve schroefdiameter (bijvoorbeeld 1,45 m voor een RHK schip);

$u_0$  = stroomsnelheid achter schroef (uitgaande van motorvermogen, bijvoorbeeld 7,6 m/s bij motorvermogen van 600 kW)

De belasting moet als een veranderlijke belasting beschouwd worden.

### (1.3) Bordesbelasting/verkeersbelasting

Trappen en bordessen die niet voor het publiek toegankelijk zijn, moeten voldoen aan de eisen genoemd in NEN 6786 en NEN 6787, ~~waarbij de verwijzingen naar de TGB 1990 serie moeten worden gelezen als verwijzingen naar de betreffende normen/artikelen in de NEN-EN 1990 en de NEN-EN 1991 serie inclusief bijbehorende Nationale Bijlagen en ROK delen~~. Voor verkeersbelasting en voor publiek toegankelijke bordessen wordt verwezen naar de NEN-EN 1990 en de NEN-EN 1991 serie inclusief bijbehorende Nationale Bijlagen en ROK delen.

De minimale hoogte van leuningën moet 1100 mm bedragen.

### (1.4) Belastingen door ijs

Er moet rekening gehouden worden met de normale bedrijfsomstandigheden die voor keermiddelen op kunnen treden, waarbij ten minste het volgende beschouwd moet worden:

- De invloed van de aanwezigheid van een ijsbestrijdings-installatie. Afhankelijk van de beschikbaarheid van deze installatie treden de belastingen door ijs eerder of later op. Hierbij geldt dat de aanwezigheid van de ijsbestrijdingsinstallatie alleen van betekenis is voor het verlengen of versoepelen van het schutten, maar geen rol speelt bij de bepaling van de maatgevende ijsbelasting op wat voor onderdeel van het waterkerend kunstwerk dan ook.
- De aanwezigheid van zout, zoet of brak water
- De locatie van de betreffende waterkerende constructie. Bijvoorbeeld in het noorden en Zuid Limburg is de kans op significante ijsbelasting groter dan in Zuid-Holland en Zeeland.
- De intensiviteit waarmee de betreffende waterweg bevaren wordt in de perioden van mogelijke ijsbelasting. Dit kan een verlagend effect hebben op de horizontale druk door ijsschotsen (omdat ze dan kleiner en dunner zijn), maar ook een verhogend effect op de verticale ijsbelasting bijvoorbeeld op hefdeuren.

- Het beheerscenario. Hiermee wordt bedoeld vanaf welke aangroei ijsschotsen en/of hangend ijs en ijzel met handgereedschap of anderszins verwijderd wordt.
- De mate van stroming of opwaaiing of andere kracht waarmee de ijsschotsen tegen de keermiddelen opgestuwd worden.
- De vormgeving van de voorhaven, en wel de vergrotende of verkleinende werking van bijvoorbeeld een fuikvormige voorhaven.
- De vormgeving van de deuren zelf.
- De flexibiliteit/vervormbaarheid of juist starheid van belaste onderdelen. Er kunnen belastingen gegenereerd worden door de stijfheidsrelaties tussen de ijsmassa's en het keermiddel.
- Belastingen doordat het ijs gebroken wordt in de nabijheid van de constructie bijvoorbeeld door ijsbrekers en/of andere schepen.
- Ontwerputgangspunten moeten opgesteld worden.

De richtingen en posities van de representatieve belastingen door ijs op keermiddelen zijn:

1. Thermische expansie van ijs: in de lengterichting van de kolk, 0,2 m onder de bovenwaterstand;
2. Opstuwing ijsschotsen: loodrecht op de deur, ter hoogte van de bovenwaterstand;
3. IJsaangroei: verticaal, gelijkmatig over de onder water komende regels.

De sluisdeuren moeten op alle genoemde ijsbelastingen worden berekend, waarbij de belastingen (1) en (2) niet met elkaar hoeven te worden gecombineerd. Voor de grootte van de belastingen wordt verwezen naar de literatuur. Minimaal moeten de volgende waarden worden aangehouden:

- Thermische expansie 50 kN/m,
- Opstuwing 50 kN/m en
- Aangroei 10 kN/m totaal, deze belasting moet worden geplaatst op de regel die bij een gesloten deur net onder het waterniveau ligt.

Voor zeesluizen kunnen afwijkende eisen in het contract zijn opgenomen.

Voor de berekening van kolkwanden moet gerekend worden met een horizontale drukbelasting van 400 kN/m door ijs op het niveau van de verwachte waterstand in bevroren sluis kolk.

#### (1.5) Aanvaarbelasting op starre en verende constructies

Voor het aanvaren van starre scheepvaartonvriendelijke constructies waarbij het schip zwaar beschadigt en vervormt ten opzichte van de aangevaren constructie wordt verwezen naar NEN-EN 1991-1-7, 4.6.2 en 4.6.3 en de bijbehorende ROK aanvullingen.

Voor het aanvaren van verende constructies (exclusief keermiddelen van kunstwerken) waarbij de aangevaren constructie elastisch vervormt, wordt verwezen naar het navolgende ROK artikel (1.6).

Voor het aanvaren van damwandconstructies wordt verwezen naar CUR 166, 3.2.6. Hierbij moet tevens aan de in ROK artikel (1.6) beschreven eisen worden voldaan: zowel de categorie a als categorie b aanvaarbelasting moet worden beschouwd, de aanvaarenergie moet volgens EAU 2012 worden bepaald, de in artikel (1.6)

voorgeschreven snelheden, scheepsclassificatie, scheepmassa's en aanvaarhoekuitwerking moeten worden gebruikt en er moet een gedegen aanvaaranalyse worden opgesteld.

In alle gevallen moet voldaan worden aan:

1. In open stand moeten de keermiddelen, inclusief de daaraan bevestigde leidingen, wrijfhouten en andere onderdelen, zich onder alle omstandigheden volledig en gefixeerd buiten het vrije doorvaartprofiel + 50 mm bevinden.
2. In gesloten stand moeten de keermiddelen bij aanvaring of een andere overbelasting een dusdanig faalmechanisme hebben dat hoogstens de constructie van het keermiddel (gedeeltelijk) bezwijkt, maar dat de opleggingen (bijvoorbeeld aanslagen, halsbeugels, taatsen en ibo's) blijven functioneren.

#### (1.6) Aanvaren van verende constructies

In dit artikel is ingegaan op de ontwerpregels voor aanvaringen van verende constructies. Er wordt onderscheid gemaakt in "scheepvaartvriendelijke" en "scheepvaartonvriendelijke" verende constructies.

Scheepvaartvriendelijke verende constructies:

- Remmingwerken en geleidewerken: deze constructies geleiden schepen in een beoogde richting, zoals vanuit een fuik naar een sluis. De constructie kan dus zijdelings geraakt worden door een schip en moet haar van richting veranderen. Daarnaast wordt ook remmingwerk geslagen om een schip de gelegenheid te bieden om te wachten voor een gesloten brug of sluis;
- Meerpalen: schepen kunnen afmeren aan meerpalen, zodat de paal lichte scheepstoten moet kunnen verdragen.

Scheepvaartvriendelijke constructies moeten bij een aanvaring van een normaal manoeuvrerend schip voorkomen dat het schip wordt beschadigd. De belasting in die situatie valt onder categorie a ([aanvaring bij normaal manoeuvreren](#), zie verder). Bij een aanvaring volgens categorie a moet de verende constructie de totale belasting middels elastische vervorming op te nemen en mag de constructie (constructie + grondlichaam) dus niet plastisch vervormen of bezwijken. Het is toegestaan dat deze constructies bezwijken in het geval van een aanvaring volgens categorie b ([aanvaring bij calamiteit](#), zie verder).

Scheepvaartonvriendelijke verende constructies:

- Beschermipalen/beschermconstructies: deze palen (of combinatie van palen met horizontale liggers) worden geslagen ter plaatse van een achterliggende constructie die niet aangevaren mag worden, maar wel een aanvaarrisico heeft. De palen geven echter maar beperkte weerstand en worden alleen toegepast wanneer slechts een kleine richtingsverandering van schepen benodigd is. Bij het aanvaren van beschermipalen is de scheepvaartvriendelijkheid minder relevant, het doel is de te beschermen constructie onbeschadigd te laten. Door het goed positioneren van de palen kan schade aan schepen wel worden beperkt/voorkomen.

De aanvaarbelasting valt bij scheepvaartonvriendelijke constructies onder categorie b (zie verder). Bij een aanvaring volgens categorie b moet de verende constructie de totale belasting middels elastische vervorming opnemen en mag de constructie (constructie + grond) niet plastisch vervormen of bezwijken.

Constructies kunnen in sommige gevallen zowel een scheepvaartvriendelijke als scheepvaartvriendelijke functie hebben. In dat geval moet de constructie zowel op een aanvaring volgens categorie a als b worden gedimensioneerd. Een voorbeeld hiervan is een beschermepaal, die een brugpijler beschermt, welke in of vlak naast de vaarweg ligt.

Belastingen door een scheepsstoot kunnen worden ingedeeld in twee categorieën:

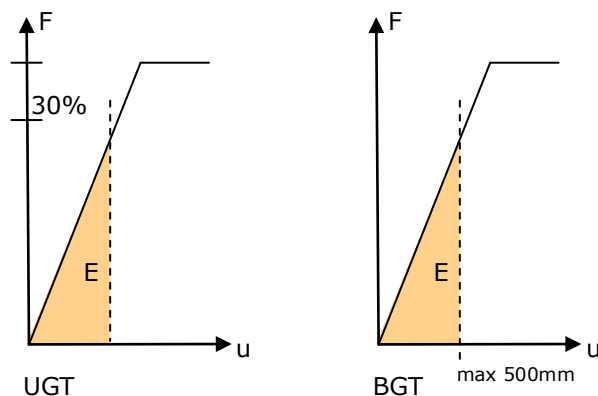
- Categorie a (**aanvaring bij normaal manoeuvreren**):

Hieronder wordt verstaan een categorie waarbij de scheepsstoot moet worden opgevat als veranderlijke belasting (een belasting die gedurende de referentieperiode niet altijd aanwezig is), waarbij het uitgangspunt is dat het schip niet wordt beschadigd. De verende constructies zijn dan ook scheepvaartvriendelijke constructies. Voor deze belastingen geldt dat zowel aan de eisen vanuit de "bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)" als vanuit de "uiterste grenstoestand (UGT) - belastingen bij fundamentele combinaties" moet worden voldaan. Onder deze categorie vallen belastingen die ontstaan door min of meer normaal manoeuvreerde schepen, waarbij het schip wordt verondersteld een ongunstig afwijkende koers te varen van circa 5 graden ten opzichte van de as van een sluis of as van de vaarweg. In geval van meerpalen moet hier 5 graden ten opzichte van de ideale afmeerkoers worden genomen. Een oorzaak voor afwijkingen is bijvoorbeeld: sterke dwarswind bij een ongeladen schip.

Een randvoorwaarde in het ontwerpproces in deze belastingcategorie is de maximale scheepshuidbelasting welke een schip zonder schade kan weerstaan. Hiervoor geldt maximaal 200 kN/m<sup>2</sup> voor klasse I tot 1200 kN/m<sup>2</sup> voor klasse VI, waarbij voor de overige scheepsklassen de waarde rechtlijnig kan worden geïnterpoleerd (bron: ervaringsgegevens RWS). Voor zeeschepen geldt een maximale scheepshuidbelasting van 700 kN/m<sup>2</sup> (PIANC "Guideline for the design of fendersystems: 2002"). De constructie moet dus zowel de aanvaarenergie bij de gegeven aanvaarsituatie kunnen opnemen als te voorkomen dat de maximale scheepshuidbelasting wordt overschreden.

De belastingcombinaties moeten in de UGT en BGT worden beschouwd, waaraan de volgende eisen zijn gesteld:

- UGT: de onzekerheid in de sterkte, de belasting en in de modelschematisering wordt volledig verdisconteerd in de materiaalsterkte van de constructie. Voor de rekenwaarden van de parameters van de grondeigenschappen moet CUR 166 worden aangehouden. Voor het bepalen van de rekenwaarde van de materiaalsterkte van staal moet  $\gamma_m = 1,4$  worden gebruikt. Indien hout wordt gebruikt, moet in het project de methodiek voor het verkrijgen van de rekenwaarde van de materiaalsterkte zijn voorgeschreven. Voor het bepalen van de rekenwaarde van de aanvaarbeasting mag  $\gamma_b = 1,0$  worden aangehouden.
- BGT: Bij constructies die beloofbaar zijn, zoals in het geval van een doorgaand remmingwerk waar ook op afgemeerd kan worden, mag de verplaatsing ter plaatse van de loopweg niet groter zijn dan 500 mm. Uiteraard moet hier representatief worden gerekend.



**Figuur 5-4: Last-verplaatsingsdiagram en gedissipeerde energie bij aanvaring**

- **Categorie b (aanvaring bij calamiteit):**

Hieronder wordt verstaan een categorie waarbij de scheepstoot moet worden opgevat als een bijzondere belasting (een belasting die een mogelijk maatgevend effect heeft op de constructie, maar waarvan de kans klein is dat deze gedurende de referentieperiode zal optreden). Voor deze belastingen geldt dat alleen aan de eisen voor de "uiterste grenstoestand-belastingen bij bijzondere combinaties" moet worden voldaan. Onder deze categorie vallen belastingen die ontstaan door abnormaal manoeuvreren met schepen door technisch of menselijk falen.

Zowel in categorie a als b ontwerpsituaties moet in cohesieve grondlagen worden gerekend met ongedraineerde sterktewaarden voor parameters. Indien een bodembescherming wordt gebruikt, moet rekening worden gehouden met "opsluiting" van de constructie. Tevens moet worden getoetst op lokale welving en plooi van de aangevaren constructie. ~~Indien in het contract geen staalkwaliteit is voorgeschreven, moet in principe de staalkwaliteit kleiner of gelijk zijn aan S355 (J2 + N). Indien een hogere sterkteklasse dan S355 (J2 + N) wordt toegepast, moet daarbij worden voldaan aan de staalkwaliteitseisen uit ROK paragraaf 7.20.~~ Spiraal gelaste buizen zijn niet toegestaan voor buispalen.

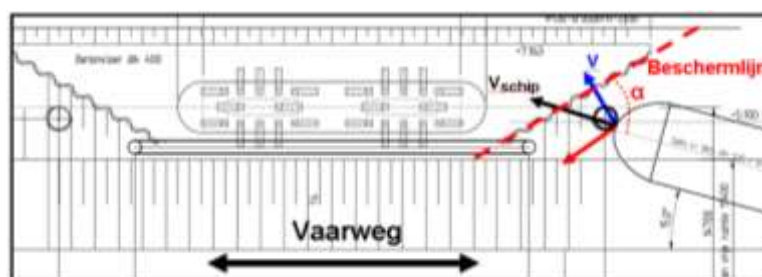
Voor beide belastingscategorieën moet een gedegen nautische studie worden uitgevoerd waarbij per scheepsklasse de maatgevende aanvaarsituatie voor categorie a en b wordt bepaald. Dit moet zowel in het horizontale vlak als in het verticale vlak gebeuren, waarbij rekening wordt gehouden met: hoedanigheid van de vaaromgeving (varen in vaarweg, varen in sluis, kolk, binnenvaren van een kolk, enz.), de geometrie van de vaaromgeving, de dimensies van aldaar varende schepen, geladen schepen, ongeladen schepen, mogelijke boegvormen, eventuele getijdenbeweging, enz.

De aanvaarenergie op verende constructies moet worden bepaald volgens EAU 2012, 6.15.4. Binnenvaartschepen moeten volgens RVW 2011, Tabel 8 worden ingedeeld aan de hand van hun breedte en diepgang. In deze tabel is de waterverplaatsing  $G$  [t] niet gegeven, enkel het laadvermogen waarbij de massa van het schip nog opgeteld moet worden. Voor motorschepen moet het laadvermogen worden vermenigvuldigd met 1,15 en voor de duwvaart combinatie met 1,14. Voor zeeschepen wordt verwezen naar hoofdstuk 5 van EAU 2012.

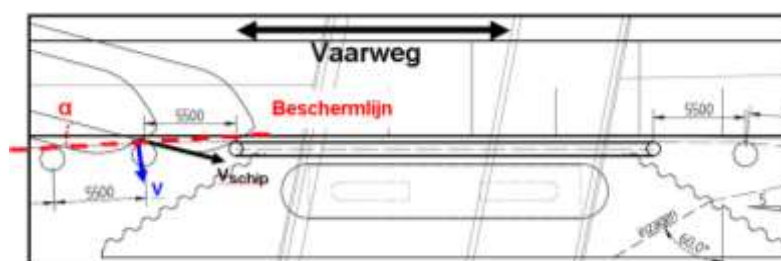
Een kritische parameter voor de energiebepaling volgens de EAU 2012 is de aanvaarhoek  $\alpha$  [graden] waarmee de loodrechte snelheid  $v$  [m/s] op de aan te varen constructie wordt bepaald. Deze snelheid is niet uitgebreid behandeld in de EAU en is hierna toegelicht. De loodrechte snelheid wordt bepaald door de vaarsnelheid  $v_{\text{schip}}$  te ontbinden middels de aanvaarhoek  $\alpha$ . De aanvaarhoek is de hoek tussen de aanvaarsnelheid en de beschermlijn van de aan te varen constructie (of in het geval van een beschermpeal de te beschermen constructie). De verende constructie dient het schip van richting te veranderen, namelijk minimaal in de richting parallel aan de beschermlijn.

$$v = \sin \alpha v_{\text{schip}}$$

Hierna zijn in figuur 5-5 en figuur 5-6 twee voorbeeld situaties gegeven, waarbij een brugpijler met damwandgrondkering wordt beschermd door beschermpealen. Voor het bepalen van de maximale aanvaarhoek moet een gedegen nautische studie worden uitgevoerd. Zoals blijkt uit de figuren, heeft de locatie van de paal grote invloed op de aanvaarhoek.



**Figuur 5-5: Aanvaring verende constructie, voorbeeld situatie 1**



**Figuur 5-6: Aanvaring verende constructie, voorbeeld situatie 2**

De uiteindelijke ontwerp aanvaarbelasting in de vorm van een kracht op de constructie moet op iteratieve wijze worden bepaald, waarbij de vervormingenergie gelijk is aan de optredende kinetische aanvaarenergie. Aangezien de botskracht, uitwijking en aanvaarenergie onlosmakend verbonden zijn en de systeemstijfheid geen constante is, zijn meerdere iteratieslagen nodig om tot een ontwerp te komen.

Voor de vaarsnelheid  $v_{\text{schip}}$  [m/s] wordt verwezen naar ROK tabel 5-4. In de nabijheid van sluzen dient men voor alle schepen  $v_{\text{schip}} = 3$  m/s aan te houden, tenzij in het contract anders is geëist. Een zeer invloedrijke parameter bij het bepalen van de aanvaarenergie is de rotatiesnelheid  $\omega$  [rad/s]. Voor de rotatiesnelheid mag  $\omega = 0$  rad/s worden aangehouden, behalve in gevallen waarin in een beperkte ruimte scherp gedraaid moet worden, zoals in zwaaikommen en

insteekhavens. In dergelijke gevallen moet de rotatiesnelheid worden bepaald in een gedegen nautische studie en worden verwerkt in de aanvaarenergie.

Er moet in het ontwerp rekening worden gehouden met corrosie volgens ROK paragraaf 7.14, waarbij de constructie moet voldoen aan de in ROK artikel 1.6 gestelde eisen aan het begin en einde van de levensduur.

*Opmerking 1:*

*Er wordt aanbevolen om buismaten te onderzoeken die afwijkend zijn van handelsmaten, aangezien buizen met handelsmaten over het algemeen voor andere toepassingen worden gebruikt. Daarnaast kan het opdelen van buispalen in secties met verschillende dimensies interessant zijn.*

*Opmerking 2:*

*Het document "Handreiking rekenmethodieken NIC, groene versie" wordt vaak aangehaald in de beschouwing van aanvaringen op verende constructies. Het betreffende document is echter nooit officieel vastgesteld of uitgegeven door RWS en kan dus niet officieel gebruikt worden als verificatiemethode voor het ontwerpen van aan te varen verende constructies.*

#### (1.7) Belastingen door obstakels

Het ontwerp van de punt- of draaideuren met de bijbehorende bewegingswerken moet zodanig robuust zijn dat de volgende 4 belastingsgevallen – op de daaronder genoemde afstanden tot de draaias van de deur – zonder schade opgenomen kunnen worden:

- oneindig sterk en stijf obstakel tussen deur en drempel;
- oneindig sterk en stijf obstakel op de bodem tussen deur en deurkas;
- oneindig sterk en stijf drijvend obstakel tussen deur en deurkas;
- oneindig sterk en stijf drijvend obstakel tussen beide deuren bij het sluiten.

Er moet rekening worden gehouden met de maximale kracht die door het deurbewegingswerk geleverd kan worden tijdens de deurbeweging. Aangenomen mag worden dat het verhinderen van de deurbeweging door obstakels alleen in de randgebieden van 10° vanuit de 2 uiterste posities van de deur plaatsvindt. In het tussengelegen gebied hoeven deze belastingsgevallen niet te worden beschouwd. Als toetswaarde in de berekeningen van puntdeuren moet de afstand van 1,0 tot 1,5 m tussen het obstakel en de draaias van de deur worden gehanteerd. Hierbij geldt het volgende:

- 1,00 m voor de kolkbreedten tot en met 12,0 m;
- 1,25 m voor de kolkbreedten > 12,0 m en < 20,0 m;
- 1,50 m voor de kolkbreedten boven 20,0 m.

Bij een vormgeving van de deur, afwijkend van de traditionele deurconstructie, met een verhoogde kans op verklemming door obstakels (bijvoorbeeld een gesloten achterhar bij een punt- of draaideur) moet het effect van een drijvend obstakel dichter bij de draaias van de deur ook worden beschouwd.

Bij hydraulische bewegingswerken voor punt- en draaideuren moet de maximale kracht vanuit het bewegingswerk de laatste 10 graden van de deurbeweging zowel bij het openen als bij het sluiten zo hoog mogelijk gereduceerd worden. Een betrouwbare beweging van de deur moet echter wel gegarandeerd blijven. Bij het

bepalen van de obstakelkrachten is voor de representatieve kracht vanuit de cilinder de hoogste waarde maatgevende van:

- de cilinderkracht horend bij de gereduceerde overstortdruk;
- de cilinderkracht die hoort bij 80% van de normale overstortdruk (= ongereduceerd druk)

Voor het bepalen van de rekenwaarde van de cilinderkracht tijdens een obstakel moet gerekend worden met een belastingsfactor van 1,2.

Bij electro-mechanische bewegingswerken van punt- en draaideuren moet de maximale actieve kracht vanuit het bewegingswerk de laatste 10 graden van de deurbeweging ook zoveel mogelijk worden begrensd. Dit kan bijvoorbeeld door controle van de slag van de veerbuffer.

De obstakelbelasting moet als een regulier belastingsmodel (geen bijzondere belasting of calamiteit) worden beschouwd met een belastingsfactor van 1,25. Bij deze rekensituatie mag nergens in de draaipunten plasticiteit of verschuiving van verbindingen optreden.

Bij krachten boven de rekenwaarde, die hoort bij de obstakelbelasting, moet een gedefinieerd bezwijkmechanisme (vaak bouten tussen de in te storten delen en de halsbeugel) in het bovendraaipunt aanwezig zijn. Dit onderdeel moet gegarandeerd eerder bezwijken dan dat de overige delen van de draaipunten beginnen met vloeien. Daarbij moeten de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- Het bezwijkmechanisme moet de obstakelbelasting op kunnen nemen (gaat nog net niet vloeien);
- De veiligheid tussen overschrijden van de vloeigrens van (delen) van de draaipunten en het (theoretisch) optreden van het bezwijkmechanisme moet ten minste 1,25 zijn.

Onder draaipunten wordt, in dit geval van bijvoorbeeld een puntdeur, verstaan de halspen inclusief aansluiting naar de deur, de halsbeugel incl pennen, de in te storten delen inclusief de achterliggende civiele constructie, de verbinding naar de halsbeugel, de taats, het lagermateriaal, de taatsschoen en de verbinding van de taatsschoen naar de deur. De insteek is dat bij/ondanks verklemming door obstakels de draaipunten blijvend kunnen functioneren.

Ook moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van obstakels op de andere posities dan hierboven omschreven. Echter dan mag schade optreden, echter wel op een dusdanige manier dat hoogstens de constructie van het keermiddel (gedeeltelijk) bezwijkt, maar dat de opleggingen (bijvoorbeeld aanslagen, draaipunten en ibo's) zoveel mogelijk in stand blijven.

Belastingen door obstakels op andere typen van sluisdeuren en andere beweegbare waterkeringen moeten in dezelfde geest worden beschouwd, met inachtneming van de voor deze typen meest risicodragende gevallen.

### (1.8) Overbelasting door falen van besturingssystemen

Afhankelijk van het type bewegingswerk kan het falen van het besturingssysteem ertoe leiden dat de deur met volle snelheid tegen de drempel (of deurkas) aan loopt. In geval van bijvoorbeeld hefdeuren kan de deur dan ook klem tussen de heftorens komen te staan. Dit mag niet leiden tot zodanige beschadiging dat deuren niet meer kunnen functioneren.

Mocht het bewegingswerk dit niet uitsluiten, dan moet in het ontwerp worden aangenomen dat de bovenbeschreven gebeurtenis eens per 5.000 tot 15.000 sluitingen (inclusief schutten) plaats kan vinden.

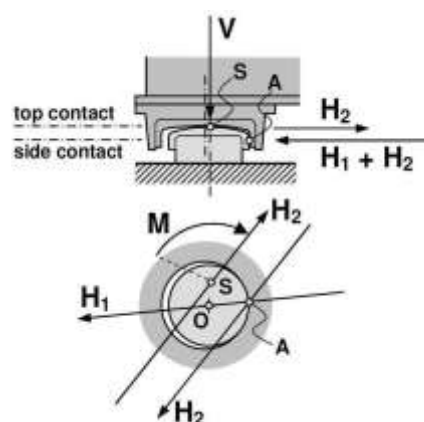
### (1.9) Belastingen op draaipunten

In de berekening van de draaipunten van punt- en draaideuren moet meegenomen worden dat tussen het boven- en het onderdraaipunt – als gevolg van de draaibeweging – een verticale belasting zich kan opbouwen ter grootte van:

- 0,3 van de horizontale reactie voor draailagers van het type metaal-metaal;
- 0,1 van de horizontale reactie voor draailagers van het type metaal-kunststof.

Deze belasting kan beiderzijds optreden, d.w.z. zij kan de draaipunten uit elkaar duwen of naar elkaar trekken.

Daarnaast moet bij de taats rekening worden gehouden met een extra horizontale kracht; de zogenaamde 'taatsschuifkracht' ( $H_2$ ) volgens figuur 5-7.



**Figuur 5-7: Invloed taatsschuifkracht**

De taatsschuifkracht ( $H_2$ ) ontstaat als gevolg van wrijving op het kopvlak van de taats, wanneer de verticale belasting ( $V$ ) excentrisch aangrijpt (in figuur 5-7 op punt  $S$ ). Bij de verdraaiing ( $M$ ) zal door horizontale verschuiving van de verticale belasting bij  $S$  een extra kracht worden opgebouwd bij punt  $A$ , ter grootte van de verticale belasting ( $V$ ) x de statische wrijvingscoëfficiënt van de betreffende materiaalcombinatie.

In ontwerpberekeningen van het draaipunt moet worden aangenomen dat deze taatsschuifkracht bij elke beweging optreedt en altijd ongunstig van richting is. De resulterende horizontale kracht op de taats is dan een lineaire optelling van  $H_2$  en  $H_1$ , waarbij  $H_1$  de horizontale kracht door het deurgewicht is.

**(1.10) Belasting door bouw imperfecties**

In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de belastingen die volgen uit bouwimperfecties, indien geen maatregelen worden genomen om deze uit te sluiten. Hierbij moet ten minste rekening worden gehouden met de belastingen door:

- het overdragen van krachten via de drempel i.p.v. de achterhar, door het niet goed pas zijn van de deur (bij puntdeuren);
- extra belastingen door een niet gelijkmatige afstempeling van de deur, ten gevolge van maatafwijkingen (bij hef- en roldeuren);
- het scheluw gedrukt worden, doordat de deur te kort is.

**(1.11) Overige belastingen**

Mochten er uit de te kiezen technische oplossingen nog andere belastingen voortvloeien, dan moet men deze belastingen afzonderlijk definiëren en er in het ontwerp rekening mee houden.

**(1.12) Combinaties van belastingen op keermiddelen voor STR en GEO**

Met de in tabel 5-8 en tabel 5-9 genoemde belastingen moet, indien van toepassing, minimaal worden gerekend. De belastingsfactoren zijn gebaseerd op gevolgklasse CC3. Alle combinaties zijn gebaseerd op formule 6.10b (Zie NEN-EN 1090), uitgezonderd combinatie J, deze is gebaseerd op formule 6.10a. De nummers F0, F1, etc. verwijzen naar het boek "Ontwerp van Schutsluizen - deel II" (Ref.[2]).

**Tabel 5-8: Belastingscombinaties Keermiddelen gesloten**

belastingcombinatie	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Belasting									
Eigen gewicht (F0,F1,F2)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Max pos vervalbelasting (MHW) (F10) Windgolfbelasting bij MHW (F13)	1,5								
Max neg verval (F11) Windgolfbelasting bij max neg verval (F13)		1,5							
Vervalbelasting bij max schutpeil (F12) Windgolfbelasting bij max schutpeil (F13) translatiegolf bij max schutpeil (F15)			1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
Verkeersbelasting /bordesbelasting (F16)	1,2	1,2	1,2	1,5	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
Windbelasting	1,65	1,65	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Voorspankracht uit bew. Werk (F33)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
Schroefstraal schip					1,5				
IJsdruk (F53)					0,8	1,5			
Krachtsopbouw langs de draaias; zie (1.9)							1,5		
Aanvaren deur (F54)								1,0	
Lekraken drijfkist (F55)									1,0

**Tabel 5-9: Belastingscombinaties openen/sluiten keermiddelen**

belastingcombinatie	J	K	L	M	N
Belasting					
Eigen gewicht (F0,F1,F2)	1,4	1,25	1,25	1,25	1,25
Belastingen uit het bew.werk	1)	1)	2)	3)	1)
Hydraulische belastingen tijdens bewegen + wind (restverval, windgolven. Translatiegolven, wind, golfweerstand e.d) (F13+F14 +F15+F20+F22+F23+F24)	4)	4)			4)
Massakrachten (keermiddel + water) (F21+F30+F31)	4)	4)	4)	4)	4)
Obstakels (F40)			1,25		
Ijsdruk / ijsgewicht (F53)		1,5			
Falen besturingssysteem				1,25	
Krachtsopbouw langs de draaias; zie (1.9)					1,5

- 1) Voor de rekenwaarde van de belastingen uit het bewegingswerk wordt verwezen naar paragraaf 5.10 (4) "Belastingen op bewegingswerken"
- 2) Voor de rekenwaarde van de belastingen uit het bewegingswerk wordt verwezen naar paragraaf 5.10 (1.7) "Belastingen door obstakels"
- 3) Gerekend mag worden bij hydraulische bewegingswerken met de overstortdruk x 1,20
- 4) Voor de belastingcombinaties en belastingsfactoren wordt verwezen naar paragraaf 5.10 (4) "Belastingen op bewegingswerken"

#### Vermoeiingsbelasting op keermiddelen

(2) Als vermoeiingsbelasting moeten in rekening gebracht worden:

- Belastingswisselingen ten gevolge van verval;
- Belastingswisselingen ten gevolge van het openen en sluiten van een keermiddel, inclusief de invloed van het bewegingswerk;
- Belastingswisselingen ten gevolge van windgolven – indien significant (bijvoorbeeld zee kust, IJsselmeer); de belastingen van lange golven zijn incidenteel en hoeven niet als vermoeiingsbelasting te worden beschouwd;
- Eventuele andere frequent wissellende belastingen indien aanwezig, bijvoorbeeld uit wegverkeer over het keermiddel, toegelaten trillingen, flutter en andere vormen van dynamische stromingsbelastingen, windbelastingen op bijvoorbeeld hefdeuren en dergelijke.

#### Mechanische uitrusting

(3) De mechanische uitrusting van waterkerende constructies (sluizen, stuwen en dergelijke) moet getoetst worden aan NEN 6786 (constructieve aspecten) en NEN 6787 (veiligheid).

Onderdelen van de mechanische uitrusting die deel maken van de waterkerende constructie, zoals halsbeugels, inclusief ingestorte delen, taatsen een dergelijke moeten voldoen aan gevolgklasse CC3. Voor belastingen, belastingsfactoren en belastingcombinaties van deze onderdelen wordt verwezen naar paragraaf 5.10 (1).

De overige onderdelen van de mechanische uitrusting moeten voldoen aan CC2, conform de eisen in NEN 6786. Voor de factor  $K_n$  uit hoofdstuk 9 van NEN 6786 mag in alle situaties met 1 worden gerekend.

Voor de ontwerplevensduur van de mechanische uitrusting wordt verwezen naar de NEN 6786. Bij natte kunstwerken waar voor de keermiddelen een ontwerplevensduur van 100 jaar is voorgeschreven, moet ook voor de draaipunten van de deuren (halsbeugels, taatsen en dergelijke) uitgegaan worden van een ontwerplevensduur van 100 jaar. Dit geldt niet voor het lagermateriaal, hiervoor geldt een minimumeis van 15 jaar, of zoveel hoger als het contract vereist.

*Toelichting:*

*Onder de mechanische uitrusting wordt verstaan het geheel van aandrijfmechanismen (mechanische en hydraulische), vastzetinrichtingen en overige mechanische onderdelen, zoals draaipunten, kabelschijven, geleidingen, loopbanen en dergelijke.*

**Belastingen op bewegingswerken**

(4) De belastingsfactoren en de invloed van dynamische verschijnselen worden bepaald volgens de methodiek in [hoofdstuk 2, tabel 11, 12 en 13](#) van NEN 6786. Verder is als basis voor het bepalen van de belastingen gebruik gemaakt van WL rapport Q1442 "Krachten op puntdeuren en enkele draaideuren" (Ref. [3]) en het boek "Ontwerp van Schutsluizen – deel II" (Ref.[2]). In de ROK zijn de belastingen voor bewegingswerken van puntdeuren/draaideuren uitgewerkt. Voor andere type deuren moet dezelfde methodiek worden gehanteerd. De belastingsfactoren in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op betrouwbaarheidsklasse RC2.

De volgende belastingen voor punt- en draaideuren moeten ten minste worden meegenomen, zie ook Ref. 2 hoofdstuk 12.1.4.2:

1. F11 Negatief verval  
Indien aanwezig, maximale negatief vervalbelasting bij gesloten deur
2. F13<sub>50</sub> Windgolfbelasting op de deur met een overschrijdingsfrequentie/jaar 0.02 (1 maal per 50 jr)  
Bepalen met de windsnelheid (10 minuten gemiddelde op 10 m hoogte) volgens NEN-EN 1991-1-4. Maatgevend is de significante windgolf \* 1.5 (zie 11.4.2.3 van Ref.[2]).
3. F13<sub>VOBB</sub> Windgolfbelasting op de deur  
Bepalen met de windsnelheid (10 minuten ~~uur~~ gemiddelde op 10 m hoogte) volgens NEN 6786 (VOBB) hoofdstuk 2.3.2.2. Maatgevende is de significante windgolf \* 1.5 . (zie 11.4.2.3 van ref.[2])
4. F14<sub>50</sub> Windbelasting op de deur met een overschrijdingsfrequentie/jaar 0.02 (1 maal per 50 jaar)  
Bepalen met de windsnelheid volgens NEN-EN-1991-1-4
5. F14<sub>VOBB</sub> Windbelasting op de deur  
Bepalen met de windsnelheid volgens NEN 6786 (VOBB) hoofdstuk 2.3.2.2

6. F15<sub>50</sub> Belasting door translatiegolf op de deur met een overschrijdingsfrequentie/jaar van 0.02  
Wanneer er niets verder is aangegeven, rekenen met een translatiegolf van 0,4 m. Verwezen wordt ook naar 11.4.3 van ref.[2].
7. F15<sub>1</sub> Belasting door translatiegolf op de deur met een overschrijdingsfrequentie van 1 /jaar  
Wanneer er niets verder is aangegeven, rekenen met een translatiegolf van 0,3 m. Verwezen wordt ook naar 11.4.3. van ref.[2].
8. F17<sub>50</sub> Vervalbelasting bij open deur door een voorbij varend schip met een verschrijdingsfrequentie/jaar 0.02  
Verwezen wordt naar 11.4.4. van ref.[2].
9. F18<sub>1</sub> Weerstand door slib  
Zijn er geen andere gegevens bekend, dan rekenen met 200 N/m
10. F20 Restvervalkracht  
Gerekend moet worden dat bij begin openen een restverval van 0,1 m aanwezig plus het effect van dichtheidsverschil.  
Verwezen wordt naar 11.2.2 van ref.[2]
11. F21 Massatraagheidskrachten water in en om de deur  
Verwezen wordt naar 11.3.2 van ref.[2].
12. F22 Stromingsweerstand  
Verwezen wordt naar 11.3.3.2 van ref.[2].
13. F23 Golfweerstand /opstuwing van het water door de deurbeweging  
Verwezen wordt naar 11.3.3.3 van ref.[2].
14. F24 Kasweerstand van het water door de deurbeweging  
Verwezen wordt naar 11.3.3.4 van ref.[2].
15. F30 Massa traagheidskrachten deur
16. F31 Massa traagheidskrachten bewegingswerk
17. F32 Wrijving van draaipunten (halsbeugel, taats)
18. F33 Aanspannen buffers, opspannen hydraulische cilinder  
Indien er niets anders is voorgeschreven, moet voor het opspannen gerekend worden, bij puntdeuren in gesloten stand, met een verval over de deuren van 0,2 m bij de maatgevende waterstand. Voor geopende deuren wordt verwezen naar 11.4.4.5 van Ref.[2].

De volgende bedrijfstoestanden (Btw) moeten worden onderscheiden:

Btw1. Deuren gesloten

In de eindstanden moeten de deuren met hydraulische cilinders of bij een electro-mechanische bewegingswerk met buffers worden opgespannen. Zo wordt voorkomen dat bij (bijna) gelijk water de deuren kunnen gaan klapperen door wind, windgolven of translatiegolven. (= F33).  
De bewegingswerken moeten passief een veel grotere belasting kunnen opnemen. Deze belastingen kunnen ontstaan door negatief verval (indien van toepassing) en /of translatiegolven en/of wind/windgolven. In een dergelijke situatie mogen door de beperkte stijfheid van het bewegingswerk de puntdeuren iets open gaan staan.

Btw2. Deuren openen.

Btw3. Einde openen

Btw4. Deuren geopend (in kas)

De deuren moeten door het bewegingswerk opgespannen worden om te voorkomen dat de deuren gaan klapperen door translatiegolven die veroorzaakt worden door voorbij varende schepen.

Het is wel acceptabel dat in een uitzonderlijke situatie (zeer grote schepen met hoge snelheid) de aandrukkracht (F33) wordt overschreden. De bewegingswerken moeten wel passief deze belasting (F17<sub>50</sub>) kunnen opnemen

Btw5. Begin sluiten

Btw6. Deuren sluiten

Voor de belastingcombinaties geldt daarnaast het volgende:

- Met de tabellen 11 (electro-mechanisch) en 12 en 13 (electro-hydraulisch) van NEN 6786 moeten de rekenwaarden van de maatgevende belastingsgevallen bepaald worden voor de vijf te controleren grenstoestanden.
- Het effect van dynamische verschijnselen bij de rekenwaarden van krachten en momenten moet volgens deze tabellen worden meegenomen.
- Indien het rendement van de installatie ( $\eta$ ) bij een belastingcombinatie een rol speelt in de bepaling van de capaciteit van de installatie, dan moet deze in rekening worden gebracht.
- De vijf te controleren grenstoestanden (Gtw) zijn (zie bijgevoegde tabel):
  - Uiterste grenstoestand: Gtw1 Overbelasten overbrenging (11 +12)  
Gtw2 Vermoeiing overbrenging (11 + 12)
  - Bruikbaarheidsgrenstoestand: Gtw3 Overschrijden grensmotorkoppel (11) & Overschrijden maximale druk (12)  
Gtw4 Overschrijden toegekend motorkoppel (11) & Overschrijden gemiddelde druk (12)  
Gtw5 Overschrijden remkoppel (11) & Overschrijden overstort (12)

Volgende pagina:

**Tabel 5-10: Belastingscombinaties voor bewegingswerken voor punt- en draaideuren**



Troskrachten op bolders
-------------------------

(5) Troskrachten op bolders moeten volgens RVW 2011, 4.3 gehanteerd worden. Deze belasting moet beschouwd worden als een veranderlijke belasting.

### 5.11 Specifieke belastingen op beweegbare bruggen

Voor de belasting door temperatuurveranderingen moet bij zowel geopende als gesloten brug NEN 6786 gehanteerd worden.

### 5.12 Specifieke belastingen op geluidsschermen

Voor geluidsschermen zijn alle eisen inclusief de constructieve eisen met betrekking tot grondslagen, belastingen, sterkte en enz. opgenomen in de GCW (Richtlijnen Geluidsbeperkende Constructies langs Wegen), e.e.a. met inbegrip van de grondslagen volgens NEN-EN 1990 + NB, de in rekening te brengen belastingen volgens de NEN-EN 1991-serie + NB's en de materiaalgebonden toetsingnormen + NB's. Voor stalen geluidsschermen is in de GCW voor de fabricage tevens de uitvoeringsklasse gedefinieerd. De GCW kan daarmee dienen als basisdocument wat voor het constructieve deel invulling geeft aan het gebruik van en de keuzes in de Eurocodes en NEN-EN 1090-2. De ROK (met name het NEN-EN 1090-2 deel in ROK paragraaf 7.20) moet, net als voor overige producten, worden gezien als nadere invulling van keuzes en (aanvullende) eisen.

*Opmerking:*

*Eisen met betrekking tot de keuze van de gevolgklasse zijn opgenomen ROK paragraaf 4.6.*

### 5.13 Specifieke belastingen op verkeerskundige draagconstructies

Voor verkeerskundige draagconstructies (portalen en uithouders) wordt verwezen naar de documenten genoemd in tabel 2-7.

*Toelichting:*

*In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld in de betreffende documenten).*

Voor de windbelasting op informatiesystemen (o.a. borden, signaalgevers, DRIPS) aan verkeerskundige draagconstructies moet NEN-EN 1991-1-4, 7.4.3 worden gehanteerd. Windbelasting op overige onderdelen van verkeerskundige draagconstructies vormafhankelijk overeenkomstig NEN-EN 1991-1-4.

## 6 Eurocode 2: Ontwerp en berekening betonconstructies

### 6.1 Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1992-1-1 + NB.

2.3.1.2 (2)	Verificatie (Bruggen)
-------------	-----------------------

De ductiliteit en rotatiecapaciteit mogen voldoende worden geacht indien een lineair elastische berekening volgens NEN-EN 1992-1-1, 5.4 of een lineair elastisch berekening met beperkte herverdeling volgens 5.5 is gebruikt.

*Toelichting: Bij deze berekeningsmethoden is voldoende rotatiecapaciteit aanwezig door de gestelde eis met betrekking tot de betondrukzonehoogte.*

2.3.1.3 (3)	Verificatie (Bruggen)
-------------	-----------------------

Zie 2.3.1.2(2).

2.3.2.2 (2)	Verificatie (Bruggen)
-------------	-----------------------

Zie 2.3.1.2(2).

2.7 (1)	Eis
---------	-----

Verbindingen moeten ten minste uit twee ankers bestaan.

Voor de eisen voor het ontwerp en de berekening van bevestigingsmiddelen (ankers) wordt verwezen naar de NVN-CEN/TS 1992-4 reeks. Tot het moment dat een Nationale Bijlage beschikbaar is, gelden de aanbevolen waarden voor de NDP's.

Het beproeven van bevestigingsmiddelen moet geschieden volgens de aanvulling op NVN-CEN/TS 1992-4.

*Toelichting:*

*Gelijmde wapeningsstaven in geboorde gaten die dienen als verankering of overlapping, vallen niet onder NEN-EN 1992-1-1, 2.7. Daarvoor geldt Technical Report 23 van de EOTA (Assessment of post-installed rebar connections), de aanvullingen op NEN-EN 1992-1-1, 8.4.1 en 8.7.2, en het aanbrengen en de beproeving volgens de aanvulling op NVN-CEN/TS 1992-4 (ROK paragraaf 6.11).*

3.1	Eis
-----	-----

Toeslagmaterialen anders dan grind en zand mogen slechts worden toegepast indien alle relevante gedragseigenschappen bekend zijn.

*Opmerking:*

*Denk aan krimp, kruip, E-modulus, waterabsorptie, breukenergie, vermoeiingsgedrag, etc.*

3.1.2	Eis
-------	-----

Indien een hogere betonsterkteklasse negatieve effecten kan hebben, moet rekening worden gehouden met een betonsterkte die twee klassen hoger ligt dan de gevraagde (ontwerp)sterkteklasse. Indien de afwijking tussen de gevraagde en geleverde sterkteklasse groter is, moet dit schriftelijk door de betonleverancier aan de afnemer worden gemeld.

*Toelichting:*

*Negatieve effecten van een hogere betonsterkte kunnen bijvoorbeeld optreden bij de berekening van het minimum wapeningspercentage bij onderdelen belast op buiging, het minimaal benodigde wapeningspercentage bij de begrenzing van scheurwijdtes bij doorgaande scheurvorming, vergrote kans op scheurvorming als gevolg van meer warmte-ontwikkeling bij de verharding, grotere (trek)spanningen bij verhinderde vervormingen door een hogere E-modulus, vergrote kans op afsputten bij brand, etc.*

3.1.4	Advies
-------	--------

Voor de relatieve vochtigheid RH mag worden aangehouden:

RH = 100%	in water
RH = 95%	ondergronds (boven grondwater)
RH = 80%	buitenlucht boven water
RH = 75%	buitenlucht niet boven water
RH = 70%	binnen (onverwarmd)

Voor de omtrek  $u$  in 3.1.4(6) geldt dat voor holle kokers die niet worden geventileerd, alleen de buitenomtrek in rekening moet worden gebracht. Opgemerkt wordt dat dit niet geldt voor een uitbouwbrug tijdens de bouwperiode. De open uiteinden zorgen dan voor ventilatie.

3.2.2 (1)P	Advies
------------	--------

Voor de eigenschappen van betonstaal wordt verwezen naar NEN 6008, waarin prestatie-eisen zijn opgenomen voor de in Nederland gangbare betonstaalsoorten die voldoen aan NEN-EN 10080. Voor bruggen in Nederland zal meestal B500B worden toegepast.

*Toelichting:*

*Ductiliteitsklasse A is voor bruggen niet toegestaan (zie NEN-EN 1992-2, 3.2.4) en ductiliteitsklasse C is in Europees verband vooral bedoeld voor gebieden met risico van aardbevingen (Italië, Griekenland).*

Relevante eigenschappen voor de berekening zijn:

Bij een horizontale bovenste tak volgens 3.2.7 (2)b van EN 1992-1-1:  
 karakteristieke vloeigrens  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Bij een hellende bovenste tak volgens 3.2.7 (2)a zijn ook van belang:  
 karakteristieke breukrek  $\epsilon_{uk} = 5,0 \%$   
 coëfficiënt  $k = 1,08$

3.2.5	Eis
-------	-----

Het lassen van betonstaal moet zijn uitgevoerd in overeenstemming met NPR 2053.

Zie ook de aanvullingen op NEN-EN 13670, 4.3.2 en 6.4 en de aanvulling op NEN-EN 1992-1-1, 6.8.2 (4).

*Toelichting:*

*Door het voorschrijven van NPR 2053, BRL 503 en BRL 0512 wordt voorkomen dat de materiaalsterkte afneemt door het toevoegen van teveel laswarmte.*

3.3.1 (5)P	Advies
------------	--------

Verschillende delen van NEN-EN 10138 zijn nog niet definitief vastgesteld. Volgens de Nationale Bijlage mogen als alternatief voor 3.3, totdat alle delen van NEN-EN 10138 beschikbaar zijn, de voorspanstaalkwaliteiten worden toegepast zoals gedefinieerd in NEN 3868. Relevante eigenschappen voor de berekening zijn opgenomen in tabel 6-1.

**Tabel 6-1: Relevante eigenschappen van voorspanstaal voor de berekening**

type	kwaliteit	$f_{p0,1k}$ MPa	$f_{pk}$ MPa	$\epsilon_{uk}$ %	$\rho_{1000}$ %
draden	FeP1670	1440	1670	3,5	2,5
	FeP1770	1520	1770	3,5	2,5
strengen	FeP1860	1600	1860	3,5	2,5

waarin:

$f_{p0,1k}$  karakteristieke 0,1%-rekgrens

$f_{pk}$  karakteristieke treksterkte

$\epsilon_{uk}$  karakteristieke breukrek

$\rho_{1000}$  relaxatieverlies na 1000h onder spanning bij een gemiddelde temperatuur van 20 °C, uitgedrukt als percentage van de aanvangsspanning, verkregen bij een aanvangsspanning van  $0,7f_{pk}$

3.3.2 (4)P	Advies
------------	--------

Voorspandraden en -strengen volgens NEN 3868 vallen in relaxatieklasse 2.

3.4.1.2.2 (1)P	Toelichting
----------------	-------------

*Splijtwapening hoort bij de verankeringszone. Er wordt op gewezen dat voor de kracht in het spanelement de aanvangsvoorspankracht inclusief overspannen behoort te worden aangehouden.*

4.2 (2)	Eis
---------	-----

Voor milieuklassen bij betonnen kunstwerken wordt verwezen naar de aanvulling op NEN-EN 206 + [NEN 8005](#) in paragraaf 6.9.

<a href="#">4.4.1.1 (2)P</a>	Eis
------------------------------	-----

Op de tekeningen moet zowel de waarde van  $c_{nom}$  (of  $c_{toegepast}$ ) als de waarde van  $\Delta c_{dev}$  expliciet als zodanig worden vermeld.

<a href="#">4.4.1.2 (2)P</a>	Eis
------------------------------	-----

Voor constructieonderdelen die risicovol zijn ten aanzien van de constructieve veiligheid en die (na oplevering) niet of slecht inspecteerbaar of onderhoudbaar zijn, moet de minimumdekking  $c_{min}$  met 5 mm worden vermeerderd. Dit geldt bijvoorbeeld voor:

- het horizontale vlak van een tandconstructie (onder en boven)

- de horizontale en verticale vlakken aan weerszijden van en onder een voegconstructie
- de bovenzijde van het rijdek onder het asfalt
- de buitenzijde van een tunnel

Voor onbekiste oppervlakken moet de minimumdekking  $c_{min}$ , eventueel in aanvulling op voorgaande toeslag, met 5 mm worden vermeerderd. Deze toeslag vervalt als in verband met nabewerken een toeslag van ten minste 5 mm is aangehouden.

4.4.1.2 (5)	Eis
-------------	-----

Het is niet toegestaan om met alternatieve ontwerp- of berekeningsregels af te wijken van de voorgeschreven minimumdekking  $c_{min,dur}$ .

*Toelichting:*

*Hiermee wordt onder meer bedoeld dat het gebruik van CUR Leidraad 1 (VC81), Duurzaamheid van constructief beton met betrekking tot chloride-geïnitieerde corrosie – Leidraad voor het formuleren van prestatie-eisen, niet is toegestaan.*

4.4.1.2 (5)	Eis
-------------	-----

Bij tabel 4.3N –Constructieve classificatie gelden de volgende aanvullingen:

- <sup>3)</sup> Een element wordt beschouwd een plaatgeometrie te hebben indien de kleinste hoofdafmeting van het betreffende element groter (breder) is dan 1,0 meter.

*Toelichting:*

*De achtergrond van deze invulling is, in afwijking van hetgeen in NEN-EN 1992-1-1 wordt geïmpliceerd met "plaats van de wapening niet beïnvloed door het bouwproces", dat lokale aantasting bij een element met een hoofdafmeting groter dan 1,0 m (plaat) relatief weinig invloed zal hebben op het (rest)draagvermogen.*

- <sup>4)</sup> Voor vooraf vervaardigde betonproducten (die minimaal voldoen aan NEN-EN 13369) mag voor milieuklassen XC1 t/m XC4 en XD1 t/m XD3 de minimumdekking  $c_{min,dur}$  volgens NEN-EN 1992-1-1/NB, Tabel 4.4N en 4.5N met 5 mm worden verminderd indien, naast de eisen met betrekking tot de cementsoort in ROK par. 6.9, 5.2.2, aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:
- 1) de water-cementfactor of de water-bindmiddelfactor is kleiner dan of gelijk aan 0,45;
  - 2) 2/3 maal de grootste korrelafmeting D is niet groter dan de nominale betondekking  $c_{nom}$ .
- <sup>5)</sup> De vermindering van de constructieve classificatie met 1 klasse door een "Specifieke kwaliteitsbeheersing van de betonproductie" voor te schrijven, mag alleen worden toegepast voor vooraf vervaardigde betonproducten als bedoeld in NEN-EN 13670, 9.2. Daarbij moet worden voldaan aan de volgende voorwaarden:
- 1) de fabrikant moet zich houden aan de "inspection schemes" zoals beschreven in NEN-EN 13369, Annex D;
  - 2) de betonmortel moet zijn geproduceerd onder certificaat op basis van BRL 1801 of een daaraan gelijkwaardig certificaat (voor zolang er nog geen CE-certificaat voor betonmortel bestaat).

4.4.1.2 (7)	Advies
-------------	--------

Wanneer is aangetoond dat het beoogde roestvast staal geschikt is voor toepassing in gewapend beton, zowel met betrekking tot de mechanische eigenschappen als de corrosiebestendigheid, mag de waarde van  $\Delta c_{dur,st}$  gelijk aan 10 mm zijn genomen.

*Toelichting:*

*Merkblatt 866 Nichtrostender Betonstahl (1. Auflage 2011; uitgave van Informationsstelle Edelstahl Rostfrei) geeft aanbevelingen voor het toepassen van roestvast staal in beton.*

4.4.1.2 (13)	Eis (Tunnels, Natte kunstwerken)
--------------	----------------------------------

Aan de bovenzijde van het dak van een tunnelzinkelement, de bovenzijde van de bodem van een aquaduct of de bovenzijde van de vloer van een sluiskolk gelegen in een vaarweg met een CEMT-klasse niet hoger dan IV, moet de minimumdekking  $c_{min}$  worden vermeerderd met 50 mm. In de dekking moet een krimpnet worden aangebracht met een nominale dekking van 60 mm.

De bovenzijde van het dak van een tunnelzinkelement, de bovenzijde van de bodem van een aquaduct of de bovenzijde van de vloer van een sluiskolk gelegen in een vaarweg met een CEMT-klasse hoger dan IV, moet voorzien zijn van een beschermlaag zoals beschreven in rapport VAL 99-18.

4.4.1.2 (13)	Eis (Tunnels, Natte kunstwerken)
--------------	----------------------------------

Voor de dagzijde van sluizen (sluishoofd en sluiskolk) en aquaducten moet de minimumdekking  $c_{min}$  worden vermeerderd met +10 mm om ervoor te zorgen dat bij eventuele slijtage door schepen (groeven en botsen) voldoende dikte van de dekking als barriere overblijft om wapeningscorrosie te voorkomen.

4.4.1.3 (1)P	Eis
--------------	-----

Voor de waarde van  $\Delta c_{dev}$  moet ten minste 10 mm worden aangehouden.

4.4.1.3 (3)	Eis
-------------	-----

Indien is gegarandeerd dat een zeer nauwkeurig meetinstrument is gebruikt voor het monitoren van de betondekking (na een eventuele nabewerking) en dat constructieonderdelen c.q. elementen die niet voldoen, zijn verwijderd (bijvoorbeeld geprefabriceerde elementen), mag  $\Delta c_{dev}$  met maximaal 5 mm worden gereduceerd.

5.7	Eis
-----	-----

Het gebruik van niet-lineaire eindige elementen berekeningen (NLFEA – Non Linear Finite Element Analysis) is voor nieuwbouw niet toegestaan, tenzij anders met de opdrachtgever (schriftelijk) is overeengekomen.

5.8.2 (1)P	Eis
------------	-----

Een funderingspaal moet over de lengte dat hij vrijstaand is als kolom worden beschouwd.

5.10.1	Eis (Bruggen)
--------	---------------

Het in rekening brengen van voorspanning zonder aanhechting (VZA) in de eindsituatie is niet toegestaan.

*Opmerking:*

*Met voorspanning zonder aanhechting wordt voorspanning in het beton bedoeld en dus niet uitwendige voorspanning.*

5.10.5.2	Advies
----------	--------

Indien het voorspansysteem op moment van berekenen nog niet bekend is of als gegevens in een Europese Technische Goedkeuring ontbreken, mogen de waarden volgens tabel 6-2 worden aangehouden voor voorspankabels opgebouwd uit strengen in omhullingsbuizen (VMA, multi-systeem):

**Tabel 6-2: Voorspankabels, waarden van  $\mu$  en k**

Bij berekening van:	$\mu$	k (in $m^{-1}$ )
voorspanverliezen	0,23	0,009
aanvangskracht	0,13	0,003
verlenging voor spanprotocol	0,18	0,006

5.10.5.3 (2)	Advies
--------------	--------

Indien het voorspansysteem op moment van berekenen nog niet bekend is of als gegevens in een Europese Technische Goedkeuring ontbreken, mogen de volgende richtwaarden zijn aangehouden:

- a) strengen
  - systemen met propverankering 16 mm
  - systemen met wigverankering 7 mm
- b) draden
  - opgestuikte koppen 1 mm
- c) staven
  - staven met opgewalste schroefdraad 1 mm
  - gewinde staven 4 mm

*Toelichting:*

*Bij staven is onderscheid gemaakt tussen staven met opgewalste schroefdraad en zogenoemde "gewinde" staven. De gegeven waarden gelden voor zowel klok- als plaatverankeringen.*

5.10.7	Eis
--------	-----

In de berekening van de ligging van de voorspankabels moet rekening zijn gehouden met de verschuiving van het zwaartepunt van de kabel ten opzichte van het hart van het voorspankanaal. De kabel zal door het aanspannen gaan aanliggen aan de binnenzijde van de kromming. De grootte van de verschuiving is afhankelijk van de kabeldoorsnede en diameter van het voorspankanaal, e.e.a. volgens opgave leverancier. Voor de berekening mag tabel 6-3 zijn aangehouden.

**Tabel 6-3: Verschuiving van het zwaartepunt van voorspankabels**

aantal strengen	oppervlakte per streng [mm <sup>2</sup> ]	inwendige diameter omhullingsbuis [mm]	maximale verschuiving [mm]
12	100	60	8
12	100	65	11
12	100	70	14
19	100	75	10
19	100	80	13
19	100	85	16
12	150	75	11
12	150	80	14
12	150	85	17
19	150	90	12
19	150	95	15
19	150	100	18

Op de werktekening moeten de kabels zijn gemaatvoerd op basis van hart voorspankanaal (en dus niet op basis van zwaartepunt kabel).

6.1 (2)P	Eis
----------	-----

Drukwapening in plaatconstructies mag alleen worden meegerekend indien beugels, die het onder- en bovennet met elkaar verbinden, aanwezig zijn die het uitknikken van de drukstaven voorkomen.

6.8.4	Eis
-------	-----

De constructeur moet op tekening aangeven of hechtlassen mogen worden toegepast.

*Toelichting:*

*Door deze eis wordt voorkomen dat hechtlassen worden toegepast zonder dat hiermee rekening is gehouden in de vermoeingsberekening.*

6.8.4	Advies
-------	--------

*Voor de toetsing van beugels op vermoeing hoeft de reductiefactor voor gebogen staven  $\xi = 0,35 + 0,026 D / \varphi$  niet te worden toegepast.*

*Toelichting:*

*Dit was reeds aangegeven in NEN 6723:2009, 9.6.2 en heeft onder meer te maken met het feit dat slechts een beperkt deel van een dwarskrachtscheur in of nabij een bocht van beugels zal bevinden.*

*Toelichting:*

*Dit is opgenomen in NEN-EN 1992-2/NB, 6.8.1 (109).*

6.8.7	Toelichting
-------	-------------

De vermoeingstoets voor beton onder druk of afschuiving mag volgens de norm op drie manieren worden uitgevoerd:

1. Vereenvoudigde methode met  $\lambda$ -waarden (Bijlage NN);
2. Regel van Miner (NEN-EN 1992-2, 6.8.7 (101));
3. Volgens NEN-EN 1992-1-1, 6.8.7 (2) tot en met (4).

Methode 1 valt af voor wegverkeer, omdat in Annex NN alleen  $\lambda$ -waarden zijn opgenomen voor spoorverkeer.

7.3	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Voor waterkerende delen van de betonconstructie mogen voor scheurbeheersing tijdens de verhardingsfase de volgende ontwerpmethoden worden gebruikt:

1. Voorkomen van scheurvorming door maatregelen tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld door koelen en/of een aangepast betonmengsel);
2. Beperking van de scheurwijdte door middel van (extra) wapening.

*Toelichting:*

*Vooral als nieuw beton gestort wordt tegen reeds verhard beton, is het risico aanwezig dat doorgaande scheurvorming optreedt als gevolg van hydratatiespanningen in het later gestorte constructiedeel. Hierdoor kan de vereiste waterdichtheid in het gedrang komen. Ook de duurzaamheid van de wapening kan dan problematisch worden.*

*Door het toepassen van kunstmatige koeling van het verhardende beton kan doorgaande scheurvorming worden voorkomen. Door het aanbrengen van extra wapening kan de scheurwijdte zodanig klein gehouden worden dat vrijwel geen lekkage optreedt. Indien gekozen wordt voor het toepassen van extra scheurwijdte beperkende wapening, wordt opgemerkt dat het gebruik van NEN-EN 1992-3 over het algemeen een veel te laag wapeningspercentage geeft; zie bijvoorbeeld "Early age thermal crack control in concrete; CIRIA C660", waarin staat aangegeven op welke wijze NEN-EN 1992-3 aangepast moet worden.*

Het injecteren van doorgaande watervoerende scheuren, zonder maatregelen om scheurvorming te voorkomen (methode 1) en/of zonder extra wapening aan te brengen (methode 2), mag niet als ontwerpmethode worden gehanteerd. Het injecteren van doorgaande scheuren mag alleen worden gebruikt als corrigerende maatregel bij onverhoopte scheurvorming.

Hierna is ingegaan op de uitgangspunten die moeten worden gehanteerd voor de berekening van hydratatiespanningen bij gebruik van methode 1. Voor eisen met betrekking tot de uitvoering bij koelen wordt verwezen naar de ROK bepaling bij NEN-EN 13670, 8.5.

Onderwaterbetonvloer (ongescheurd gedrag verondersteld):

Elasticiteitsmodulus:	$E'_b = 28500 \text{ MPa (C20/25)}$
Dwarscontractiecoëfficiënt:	$\nu = 0,2$
Thermische uitzettingscoëfficiënt:	$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ 1/K}$
Soortelijke massa:	$\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$
Warmtegeleidingscoëfficiënt:	$\lambda = 2,6 \text{ W/(m.K)}$
Warmteconvectiecoëfficiënt:	$\alpha_{\text{con}} = 5,6 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , windsnelheid ( $v$ ) is 0 m/s
Soortelijke warmte:	$c = 1,0 \text{ kJ/(kg K)}$
Krimp:	Wordt buiten beschouwing gelaten, omdat deze in werkelijkheid gering zijn, aangezien de vloer onder water verhardt.
Kruip en relaxatie:	Wordt buiten beschouwing gelaten.

Voor de constructievloer op onderwaterbeton en overige situaties (zoals bijvoorbeeld later gestorte wanden op een vloer)

Adiabaat:	volgens opgave betonleverancier
Soortelijke massa:	$\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
Dwarscontractiecoëfficiënt:	$\nu = 0,2$
Thermische uitzettingscoëfficiënt:	$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ 1/K}$
Warmtegeleidingscoëfficiënt:	$\lambda = 4,0 \text{ W/(m K)}$ voor $t = 0$ dagen $\lambda = 2,6 \text{ W/(m K)}$ voor $t = 28$ dagen
Warmteconvectiecoëfficiënt:	constructievloer op onderwaterbeton: $\alpha_{\text{con}} = 17,6 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , bovenkant, windsnelheid ( $v$ ) is $3,0 \text{ m/s}$ $\alpha_{\text{con}} = 5,6 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , onder- en zijkant, windsnelheid ( $v$ ) is $0 \text{ m/s}$ wand op vloer: $\alpha_{\text{con}} = 17,6 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ , zijkant, bovenkant, windsnelheid ( $v$ ) is $3,0 \text{ m/s}$
Soortelijke warmte:	$c = 1,1 \text{ kJ/(kg K)}$
Krimp (m.u.v. autogene krimp):	niet meenemen omdat: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plastische krimp kan door een goede nabehandeling voorkomen worden.</li> <li>2. Chemische krimp nauwelijks uitwendige vormverandering tot gevolg heeft.</li> <li>3. Spanningen ten gevolge van uitdrogingskrimp langzaam in de tijd optreden en daardoor zullen wegrelaxeren.</li> </ol>

Voor constructies waarbij de hoeveelheid in het werk gestort beton  $5000 \text{ m}^3$  of meer bedraagt, moet de grootte van de autogene krimp bekend c.q. bepaald zijn. In het kader van de bepaling van de kans op scheurvorming moeten de bepaalde waarden voor de autogene krimp in rekening worden gebracht.

*Toelichting:*

*Tot voor kort werd aangenomen dat autogene krimp geen significante rol speelt bij water-cement factoren groter dan 0,4. Uit recente ervaringen en onderzoek is echter gebleken dat bij het gebruik van CEM III ook bij water-cement factoren van 0,5 de grootte van de autogene krimp significant kan zijn. De in NEN-EN 1992-1-1, 3.1.4 (6) gegeven formules voor de bepaling van de grootte van de autogene krimp zijn volgens recent onderzoek geschikt bij gebruik van CEM I, maar onderschatten de grootte van de autogene krimp bij CEM III echter significant. Door de niet te verwaarlozen autogene krimp wordt, bij gebruik van CEM III, de kans op scheurvorming bij verhinderde temperatuurvervormingen als gevolg van het hydratatieproces significant vergroot. Gezien het voorgaande is het noodzakelijk het verschijnsel autogene krimp in de koelberekeningen mee te nemen. Daartoe moet de grootte van de autogene krimp door middel van beproeving op het betreffende betonmengsel worden bepaald.*

Uitvullaag tussen constructievloer en owb-vloer

De mechanische eigenschappen worden niet meegenomen, dit in tegenstelling tot de thermische eigenschappen.

Materiaaleigenschappen

Als er geen specifieke gegevens voorhanden zijn, moeten tabel 6-4 en tabel 6-5 worden aangehouden.

**Tabel 6-4: Materiaaleigenschappen beton, grond en staal**

Grootheid	Eenheid	Beton	Grond	Staal
Volumieke massa	Kg/m <sup>3</sup>	2400	1600	7850
Warmtecapaciteit	KJ/(kg °C)	1,1	0,87	0,53
Warmtegeleiding	W/(m °C)	2,6	1,0	52
Uitzettingscoëfficiënt	1/°C	12·10 <sup>-6</sup>	-	12·10 <sup>-6</sup>

**Tabel 6-5: Warmtegeleiding hout, Promatect-H en PUR isolatie**

Grootheid	Eenheid	Hout	Promatect-H	PUR isolatie
Warmtegeleiding	W/(m °C)	0,145	0,17	0,0035

Thermische randvoorwaarden

Storttemperatuur constructievloer

Winter 10 °C

Herfst/lente 17 °C

Zomer 26 °C

Omgevingstemperatuur

Winter gemiddeld 5 °C, amplitude 4 °C

Herfst/lente gemiddeld 12 °C, amplitude 6 °C

Zomer gemiddeld 21 °C, amplitude 5 °C

Grond- en grondwatertemperatuur en owb-vloer starttemperatuur

Winter 7 °C

Herfst/lente 12 °C

Zomer 16 °C

Er moet tevens een berekening worden gemaakt met een constante grondwatertemperatuur van 10 °C.

In de temperatuur- en spanningsberekeningen moet rekening worden gehouden met de temperatuurval na ontkisten. Tevens moet rekening worden gehouden met een plotselinge buitentemperatuur van -10 °C na:

- 100 dagen bij storten in de zomer
- 50 dagen bij storten in de herfst
- 3 dagen bij storten in de winter
- 200 dagen bij storten in de lente

De snelheid van daling naar -10 °C bedraagt 0,5 °C/uur. Wanneer (nog) niet bekend is wanneer de vloer wordt gestort, moet worden uitgegaan van de zomer.

Translatieverhindering

Ook wanneer tussen de onderwaterbeton en constructievloer een uitvullaag aanwezig is, moet de translatie volledig door de palen verhinderd worden geacht.

*Toelichting:*

*In de praktijk wordt geen positief effect waargenomen voor de kans op scheurvorming als gevolg van een uitvullaag boven het onderwaterbeton. Een goed ontwerp gaat uit van het niet bezwijken van de paal. Afhankelijk van de uitvoering zou een schol uit de constructievloer gedrukt kunnen worden waarbij wrijving over de paalkop en vloeien van de stekwapening zal optreden (paal steekt korte afstand in constructievloer). Een ander mechanisme zou het afschuiven van de paal kunnen zijn (paal steekt diep in constructievloer). De krachten die benodigd zijn voor beide mechanismen moeten hoger zijn dan de belasting op de paal ten gevolge van temperatuurspanningen.*

Wanneer geen uitvullaag aanwezig is (constructievloer direct op owb-vloer), werken constructievloer en owb-vloer samen als een monoliete constructie.

Verticale veerstijfheid

De verticale veerstijfheid van [op trek belaste](#) damwanden en palen moet worden bepaald volgens CUR Aanbeveling 77, bijlage B. Hierop moet tevens een variatie met  $\sqrt{2}$  worden toegepast.

Toelaatbare trekspanningen bij kunstmatige koeling van verhardend beton

Bij de toetsing moet worden uitgegaan van een sterktecriterium van 0,5 maal de gemiddelde treksterkte ( $0,5 f_{ctm}$ ). Voor lokale trekspanningen over 10% van de doorsnede mag een verhoogd criterium tot 0,7 maal de gemiddelde treksterkte van het beton worden gehanteerd, onder voorwaarde dat over de doorsnede een 'gemiddeld' sterktecriterium van 0,5 maal de gemiddelde treksterkte geldt.

7.3.1 (5)	Eis
-----------	-----

[De grenswaarden  \$w\_{max}\$  volgens tabel 7.1N moeten worden gelezen in twee cijfers achter de komma, dat willen zeggen 0,2 mm = 0,20 mm, etc.](#)

7.3.1 (5)	Advies
-----------	--------

Indien de betondekking op een voorspankanaal  $\geq 200$  mm is, mag bij "elementen met een combinatie van betonstaal en voorspanstaal met aanhechting" de scheurwijdte worden getoetst aan de eisen voor "elementen met betonstaal en/of voorspanstaal zonder aanhechting".

*Opmerking:*

*Eventueel voorspanstaal in dwarsrichting moet ook worden beschouwd.*

7.4.1	Eis (Bruggen)
-------	---------------

Voor betonnen bruggen geldt het volgende ten aanzien van de blijvende zeeg.

Een blijvende zeeg wordt gedefinieerd als de opbuiging van de onderzijde van het rijdek ten opzichte van een rechte lijn die loopt van bovenzijde hart oplegging tot bovenzijde hart oplegging, nadat alle blijvende belastingen zijn aangebracht en alle tijdsafhankelijke effecten geheel zijn opgetreden.

Ten aanzien van de blijvende zeeg gelden de volgende bepalingen:

- Een eventuele (significante) vervorming van bekisting en bijbehorende ondersteuning moet meegenomen worden in de vervormingsberekeningen;
- De bouwfasering moet in beschouwing worden genomen indien relevant;

- Bij constructies met een recht c.q. vrijwel recht verlopende onderzijde moet een blijvende zeeg aangehouden worden van 1/1000 van de overspanning. Bij constructies die worden uitgevoerd volgens het mootgewijze schuifstelsel mag van deze richtlijn worden afgeweken. De esthetische consequenties hiervan moeten dan wel bij de afweging tussen alternatieven worden meegenomen;
- Bij constructies waarbij de doorbuiging door eigen gewicht plus voorspanning groot is (> 100 mm) en waarbij dus ook de variatie in grootte van de doorbuiging groot kan zijn, moet een extra zeeg op het verticale alignement van de rijbaan worden aangebracht. Deze extra zeeg wordt opgebouwd uit twee waarden:
  - 10 % van de direct optredende vervorming door eigen gewicht plus voorspanning, berekend met het definitieve statische systeem.
  - 60 % van de kruipvervorming die rekentechnisch gezien nog optreedt na de bouwfase. Deze kruipvervorming moet betrokken worden op het eigen gewicht plus voorspanning.

*Toelichting:*

*10 % vanwege de variatie op de grootte van de voorspanning en de E-modulus en 60 % vanwege de variatie op kruip.*

Verondersteld mag worden dat constructies met geprefabriceerde liggers voldoen aan de bepalingen voor de blijvende zeeg indien een opbuiging resteert van ten minste 1/2000 van de elementlengte bij een belasting van 1,1 maal eigen gewicht plus voorspanning in de eindtoestand ( $t = \infty$ ).

*Toelichting:*

*Bij eigengewicht is asfalt(beton), schamkanten etc. inbegrepen.*

*Toelichting:*

*Argumenten om een blijvende zeeg toe te passen, zijn:*

- *Esthetica: een rechte onderkant oogt alsof deze doorhangt (met een niet rechte onderbelijning heeft het toepassen van een optische zeeg geen nut).*
- *Vervormingen door de verkeersbelastingen: deze vervormingen kunnen aanzienlijk zijn en daarom het profiel van vrije ruimte negatief beïnvloeden.*
- *Verskil tussen theorie en praktijk: de werkelijke optredende vervormingen kunnen afwijken van de theoretisch berekende vervormingen.*

8	Eis (Bruggen)
---	---------------

In aanvulling op de regels in hoofdstuk 8, gelden de eisen in de volgende artikelen van [de vervallen norm NEN 6723:2009](#):

- 10.1.5 wapening in kolommen
- 10.1.6 wapening bij geconcentreerde lasten
- 10.1.7 minimale wapening in consoles
- 10.1.8 minimale kenmiddellijn
- 10.1.9 wapening in betonscharnieren
- 10.1.10 wapening i.v.m. krommingsdrukken door gebogen voorspanelementen
- 10.1.11 niet-vervangbare voorspanelementen
- 10.2 lassen en branden nabij voorspanelementen
- 10.3 klemmofverbindingen
- 10.5 uitvoering
- 10.6 voegen

Bij tegenstrijdigheid tussen de eisen in bovenstaande artikelen en artikelen in NEN-EN 1992-1-1 of NEN-EN 1992-2, is de strengste eis van toepassing.

*Toelichting:*

*Vooralsnog is het de bedoeling dat artikelen uit NEN 6723:2009 die niet tegenstrijdig zijn met NEN-EN 1992-1-1 of 1992-2 zullen worden opgenomen in een volgende versie van de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1992-2. Tot het moment dat hierover duidelijkheid is, zal in de ROK naar de artikelen in NEN 6723:2009 worden verwezen. Aangezien de vervallen norm NEN 6723:2009 niet meer verkrijgbaar is, zijn de betreffende artikelen hierna overgenomen.*

**10.1.5 Wapening in kolommen**

De wapening in kolommen moet voldoen aan 9.11.5 van NEN 6720. Het minimaal aantal langsstaven dat in ronde kolommen is vereist, is zes staven per kolom.

Bij kolommen of pijlers die zijn blootgesteld aan aanrijdings- of aanvaringsgevaar moeten in aanvulling op 9.5.2 van NEN 6720 de beugeleinden elkaar ten minste over een lengte  $l_{vo}$  overlappen of naar binnen toe worden verankerd. Bij rechthoekige beugels geldt dat als de beugeleinden elkaar over de lengte van een zijde overlappen die langer is dan  $15 \Phi_s$  met die lengte mag worden volstaan.

### 10.1.6 Wapening bij geconcentreerde lasten

#### 10.1.6.1 Splijttrekkkrachten en randtrekkkrachten

Bij de inleiding van een verticale oplegreactie in een brugdek, kolom, pijler of landhoofd moet op splijttrekkkrachten ( $N_{spl,x,d}$ ,  $N_{spl,y,d}$ ) en randtrekkkrachten ( $N_{ra,x,d}$ ,  $N_{ra,y,d}$ ) volgens figuur 16 worden gerekend.

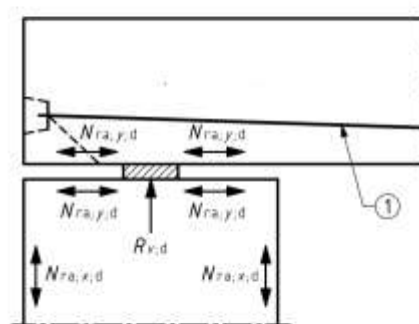
Voor wat betreft de splijttrekkkrachten geldt dat hiervoor voorzieningen moeten worden getroffen indien de rekenwaarde van de druk in de bruikbaarheidsgrenstoestand ( $\gamma_b = 1,0$ ) in het aangrijpingsvlak van de geconcentreerde last groter dan  $0,7 f_b$  is.

De randtrekkkrachten moeten, gecombineerd met de horizontale trekkkrachten uit de oplegblokken, door wapening worden opgenomen.

Voor het bepalen van de toelaatbare spanning in het betonstaal wordt naar 7.3.5 verwezen.

OPMERKING 1 Voor het bepalen van de optredende splijt- en randtrekkkrachten kan CUR-rapport 88-4 worden geraadpleegd.

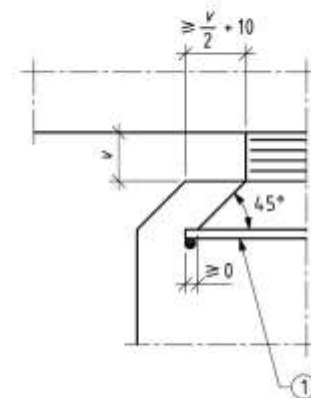
OPMERKING 2 Voor andere geconcentreerde belastingen dan een verticale oplegreactie kan een vergelijkbare berekening worden uitgevoerd.



#### Legenda

1 trekband

**Figuur 16 — Randtrekkkrachten**  
 $N_{ra,x,d}$  in pijler en  $N_{ra,y,d}$  in brugdek en pijler



#### Legenda

1 wapeningsnet

**Figuur 17 — Wapeningsnet in oplegvlak**

OPMERKING 3 Voor uitgebreidere informatie kan CUR-rapport 88-4 worden geraadpleegd.

#### 10.1.6.2 Wapening nabij ongewapende rubberoplegblokken

Bij toepassing van ongewapende rubberoplegblokken moet direct onder en boven het oplegblok een wapeningsnet van betonstaal worden aangebracht, en wel zo dat nog juist aan de voorgeschreven betondekking volgens 9.2 van NEN 6720 wordt voldaan (figuur 17). De benodigde wapening moet op de optredende trekkkracht en de toelaatbare staalspanning  $\sigma_s$  volgens 9.13.1 van NEN 6720 zijn gebaseerd.

OPMERKING Door de belasting op een ongewapend rubberoplegblok wijkt het rubber zijdelings uit en veroorzaakt daardoor trekspanningen in het betonnen oplegvlak.

De grootte van de rekenwaarde van de optredende horizontale trekkraft  $S_{h,d}$  in het betonnen oplegvlak moet worden bepaald met de formule:

$$S_{h,d} = \frac{a \times b \times S_{h,d,m} \times c}{2(a + b)}$$

waarin:

$S_{h,d,m}$  is een fictieve rekenwaarde van de optredende gemiddelde horizontale trekkraft per lengte, te bepalen met figuur 18, in kN/mm;

$a$  is de lengte van het oplegblok in dwarsrichting van de brug en evenwijdig met de as van rotatie, in mm;

$b$  is de breedte van het oplegblok in de langsrichting van de brug, in mm;

$c$  is een coëfficiënt afhankelijk van de ruwheid van de bekisting.

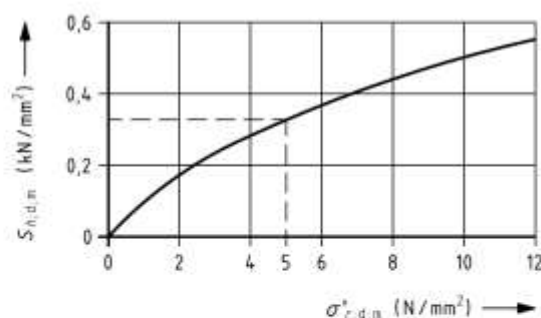
$c$  is voor:

hout 1,00;

kunststof 0,66;

staal 0,50;

ongekist oppervlak 1,00.



**Figuur 18** — Verloop van  $S_{h,d,m}$  afhankelijk van de gemiddelde optredende drukspanning in het rubber  $\sigma_{r,d,m}$  door verticale belasting  $F_{v,d}$  uit de brugconstructie

De maximale staafafstand in dit wapeningsnet mag ten hoogste 80 mm bedragen.

Indien geen haarspelden worden toegepast op de wijze zoals in figuur 19 wel is aangegeven, moet het wapeningsnet zijn voorzien van een randstaaf die aan de staven in de andere richting is vastgelast. Deze randstaaf moet buiten de zone die is bepaald door een spreiding onder  $45^\circ$  vanuit de rand van het rubberoplegblok worden aangebracht (zie de figuren 17 en 19).

De hier genoemde wapening is aanvullend op de benodigde wapening volgens 10.1.6.1.

### 10.1.7 Minimale wapening in consoles

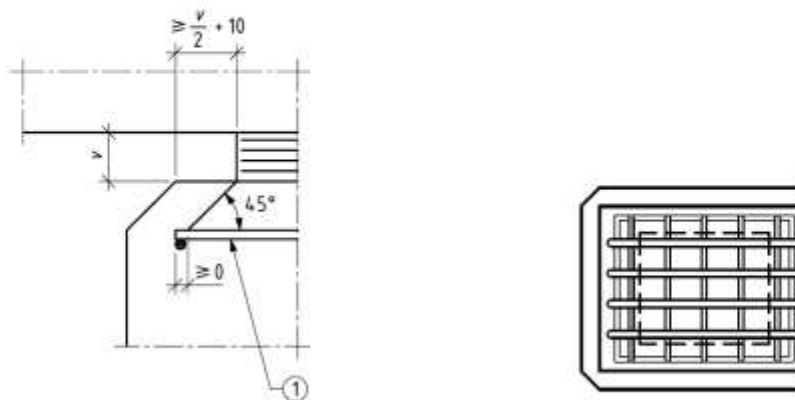
De minimale hoofdtrekwapening  $A_s$  in consoles moet ten minste 0,4 % bedragen (zie figuur 21) en moet worden betrokken op de grootste totale hoogte op de plaats van de inklemming.

Deze wapening moet in het aansluitende onderdeel worden verankerd.

OPMERKING 1 De voorgeschreven minimale wapening dient om de scheurwijdte in consoles te beperken.

In de console moeten bovendien horizontale beugels worden aangebracht over een hoogte van  $\frac{2}{3} h$  en met een gezamenlijke doorsnede  $A_{s,b}$  die minimaal gelijk is aan  $0,4 \times A_s$ . De beugels moeten in het aansluitende onderdeel worden verankerd. Deze beugels mogen bij de bepaling van de draagkracht niet worden meegerekend (zie figuur 20).

OPMERKING 2 Bij tandconstructies behoort de ophangwapening de drukboog geheel te omsluiten i.v.m. het ontbreken van de ondersteuning aan de onderzijde.

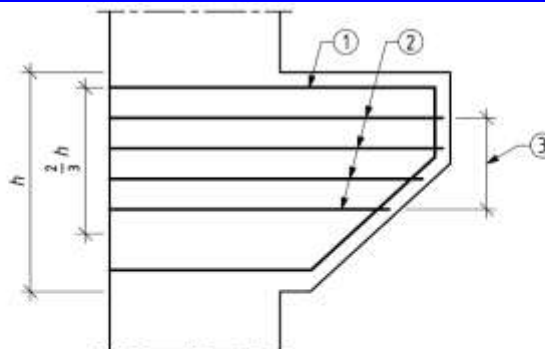


#### Legenda

1 haarspeld

Figuur 19 — Haarspelden in oplegvlak

Figuur 20 — Bovenaanzicht



#### Legenda

- 1  $A_s \geq 0,4 \% A_b$   
 $A_s$  (consolewapening)
- 2  $A_{s,b}$  (horizontale beugels)
- 3  $A_{s,b} \geq 0,4 A_s$

Figuur 21 — Horizontale beugels in consoles

OPMERKING 3 De voorgeschreven beugels dienen voor het omsluiten van de drukboog.

**10.1.8 Minimale kenmiddellijn**

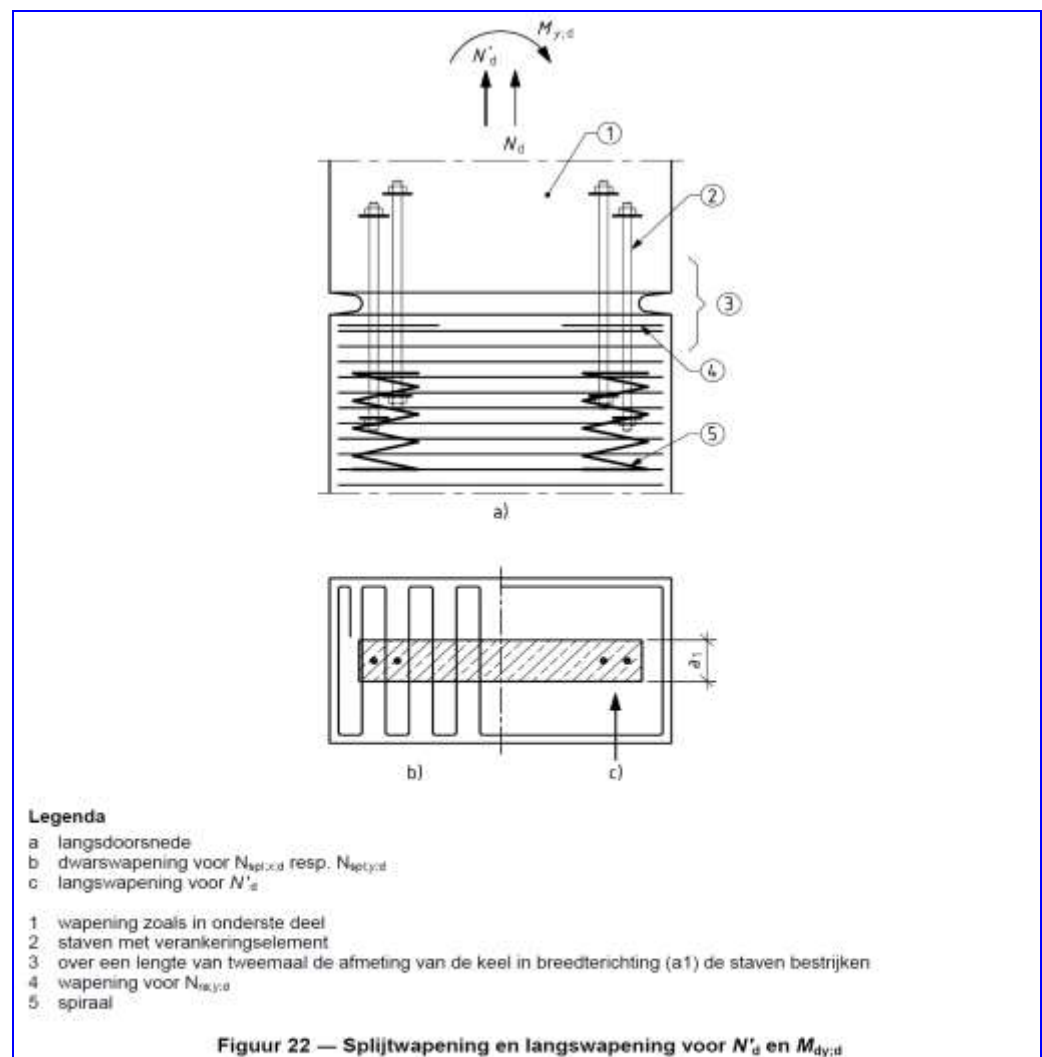
De kenmiddellijn van de wapening van betonstaal moet aan 9.9.1 van NEN 6720 voldoen. Tevens mag de kenmiddellijn die wordt toegepast niet kleiner zijn dan:

- 10 mm voor FeB 220;
- 6 mm voor FeB 500.

**10.1.9 Wapening in betonscharnieren**

De verankeringslengte van de uvelstaven door de keel van betonscharnieren volgens 7.3.3 moet aan beide zijden van de keel ten minste 30 maal de kenmiddellijn van de staaf zijn.

Voor het opnemen van de trekkracht  $N_d$  en van het moment  $M_{y,d}$  in de richting loodrecht op de scharnieras moeten staven van voorspanstaal die zijn voorzien van schroefdraad en moer worden toegepast (zie figuur 22). De staven moeten met bitumen of een ander middel worden bestreken om aanhechting te voorkomen, zoals in figuur 22 is aangegeven.



**OPMERKING** De benodigde wapening voor het opnemen van de totale horizontale dwarskracht  $V_d$  beperkt het functioneren van het scharnier. Een deel van de verticale belasting wordt door de staven direct opgenomen. Door kruip neemt dit aandeel van de staven nog toe. De drukspanning in de keel wordt lager en zal bij een kleinere hoekverdraaiing leiden tot trekspanningen in de rand van de keel. Dit kan leiden tot de overweging een ander type oplegging toe te passen. De vorm van de staven van de wapening voor de splijttrekkrachten  $N_{spl,x,d}$  en  $N_{spl,y,d}$  en de randtrekkrachten  $N_{a,y,d}$  is eveneens in figuur 22 aangegeven.

#### 10.1.10 Wapening in verband met krommingsdrukken door gebogen voorspanelementen

Trek- en/of splijttrekspanningen door krommingsdrukken bij gebogen voorspanelementen die niet door het beton kunnen worden opgenomen, moeten door wapening worden opgenomen.

#### 10.1.11 Niet-vervangbare voorspanelementen

Bij niet-vervangbare voorspanelementen of onderdelen van voorspanelementen mag, in afwijking van het gestelde in 4.1.4.5 van NEN 6720, de toegelaten overschrijding van de aanvangsvoorspankracht niet worden toegepast.

**OPMERKING** Onder een niet-vervangbaar voorspanelement wordt verstaan een voorspanelement dat niet zonder meer kan worden vervangen door een nieuw voorspanelement indien er bij het spannen iets misgaat. In het algemeen wordt onder een niet-vervangbaar voorspanelement een voorspanelement met 'blinde' verankering verstaan. Door de strengere eis voor de aanvangsspanning in het voorspanstaal ontstaat een extra reserve tegen breuk van de voorspandraden of -strengen, en tegen het doorslippen van de draden of strengen aan de zijde van de blinde verankering.

### 10.2 Lassen en branden nabij voorspanelementen

Voor de definitie van een voorspanelement wordt naar 2.5 van NEN 6720 verwezen.

Er moet worden voldaan aan de volgende bepalingen:

- a) Lassen of branden in de nabijheid van voorspanelementen is slechts toegelaten indien maatregelen worden getroffen tegen beschadiging van de voorspanelementen of onderdelen daarvan.

**OPMERKING 1** Beschadiging van voorspanstaal kan bijvoorbeeld door lasspatten worden veroorzaakt. Omhullingsbuizen vormen hiertegen geen afdoende bescherming, tenzij de wanddikte 2 mm of meer bedraagt.

- b) Indien elektrisch moet worden gelast in de nabijheid van voorspanelementen, nadat het voorspanstaal in het werk is aangebracht, is uitsluitend gebruik van wisselstroom toegelaten. De aardklem moet zo dicht mogelijk bij de las worden aangebracht. Daardoor moet worden voorkomen dat de retourstroom via enig voorspanelement kan lopen.

**OPMERKING 2** Een en ander dient ter voorkoming van elektrische oplading van de wapeningskorf en/of het voorspanelement.

- c) Lassen of branden aan voorspanelementen is niet toegelaten.

- d) De voorspandraden of -strengen moeten door slijpen worden afgekort.

- e) In afwijking van het gestelde in d) mogen voorspanstaven, -draden en -strengen worden doorgebrand, mits de temperatuur op de plaats van de verankeringvoorziening lager dan 380 °C blijft en het gestelde onder b) in acht wordt genomen.

**OPMERKING 3** Bij verankering door aanhechting ligt de plaats waar de voorspankracht zijn maximale waarde wordt geacht te hebben zover van het uiteinde van het voorspanelement, dat de beperkende voorwaarde voor de temperatuur niet hoeft te worden aangehouden.

### 10.3 Klemmofverbindingen

In voorspanstaal is het toepassen van klemmofverbindingen niet toegelaten.

## 10.5 Uitvoering

### 10.5.1 Hijsvoorzieningen

Indien hijsogen van betonstaal worden toegepast, moeten hiervoor gesloten beugels worden toegepast. Deze beugels moeten tot onderin de ligger reiken.

De veiligheid voor breuk en aanhechting van de beugel moet ten minste een factor 4,0 bedragen.

### 10.5.2 Stabiliteit

Liggers moeten in de verschillende uitvoeringsstadia op stabiliteit worden gecontroleerd.

OPMERKING Voor het controleren van de stabiliteit bij het hijsen en van het gevaar van plooiën van het lijf van de ligger kunnen de CUR-rapporten 38 en 39 worden geraadpleegd.

### 10.5.3 Voorspanning

In het bouwstadium moeten niet-geïnjecteerde kabels als voorspanning zonder aanhechting (VZA) worden beschouwd.

OPMERKING Met het oog op de veiligheid verdient het aanbeveling de voorspankanalen zo spoedig mogelijk na het aanbrengen van de voorspanning te injecteren.

## 10.6 Voegen

### 10.6.1 Uitvoering van stortvoegen tussen delen van als monoliet berekende constructies

Er moet aan de volgende bepalingen worden voldaan.

- a) Voegen tussen delen van als monoliet bedoelde constructies waarbij  $r_u$  volgens 9.2.1 is bepaald, moeten voldoen aan de eisen die in NEN 6722 worden gesteld.
- b) Voegen met opgeruwde aansluitvlakken waarbij  $r_u$  volgens 8.2.1 is bepaald, moeten op één van de volgende manieren worden gerealiseerd:
  - 1) het in de bekisting aanbrengen van een onregelmatige oppervlaktestructuur met een structuurdiepte van ten minste 5 mm over ten minste 80 % van de oppervlakte;
  - 2) het in de bekisting aanbrengen van een regelmatige structuur loodrecht op de richting van de schuifspanningen van structurelementen met een hoogte van ten minste 20 mm, een breedte van ten minste 1,5 maal de hoogte en een hart-op-hartafstand van ten hoogste 80 mm over ten minste 80 % van de oppervlakte.

### 10.6.2 Uitvoering van voegen tussen elementen die uitsluitend met elkaar zijn verbonden door voorgespannen voorspanstaal

Voegen tussen elementen die uitsluitend met elkaar zijn verbonden door voorgespannen voorspanstaal zijn alleen toelaatbaar bij geconstrueerde elementen.

OPMERKING 1 Gecontramalde elementen zijn elementen waarbij het contactvlak van het ene element wordt gebruikt als bekisting voor het in de definitieve toestand aangrenzende contactvlak van het volgende element.

Voegen zonder lijm zijn toelaatbaar indien:

a) het te monteren element in de richting loodrecht op het contactvlak een breedte heeft kleiner dan of gelijk aan 1500 mm

of

het element zo buigslap is, dat als een horizontale belasting wordt aangebracht met een waarde van 10 % van de onder  $d$  als minimum vereiste gelijkmatige druk op het statisch bepaald ondersteunde enkele element, deze het element een horizontale uitbuiging geeft die groter is dan of gelijk is aan de toegelaten horizontale toevallige uitbuiging van het element

en

b) de voerspanelementen voor het realiseren van de contactdruk een hart-op-hartafstand hebben kleiner dan of gelijk aan  $2/3 b$

en

c) de totale constructiehoogte  $h$  van de doorsnede van het contactvlak kleiner is dan of gelijk is aan 500 mm is

of

$b$  kleiner is dan of gelijk is aan  $0,5 h$

en

d) de contactdruk tussen de elementen overeenkomt met een gelijkmatige druk groter dan of gelijk aan  $2,5 \text{ N/mm}^2$ .

In alle andere gevallen moeten aanvullende maatregelen worden genomen om de bescherming van het voerspanstaal voldoende te waarborgen.

OPMERKING 2 Voldoende bescherming wordt geboden door de contactvlakken van de geprefabriceerde elementen voorafgaand aan de montage met kunstharslijm te bestrijken. De lijm behoort een zodanige verwerkingstijd te hebben, dat deze pas verhardt nadat de gemonteerde elementen door voorspanning met elkaar zijn verbonden.

### 10.6.3 Afwerking van voegen

Langs- en dwarsvoegen in het brugdek moeten aan de bovenzijde van het brugdek, voordat het intermediair tussen verkeer en brugdek wordt aangebracht, waterdicht met een voegoverbruggend semi-elastisch materiaal worden afgedicht.

Deze strook moet ter weerszijden van de voeg een minimale breedte van 75 mm hebben. Indien een plakstrook wordt aangebracht, geldt hiervoor een minimale breedte van 125 mm. Het daarvoor benodigde materiaal moet bestand zijn tegen de mechanische en thermische belastingen die er tijdens, door en na het aanbrengen van het intermediair op worden uitgeoefend.

### 10.6.4 Voerspaneenheden die op de plaats van voegen worden beëindigd

Indien voerspaneenheden worden afgespannen en beëindigd op het kopvlak van een element van een als monoliet berekende constructie, moet als volgt worden gehandeld.

Voordat het volgende element wordt aangebracht, moet het element waarop was afgespannen een gecorrigeerde ouderdom hebben van ten minste 42 dagen volgens 6.1.5 van NEN 6720.

Indien aan deze voorwaarde niet wordt voldaan, moet van de aanvangsvoorspankracht  $F_{pi}$  een gedeelte door betonstaal worden overgebracht op het laatst aangebrachte element, te weten:

$$0,3 F_{pi} - 1,33 A_o \sigma'_{b,\phi}$$

waarin:

$A_o$  is de oppervlakte van de brutodoorsnede van de verankering, in  $\text{mm}^2$ ;

$\sigma'_{b,\phi}$  is de rekenwaarde van de optredende betondrukspanning, op de plaats van de op de voeg afgespannen eenheid, uit de overige voorspaneenheden en de rustende belasting samen, in  $\text{N/mm}^2$ .

Deze wapening moet worden verdeeld over het vlak met een oppervlakte gelijk aan  $4 A_o$ , concentrisch rondom het verankeringsvlak, waarbij de optredende staalspanning  $\sigma_s$  moet voldoen aan 9.13 van NEN 6720.

Verder moet de wapening aan beide zijden van de voeg ten minste de vereiste verankeringslengte hebben.

De hiervoor benodigde wapening moet worden toegevoegd aan de wapening die op andere gronden aanwezig moet zijn (zie onder andere de voorgeschreven minimale wapening in 10.1.2).

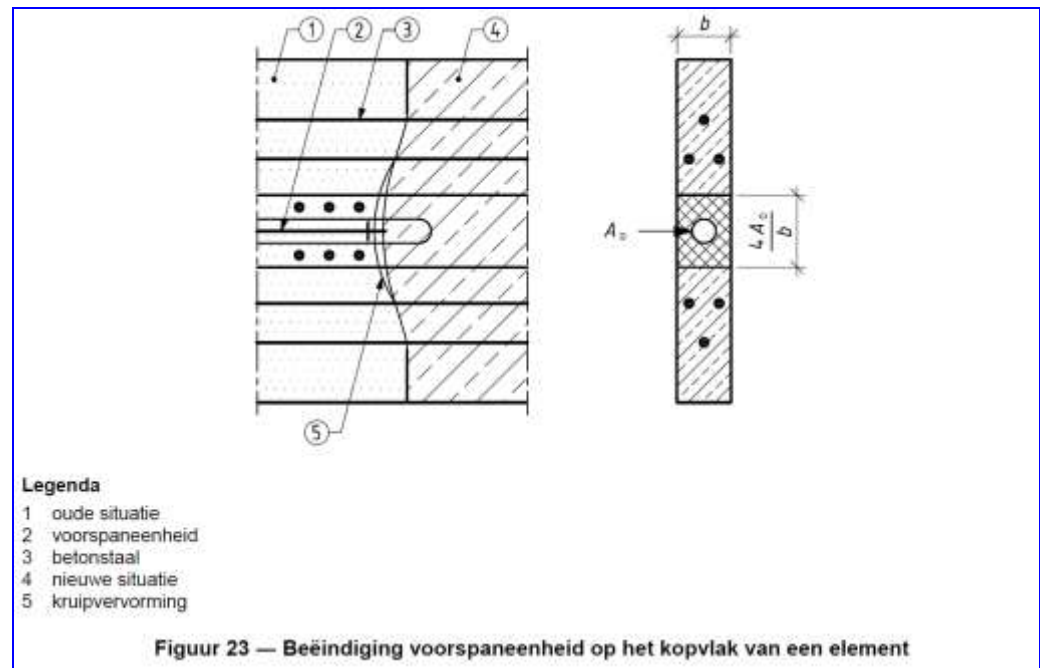
**OPMERKING** Bij een ouderdom van 42 dagen of meer zal de vervorming van het voegvlak door kruip door het voorspannen klein zijn en derhalve zullen geen nadere maatregelen nodig zijn. Bij relatief jong beton is de vervorming door kruip wel aanzienlijk en zullen de bovengenoemde maatregelen noodzakelijk zijn (zie figuur 23).

#### 10.6.5 Voorspaneenheden die op de plaats van voegen worden doorgekoppeld

Indien op de plaats van een voeg voorspaneenheden worden afgespannen en vervolgens worden doorgekoppeld, moet aan één van de volgende voorwaarden worden voldaan:

- het koppelanker wordt als verschuifbaar koppelanker uitgevoerd. Hierbij moet bij het spannen na het koppelen het koppelanker loskomen van het oorspronkelijke spanvlak;
- van de voorspankracht van de gekoppelde eenheid mag op de plaats van de voeg slechts maximaal 90 % van de voorspankracht effectief in rekening worden gebracht.

**OPMERKING** Indien het koppelanker beweegbaar is, zal in het begin door kruip een ongelijkmatige spanningsverdeling voldoende worden afgevlakt. Bij een vast koppelanker zal deze afvlakking van de spanningsverdeling door kruip nauwelijks of in het geheel niet kunnen optreden. Een reductie op de in rekening te brengen voorspankracht zal dan noodzakelijk zijn. Het verdient aanbeveling de te koppelen elementen zo gelijkmatig mogelijk over de betonddoorsnede te verdelen.



8.2	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Voor tunnels geen kleinere staafafstand toepassen dan:

- 100 mm bij  $\varnothing$  25 mm
- 110 mm bij  $\varnothing$  32 mm
- 120 mm bij  $\varnothing$  40 mm

Bij overlappings volgens NEN-EN 1992-1-1, 8.7.2 geldt voor alle staven of gebundelde staven een minimale afstand tussen de staven van 60 mm.

*Toelichting:*

*Het bovenstaande is gebaseerd op een maximale korreldiameter van 32 mm voor het toeslagmateriaal.*

8.2 (1)P	Eis
----------	-----

In doorsneden ter plaatse van de maximale veld- en steunpuntsmomenten en ter plaatse van toevallige inklemmingsmomenten mag de staafafstand ten hoogste tweemaal de plaatdikte bedragen met een maximum van 250 mm. In de overige doorsneden en bij verdeelwapening mag de staafafstand ten hoogste 4 maal de plaatdikte bedragen met een maximum van 500 mm.

In platen dikker dan 150 mm moet een boven- en ondernet worden aangebracht met een maximale staafafstand van 250 mm. Dit geldt ook voor druklagen.

8.4.1 (7)	Eis
-----------	-----

Voor de verankering van in geboorde gaten gelijkde wapeningsstaven geldt Technical Report 23 van de EOTA (Assessment of post-installed rebar connections).

Verankering van in geboorde gaten gelijkd betonstaal waarbij kruip niet toelaatbaar en/of gewenst is, moeten worden verlijmd met cementgebonden mortel.

*Toelichting:*

*In artikel 1.1 van Technical Report 23 van de EOTA staat "Fatigue, dynamic or seismic loading of post-installed rebar connections are not covered by this Technical Report.". Dit betekent dat de vermoeiingssterkte niet via een ETA kan worden aangetoond. Indien sprake is van vermoeiingsbelastingen, moet de vermoeiingssterkte op een andere manier worden aangetoond.*

*In artikel 4.2 van Technical Report 23 van de EOTA worden aanvullende eisen gesteld voor in te lijmen wapeningsstaven in gescheurd beton.*

*In ETA's van systemen met in te lijmen wapeningsstaven in geboorde gaten zijn veelal tabellen opgenomen waarin de benodigde verankeringslengte of overlappingslengte ten behoeve van het bepalen van de boorgatdiepte kan worden afgelezen. Er wordt op gewezen dat moet worden nagegaan of de uitgangspunten van de tabellen op de beschouwde situatie van toepassing zijn (bijvoorbeeld de factoren  $\alpha_1$  t/m  $\alpha_6$  in de tabellen 8.2 en 8.3 in NEN-EN 1992-1-1).*

*Voor het aanbrengen en beproeven van in geboorde gaten gelijmde wapeningsstaven wordt verwezen naar de aanvulling op NVN-CEN/TS 1992-4 (ROK paragraaf 6.11).*

8.4.2 (2)	Eis
-----------	-----

Indien bij ingestorte wapeningsstaven niet wordt voldaan aan de eis ten aanzien van de minimale relatieve riboppervlakte volgens EN 1992-1-1, bijlage C ( $f_{R,min}$ ), moet de rekenwaarde van de uiterst opneembare aanhechtspanning  $f_{bd}$  zijn gehalveerd (bijvoorbeeld voor draadeinden). Dit geldt niet voor (achteraf) ingelijmde wapeningsstaven, omdat de invloed van de profilering in dat geval in rekening is gebracht door toepassing van de berekenings- en beproevingsmethode volgens Technical Report 23, zie ook de ROK aanvulling op NEN-EN 1992-1-1, 8.4.1 (7).

*Opmerking:*

*De halvering van de aanhechtspanning is afgeleid uit de verankeringslengte voor glad staal volgens de vervallen norm NEN 6720.*

8.7.2 (5)	Eis
-----------	-----

Voor overlappingsen met in geboorde gaten gelijmde wapeningsstaven geldt Technical Report 23 van de EOTA (Assessment of post-installed rebar connections).

*Toelichting:*

*Zie ook de toelichting bij de aanvulling op 8.4.1 (7)*

8.10.1.3 (3)	Verificatie
--------------	-------------

Bij de minimale vrije afstand tussen voorspankanalen volgens dit artikel, kan worden aangenomen dat de ruimte tussen de voorspankanalen voldoende is om een trilnaald  $\varnothing$  63 mm in te brengen en een goede verdichting van het beton mogelijk te maken, op voorwaarde dat de kabels niet zijn gekromd in dwarsrichting.

Indien de voorspankabels in dwarsrichting zijn gekromd, is een grotere vrije afstand noodzakelijk als de kromtestraal kleiner is dan volgens tabel 6-6 (en moet berekende slijt- en/of ponswapening worden toegepast).

**Tabel 6-6: Grenswaarden kromtestraal in relatie tot ruimte tussen voorspankanalen**

kabels bestaande uit	kromtestraal
strengen 12 x 12.9 en draden 40 Ø 7	R < 7,0 m
strengen 19 x 12.9 en draden 50 Ø 7	R < 9,5 m
strengen 19 x 15.2 en 19 x 15.7	R < 14,0 m

Bij toepassen van een stortkoker Ø 100 mm mag worden aangenomen dat de ruimte tussen de voorspankanalen voldoende is om het beton te storten zonder de voorspankanalen te beschadigen, als een minimale h.o.h. afstand volgens onderstaande tabel 6-7 wordt gehanteerd (tabel is gebaseerd op 15 mm speling).

**Tabel 6-7: Minimale h.o.h. afstand voorspankanalen voor stortkoker Ø 100 mm**

kabels bestaande uit	Ø	min. h.o.h. afstand
strengen 12 x 12.9	75 mm	190 mm
strengen 19 x 12.9	90 mm	205 mm
strengen 19 x 15.2	102 mm	220 mm
strengen 19 x 15.7	102 mm	220 mm
draden 40 Ø7	75 mm	190 mm
draden 50 Ø7	90 mm	205 mm

waarin:

Ø is de uitwendige diameter voorspankanaal

9.3.1.1 (2)	Eis (Bruggen)
-------------	---------------

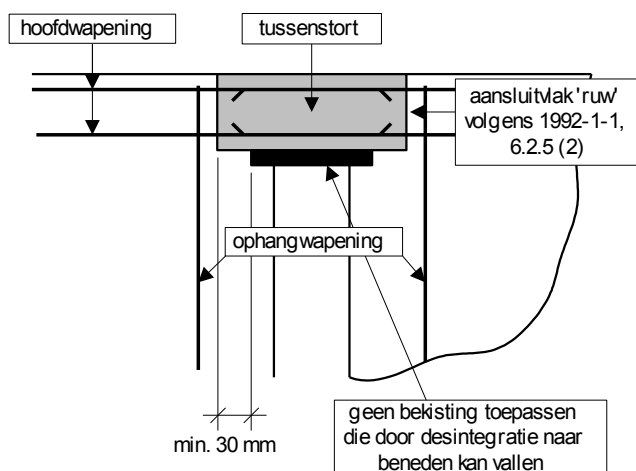
Voor de minimale wapening in dwarsrichting in platen (waaronder massieve platen) die als brugdek worden toegepast, moet deze wapening in dwarsrichting als hoofdwapening worden beschouwd en niet als verdeelwapening.

9.4.3	Eis
-------	-----

Bij toepassing van haarspelden als ponswapening moeten de overlappings van de rechte einden voldoen aan de eisen met betrekking tot verankeringslengte. In plaats van haarspelden mogen ook open beugels met voldoende verankeringslengte worden toegepast volgens figuur 9.5 van NEN-EN 1992-1-1, op voorwaarde dat ze het boven- en ondernet omsluiten.

10.2 (1)P	Eis (Bruggen)
-----------	---------------

Bij voegen tussen geprefabriceerde betonelementen moet de dwarskracht via ophangwapening naar de geprefabriceerde betonelementen worden overgedragen (zie figuur 6-1). Als geen dwarsvoorspanning wordt toegepast, moet ten minste een sponningbreedte van 30 mm worden aangehouden, exclusief de eventueel benodigde oplegspanning voor de onderbekisting van het tussenstort zoals aangegeven in figuur 6-1. Het aansluitvlak tussen het geprefabriceerde element en de tussenstort moet ten minste voldoen aan de klasse 'ruw' volgens NEN-EN 1992-1-1, 6.2.5 (2). De plaatdikte van het tussenstort moet ten minste 150 mm zijn. De oplegspanning moet voldoen aan NEN-EN 15050, annex F3.



**Figuur 6-1: Detaillering bij voegen tussen geprefabriceerde elementen**

*Opmerking:*

Indien de cementshijde ter plaatse van de aansluitvlakken is verwijderd, mag het aansluitvlak als 'ruw' volgens NEN-EN 1992-1-1, 6.2.5 (2) worden beschouwd.

10.9.4.6 (1)	Eis (Bruggen)
--------------	---------------

Voor tandconstructies wordt verwezen naar ROK paragraaf 6.4 onder "tandconstructies".

11	Eis (Bruggen)
----	---------------

Het toepassen van lichtbeton is niet toegestaan.

*Opmerking:*

CUR Aanbeveling 39 "Beton met grove lichte toeslagmaterialen" wordt herzien. Vooralnog is toepassen van lichtbeton niet toegestaan.

12.1 (2)	Eis
----------	-----

Ongewapende en lichtgewapende constructies mogen niet zijn toegepast, met uitzondering van werkvloeren en onderwaterbetonvloeren.

*Toelichting:*

De opvatting van Rijkswaterstaat is dat (onderdelen van) kunstwerken die vallen onder de scope van de ROK (paragraaf 1.4 "Definitie kunstwerkcategorieën") dynamisch worden belast en dat hoofdstuk 12 van NEN-EN 1992-1-1 daarom niet van toepassing is voor (onderdelen van) deze kunstwerken.

Bijlage B	Advies
-----------	--------

Zie de aanvulling bij NEN-EN 1992-1-1, 3.1.4.

## 6.2 Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Aanvullingen op NEN-EN 1992-1-2 + NB.

4	Eis (Tunnels)
---	---------------

Hierna zijn temperatuureisen opgenomen voor tunnels gelegen onder open water en voor overige tunnels ('anders dan onder open water'). Daarna zijn tevens temperatuureisen opgenomen voor stalen damwanden bij tunnels, die een blijvende constructieve functie vervullen. Alle gegeven maximale waarden voor de temperaturen gelden zowel tijdens de duur van de brand alsook na het tijdstip van beëindiging van de brand.

### *Toelichting:*

*Als gevolg van het na-ijleffect zal de temperatuur in de constructie nog oplopen na beëindiging van de brand.*

Een entiteit welke al of niet een integraal onderdeel van de tunnel uitmaakt (bijvoorbeeld een dienstengebouw) mag, in relatie tot de kans van optreden, de structurele integriteit van de tunnel niet zodanig negatief beïnvloeden dat de tunnel niet reparerbare schade ondervindt bij het bezwijken van deze entiteit.

### *Toelichting:*

*De hierna vermelde eisen aan de maximaal optredende temperaturen als gevolg van de calamiteit brand hebben als achtergrond dat de constructie na de gedefinieerde brand, zie onder NEN-EN 1991-1-2, 3.2, reparerbaar moet zijn. De eisen zijn daarom zodanig geformuleerd dat nog een ruime marge aanwezig blijft op het bezwijken van de constructie.*

### Temperatuureisen voor tunnels gelegen onder open water [en niet zijnde een geboorde tunnel](#)

Voor het gesloten deel gelden de volgende temperatuureisen:

1. Bescherming wapening aan de brandzijde:
  - a. De wapening benodigd voor de opname van snedekrachten in de constructie mag geen hogere temperatuur bereiken dan 250 °C.  
Voor koud vervormd (cw) voorspanstaal geldt een eis van 150 °C en voor veredeld (q & t) voorspanstaal geldt een eis van 75 °C. De naamgeving is volgens NEN-EN 1992-1-2.
  - b. Het beton mag in de buigtrekzone aan de binnenzijde geen hogere temperatuur bereiken dan 380 °C.
2. Bescherming betondrukzone aan de brandzijde:  
Voor de onderzijde van het gehele dak en de bovenste meter van de wanden geldt hetgeen is vermeld onder punt 1b. Voor de overige delen van de wanden moet in de berekeningen de constructiehoogte worden verminderd met het gedeelte van het beton dat een hogere temperatuur dan 380 °C bereikt.

*Toelichting:*

*Bij het gesloten deel van tunnels onder open water wordt, vanwege het risico op lekkage en de beperkte reparatiemogelijkheden (met name vanwege scheurvorming in de hoeken aan de buitenzijde als gevolg van vergrote inklemmingsmomenten tijdens de brand), de maximum temperatuur voor het beton begrensd tot 380 °C, onafhankelijk van de dekking op de wapening. Voor geboorde tunnels wordt hierop een uitzondering gemaakt, omdat de aanwezige wapening in de tunnelementen een significant minder constructieve functie heeft dan ten opzichte van de rechthoekige vormgeving van andere typen tunnels.*

*Bij verkeerstunnels is doorgaans de verhouding van de overspanning tot de hoogte van de verkeerskoker zodanig dat aan de binnenzijde van de zijwanden geen constructieve trekwapening noodzakelijk is. In dat geval is de eis onder 1b niet relevant voor de zijwanden. Bij relatief kleine overspanningen, zoals bijvoorbeeld bij spoortunnels, kan dit anders zijn, waardoor voor dit type tunnels hittewerende bekleding over de gehele hoogte van de zijwanden noodzakelijk kan zijn.*

*Het in rekening brengen van gedesintegreerd beton (> 380 °C) op de sterkte van de constructie moet, voordat reparatie van het gedesintegreerde beton heeft plaatsgevonden, op de UGT worden betrokken, waarbij niet ingeleverd mag worden op de bij de constructieklasse behorende betrouwbaarheidsindex.*

*Gezien de gangbare dikteafmetingen wordt er vanuit gegaan dat de temperatuur van de wapening aan de buitenzijde geen probleem vormt.*

*Veelal zal bij afgezonken tunnels, als gevolg van de aanwezigheid van een laag ballastbeton, de brandbelasting op de constructievloer zeer gering zijn. Voor hiervan afwijkende constructies moet ook aandacht geschonken worden aan de effecten van een brandbelasting op de constructievloer. Bij de aanwezigheid van asfalt direct op de constructievloer zal, ook nadat het bitumen verbrand is, afhankelijk van de dikte van de asfaltlaag, hitte isolerend vermogen aanwezig blijven.*

Voor de toeritten gelden de volgende temperatureisen:

1. Bescherming wapening aan de brandzijde
  - a. De wapening benodigd voor de opname van de snedekrachten in de constructie mag geen hogere temperatuur bereiken dan 250 °C.  
Voor koud vervormd (cw) voorspanstaal geldt een eis van 150 °C en voor veredeld (q & t) voorspanstaal geldt een eis van 75 °C. De naamgeving is volgens NEN-EN 1992-1-2.
  - b. Het beton in de buigtrekzone aan de binnenzijde mag op een afstand ter grootte van de diameter van het wapeningstaal, gemeten vanaf de buitenzijde van de wapening, geen hogere temperatuur bereiken dan 380 °C.
2. Bescherming betondrukzone aan de brandzijde  
De constructiehoogte moet in de berekeningen worden verminderd met het gedeelte van het beton dat een hogere temperatuur dan 380 °C bereikt.

*Toelichting:*

*De "afstand ter grootte van de diameter van het wapeningstaal" onder 1b is de hechtingseis voor de dekking in 'gezond' beton volgens NEN-EN 1992-1-1, 4.4.1.2. Bij de toepassing van staafbundels moet een equivalente staafdiameter worden toegepast volgens NEN-EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tabel 4.2.*

Temperatuureisen voor tunnels gelegen anders dan onder open water en voor geboorde tunnels

Voor zowel het gesloten deel als de toeritten van tunnels anders dan onder open water en voor geboorde tunnels gelden de temperatuureisen zoals eerder vermeld voor toeritten van tunnels onder open water.

Indien door directe brandbelasting op de vloer de scheurvorming aan de buitenzijde van de vloer kritisch kan worden, dan is repareerbaarheid op dit diepe niveau ook voor tunnels anders dan onder open water zeer beperkt. Voor dit geval moeten de temperatuureisen vermeld onder "Eisen voor tunnels gelegen onder open water" worden gehanteerd.

*Toelichting:*

*De gegeven eisen aan de maximaal toelaatbare temperaturen maken het mogelijk met behulp van een vergrote betondekking voldoende brandwerendheid te realiseren. Het beton mag daarbij niet gevoelig zijn voor afsputten tijdens de brand. Zo nodig kan beton afspatongevelig gemaakt worden door bijvoorbeeld het toevoegen van voldoende polypropyleen vezels. Na het optreden van een grote brand zal het beton dat heter is geworden dan 380 °C moeten worden verwijderd en vervangen door een nieuwe laag afspatongevelig beton van voldoende dichtheid.*

*Uit berekeningen blijkt dat scheurvorming als gevolg van brand, bij dwarsdoorsneden waarin een laag ballastbeton aanwezig is, het meest kritisch is (gerelateerd aan duurzaamheid) aan de buitenzijde van het dak (ter plaatse van de inklemningsmomenten).*

*Bij de aanwezigheid van een asfaltwegdek zal ook nadat het bitumen verbrand is, afhankelijk van de dikte van de laag asfalt, hitte isolerend vermogen aanwezig blijven.*

Temperatuureisen voor stalen damwanden

Bij de toepassing van blijvende stalen damwanden moet aangetoond worden dat na het optreden van de brand, volgens de voorgeschreven brandkromme, de constructie als geheel repareerbaar is. Voor stalen damwanden wordt aan deze eis geacht te zijn voldaan als is aangetoond, rekenkundig of met behulp van proeven, dat de temperatuur in de damwand lager dan 250 °C blijft. Indien aangetoond wordt dat de blijvende extra vervormingen als gevolg van temperatuurverhogingen geen nadelige invloed hebben op het esthetisch aanzicht (onder andere vlakheid), de bruikbaarheid en de veiligheid van de constructie en de omgeving na de brand, dan is een maximale temperatuur van 400 °C toelaatbaar.

*Toelichting:*

*Hierbij mag blijkens TNO rapport "Oriënterend onderzoek naar het koelend effect van grondwater op stalen damwanden" bij de aanwezigheid van zand en/of klei niet van een koelende werking van grondwater achter de damwand worden uitgegaan. De gevormde waterdamp kan niet vrij naar het oppervlak ontsnappen en vormt*

*daardoor een isolerende laag. Bij de toepassing van voorzetpanelen, welke de hittewerende functie vervullen, moet bij eventueel aanwezige voegen aandacht geschonken worden aan de lekkage van hitte naar de blijvende stalen damwand toe.*

*Volgens NEN-EN 1993-1-2 tabel 3.1 treedt een significant sterkteverlies op boven 400 °C. Tevens is bij 400 °C de elasticiteitsmodulus 30% en de proportionaliteitsgrens 58% lager.*

Voor aanwezige voorspanning (ankers en ankerkoppen) gelden de volgende eisen: Voor koud vervormd (cw) voorspanstaal geldt een eis van maximaal 150 °C en voor gehard en ontlaten (q & t) voorspanstaal geldt een eis van maximaal 75 °C. De gestelde temperatureisen voor het voorspanstaal gelden ook voor verankeringen van voorspansystemen.

*Toelichting:*

*De naamgeving van het voorspanstaal is volgens NEN-EN 1992-1-2. Bij de formulering van de maximale temperatureisen van het voorspanstaal is niet alleen rekening gehouden met het sterkteverlies maar ook met de afname van de E-modulus als functie van de temperatuur. Tevens is in de eisen het grote belang van een verankering voor de stabiliteit van de damwand verdisconteerd.*

4.5	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Tenzij anders is voorgeschreven in het contract, moeten maatregelen worden genomen tegen afsputten van beton. De maatregelen bestaan uit het beschermen van het beton of door het toepassen van een betonmengsel dat ongevoelig is voor afsputten (eventueel met polypropyleen vezels). Door het uitvoeren van brandproeven moet de gevoeligheid tegen afsputten onder gebruiksomstandigheden worden aangetoond. De beproeving moet worden uitgevoerd volgens de werkwijze beschreven in Efectis rapport "Fire testing procedure for concrete tunnel linings". Eventueel mag gebruik worden gemaakt van de resultaten van eerder uitgevoerde proeven, [mits deze niet eerder zijn uitgevoerd dan 3 jaar voor de contractuele aanvangsdatum van het project waarvoor de beproevingsresultaten worden ingediend](#). Daarbij moeten dezelfde uitgangspunten zijn gehanteerd voor bijvoorbeeld de mengselsamenstelling, gehanteerde brandkromme en de aanwezige drukspanningen als afgeleide van de krachtswerking in de betreffende constructie.

*Toelichting:*

*Afsputten van beton als gevolg van een brand en over welke diepte dit maximaal plaatsvindt, is complexe materie en met de huidige beperkte kennis van dit mechanisme niet toegankelijk voor voldoende nauwkeurige vaststelling c.q. beheersing ervan. Daarom is geest dat maatregelen tegen afsputten van beton genomen moeten zijn. Deze eis is generiek van toepassing voor die gevallen waarbij het beton een constructieve en/of een beschermende functie heeft tegen te hoge temperaturen ter plaatse van het achterliggende wapeningsstaal (betondekking) of damwandstaal (betonnen voorzetwand).*

*Gebleken is dat het afsputgedrag bij nominaal dezelfde betonsamenstelling in de loop der tijd in grote mate kan variëren. Daarom is een limiet gesteld aan de geldigheidsduur van beproevingsresultaten. Hierdoor wordt de kans verkleind dat door al of niet herkende wijzigingen in de samenstellende bestanddelen het huidige afsputgedrag in ongunstige zin afwijkt ten opzichte van het verleden.*

*Van de volgende betonmengsels is in het verleden door beproeving aangetoond dat, bij het optreden van de RWS-brandkromme, geen afspatten optreedt:*

*I.—Door TNO en Rijkswaterstaat zijn proeven met betrekking tot afspatten gedaan op grindbeton met een sterkteklasse C28/35 gemaakt met maximaal 340 kg/m<sup>3</sup> CEM III-B cement. Met de proeven is aangetoond dat voor het beschreven mengsel het afspatcriterium niet maatgevend is wanneer de hoofddrukspanning aan het oppervlak niet hoger is dan 10 MPa. Zie voor verdere achtergronden TNO-rapport "Brawat 3: Onderzoek naar het afspatgedrag van een op druk belaste wand in afgezonden tunnels". Indien dit onderzoek wordt gebruikt, wordt erop gewezen dat de maximale waarde voor de 28-daagse kubusdruksterkte  $\leq 45$  MPa moet zijn, omdat anders de genoemde proeven niet representatief zijn in relatie tot het voorkomen van afspatten bij brand.*

*II.—Bij de bouw van de overkapping Leidsche Rijn zijn brandproeven, 'Experimentele bepaling van de brandwerendheid van belaste dak en wanden van de overkappingsconstructie Rijksweg 2 in Utrecht, 2007-Efectis-R0347', uitgevoerd op de volgende 2 betonmengsels:*

*1.—Betondruksterkte C28/35; 340 kg/m<sup>3</sup> CEM III/B 42,5 N LH; 20 kg/m<sup>3</sup> kalksteenmeel, w.b.f. 0,48 à 0,50; zandpercentage 47%; grof toeslagmateriaal kalksteen 8/20; 2 kg/m<sup>3</sup> Polypropyleen vezels (monofilament, diameter 32  $\mu$ m, lengte 12 mm); Superplast HR con. 35%—0,4%.*

*—De 28-daagse kubusdruksterkte dient  $\leq 55$  MPa te bedragen, omdat anders de genoemde proeven niet representatief zijn in relatie tot het voorkomen van afspatten bij brand.*

*2.—Betondruksterkte C35/45; 360 kg/m<sup>3</sup> CEM III/B 42,5 N LH; 20 kg/m<sup>3</sup> kalksteenmeel, w.b.f. 0,46 à 0,48; zandpercentage 47%; grof toeslagmateriaal kalksteen 8/20; 2 kg/m<sup>3</sup> Polypropyleen vezels (monofilament, diameter 32  $\mu$ m, lengte 12 mm); Superplast HR con. 35%—0,4%.*

*—De 28-daagse kubusdruksterkte moet  $\leq 60$  MPa bedragen, omdat anders de genoemde proeven niet representatief zijn in relatie tot het voorkomen van afspatten bij brand.*

*Met deze proeven is aangetoond dat voor beide beschreven mengsels het afspatcriterium niet maatgevend is wanneer de hoofddrukspanning aan het oppervlak niet hoger is dan 15,0 MPa.*

*Voor afwijkende betonmengsels en grotere opgelegde drukspanningen is niet bekend wat de gevoeligheid voor afspatten is. Wel is in kwalitatieve zin bekend dat bij een hogere betonsterkteklasse de gevoeligheid voor afspatten doorgaans toeneemt. Bij een lagere opgelegde drukspanning neemt de gevoeligheid tegen afspatten af. Verder zorgt de extra toevoeging van fijnere toeslagstoffen, zoals vlieg-as en bij betonmengsels II ook bijvoorbeeld kalksteenmeel, in het algemeen voor een grotere gevoeligheid voor afspatten.*

**6.3****Deel 2: Betonnen bruggen**

Aanvullingen op NEN-EN 1992-2 + NB.

**3.1.2 (102)P** Advies (Bruggen)

Niet-constructief onderwaterbeton of onderwaterbeton met een tijdelijke constructieve functie (gewapend of ongewapend) hoeft niet te voldoen aan de voorgeschreven minimale betonsterkteklasse  $C_{min}$ . Aanbevolen wordt om in de berekening uit te gaan van een betonsterkteklasse C20/25 voor zowel gewapend als ongewapend onderwaterbeton.

*Toelichting: Door gebrek aan verdichting is een hogere betonsterkteklasse lastig te realiseren.*

**4.2 (104)** Eis (Bruggen)

Water in holle ruimten (bijvoorbeeld in kokerliggers) moet afgevoerd kunnen worden.

**4.2 (106)** Eis (Bruggen)

De volgende vlakken moeten (ook) worden beschouwd als rechtstreeks blootgesteld aan doozouten:

- horizontale en verticale vlakken aan weerszijden van en onder een voeg. ~~Onder voegen vallen zowel dilatatievoegen als buigslappe voegen;~~
- horizontale vlakken van een tandconstructie (onder en boven);
- oplegvlakken onderbouw.

**4.3 (103)** Eis (Bruggen)

Uitwendige voorspanning moet inspecteerbaar en vervangbaar zijn.

*Opmerking:*

*Met uitwendige voorspanning wordt buiten de betondoorsnede gelegen voorspanning bedoeld (zie NEN-EN 1992-1-1, 1.5.2.3).*

**7.3.1 (113)** Eis (Bruggen)

In afwijking van de Nationale Bijlage geldt de volgende definitie:

$\sigma_{cd}$  is de optredende normaalspanning (druk is positief) ter plaatse van de uiterste vezel aan de bovenkant resp. de onderkant van de constructie onder invloed van de voorgeschreven belastingscombinatie, in MPa.

*Opmerking:*

*Deze eis is een verzwaring ten opzichte van de gestelde eis in de Nationale Bijlage. Bedoelde voegen worden niet gekruist door betonstaal, maar wel door (dwars)voorspanning.*

## 6.4 Betonnen bruggen – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet

### Stabiliteit van het rijdek bij aanrijding

(1) Bij aanrijding van het rijdek moet voorkomen worden dat het brugdek zijn ondersteuning verliest als gevolg van bezwijken van de oplegging of verschuiving van het rubberoplegblok.

### Dwarsvoorspanning in rijdekken bestaande uit geprefabriceerde liggers

(2) Bij dwarsvoorspanning die niet haaks op de langsvoegeen ligt, moet rekening worden gehouden met schuifspanningen in de langsvoegeen door de dwarsvoorspanning.

### Lokale afdracht van geconcentreerde lasten

(3) Bij de bepaling van het buigende moment in dwarsrichting moet rekening worden gehouden met eventuele lokale afdracht.

#### Toelichting:

*Lokale afdracht speelt bijvoorbeeld een rol bij rijdekken bestaande uit geprefabriceerde liggers. Veelal worden de buigende momenten bij dergelijke dekken met een orthotrope plaatberekening of met de methode Guyon-Massonet bepaald. Het verkregen 'globale' buigende moment in dwarsrichting moet worden vermeerderd met het buigende moment door lokale afdracht van geconcentreerde lasten naar de liggers. Een reductie van het lokale effect is veelal mogelijk, omdat de plaatsing van de wiellasten voor het maximale lokale effect vaak niet overeenkomt met de plaatsing voor het maximale globale effect.*

### Aanvullende eisen voor enkele dektypen

#### (4.1) Plaat met ronde sparingen

De dikte van de plaat kan in dwarsrichting lineair verlopen en in langsrichting lineair of parabolisch. Voor dit dektype gelden de volgende eisen:

- de minimale ruimte tussen de ronde sparingen is 200 mm en is tevens afhankelijk van het aantal voorspankanalen dat per lijf voorkomt;
- in het geval dat onmiddellijk boven de ronde sparingen geen wapening wordt toegepast, is de minimale dekking op de buis gelijk aan de kleinste waarde van 200 mm en 1/5 maal de buisdiameter;
- de minimale dekking onder de buis is 150 mm;
- langswapening tussen de sparingsbuizen is niet nodig, volstaan kan worden met een te dimensioneren beugelwapening. Hierbij moet worden uitgegaan van  $\omega_{\min} = f_{ctd} / (10 \text{ MPa}) \%$ , waarbij  $\omega_{\min}$  betrokken moet worden op de minimale breedte tussen de buizen;
- bij uitwaaiëren van de voorspankabels bestaat de mogelijkheid dat gekromde voorspanelementen vlak langs de sparingen komen te liggen, waardoor grote 'ponsspanningen' kunnen ontstaan. Gecontroleerd moet worden of aanvullende wapening benodigd is.

#### Opmerking:

*De voorgestelde minimale dekking boven de ronde sparing is om boogwerking te bewerkstelligen en het bezwijkmechanisme pons te voorkomen (zonder ponswapening). Desondanks moet een ponscontrole worden uitgevoerd.*

#### (4.2) Plaat met rechthoekige sparingen

De dikte van de plaat kan in dwarsrichting lineair verlopen en in langsrichting lineair of parabolisch. Voor dit dektype gelden de volgende eisen:

- de minimale ruimte tussen de **ronde** sparingen is 200 mm en is tevens afhankelijk van het aantal voorspankanalen dat per lijf voorkomt;
- tussen de sparingen moet de wapening worden bepaald als ware het een meercellige kokerlijger;
- voor de beugelwapening tussen de sparingen moet worden uitgegaan van  $\omega_{\min} = f_{ctd} / (10 \text{ MPa}) \%$ , waarbij  $\omega_{\min}$  betrokken moet worden op de breedte tussen de rechthoekige sparingen.
- bij uitwaaieren van de voorspankabels bestaat de mogelijkheid dat gekromde elementen vlak langs de sparingen komen te liggen, waardoor grote 'ponsspanningen' kunnen ontstaan. Gecontroleerd moet worden of aanvullende wapening benodigd is;
- er moet rekening worden gehouden met het gewicht van de verloren bekisting, alsmede met het gewicht van de polystyreenblokken. Indien geen nadere informatie beschikbaar is, kan voor de volumieke massa van de bekisting  $800 \text{ kg/m}^3$  (max. dikte 16 mm) en voor het polystyreen  $30 \text{ kg/m}^3$  worden aangehouden.

#### (4.3) Enkel- en meercellige kokerliggers

De dwarswapening is niet alleen bedoeld voor de opname van buigende en wringende momenten, maar ook voor de opname van afschuiving in langsrichting tussen een flensdeel en het lijf. Bij de dimensionering van deze wapening moet dan ook met beide aspecten rekening worden gehouden. Voor afschuiving wordt verwezen naar NEN-EN 1992-2, 6.2.4 en 6.2.5.

#### Wapening in bovenflens geprefabriceerde kokerliggers

(5) In rijdekken met kokerliggers moet de doorsnede van de bovenflens in langs- en dwarsrichting worden gecontroleerd op een wielprent van een tandemstelsel volgens LM1 en LM2 van NEN-EN 1991-2 (lokale afdracht).

#### Toelichting:

*Vastgesteld is dat in het verleden kokerliggers zijn geproduceerd zonder ondernet in de bovenflens, terwijl dit ondernet veelal (met name bij grote h.o.h. afstanden van de dwarsvoorspanning) noodzakelijk is voor de afdracht van geconcentreerde lasten naar de lijven van de kokers.*

#### Voegovergangen

##### (6.1) Algemeen

Voegovergangen moeten het verticaal alignement van de rijbaan over het kunstwerk volgen. Een aanpassing van het alignement is alleen toegestaan indien hierdoor optredende voegbewegingen de Prestatieverklaring (Declaration of Performance, afgekort DoP) van de voegovergang te boven gaan. In die gevallen moet voor het rijcomfort een geleidelijke overgang in de aansluitende verhardingen en/of constructie worden aangebracht.

Bij het ontwerpen van een betonconstructie moet rekening worden gehouden met het verloop van het verticaal alignement van de rijbaan, de dikte van het asfaltpakket, de zeeg in het rijdek en de inbouwhoogte van de voegovergang.

Wapening in eventuele uitsparingen ten behoeve van de voegovergang moet worden afgestemd op deze inbouwhoogte.

#### (6.2) Preventieve maatregelen in verband met chloride aantasting

Bij toepassing van voegovergangtypes die volgens de meerkeuzematrix in RTD 1007-1 gevoelig zijn voor lekkage, moet een tweede waterkering onder de voegovergang worden toegepast. Deze waterkering moet zijn geïntegreerd in het kunstwerk en moet onafhankelijk van de voegovergang functioneren. Voor zover noodzakelijk moeten onderdelen van deze waterkering vervangbaar zijn ten tijde van vervanging van (onderdelen van) de voegovergang. Het uitstroompunt van de tweede waterkering moet buiten het kunstwerk liggen.

#### *Toelichting:*

*Dit betreft voegovergangen waarbij de waterdichtheid is geclassificeerd als "matig" of "slecht".*

Daarnaast kan gedacht worden aan het toepassen van staal dat minder gevoelig is voor corrosie (RVS). De inspectie (en de frequentie) moet als extra aandachtspunt in het beheer- en onderhoudsplan worden opgenomen.

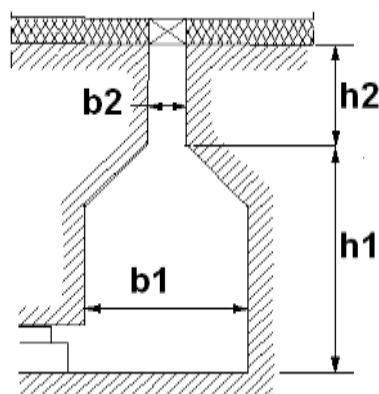
#### *Opmerkingen:*

- Voor de aan te houden milieuklasse, zie aanvulling op NEN-EN 1992-2, 4.2 (106);
- Voor toeslag op de betondekking, zie aanvulling op NEN-EN 1992-1-1, 4.4.1.2(5);
- Voor te hydrofoberen oppervlakken, zie aanvulling op NEN-EN 13670, 8.8 (7).

#### (6.3) Inspecteerbaarheid en onderhoudbaarheid

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden met voldoende toegankelijkheid onder de voegovergang voor inspecties (en onderhoud), indien dit voor het toegepaste type noodzakelijk is.

Voor de typen die inspectie en onderhoud van onderaf behoeven, is een corridor nodig met minimale afmetingen die voldoen aan de ARBO-wet (bij 10 °C). Tussen de dragende onderdelen van de brug, landhoofd etc. gelden de afmetingen volgens het beheer- en onderhoudsplan (zie figuur 6-2).



**Figuur 6-2: Toegankelijkheid van voegovergangen ( $b_1 \times h_1$  volgens ARBO en  $b_2 \times h_2$  volgens B&O-plan voegconstructie)**

#### (6.4) Vervangbaarheid

De detaillering van de betonconstructie ter plaatse van voegovergangen en het ontwerp van de voegovergang zelf moet zodanig zijn dat vervanging van de voegovergang of onderdelen daarvan mogelijk is zonder dat schade wordt veroorzaakt aan de onderliggende betonconstructie.

Verankerde stalen voegovergangen in nieuwe kunstwerken moeten zodanig zijn ontworpen dat het in het beton verankerde deel van deze voegovergang niet hoeft te worden vervangen en de ontwerplevensduur van het kunstwerk heeft.

Het deel van de voegovergang dat onderhevig is aan degradatie moet zonder sloopwerk aan de betonconstructie vervangbaar zijn.

#### *Toelichting:*

*Een voorbeeld hiervan betreft het toepassen van een voegovergang waarbij het randprofiel is verankerd door middel van ingebetonnerde schetsplaten met aangelaste lusankers, zie concept 1.2a uit de RTD 1007-1.*

### Opleggingen

#### (7.1) Algemeen

Opleggingen moeten in de lengterichting van het rijdek en bij voorkeur ook in de dwarsrichting horizontaal (waterpas) worden gesteld. Indien de opleggingen in de dwarsrichting niet horizontaal worden gesteld, moet het zijdelings verplaatsen van het rijdek, bijvoorbeeld met nokken, worden voorkomen. Deze nokken moeten op het raakvlak tussen boven- en onderbouw worden voorzien van [verticaal geplaatst oplegmateriaal en worden berekend op de resulterende horizontale kracht](#).

Opleggingen van elastomeer met een geïntegreerde stalen scheg mogen niet worden toegepast, zolang hiervoor geen norm beschikbaar is.

Bij het ontwerp van oplegblokken moet onder andere rekening worden met de vervorming van de opleggingen door hydratatie-warmteverlies van de dekconstructie (verkorting dekconstructie).

#### *Toelichting:*

*De temperatuurverhoging door hydratatie die het pas gestorte beton ondergaat voordat een minimum druksterkte wordt bereikt, leidt niet tot dekverlenging. In een later stadium zal door het verder afkoelen vanaf deze bereikte temperatuur tot de uitgangstemperatuur een blijvende dekverkorting optreden. De invloed op de dimensionering van de oplegblokken kan worden beperkt door ontlasten (opnieuw instellen) van de oplegblokken nadat deze vervorming is opgetreden.*

#### (7.2) Preventieve maatregelen in verband met chloride aantasting

~~De opleggingen moeten op betonpoeren worden geplaatst, zodat de minimale afstand tussen dek en steunpunt ten behoeve van inspectie en onderhoud wordt gerealiseerd. Bij steunpunten waarboven een voegovergang of buigslappe voeg aanwezig is, moeten de opleggingen op betonpoeren worden geplaatst.~~ Dit geldt ook voor een bovenbouw bestaande uit geprefabriceerde liggers. De poeren mogen niet groter zijn dan noodzakelijk is voor het dragen van de oplegging, rekening houdend met een minimaal benodigde randafstand.

#### (7.3) Inspecteerbaarheid en onderhoudbaarheid

De vrije hoogte tussen onder- en bovenbouw moet ten minste 250 mm zijn in verband met de toegankelijkheid voor inspectie en onderhoud. ~~Daarbij dient rekening gehouden te worden met maattoleranties en ruimte voor het corrigeren van afwijkingen, zoals zeeg compensaties bij geprefabriceerde liggers of afwijkingen door vervormingen van ondersteunings-/bekistingsconstructies bij in het werk gestorte brugdekken. De diepte van deze vrije ruimte tot hart oplegging mag niet groter zijn dan 750 mm, anders moet de vrije hoogte zodanig worden vergroot dat deze weer toegankelijk wordt voor personen.~~

#### (7.4) Vervangbaarheid

Voor de vervangbaarheid van opleggingen gelden de volgende ontwerppuntspunten:

- 1) Voor elk kunstwerk waarbij de bovenbouw via een afzonderlijk opleggsysteem is opgelegd op de onderbouw, geldt dat de opleggingen vervangbaar moeten zijn.
- 2) Kunstwerken in de autosnelweg moeten ~~per rijrichting afzonderlijk~~ vrijzelbaar zijn zonder de beschikbaarheid en het gebruik van de brug te beïnvloeden.
- 3) De fundering/onderbouw moet zo worden ontworpen dat de opleggingen bereikbaar zijn voor vervanging (voldoende werkruimte voor personeel en (vijzel)materieel) en vijzelkrachten door de constructie kunnen worden opgenomen. Dat wil zeggen dat geen aanpassing c.q. uitbreiding van de bestaande fundering noodzakelijk is.
- 4) In het ontwerp moet rekening worden gehouden met de consequenties van het vijzelen op het functioneren en het gebruik van de voegovergangen, inclusief de buigslappe voegen;
  - a. Voor het vijzelen uitgaan van maximaal 10 mm niveauverschil ~~over de voeg of, in het geval van buigslappe voegen, maximaal 2 mm~~;
  - b. Indien in de voegovergang dit niveauverschil niet opneembaar is ~~of een groter niveauverschil noodzakelijk is~~, dan moet het moment van vervangen van de opleggingen optimaal worden afgestemd op het tijdstip van vervangen van de voegovergang ~~of moeten, indien mogelijk, beide zijden van de voeg tegelijk worden gevizeld.~~

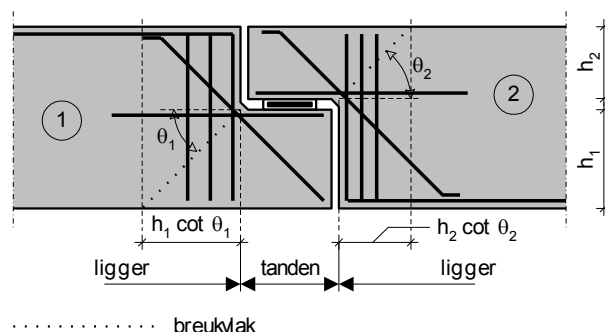
De procedure moet worden vastgelegd in een "vervangingsprocedure opleggingen", die moet worden opgenomen in het Beheer- en Onderhoudsplan, en moet de volgende onderdelen bevatten:

- Ontwerppuntspunten met betrekking tot vervanging van opleggingen met specifieke uitvoerings aandachtspunten en ontwerpdetails voor zover die van belang zijn voor de vervanging.
- Tekeningen met boven- en vooraanzicht van de steunpunten met daarop aangegeven de positie van de vijzels en te verwachten minimale en maximale vijzelkrachten per oplegging, zowel horizontaal als verticaal.

- Berekeningen van minimale en maximale oplegreacties, translaties en rotaties van alle oplettingen.
- Detailberekeningen van in het ontwerp reeds voorziene vijzelpunten.
- Een specificatie van de voorinstelling van de nieuw te plaatsen oplettingen, afhankelijk van de constructietemperatuur en indien relevant de eventuele resterende krimp, kruip en/of zetting op moment van vervangen.
- Toegankelijkheid; de wijze waarop de locatie waar de oplettingen zich bevinden, veilig kan worden benaderd in verband met het vervangen van de oplettingen.
- Risico-inventarisatie met beheersmaatregelen; een analyse van risico's met betrekking tot het vervangen van de oplettingen en te treffen beheersmaatregelen.

### Tandconstructies

(8.1) Bij een tandconstructie moet de dwarskracht in het gebied direct achter de tand volledig door ophangwapening kunnen worden opgenomen. De ophangwapening moet zijn geconcentreerd binnen een afstand  $\frac{1}{2} h_i \cot \theta_i$  ( $i = 1, 2$ ), waarin  $h_i$  de hoogte van de tand is en  $\theta_i$  de hoek tussen het aangenomen maatgevende breukvlak en de as van het constructieonderdeel (zie figuur 6-3). Voor de grenswaarden van de hoek geldt NEN-EN 1992-1-1, 6.2.3 ( $1 \leq \cot \theta_i \leq 2,5$ ). Ophangwapening mag bestaan uit betonstaal en/of voorspanstaven die aan weerszijden van het breukvlak volledig zijn verankerd. De hoek  $\alpha$  tussen deze staven en de as van het constructieonderdeel mag niet kleiner zijn dan  $45^\circ$ . De rekenwaarde van de opneembare dwarskracht wordt bepaald door de som van de verticale componenten van de krachten in de staven.



**Figuur 6-3: Ophangwapening in tandconstructie**

(8.2) Voor tandconstructies gelden de volgende aanvullende bepalingen:

- a) Naast de reguliere belastingmodellen, moet rekening gehouden worden met een extra belastinggeval als bedoeld in NEN-EN 1991-2, 4.3.4. Gerekend moet worden met een bijzonder voertuig 1500/150 volgens NEN-EN 1991-2, bijlage A, tabel A.1. Voor het toetsen van lokale belastingeffecten mag worden aangenomen dat de aslijnen verdeeld zijn over twee rechthoekige oppervlakken van  $1,20 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$  volgens NEN-EN 1991-2, bijlage A, figuur A.1a. De dynamische vermenigvuldigingsfactor en de positionering van het overige verkeer moeten in rekening worden gebracht volgens resp. NEN-EN 1991-2, bijlage A, A.3(5) en A.3(7). **De dynamische vermenigvuldigingsfactor geldt alleen voor het bijzondere voertuig.**
- b) Naast de controle op buiging en dwarskracht in de tand volgens resp. NEN-EN 1992-1-1, 6.1 en 6.2, moet de ophangwapening worden getoetst op zowel sterkte als scheurwijdte.

*Opmerkingen:*

- Voor de aan te houden milieuklasse, zie aanvulling op NEN-EN 1992-2, 4.2 (106);
- Voor toeslag op de betondekking, zie aanvulling op NEN-EN 1992-1-1, 4.4.1.2(5);
- Voor te hydrofoberen oppervlakken, zie aanvulling op NEN-EN 13670, 8.8 (7).

## Voorgespannen betonpalen / voorgespannen betonnen damwanden

(9) Voor geheide voorgespannen betonpalen en geheide voorgespannen betonnen damwanden gelden in aanvulling op NEN-EN 12794 de volgende eisen:

- Over de gehele paallengte moet een minimum beugel- of spiraalwapening van Ø5-200 B500A worden toegepast.
- De blijvende voorspandruk  $\sigma'_{bw}$  in het beton moet ten minste 4,5 MPa zijn.
- Het maximale aanspanpercentage van  $f_{pk}$  mag naast het gestelde in NEN-EN 1992-1-1 niet groter zijn dan:

$$\frac{\sigma'_{bw}}{\sigma'_{bw} + f_{ctm}} \times 100\%$$

*Toelichting:*

*De wapening van palen waarin trekspanningen kunnen worden verwacht tijdens het heien, moet de kracht op kunnen nemen die vrijkomt als het beton scheurt. Ervan uitgaande dat tijdens het heien trekspanningen optreden, betekent dit, dat de marge tussen de voorspankracht op het moment van heien en de breukkracht van alle strengen samen groter of gelijk moet zijn aan de paaldoorsnede maal de gemiddelde betontreksterkte:  $f_{ctm}$ . De voorspankracht op het moment van heien mag gelijk worden gesteld aan de voorspankracht op tijdstip  $t = \infty$ .*

- De minimale berekende verankeringlengte van betonstaal (en voorspanstaal) voor een op te nemen kopmoment en/of -normaalkracht volgens NEN-EN 1991-1-1, 8.4 moet worden vergroot met minimaal 1,0 m.

*Toelichting:*

*Deze eis is bedoeld voor heipalen waarvan de wapening in de vloer of sloof moet worden opgenomen, maar die 'te hoog' zijn blijven staan tijdens het heien. Deze palen moeten daardoor worden gesneld over een grotere lengte dan verwacht. Door de in eerste instantie berekende verankeringlengte te vergroten met 1,0 m, wordt de kans kleiner dat de vereiste minimale verankeringlengte na het extra snellen niet meer zal voldoen. Daarnaast moet de wapening verspringend worden aangebracht om schade te voorkomen door grote stijfheidsverschillen.*

## In de grond gevormde palen

(10) Voor in de grond gevormde palen geldt in aanvulling op NEN-EN 12699, 7.7.2 de volgende eis:

- De hart-op-hart afstand van de beugels of de spoed van de spiraalbeugel mag niet groter zijn dan de diameter van de langswapeningskorf en indien de beugels gebruikt worden als dwarskrachtwapening, mag deze afstand niet groter zijn dan de helft van de diameter.

## Stalen palen die (deels) zijn gevuld met beton

(11) Een veel toegepaste funderingswijze zijn stalen palen (buis, koker en andere vormen) die (over een deel van de paal) worden gevuld met beton. Daarbij gelden de volgende eisen:

- Indien de krachten moeten worden overgedragen van het betonnen deel in de paal op de stalen paal, moet een verbinding tussen het beton en het staal worden gerealiseerd die te allen tijde in staat is om de krachtsoverdracht te waarborgen.
- Het is niet toegestaan om de krachtsoverdracht volledig te realiseren via wrijving tussen het beton en het staal.

*Toelichting:*

- *Ten gevolge van krimp zal de betonnen vulling loskrimpen van de stalen paal.*
- *Het bovenstaande geldt niet indien er in het ontwerp van is uitgegaan dat ofwel de stalen paal (via aangelaste staven aan de bovenzijde van de paal) ofwel de betonnen vulling (die dan wordt doorgezet tot de onderzijde van de paal) zelfstandig de krachtsoverdracht van de paalkop naar de onderzijde van de paal realiseert.*
- Voor de kwaliteit van het beton in de palen mag bij de berekening geen hogere waarde worden aangehouden dan C20/25 bij storten in het water en C28/35 bij storten in den droge. De wapening in het beton moet minimaal reiken tot het niveau van twee maal de verankeringslengte onder de plaats waar de wapening rekentechnisch niet meer nodig is (= plaats waar het beton de combinatie van normaalkracht en buigend moment zonder wapening kan opnemen).
- Het trillen van het beton is nodig vanaf het niveau waar de wapening begint.

Stalen palen met / zonder bodemplaat

(12) Hiervoor gelden de volgende aanvullende eisen:

- Palen met bodemplaat moeten over de volledige hoogte met beton worden gevuld. Een eventueel toegepaste hei(grind)prop mag achterblijven. Slechts palen die alleen horizontaal worden belast, mogen met zand worden gevuld tot het niveau waar het beton begint.
  - Palen zonder bodemplaat moeten met beton worden gevuld vanaf het niveau dat door de geotechnisch adviseur wordt aangegeven.
- ~~—De bodemplaat moet worden berekend met de maximale conusweerstand tijdens het heien als optredende belasting, uitgaande van gevolgklasse 2.~~

Onderbouw

(13) Alle bovenvlakken van de onderbouw moeten afwaterend worden uitgevoerd met een helling van minimaal 1:50.

## 6.5 Tunnels – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet

Tunnelontwerp in de OTAO-fase (opdrijven, transport, afzinken en onderstromen)

(1) Voor de OTAO-fase is geen veiligheidsfactor noodzakelijk en kan dus worden uitgegaan van gebruikswaarden. Hierna is achtereenvolgens ingegaan op de volgende aspecten voor het tunnelontwerp in de OTAO-fase:

- vrijboord en kielspeling;
- belastingen door golven en stromend water;
- stabiliteitsberekening afgezonken tunnelementen;
- gewichtsbepaling;
- langsvoorspanning zinkelementen;
- plaatsingstoleranties afgezonken tunnelementen;
- bijbehorende verplichtingen afgezonken tunnelementen.

### (1.1) Vrijboord en kielspeling

Aanbevolen wordt de onderstaande waarden aan te houden:

Bij afzinkberekeningen van tunnelelementen tijdens transport een vrijboord bij water zonder stroming min. 0,10 m, bij water met stroming min. 0,15-0,25 m en bij zeetransport min. 0,40-0,45 m. Tijdens transport rekening houden met een minimale kielspeling van 0,50 m. Bij de afzinkberekening rekenen met een minimale metacenterhoogte van 1,00 m. De stabiliteit kan ook worden berekend door het oprichtend koppel te bepalen.

#### *Toelichting:*

*Vooral in geval van zijdelingse stroming langs het element kan het nuttig zijn om het oprichtend koppel te weten. Dit geeft een maat voor de grootte van extra belastingen die het element zou kunnen hebben alvorens instabiel te worden. Zowel de metacenterhoogte als het oprichtend koppel kan in de vorm van een grafiek worden gepresenteerd. Vooral uit de grafiek van het oprichtend koppel kan worden afgelezen tot welke hoekverdraaiing het element stabiel is. Daar waar het oprichtend koppel gaat afnemen, neemt ook de stabiliteit van het element af.*

### (1.2) Belastingen door golven en stromend water

Krachten als gevolg van stromend water op een tunnelelement in de OTAO-fase moeten door middel van proeven op schaalmodellen worden bepaald. Hierbij kan gedacht worden aan een passerend schip, bij het spuien van water, golfbelasting bij zeetransport, etc. Wanneer bij een eerder uitgevoerd project de belastingen ten gevolge van golven en stromend water is bepaald door middel van proeven op schaalmodellen mag bij het uit te voeren project hiervan gebruik worden gemaakt. Het eerder uitgevoerde project moet echter wel vergelijkbaar zijn met het uit te voeren project.

### (1.3) Stabiliteitsberekeningen afgezonken tunnelelementen

Bij afzinkberekeningen wordt een minimale equivalente druk van gemiddeld 2 kN/m<sup>2</sup> aanbevolen. Voor de eindfase geldt een minimale korreldruk van gemiddeld 5 kN/m<sup>2</sup>. Dit is exclusief gewicht tunnelinstallaties, asfalt en ballast op het dak. Voor de berekening van de neuzen en pennen in de afzinkfase in verband met dynamische effecten een stootcoëfficiënt van 1,5 aanhouden.

#### *Toelichting:*

*Bovenstaande relatief lage oplegdrukken zijn verantwoord omdat het gewicht van een afgezonken tunnelelement relatief goed bekend is (uittrimmen in opdrijffase). Speciale aandacht moet worden besteed aan het al of niet aanwezig kunnen zijn van een zoutgradiënt. Voor achtergronden betreffende zeetransport van tunnelelementen zie verder o.a.: Bokkem, J. van, J.C.W.M. de Wit, L. Franken & J. Wens, Zeetransport Piet Heintunnel leidt tot behoud voorspanning in de gebruiksfase (I), Cement 1998/3, p. 22-29.*

### (1.4) Gewichtsbepaling

Bij afzinkberekeningen moeten de volumegewichten in de ontwerpfase met voldoende nauwkeurigheid worden bepaald. Op het volume gewicht van beton kan een variatie van +/- 0,7 kN/m<sup>3</sup> worden toegepast. Een controle met de werkelijke gerealiseerde volume gewichten moet worden uitgevoerd.

*Toelichting:*

*Als richtlijn voor het ontwerp kan voor het volume gewicht van gewapend beton worden uitgegaan van  $24,5 \text{ kN/m}^3$  met als ondergrens  $23,8 \text{ kN/m}^3$  (min. wapening) en als bovengrens  $25,2 \text{ kN/m}^3$  (max. wapening). Voor het volume gewicht van water minimaal  $10,0 \text{ kN/m}^3$  (zoet) en indien van toepassing maximaal  $10,25 \text{ kN/m}^3$  (zout) aanhouden.*

(1.5) Langsvoorspanning zinkelementen.

Voor de minimale drukspanning in de voegen wordt  $0,2 \text{ MPa}$  aanbevolen. Voor transport over zee wordt minimaal  $0,8 \text{ MPa}$  aanbevolen. Voor de toegestane trekspanning in het voerspanstaal tijdens overleefcondities geldt:  $0,8 f_{p0,1k}$ .

De langsvoorspanning in principe injecteren na opdrijven, maar voor transport van de tunnelementen. Het injecteren van de langsvoorspanning voordat de tunnelementen zijn opgedreven is alleen toegestaan onder één van de volgende randvoorwaarden:

- voorzieningen aanbrengen opdat de voorspanning over de noodzakelijke lengte t.p.v. de voegen niet gehecht is; of
- direct voor het injecteren van de voerspankanalen de bodemdruk tijdelijk, door gedeeltelijk inundatie van het bouwdok, terugbrengen tot een korreldruk van gemiddeld  $1 \text{ kN/m}^2$ .

*Toelichting:*

*Uit ervaring is bekend dat in het bouwdok de verdeling van de oplegdrukken onder de tunnelementen zodanig ongelijkmatig kan zijn dat bij het opdrijven, als deze oplegdrukken vrij komen, het tunnelement zodanig kan vervormen dat t.p.v. de voegen relatief grote verplaatsingsverschillen ontstaan. Zo zijn in het verleden toegepaste koppelstaven in plaats van voorspanning gevloeid, met een grillig gekromd tunnelement als gevolg. Als oorzaken van de ongelijkmatige oplegdrukken kan gedacht worden aan de bouwfasering (o.a. stortvolgorde), temperatuureffecten (o.a. als gevolg van hydratatieprocessen en zoninstraling), ongelijkmatige stijfheid bedding ondergrond etc.). De optredende verplaatsingsverschillen kunnen t.p.v. van de voegen alleen opgenomen worden als de voorspanning op het moment van optreden van deze verplaatsingsverschillen niet gehecht is t.p.v. de voeg of als de opdruk op het moment van injecteren relatief klein is. De oorzaken van het ontstaan van de ongelijkmatige oplegdrukken is complex, waardoor dit slecht voor berekening toegankelijk is. Het gecontroleerd terugbrengen naar een tijdelijke oplegdruk van  $1 \text{ kN/m}^2$  is alleen verantwoord als geen gevaar van het optreden van een zoutgradiënt aanwezig is (dus bij gesloten bouwdok).*

Na het aflaten en verwijderen van de vijzels en het afdichten van de onderspoelpunten, de voerspanelementen ter plaatse van de dilatatievoegen doorslijpen en daarna pas ballastbeton aanbrengen.

*Toelichting:*

*Het doel van het doorslijpen van de voorspanning is de flexibiliteit te vergroten, opdat optredende verschilzettingen beter gevolgd kunnen worden. Hierdoor wordt de grootte van momenten in langsrichting tevens beperkt. Te grote langsmomenten kunnen de waterdichtheid in gevaar brengen als gevolg van doorgaande buigscheuren.*

### (1.6) Plaatsingstoleranties afgezonken tunnelelementen

Als het primaire eind van het te plaatsen element voorzien is van een tijdelijke rubbervoegafdichting, wordt aanbevolen het totale element te plaatsen binnen de volgende toleranties ten opzichte van het secundaire eind van het aansluitende element of het landhoofd:

- Verticaal +/- 20 mm
- Horizontaal in dwarsrichting +/- 35 mm

Als het primaire eind van het te plaatsen element voorzien is van een tijdelijke rubbervoegafdichting bestaande uit een pneumatisch profiel, wordt aanbevolen het element te plaatsen binnen de volgende toleranties ten opzichte van het secundaire eind van het aansluitende element of het landhoofd:

- Verticaal +/- 5 mm
- Horizontaal in dwarsrichting +/- 10 mm.

#### *Toelichting:*

*Het is noodzakelijk een studie te verrichten naar bouwtoleranties en plaatsingstoleranties.*

### (1.7) Bijbehorende verplichtingen afzinken tunnelelementen

In het geval dat de tunnelelementen na inunderen van het bouwdok aan de grond gehouden worden, wordt aanbevolen een minimale bodemdruk van gemiddeld 2 kN/m<sup>2</sup> aan te houden.

Bij het invaren van één tunnelelement tussen de toeritten mag tijdens het leegpompen van beide toeritten het waterstandsverschil in beide kuipen in langsricting niet te groot zijn. Met een berekening moet worden aangetoond welk waterstandsverschil nog toelaatbaar is.

#### *Toelichting:*

*Bij te grote waterstandsverschillen tussen de twee toeritten kan het tunnelelement ongecontroleerd verschuiven in langsricting.*

De horizontale stabiliteit van de afgezonken tunnel bij het aanvullen aan de zijkanten moet zijn verzekerd.

#### *Toelichting*

*Het hoogteverschil van de aanvulling ter weerszijden van de tunnel moet worden beperkt tot circa 1 m.*

Nagegaan moet worden of significante zettingen van de fundatieplaten in verband met de tijdelijke oplegging zijn te verwachten. Is dit het geval dan moeten adequate maatregelen worden getroffen.

De ruimten onder de elementen moeten zodanig met zand worden onderstroomd via de onderstroompunten dat een aaneengesloten vaste zandplaat wordt gevormd. Het onderstromen moet worden voortgezet totdat langs beide zijden een steunrug van ten minste één meter boven de onderzijde van de elementen is gevormd.

Onderstroomzand moet voldoen aan de volgende eisen:

- $170 \mu\text{m} \leq D_{50} \leq 230 \mu\text{m}$
- het zand mag niet meer dan 2% fijne delen ( $< 65 \mu\text{m}$ ) bevatten.

*Toelichting:*

*Een goede procesbeheersing van het onderstroomproces is essentieel, omdat de controleerbaarheid van de gerealiseerde dichtheid van de onderstroomlaag achteraf niet goed mogelijk is. Dit houdt in het monitoren van debieten en drukken. Een belangrijk aandachtspunt kan het tegengaan van slibinsluitingen zijn.*

Na aanvulling van de zinksleuf, aanbrengen van de bovenbelasting op de tunnelementen en aanbrengen 1<sup>e</sup> laag ballastbeton, moeten de zettingen ter plaatse van de zink- en sluitvoegen worden gemonitord. Uit dit monitoren moet een verwachte eindzetting voor de bouwfase worden bepaald. Wanneer 90% van de verwachte eindwaarde van de initiële zettingen is bereikt en wanneer de verschilzettingen tussen de zinkelementen te verwaarlozen zijn, mag met de afbouw worden gestart. Onder afbouw wordt verstaan o.a. het maken van de zinkvoeg, sluitvoeg, dwarskrachtvoorzieningen, 2<sup>e</sup> laag ballastbeton, tegels en asfalt.

Rekening moet worden gehouden met verder nazakken in de loop der tijd.

*Toelichting:*

*Het doel van het laten optreden van een groot deel van de zakkingen, voordat met de afbouw wordt gestart, is om spanningen in de aansluitingen van de tunnelementen te minimaliseren. Bij aanwezigheid van in het werk gestorte dwarskrachtvoorzieningen deze eerst op sterkte laten komen alvorens met de afbouw wordt begonnen.*

*Sinds enige jaren is bekend dat afgezonken tunnels gedurende de levensduur verder kunnen nazakken. Deze zettingen worden hier niet bedoeld. De precieze oorzaak hiervan is nog niet bekend. Mogelijk is dat een in de tijd toenemende dichtere pakking van de onderstroomlaag als gevolg van verkeerstrillingen. De aanwezigheid van een (lokale) bovenbelasting zal dit effect versterken.*

De zinkvoeg tussen de tijdelijke en definitieve afdichting testen op waterdichtheid. De ruimte tussen het tijdelijk en definitieve afdichtingsprofiel vullen met water tot een drukhoogte van de hoogst voorkomende waterstand + 1,50 meter is bereikt. Gedurende 24 uur de druk constant houden mogelijk onder toevoeging van water. De zinkvoeg wordt geacht waterdicht te zijn wanneer de toegevoegde hoeveelheid water gedurende de 24 uur kleiner is dan 25 liter.

Indien de afdichting is gelegen boven de laagst voorkomende waterstand, de ruimte tussen het tijdelijke en definitieve afdichtingsprofiel tot bovenkant vullen met antivries (bijvoorbeeld glycoshell).

Kopschotten mogen vóór het aanbrengen van de Omega-profielen verwijderd worden mits dit gebeurt nadat de wiggen in de sluitvoeg geactiveerd zijn. Bij de sluitvoeg is het verwijderen van de kopschotten voordat de definitieve afdichting wordt aangebracht niet toegestaan.

**Toelichting:**

Het tijdstip van verwijderen van de kopschotten is een afweging tussen bouwfaseveiligheid en het eenvoudiger en kwalitatief beter kunnen aanbrengen van de Omega-profielen. Bij deze afweging moet de veiligheid altijd prevaleren. Uit jarenlange ervaringen is gebleken dat de Gina-profielen behoorlijk robuust zijn. De kans op een grootschalige lekkage is daarom zeer klein, mits de Gina-profielen voldoende onder druk blijven staan. Dit is voldoende verzekerd na het aanbrengen van de wiggen in de sluitvoeg. Bij de sluitvoeg is de betrouwbaarheid van de uitwendige waterafdichting minder dan die van een Gina-profiel, vandaar dat daar de kopschotten moeten worden gehandhaafd totdat de definitieve waterkering is aangebracht.

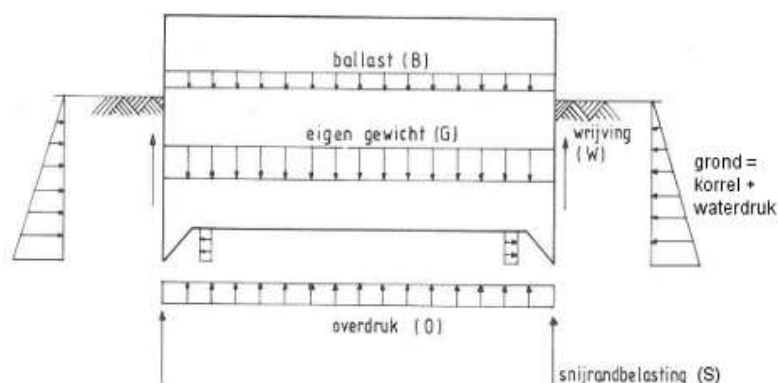
Pneumatisch afgezonken caissons
---------------------------------

## (2) Eisen voor de toepassing van de caissonmethode:

- De draagkracht van de bovenste grondlagen moet voldoende zijn om het gewicht van het in aanbouw zijnde caisson te kunnen dragen en ontoelaatbare vervormingen van het caisson te voorkomen.
- De aangrenzende bebouwing moet bestand zijn tegen de extra bovenbelasting van het caisson op het maaiveld en de vervormingen in de grond als gevolg van het afzinken.
- Maximale diepte 35 meter onder het freatisch vlak, in verband met regelgeving in de caissonwet, welke het werken onder verhoogde luchtdruk beperkt tot 3,5 atmosfeer.

## (2.1) Belastingen bij pneumatisch afzinken:

De belastingen, zoals deze tijdens het afzinken op het caisson werken, zijn aangegeven in figuur 6-4.



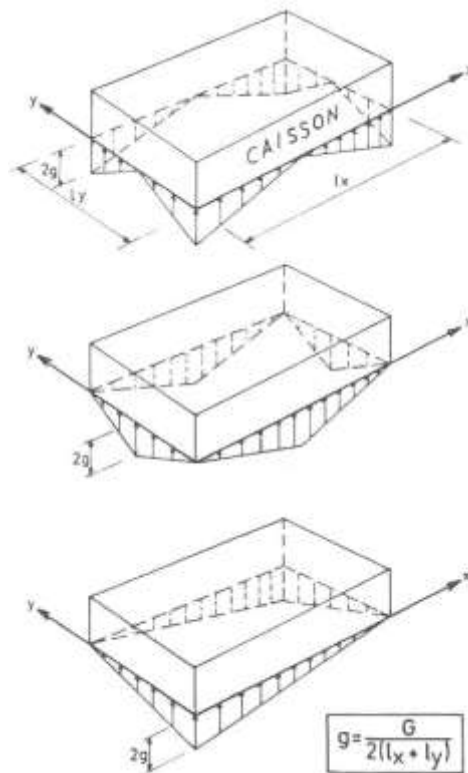
**Figuur 6-4: Belastingen bij pneumatisch afzinken**

De voorwaarde, waaraan minimaal moet worden voldaan om het caisson te laten zakken is:  $G + B > W + O$

De belastingen die op het caisson werken, veranderen naarmate het afzinkproces vordert. Er zijn 3 situaties te onderscheiden:

### (2.2) Ongelijkmatige snijrandbelastingen.

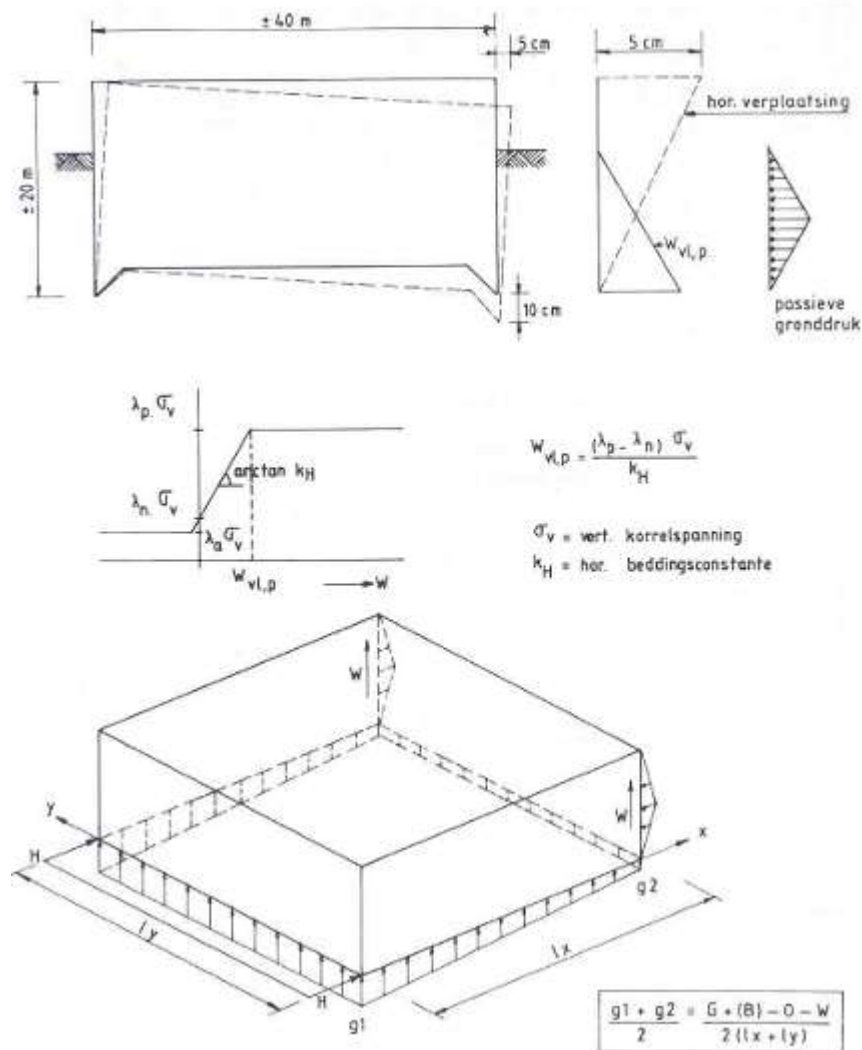
De snijrandbelasting is ongelijkmatig verdeeld in verband met onregelmatigheden in de grondslag en verschillen in ontgraving om het afzinken te sturen. In figuur 6-5 is een drietal mogelijk maatgevende snijrandbelastingen aangegeven.



**Figuur 6-5: Ongelijkmatige snijrandbelastingen**

### (2.3) Scheefstand van het caisson

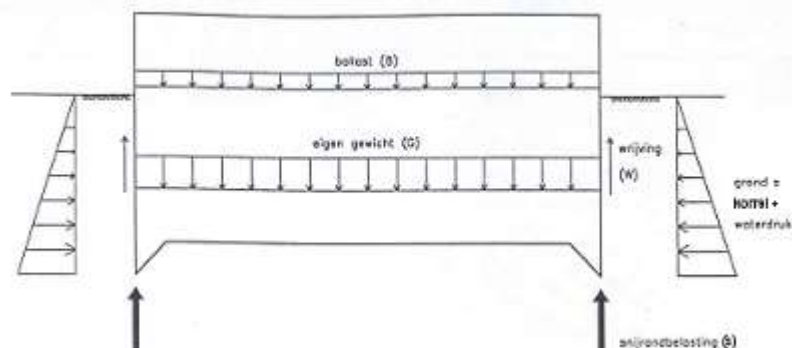
Hierbij ontstaat passieve gronddruk tegen één van de zijwanden omdat het caisson excentrisch wordt ondersteund. Eén zijde van het caisson zakt 10 cm meer dan de andere zijde, wat een horizontale verplaatsing van het caisson tot gevolg heeft. Aangenomen is dat de passieve gronddruk recht evenredig is met de horizontale verplaatsing, echter gelimiteerd tot de maximale passieve gronddruk. Er ontstaat dan een driehoekig gronddrukfiguur.



**Figuur 6-6: Scheefstand van het caisson**

#### (2.4) Wegvallen overdruk

Het caisson is vrijwel op diepte en door een calamiteit valt de overdruk uit. Dit wordt niet gecombineerd met eventuele scheefstand van het caisson. De partiële veiligheidscoëfficiënt met betrekking tot de belastingen mag voor deze situatie worden gereduceerd tot 1,1.



**Figuur 6-7: Wegvallen overdruk**

Maatregelen om het afzinken te bevorderen:

- De wrijving langs de wanden van het caisson kan worden verminderd door een bentonietsmering aan te brengen;
- De neerwaarts gerichte belasting kan worden verhoogd door het caisson te belasten (bijvoorbeeld waterballast);
- De luchtdruk in de werkkamer kan tijdelijk worden verlaagd (aflaten).

De gebruiksfase kan in geval van grondaanvullingen voor het dak maatgevend zijn.

## **6.6 Natte kunstwerken – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet**

Geen aanvullingen.

## **6.7 Geluidschermen – overige regels waarin Eurocode 2 niet voorziet**

Geen aanvullingen.

## **6.8 NEN-EN 13670 Vervaardiging van betonconstructies**

Aanvullingen op NEN-EN 13670 + NB.

1	Eis
---	-----

In afwijking van sub (7) geldt dat de eisen zoals opgenomen in NEN-EN 13670 en de aanvullingen in de ROK van toepassing zijn op de productie van alle geprefabriceerde betonelementen. Voor zover de eisen in de betreffende productnorm strijdig zijn met of afwijkend zijn van NEN-EN 13670, prevaleren de eisen in de betreffende productnorm met uitzondering van de aanvullingen en invullingen in deze paragraaf van de ROK.

2	Eis
---	-----

In NEN-EN 13670 genoemde documenten (normen, richtlijnen en andere documenten) inclusief de aanvullingen en aanwijzingen in deze paragraaf van de ROK zijn bindend.

3	Eis
---	-----

De volgende definitie wordt toegevoegd:

## 3.26

## Geboortecertificaat

Een document waarmee de daadwerkelijk gerealiseerde kwaliteit en eigenschappen van de betonconstructie wordt vastgelegd en aangetoond. Het bevat alle materiaalgegevens en keuringsregistraties waarmee wordt aangetoond dat is voldaan aan de gespecificeerde eisen (incl de relevante normeisen).

De geboortecertificaten maken onderdeel uit van de overdrachtsgegevens voor het beheer- en onderhoud van de constructie.

4.2.1	Eis
-------	-----

Zowel in het geval dat alleen het ontwerp als in het geval dat zowel het ontwerp als de uitvoering binnen het contract tot de verplichtingen behoort, moet bij het ontwerp, waar van toepassing, aansluitend op de uitvoeringsnormen worden gewerkt. De uitvoeringsspecificatie moet worden geleverd als onderdeel van het definitief ontwerp. De informatie zoals genoemd onder (2) a) t/m d) moet worden opgenomen in een als zodanig herkenbaar overdrachtsdocument en, voor zover relevant, op de op te leveren uitvoeringstekeningen worden vastgelegd.

4.2.2	Eis
-------	-----

Er moet een (deel)kwaliteitsplan worden opgesteld voor het uit te voeren betonwerk. Hierin moet beschreven worden hoe aan de eisen van NEN-EN 13670, NEN 8670 (vanaf het moment dat deze van kracht is) en de wijzigingen c.q. aanvullingen in deze paragraaf van de ROK zal worden voldaan.

4.2.4	Eis
-------	-----

Ten minste de volgende registraties, welke deel uitmaken van het geboortecertificaat, moeten tijdens de uitvoering van de betonconstructie per constructiedeel worden geregistreerd en gearchiveerd ter verificatie van de realisatie van het ontwerp:

- a) herkomst en eigenschappen van de toegepaste materialen inclusief testrapporten/certificaten van materialen en/of conformiteitverklaringen van leveranciers (zie 4.3.2);
- b) betonsamenstelling van het toegepaste betonmengsel (volgens tabel 25 van NEN-EN 206) en eerste en laatste leveringsbon per stort (volgens 8.3).
- c) Analyse en berekening met betrekking tot ASR-bestandheid van het beton
- d) Analyse initieel chloridegehalte
- e) Een stortverslag per stort waarin minmaal de volgende zaken zijn aangegeven:
  - Stortdatum, start en eindtijd, wijze van storten;
  - buitentemperatuur en weersomstandigheden tijdens stort;
  - maatregelen ten behoeve van verhardingsbeheersing (bijvoorbeeld getroffen maatregelen bij lage en bij hoge temperaturen, koeling bij massabeton, etc);
  - methode en duur van nabehandeling.
- f) keuringsrapporten met betrekking tot voorspanning (zie 7):
  - inmeting hoogteligging voorspankabels (bij gekromde kabels);
  - spanrapporten (zie 7.5.1);
  - injectierapporten inclusief de resultaten van uitgevoerde proeven volgens [NEN-EN 446](#) (zie 7.6.5).
- g) keuringsrapporten van de keuring na ontkisten (zie 8.6);
- h) meetrapporten van de gerealiseerde positie en hoofdafmetingen (as-built).

4.3.1	Eis
-------	-----

Voor alle onderdelen van een kunstwerk in gevolgklasse 3, die van belang zijn voor het draagvermogen en duurzaamheid van de constructie, moet uitvoeringsklasse 3 worden aangehouden.

4.3.2	Eis
-------	-----

De volgende producten moeten, zolang deze nog niet onder CE-markering geleverd kunnen worden volgens de verordening bouwproducten 305/2011/EU (Construction Products Regulation), onder productcertificaat worden geleverd:

- betonmortel (BRL 1801);
- betonstaal (BRL 0501);
- gehechtlaste wapeningsnetten, wapeningsconstructies en buig- en vlechtwerk (BRL 0503);
- mechanische verbindingen van betonstaal (BRL 0504);
- stekken- en doorkoppelbakken (BRL 0506);
- krachtlasverbindingen met betonstaal en stalen strippen (BRL 0512);
- voorspanstaal (BRL 2401).

In te storten stalen onderdelen en bijbehorende verbindingen moeten worden geleverd met keuringsdocumenten volgens de eisen bij 5.2 in par 7.20 van de ROK. Indien deze onderdelen thermisch worden verzinkt, moeten deze worden geleverd met een fabrieksverklaring als bedoeld in NEN-EN-ISO 1461, waarbij tevens de resultaten van uitgevoerde controles van de laagdikte conform par 6.2 van deze norm worden geleverd.

4.3.3 (1) Tabel 2	Eis
-------------------	-----

Het uitvoeren van betonreparaties, zoals bedoeld onder 8.8 (6) van deze paragraaf, en het afwerken van tijdelijke voorzieningen zoals centerpengaten, zoals bedoeld onder 5.6.2 van deze paragraaf, moeten worden uitgevoerd door een houder van een KOMO<sup>®</sup> procescertificaat op basis van BRL 3201.

De controle van de uitvoering moet voor deze uitvoeringswerkzaamheden ten minste bestaan uit het verifiëren van de kwalificaties van het uitvoerend personeel op het voldoen aan de eisen van de BRL. Deze controle moet geregistreerd worden.

Ten minste van risicovolle uitvoeringswerkzaamheden, waarvan de gerealiseerde kwaliteit van de resultaten achteraf niet meer volledig en/of op eenvoudige wijze kan worden aangetoond, moet tijdens de uitvoering controle plaatsvinden op de naleving van het uitvoeringsproces en de verwerkingsvoorschriften. Onder risicovolle werkzaamheden vallen onder andere de volgende uitvoeringsprocessen:

- het injecteren van voorspankanalen (zie 7.6);
- nabehandeling en bescherming van beton, na het storten en na het ontkisten (zie 8.5);
- het aanbrengen van constructieve verbindingen (zie 9.6.3);
- het uitvoeren van constructieve reparaties.

Hulpconstructies moeten uit oogpunt van veiligheid voorafgaand aan het storten van de betonmortel integraal worden gekeurd door de verantwoordelijke constructeur of door een door de constructeur daartoe aangewezen functionaris.

*Opmerking:*

*CUR Rapport 2006-1 "Veiligheid van hulpconstructies voor het realiseren van betonwerk" geeft hiervoor richtlijnen.*

4.4	Eis
-----	-----

Indien bij keuring blijkt dat een onderdeel niet voldoet aan de eisen, moet een afwijkingsrapport worden opgesteld. Indien er geen corrigerende maatregel mogelijk is om het onderdeel weer te laten voldoen aan de eisen, moet deze worden afgekeurd en worden vervangen. Indien dit om zwaarwegende redenen onwenselijk of bezwaarlijk is, dan bestaat de mogelijkheid om in overleg tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer een contractwijziging overeen te komen. In deze wijziging worden de aangepaste acceptatiecriteria en voorwaarden voor het betreffende onderdeel nader overeengekomen.

5.6.2	Eis
-------	-----

Op de in het beton achterblijvende delen van centerpenconstructies moet dezelfde dekking worden aangehouden als voor de wapening.

Voor waterdicht werk moeten niet terugwinbare centerpennen worden toegepast welke voorzien zijn van een aangelast stalen plaatje (waterslot)

Centerpensparingen moeten volledig worden gevuld en vlak worden afgewerkt met een daartoe geschikte reparatiemortel die voldoet aan NEN-EN 1504-3 (klasse R3) tenzij in een projectspecifieke specificatie van schoon beton andere eisen zijn gesteld. De uitvoering moet plaatsvinden door deskundig personeel, gecertificeerd volgens BRL 3201.

*Toelichting:*

*Uit ervaring blijkt dat in de praktijk de vulling van conusgaten vaak van onvoldoende kwaliteit is, bijvoorbeeld door onvolledige vulling en/of een slechte hechting aan de ondergrond. Dit leidt gedurende de hele levensduur van een kunstwerk tot aanzienlijke maar onnodige onderhoudskosten. Conusgaten moeten vooraf goed worden opgeruwd (cementhuid verwijderen), schoongemaakt, voorbehandeld en daarna volledig worden gevuld en verdicht met een op de juiste wijze aangemaakte homogene mortel. Tenslotte moet de mortel op effectieve wijze worden nabehandeld.*

6.2 (7)	Eis
---------	-----

Afstandhouders moeten van cementgebonden materiaal zijn. Andere materialen zijn alleen toegestaan indien is aangetoond dat ze geen nadelige effect hebben ten aanzien van de duurzaamheid en indringing van schadelijke stoffen (permeabiliteit van het materiaal, aanhechting op beton, scheurinleiding) en de brandwerendheid. Tevens moet, indien van toepassing, worden voldaan aan de esthetische eisen met betrekking tot schoon beton (zie 8.8).

*Opmerking 1:*

*Zie Stubeco-rapport C04 "Afstandhouders voor beton"*

*Opmerking 2:*

*Betonnen afstandhouders voorzien van een productcertificaat op basis van BRL 2817 worden geacht te voldoen aan de eisen.*

**Opmerking 3:**

*Voor in de grondgevormde paalfunderingen zonder permanente casing/stalen hulpbuis is de controle van de dekking na productie over het algemeen niet mogelijk. De minimale dekking  $c_{min}$  op de wapening is te realiseren door voor de bouwtoerantie  $\Delta c_{dev}$  minimaal 50 mm aan te houden. Daarbij wijst de praktijk uit dat met het toepassen van betonnen afstandhouders het moeilijk is de minimale dekking te realiseren, omdat veelal betonnen afstandhouders tijdens het maakproces verschuiven of losraken. Om die reden is het een algemeen geaccepteerde oplossing om in dit geval de betondekking te realiseren door rondom vier stuks stalen strips (schaats vorm) te lassen aan de wapeningskorf. De onderlinge afstand in lengterichting is afhankelijk van de lengte en wapeningsconfiguratie van de wapeningskorf.*

6.3 (1)	Eis
---------	-----

- b) het buigen van staal bij temperaturen beneden  $-5\text{ °C}$  is niet toegestaan;  
c) buigen door verhitting van de staven is niet toegestaan.

6.3 (2)	Eis
---------	-----

Voor de aan te houden minimale middellijn van de buigdoorn gelden de waarden zoals deze zijn opgenomen in de Nationale Bijlage bij EN 1992-1-1.

6.4	Eis
-----	-----

Lassen is alleen toelaatbaar voor wapeningsstaal dat als lasbaar is geclassificeerd en met expliciet verkregen toestemming van de constructeur.

Hechtlassen van niet-constructieve lasverbindingen, anders dan fabrieksmatig uitgevoerde puntlassen (netten), zijn alleen toelaatbaar met toestemming van de constructeur.

7.1.2	Eis
-------	-----

Het aanbrengen van voorspansystemen, spannen en injecteren moet worden uitgevoerd door daartoe gespecialiseerde bedrijven die door de ETA-houder zijn erkend op basis van de eisen zoals gesteld in CWA 14646 en de ETA van het voorspanstelsysteem. Uitvoerend personeel moet in het bezit zijn van een opleidingscertificaat "Voorspanttechniek uitvoering".

7.2.6	Eis
-------	-----

In afwijking van NEN-EN 13670, 7.2.6 moet een injectiemortel worden toegepast die voldoet aan Stufib-rapport 19.

7.3	Eis
-----	-----

Eisen voor de bescherming en verwerking van voorspanstaal en voorspanelementen zijn gegeven in CUR Aanbeveling 2. De toelaatbaarheid van putcorrosie in voorspanstaal is aangegeven in CUR Aanbeveling 6.

7.5.3	Eis
-------	-----

Er moet contact worden opgenomen met de verantwoordelijke constructeur indien de gemeten verlengingen van groepen strengen of afzonderlijke strengen meer afwijken (positief of negatief) van de door de constructeur opgegeven waarden dan het maximum van 5% van die opgegeven waarde of 5 mm.

Ter controle van de uitgangspunten van de ontwerpberekening moeten van drie kabels per viaduct of brug, wrijvingsverliezen worden gemeten. Hiervoor moet worden uitgegaan van enkelzijdig spannen tot 100% van de voorspankracht en hierbij moeten alle aangenomen en berekende waarden worden opgegeven, zoals verlenging, kabelkracht aan beide zijden,  $\mu$ ,  $\phi_1$  en de E-modulus.

Deze kabels voor het bepalen van de wrijving moeten dezelfde eventuele eerdere afspanfasen (bij deze kabels uiteraard eenzijdig afspannen) hebben ondergaan als de overige kabels (voorspannen van "krimp- en ontkistingsvoorspanning"). Na de wrijvingsmeting deze kabels aan de andere zijde ook op 100% spannen. De resultaten moeten ter goedkeuring aan de verantwoordelijke constructeur worden voorgelegd.

Na het spannen moeten de einden van de spanelementen worden afgeslepen. Het afslijpen moet geschieden op een afstand groter dan 30 mm van het einde van verankeringsonderdelen zodat geen ontoelaatbare temperaturen bij de verankering optreden. Indien het slijpen aan een streng langer dan 15 seconden duurt, het slijpen onderbreken en pas weer voortzetten nadat de streng volledig is afgekoeld tot de omgevingstemperatuur.

7.6.3	Eis
-------	-----

In afwijking van NEN-EN 13670, 7.6.3 moet het injecteren worden uitgevoerd volgens Stufib-rapport 19.

7.6.5	Eis
-------	-----

Keuring van injectiemortel op de bouwplaats moet, [in het geval van hoogwaardige injectiemortels](#), plaatsvinden volgens "inspection class 3", zoals aangegeven in paragraaf 9.3 van NEN-EN 446.

[Indien traditionele mortels worden toegepast, zoals bedoeld in Stufib-rapport nr 19, dan gelden in afwijking van §3.5.3 van het Stufib-rapport de volgende frequenties:](#)

- [Druksterkte : 3 testen/dag ;](#)
- [Waterafscheiding en volumeverandering: 1 test/halve dag met een minimum van 3 testen per injectiefase;](#)
- [Vloeibaarheid: 3 testen/dag of iedere 4 uur.](#)

8.2	Eis
-----	-----

Toepassing van haringgraatstaal/strekmetaal en dergelijke is alleen toegestaan als:

- deze niet in de betondekkingszone achterblijft;
- deze wordt toegepast in overwegend statisch op druk belaste constructiedelen.

*Toelichting:*

*Het toepassen van haringgraatstaal/strekmetaal heeft een negatieve invloed op de kwaliteit van stornaden. Er vormen zich gemakkelijk luchtballen en grindnesten; een door belasting optredende scheur zal zich diep doorzetten in de stornaad. Hierbij is de gehele scheur (thermisch) verzinkt haringgraatstaal aanwezig dat op termijn (m.n. bij aanwezigheid van chloriden) kan gaan roesten.*

8.2 (4)	Eis
---------	-----

Van stornaden in milieuklasse XD2, XD3, XS2 of XS3 en bij waterdicht betonwerk moet de cementhuid over het gehele contactoppervlak worden verwijderd.

*Opmerking:*

*Tevens wordt er op gewezen dat stortnaden in bovenzijden van brugdekken afgeplakt moeten worden, zoals bedoeld in NEN 6723:2009, 10.6.3, die van kracht is via ROK paragraaf 6.1, 8.*

*Voorts moeten stortnaden tussen bovenzijde brugdek en bermconstructies worden beschermd door een waterdichte voorziening. De standaardoplossing is een flexigoot, zoals beschreven in RTD 1009, 4.2.1.2.*

*Toelichting:*

*Met goede stortnaden wordt bereikt dat de betonconstructie één geheel vormt. Daarbij is het van belang dat het beton goed is verdicht en de cementshuid van het beton is verwijderd. Slecht uitgevoerde stortnaden vormen een zwakke schakel in betonconstructies uitgevoerd in bovengenoemde milieuklassen en zullen leiden tot vochtindringing en schade. Zie Betoniek 12/15, uitgave mei 2002 voor richtlijnen ten aanzien van het uitvoeren van stortnaden.*

8.2 (6)	Eis
---------	-----

Het rechtstreeks storten van beton op een vochtabsorberende ondergrond is niet toegestaan. Vochtabsorberende ondergronden moeten met water verzadigd worden of er moeten, waar toegestaan, andere maatregelen worden getroffen (bijvoorbeeld het toepassen van een folie).

8.4.6	Eis (Tunnels)
-------	---------------

Onder water gestort beton niet eerder belasten dan nadat het beton een gemiddelde druksterkte heeft van 100% van de karakteristieke druksterkte en waarbij de minimaal gemeten druksterkte 80% van het gemiddelde moet zijn. Het bepalen van de sterkte moet worden uitgevoerd met behulp van gewogen rijpheids-meting volgens NEN 5970.

8.5 (1) f)	Eis
------------	-----

Bij het verharderen van beton kunnen trillingen door het wegverkeer de sterkte van het beton beïnvloeden. Voor de uitvoering van de betonconstructie moet de volgende eis worden aangehouden:

In de kritische periode van de verharding (3-14 uur na storten beton zonder beïnvloeding van begin binding) moet de pieksnelheid van het verhardende beton ten gevolge van doorbuiging door verkeer beperkt blijven tot maximaal 35 mm/s. Dit betekent dat er meestal geen vrachtverkeer dicht aan de rand is toegestaan zonder sterke snelheidsbeperkingen. De rek door buiging in het verhardende beton mag niet meer dan 0,035 mm/m<sup>1</sup> bedragen. Verschillen in vervorming door verschuiving tussen het jonge beton en de bestaande betonconstructie zijn niet toegestaan.

*Toelichting:*

*In 1991 is bij de Waalbrug in Nijmegen onderzoek verricht naar de invloed van trillingen in verband met het vervangen van een deel van het brugdek. Hierbij zijn de trillingen ten gevolge van het verkeer gemeten. Een aantal proefstukken is door dezelfde trillingen belast tijdens de eerste 24 uur van het verhardingsproces; de referentieproefstukken zijn niet belast. Bij de proefstukken (balken) is het beton aangestort tegen beton dat al enige weken oud was, waarbij het contactvlak voorzien was van een hechtmiddel. Bij het verharderen zijn de trillingen aangebracht*

*op de bekisting van het jonge beton terwijl het oude beton niet kon vervormen door inklemming. De maximale rek in het verhardend beton bedroeg 0,035 mm/m<sup>1</sup>. De breukrek voor verhardend beton bereikt volgens literatuur tussen 6 en 12 uur het minimum van 0,040 á 0,060 mm/m<sup>1</sup>. De aanhechtsterkte van het getrilde beton bleek 68% van het beton in de niet getrilde plaat te bedragen. De sterkte van de balk (bezuikveiligheid) is echter niet afgenomen.*

*In een artikel "The vibration resistance of young and early-age concrete" in Structural Concrete (2003 No. 3) wordt een overzicht gegeven van onderzoek naar de invloed van trillingen op verhardend beton. De onderzoeksresultaten variëren echter sterk. Aanbevolen wordt de pieksnelheid van de trillingen te beperken tot 35 mm/s door de snelheid van het zware verkeer te verlagen. Voor de Nederlandse viaducten kan als voorbeeld genomen worden een dek van kokerliggers met een minimale constructiehoogte. De grootste toename van de zinking treedt op bij een puntlast op circa 1/8 van de overspanning. Uitgaande van de verkeersbelasting volgens de Eurocode geconcentreerd in een bewegende puntlast is de maximaal toelaatbare snelheid van het verkeer 20 km/uur bij 40 m en 24 km/uur bij 30 m overspanning. Uitgangspunt hierbij is dat het verkeer rijdt op 1,40 m vanaf de rand. Bij omgekeerde T-liggers is de maximale snelheid door de grotere minimale constructiehoogte 57 km/uur bij 40 m overspanning.*

*Door het verkeer verder van de rand te laten rijden en rekening te houden met een lagere overschrijdingskans (referentieperiode 1 jaar i.p.v. 100 jaar) kan het beton bij veel constructies zonder veel sterkteverlies verharden indien een maximale snelheid van 50 á 70 km/uur wordt voorgeschreven. Bij erg slanke constructies zoals kokerliggers en flappen van kokers zal geen verkeer gedurende de kritische periode mogelijk zijn omdat een lagere snelheid dan 50 km/uur niet acceptabel is voor een rijksweg.*

8.5 (2)	Eis
---------	-----

Jong beton in de milieuklasse XD, XF en XS moet worden beschermd tegen schadelijk contact met (dooi-)zouten.

*Toelichting 1:*

*Bij beton met portlandvliegascement loopt de ontwikkeling van de dichtheid achter bij de sterkteontwikkeling en is deze gevoeliger voor chlorideschade dan beton vervaardigd met hoogovencement. Bij toepassing van hoogovencement is de tijdsduur van de bescherming gelijk te stellen aan de vereiste nabehandelingstijd. Bij toepassing van portlandvliegascement moet in de praktijk direct contact met (dooi-)zouten gedurende een onafgebroken periode van 3 maanden worden voorkomen.*

*Toelichting 2:*

*Bermconstructies langs verhardingen op rijdekken/vloeren kunnen bijzonder gevoelig zijn voor vorst-dooizout schade (scaling). In praktijk kan door onvoldoende met zorg uitvoeren van de nabehandeling en/of het hydrofoberen, een aanzienlijke schade optreden in de eerste winterperiode. Daarnaast is ook de betonsamenstelling van belang. Zie hiervoor de aanvullende eisen bij NEN 8005.*

8.5 (3)	Eis
---------	-----

Natuurlijke nabehandeling is niet toegestaan.

*Toelichting:*

*Gunstige weersomstandigheden die geschikt zijn voor een beheerste nabehandeling van beton zijn in Nederland doorgaans niet met voldoende zekerheid en voor de vereiste voortdurende aanwezigheid.*

8.5 (7)	Eis
---------	-----

Voor bovenzijden van betonnen rijdekken/rijvloeren en bermconstructies en voor de opstaande rand van schampkanten moet nabehandeling Klasse 4 worden aangehouden. Voor alle overige betonoppervlakken moet minimaal nabehandeling Klasse 3 worden aangehouden.

*Toelichting:*

*Door een goede en voldoende lange nabehandeling kan een duurzaamheidsniveau worden bereikt dat aansluit bij de ontwerp-eisen. Zie ook artikel "Invloed van nabehandeling op poriestructuur van beton" in Cement 04-2008.*

8.5 (9)	Eis
---------	-----

Voor zover een curing compound mag worden toegepast, moet deze een minimale spercoëfficiënt hebben van 70% volgens NPR-CEN/TS 14754-1. Indien nabehandeling Klasse 4 van toepassing is, moet de curing compound halverwege de vereiste nabehandelingstijd nogmaals worden aangebracht tenzij kan worden aangetoond dat de spercoëfficiënt gedurende de vereiste tijd van nabehandeling niet afneemt.

8.5 (16)	Eis
----------	-----

In het geval van koelen van beton moet uit de berekening volgen:

1. Waar en hoe er gekoeld moet worden om aan de spanningseis, zie ROK bepaling bij NEN-EN 1992-1-1, 7.3, te voldoen.
2. Waar de thermokoppels geplaatst worden.
3. Welk temperatuursverloop verwacht wordt ter plaatse van de thermokoppels.

De volgende controles moeten worden uitgevoerd:

1. Voorafgaand aan de stort moet het koelsysteem worden gecontroleerd op lekkage door middel van het afpersen van de koelbuizen. Uit de simulatieberekeningen volgt welk maximaal koelwaterdebiet verwacht wordt en wat de bijbehorende maximale werkdruk in het systeem zal zijn. De afpersdruk moet minimaal het dubbele zijn ten opzichte van de maximaal verwachte werkdruk.
2. De thermokoppels ijken met behulp van ijswater of door gebruik te maken van een geijkte rijpheidcomputer. Bij het ijken moeten de thermokoppels reeds voorzien zijn van het aantal meters draad zoals in werkelijkheid wordt toegepast.
3. Voorafgaand aan de stort moeten de signalen van de afzonderlijke thermokoppels en debietmeters worden gecontroleerd.
4. Voorafgaand aan de stort moet de specieteratuur bekend zijn en de temperatuur van het koelwater zijn gecontroleerd.
5. Na gebruik van de koelbuizen moeten deze met grout worden geïnjecteerd om corrosie en lekwegen te voorkomen.
6. Koelbuizen verzekeren tegen opdrijven.

8.6	Eis
-----	-----

Krimpscheuren in betonconstructies  $\geq 0,2$  mm en watervoerende scheuren, ongeacht de scheurwijdte, moeten worden geïnjecteerd door middel van een

geschikte injectiemethode met een daartoe geëigend injectiemateriaal dat voldoet aan NEN-EN 1504-5. De reparatie moet worden uitgevoerd onder procescertificaat op basis van BRL 3201. Opdrachtnemer moet voor de reparatie van watervoerende scheuren een verzekerde garantie geven. Deze garantie heeft een looptijd van 10 jaar na oplevering van het werk.

8.6 (1)	Eis
---------	-----

Bij de keuring moeten de volgende aspecten worden beoordeeld en geregistreerd:

a) Gebreken/schades in het betonoppervlak (visueel).

Methode van onderzoek

Direct na het ontkisten moeten alle oppervlakken visueel worden beoordeeld op het voldoen aan de eisen die hieraan worden gesteld (zie 8.8). Eventueel geconstateerde gebreken en schades moeten nader geïnspecteerd, beschreven, beoordeeld en fotografisch vastgelegd worden.

Wijze van rapporteren

- Per zijde een overzichtsfoto
- Detailfoto's van de alle gebreken/schades voor zover deze in beginsel invloed hebben op de duurzaamheid/constructieve veiligheid. Ieder gebrek/schade moet worden voorzien van een ID-nummer. Per ID-nummer moet de volgende informatie worden geregistreerd:
  - beschrijving de aard, de omvang/afmetingen en de relevante kenmerken (bijvoorbeeld scheurwijdte).
  - de beoordeling van de schade (oorzaak, ernst, reparatiemogelijkheid)
  - de wijze van reparatie (reparatiemethode, toegepaste materiaal, de applicateur)

*Toelichting:*

*Het vastleggen van de initiële schades bij nieuwbouw is belangrijke informatie voor de beheer&onderhoudsfase van het object. Gebreken/schades en uitgevoerde reparaties kunnen aanleiding zijn voor extra of gerichte aandacht bij inspecties en/of kunnen leiden tot extra of gericht onderhoud. Daarbij is het van belang dat achteraf nog kan worden vastgesteld wat de oorzaak en omvang is geweest. De vastlegging van de initiële schades is tevens van belang voor de koppeling met de garantieverklaring.*

b) De gerealiseerde betondekking

Voor eisen aan de gerealiseerde dekking wordt verwezen naar NEN-EN 13670, 10.6 (1) en de aanvullingen hierop in de ROK.

Methode van onderzoek

De betondekking/licging van de wapening moet na het verharden en ontkisten van het beton worden bepaald met een gekalibreerde dekkingsmeter (elektromagnetische veldsterktemeter). Deze metingen moeten worden uitgevoerd met een vooraf ingestelde kenmiddellijn van de wapening volgens het uitgevoerde ontwerp. De dekking moet worden gemeten op de wapening die het dichtst aan het betonoppervlak ligt.

Voor de wapeningsdetector moet de correlatie bekend zijn tussen de meetwaarde van het apparaat en de werkelijke betondekking. De fout in de

afgeleide betondekking mag niet meer bedragen dan  $\pm 3$  mm gemeten op een glad betonoppervlak.

#### Aantal metingen

Per afzonderlijk gestort constructieonderdeel en per zijde ervan moet een representatief aantal meetplaatsen worden geselecteerd, op basis waarvan een voldoende nauwkeurige statistische interpretatie mogelijk is.

#### Wijze van rapporteren

De rapportage moet minimaal het volgende omvatten:

- een visueel overzicht/tekening van het desbetreffende constructieonderdeel waarop de locaties van de meetplaatsen zijn aangegeven;
- de individuele meetresultaten per meetplaats;
- het aantal uitgevoerde metingen
- analyse en conclusie ten aanzien van  $c_{min}$ ,  $c_{min;abs}$  en  $c_{max}$  (zie 10.6)

#### *Toelichting:*

*De praktijk heeft vaak uitgewezen dat, ondanks keuringen voorafgaand aan het storten van het beton, de betondekking niet voldoet aan de eisen. Oorzaken hiervan kunnen zijn:*

- *het onvoldoende gedisciplineerd en zorgvuldig keuren;*
- *maatafwijkingen ten opzichte van het ontwerp van het betonstaal/supporten en/of hoogte van de ondergrond;*
- *het niet goed inspecteerbaar zijn (bijvoorbeeld bij toepassing van sparingsbakken etc) en/of het verplaatsen van de bekisting en/of wapening tijdens het storten van de beton.*

*Aangezien de betondekking cruciaal is voor de duurzaamheid van de constructie, moet verificatie van de eisen op het gerealiseerde product plaatsvinden. De controle van de dekking voorafgaande aan het storten is te beschouwen als een beheersmaatregel ter beperking van het risico, niet als geschikte methode voor het aantonen van de eis aan de betondekking.*

8.8	Eis
-----	-----

Tenzij in het contract anders is bepaald, gelden de volgende eisen met betrekking tot betonoppervlakken:

- (1) Beton dat in het zicht komt, moet voldoen aan de eisen behorende bij de beoordelingsaspecten voor klasse B1, zoals aangegeven in CUR Aanbeveling 100, tabel 3 met daarop de volgende aanvulling:
  - uitwendige hoeken en randen voorzien van vellingkanten
- (2) Voor niet in het zicht komende delen geldt dat zich in het oppervlak geen onvolkomenheden mogen bevinden die de duurzaamheid van de constructie in negatieve zin beïnvloeden.
- (3) Voor afwerking van centerpensparingen wordt verwezen naar 5.6.2.
- (4) Bij de uitvoering opgetreden schades die invloed hebben op de duurzaamheid van de betonconstructie zoals krimpscheuren, grindnesten, materiaalverlies door lekkende bekisting ter plaatse van stortnaden of plaatselijk onvoldoende

betondekking) moeten als afwijking worden behandeld. Indien reparatie uit esthetisch oogpunt toelaatbaar en haalbaar is (gegeven de gestelde betonoppervlakte eisen), moet de reparatie op een duurzame wijze worden uitgevoerd. De reparatiewijze moet tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer worden overeengekomen. De consequenties voor het beheer & onderhoud en het eventueel verdisconteren van het extra onderhoud maken deel uit van een eventueel overeen te komen wijziging.

*Opmerking:*

*Algemene richtlijnen voor duurzame reparaties voor oppervlakkige schades:*

- weghakken van het slechte beton tot achter de wapening of aanbrengen van een (corrosievrije) verankering aan de randen van het reparatiegebied.
- opruwen en reinigen van de ondergrond
- eventueel aanbrengen van een fijn verdeelde corrosievrije krimpwapening in de betondekking (bijvoorbeeld RVS, glasvezel);
- aanbrengen en verdichten van een geschikte (eventueel vezelversterkte) mortel:
  - in geval van gegoten reparaties: een krimparme CC-mortel (volgens CUR Aanbeveling 24) met een zo groot mogelijke maximale korrelgrootte, Daarbij moet een voldoende stijve bekisting c.q. een voldoende zware afdekking (afwerkvlak) worden toegepast om de drukspanningen door de swelling te kunnen laten ontwikkelen
  - in geval van handmatige reparaties: een PCC-mortel (volgens NEN-EN 1504);
  - PC-mortels zijn niet geschikt.
- nabehandeling door middel van luchtdicht sealen (bekisting of folie) tot minimaal 50% van de sterkte is bereikt. Curing compound is niet geschikt omdat deze onvoldoende dampdicht is.

*Toelichting:*

*Vaak wordt ten onrechte verondersteld dat met het uitvoeren van betonreparaties weer aan de eisen wordt voldaan.*

*Er zijn echter onzekerheden en slechte ervaringen met betrekking tot het gedrag van reparaties op de lange termijn. Verondersteld wordt dat dit te maken heeft met krimp/uitzettingsgedrag van de mortel en/of ondeskundige uitvoering. Naast tijdsafhankelijk gedrag van de reparatie zelf (zoals uitdrogingskrimp) is het gedrag tevens nog afhankelijk van de locatie en het milieu waarin de reparatie zich bevindt.*

*In de praktijk blijkt dat oppervlakkige reparaties die worden blootgesteld aan weer- en wind en/of directe zonnestraling extra kwetsbaar zijn. Door het verankeren van de reparatie en het toepassen van fijne krimp(vezel)wapening wordt de duurzaamheid van de reparatie in die gevallen aanzienlijk verbeterd.*

- (5) Bij de uitvoering opgetreden schades die consequenties hebben voor het vereiste draagvermogen (zoals grote grindnesten en dergelijke), moeten als afwijking worden behandeld. Er moet nader onderzoek plaatsvinden naar de omvang van de schade en de herstelmogelijkheden.

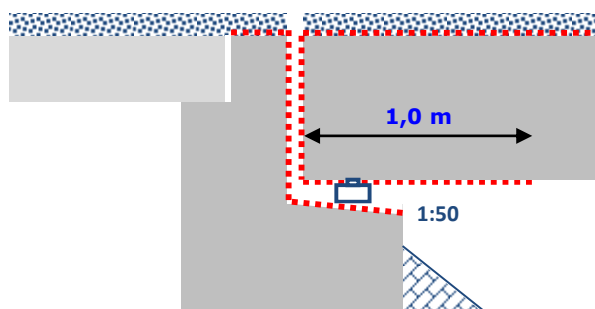
Onderzoek en constructieve reparatie moeten worden uitgevoerd door gespecialiseerde bedrijven die ervaring hebben met constructieve reparaties.

Reparatie is pas toegestaan indien dit is overeengekomen tussen Opdrachtgever en opdrachtnemer (zie ook onder 4.4).

*Opmerking:*

*Constructieve reparaties vallen niet onder het toepassingsgebied van BRL 3201. Uit te voeren keuringen moeten specifiek nader overeengekomen worden en vallen niet onder het standaard keuringsregime van de BRL 3201.*

- (6) In geval reparatie van beton zoals aangegeven in (6) en (7) wordt overeengekomen, dan moet deze reparatie voldoen aan NEN-EN 1504. De reparatie moet worden uitgevoerd onder procescertificaat op basis van BRL 3201. Opdrachtnemer moet tevens een verzekerde garantie geven op de reparatie. Deze garantie heeft een looptijd van 10 jaar na oplevering van het werk.
- (7) De volgende betonoppervlakken waarop milieuklasse XD3 en/of XF4 van toepassing is, moeten worden gehydrofobeerd:
- de bovenkant van een rijdek of rijvloer;
  - de bermconstructies;
  - alle oppervlakken nabij een uitzettingsvoeg volgens figuur 6-8;
  - ~~- de bovenkant van de onderbouw;~~
  - ~~- de onderkant van een rijdek tot een afstand van 1,0 m uit de voeg.~~



**Figuur 6-8: Te hydrofobere betonoppervlakken onder een uitzettingsvoeg**

*Toelichting (1):*

*Daarbij moet er vanuit worden gegaan dat voegafdichtingen en verhardingen in de loop der tijd kunnen gaan lekken.*

*Toelichting (2):*

*Het hydrofobere van deze betonoppervlakken is nodig als extra bescherming van de wapening tegen chloride aantasting. Het voorkomt schade aan het beton en heeft een preventieve werking op de indringing van water met dooizouten ter plaatse van de zwakkere plekken die in het betonoppervlak onverhoopt kunnen voorkomen (lokale scheuren, lokaal mindere dekking, onvoldoende nabehandeling etc) en is daardoor in principe onafhankelijk van de toegepaste betonkwaliteit.*

- (8) Voor de applicatie van hydrofobeermiddelen gelden de volgende eisen:
- Het te hydrofobere betonoppervlak moet vrij zijn van ontkistingsolie, vet, vuil, curing compound en los zittende delen;

- Het te hydrofoberen oppervlak moet droog zijn en ten minste 24 uur niet in aanraking zijn geweest met water;
  - Vloeibare hydrofobeermiddelen moeten in twee lagen nat in nat worden aangebracht;
  - De temperatuur van de buitenlucht, het oppervlak waarop het hydrofobeermiddel moet worden aangebracht en het hydrofobeermiddel moet liggen tussen de 10 °C en 25 °C.
- (9) Het hydrofobeermiddel moet voldoen aan RTD 1002 "Hydrofoberen van beton, aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2".

*Toelichting:*

*In Nederland wordt door Rijkswaterstaat vanwege duurzaamheideisen hoofdzakelijk gebouwd met beton dat is gemaakt met CEM III/B met een wcf van 0,45 of 0,50. Daarom eist Rijkswaterstaat dat de werking van een hydrofobeermiddel aangetoond moet worden op het in Nederland gangbare beton en heeft aanvullend op NEN-EN 1504-2 eisen geformuleerd. In hoofdlijn is de aanvullende eis dat de testen beschreven in NEN-EN 1504-2 uitgevoerd moet worden op proefstukken gemaakt met CEM III/B in plaats van CEM I. Daarnaast moet ook de hittebestendigheid van het hydrofobeermiddel, aangebracht op beton gemaakt met CEM III/B, worden getest. De exacte details en eisen voor het uitvoeren van de aanvullende proeven zijn toegelicht in RTD 1002 "Hydrofoberen van beton, aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2". Indien een proef of detail niet genoemd is in deze richtlijn, moet de methode van NEN-EN 1504-2 worden gevolgd met als enige verschil dat de proefstukken vervaardigd zijn met CEM III/B volgens de gegeven mengselbeschrijving.*

*N.B. Deze testen zijn aanvullend op NEN-EN 1504-2 en zijn dus geen vervanging van de daarin opgenomen testen.*

10.1 (2)	Eis
----------	-----

Het gebruik maken van tolerantieklasse 2 en de daarbij geboden mogelijkheid om de materiaalfactoren te verlagen, is niet toegestaan.

10.1 (3)	Eis
----------	-----

Verschillen in de zeeg tussen in het werk naast elkaar gelegen geprefabriceerde liggers mogen in de eindsituatie nergens groter zijn dan:

- Bij liggers waarvan de bovenzijde geprefabriceerde ook bovenzijde constructie is (met name kokers): max. 20 mm, ongeacht de liggerlengte;
- Bij overige liggertypes:
  - t/m liggerlengte van 30 m: 20 mm;
  - liggerlengte groter dan 40 m: 30 mm;
  - liggerlengte vanaf 30 t/m 40 m: interpoleren tussen 20 en 30 mm.

*Toelichting:*

*Door middel van aanpassen van de hoogte van de oplegpunten, knevelen en/of vooraf sorteren van de liggers (indien uitwisselbaar) kunnen grote zeegverschillen worden ondervangen. Knevelen is alleen toegestaan in overleg met de constructeur. Het overleg met de constructeur en eventueel noodzakelijke aanvullende berekeningen moeten worden vastgelegd.*

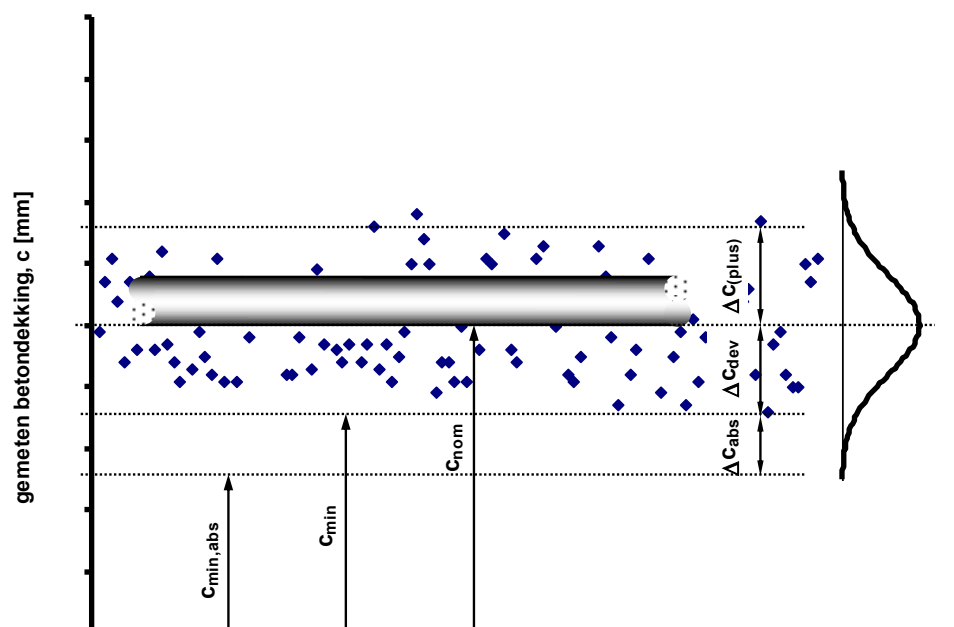
## 10.6 (1) | Eis

Ten aanzien van figuur 4 nr. b, voetnoot a, geldt dat zowel ten aanzien van  $c_{\min}$  als ten aanzien van  $c_{\text{nom}} + \Delta c_{(\text{plus})}$  een statistische benadering is toegestaan.

De minimumdekking  $c_{\min}$  moet als een 5%-ondergrens worden beschouwd, waarbij voor iedere zijde van een betonelement of constructieonderdeel geldt dat maximaal 5% van de na ontkisten (aan het verharde beton) gemeten dekkingen kleiner mag zijn dan  $c_{\min}$ . Geen enkele gemeten dekking mag kleiner zijn dan  $c_{\min, \text{abs}} = c_{\min} - \Delta c_{\text{abs}}$ , waarbij  $\Delta c_{\text{abs}} = 5$  mm, zie figuur 6-9. Indien dit wel het geval is, zal uitgebreid aanvullend dekkingsonderzoek moeten worden uitgevoerd in de gebieden rondom de lage meetwaarden. Op basis van de bevindingen moeten, indien nodig, adequate correctieve en/of preventieve maatregelen worden genomen om de gewenste duurzaamheid alsnog te realiseren.

De maximumdekking  $c_{\max} = c_{\text{nom}} + \Delta c_{(\text{plus})}$  moet als een 5%-bovengrens worden beschouwd, waarbij voor iedere zijde van een betonelement of constructieonderdeel geldt dat maximaal 5% van de na ontkisten (aan het verharde beton) gemeten dekkingen groter mag zijn dan  $c_{\text{nom}} + \Delta c_{(\text{plus})}$ , zie figuur 6-9.

In het geval dat bij het ontwerp een grotere dekking is gekozen dan  $c_{\text{nom}}$  en als daar rekening mee is gehouden bij de scheurwijdte toets door middel van de factor  $k_x$  volgens NEN-EN 1992-1-1, 7.3.1, dan moet bij de beoordeling van de betondekking worden uitgegaan van deze gekozen betondekking  $c_{\text{toegepast}}$  in plaats van  $c_{\text{nom}}$ . De minimumdekking  $c_{\min}$  moet dan worden verhoogd met de toeslag  $c_{\text{toegepast}} - c_{\text{nom}}$ .



**Figuur 6-9: Boven- en ondergrenzen voor statistische beschouwing van de betondekking**

Ten aanzien van figuur 4 nr. d geldt, voor de toegestane afwijking van de ligging van de voorspanning voor elke waarde van  $h$ , een maximale waarde van 5 mm (positief / negatief).

Voor de methode van meten van betondekkingen en de wijze van rapporteren wordt verwezen naar de aanvulling in dit hoofdstuk bij 8.6 (1) onder punt b.

Bijlage F	Eis (Tunnels)
-----------	---------------

De maximale waterindringing mag niet meer te bedragen dan:

- 30 mm bij C20/25;
- 20 mm bij C28/35 en C35/45;
- 10 mm bij C45/55 en hoger.

Dit moet worden aangetoond met een proef volgens NEN-EN 12390-8.

*Toelichting:*

*De bovenstaande beproeving is een oriënterende proef ter beoordeling van de dichtheid van het beton in de dekking. Het is daarom niet toegestaan door afvlakken van de geboorde cilinders een deel van de betondekking te verwijderen, tenzij de dikte van het verwijderde deel bij de gemeten waterindringing wordt opgeteld. Indien niet aan de gestelde eisen wordt voldaan, moet nader onderzoek worden verricht naar de duurzaamheid van de betonconstructie (zoals bepaling van de chloridediffusiecoëfficiënt).*

F.8.2 (2)	Eis
-----------	-----

Om het bouwwerk te isoleren van de invloeden van de ondergrond moet een werkvloer worden toegepast die ervoor zorgt dat de constructie-elementen voldoende sterk en voldoende duurzaam zijn. In werkvloeren is het toegestaan om 100% betongranulaat toe te passen.

G	Eis
---	-----

Tenzij in bijlage G strengere eisen zijn gegeven, geldt dat de afwijking van de nominale afmetingen van onderdelen van betonconstructies met afmetingen groter dan 400 mm zonder herberekening van de constructie maximaal gelijk mag zijn aan 2,5 % van de betreffende afmeting met een maximum van 50 mm. Bij afmetingen kleiner dan 400 mm mag de bedoelde afwijking ten hoogste 10 mm bedragen.

## 6.9 NEN-EN 206 + NEN 8005 Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit

Aanvullingen op NEN-EN 206 + NEN 8005

4.1	Eis
-----	-----

Voor de gehele binnenzijde van tunnels moet voor de milieuklasse XD3 worden aangehouden. De aan te houden milieuklasse aan de buitenzijde van tunnels is afhankelijk van de lokale omstandigheden.

*Toelichting:*

*In een bodem welke agressieve stoffen bevat, waaronder veenzuren, moet de mate van agressiviteit volgens NEN-EN 206 tabel 2 worden bepaald. De betonsamenstelling moet dan minimaal voldoen aan tabel F.1 uit deze norm.*

Voor natte kunstwerken geldt, voor de gehele dagzijde van de constructie, in de categorie XD (aantasting door doozouten) de klasse XD3, behalve als die delen zich permanent onder de laagste waterstand bevinden. Voor laatstgenoemde delen is de categorie XD niet van toepassing. Voor de gehele constructie (zowel dag- als grondzijde) moet ROK tabel 6-8 doorlopen worden om ook de overige van toepassing zijnde milieuklassen te bepalen.

*Toelichting:*

*Bij natte kunstwerken wordt gestrooid tegen gladheid op bordessen en kruisende wegverkeersverbindingen. Niet-gestrooide delen van het natte kunstwerk staan bloot aan afstromend of afwaaiend chloridehoudend water. Permanent onder water vindt zoveel verdunning plaats dat XD3 te streng kan worden geacht.*

Voor betonnen delen van bruggen en viaducten moeten de milieuklassen aangehouden worden zoals opgenomen in ROK tabel 6-8.

**Tabel 6-8: Milieuklassen**

<b>Milieuklassen van invloed op corrosie van beton- en voorspanstaal (betondekking)</b>			
Klasse	Beschrijving van het milieu (NEN-EN 206)	Bindende ROK interpretatie	Informatieve voorbeelden
<b>1. Geen risico op corrosie of aantasting</b>			
X0	Voor beton zonder wapening of <b>ingesloten metalen</b> : alle <b>omgevingsinvloeden</b> , behalve bij vorst/dooi, afslijting of chemische aantasting.  Voor beton met wapening of ingesloten metalen: zeer droog	Betonoppervlakken binnen zeer droge gebouwen (RV < 40%)	<i>Onderwaterbeton (zonder wapening)</i>
<b>2. Corrosie ingeleid door carbonatatie</b>			
Indien beton wapening of andere <b>ingesloten metalen bevat en is</b> blootgesteld aan lucht en vocht, <b>moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden</b> :			
XC1	Droog of blijvend nat	Betonoppervlakken in gebouwen met een lage RV (RV < 40%) Betonoppervlakken van constructies blijvend onder de (grond-)waterstand	<i>Geïsoleerde, verwarmde gebouwen Constructies blijvend onder zoet water, funderingspalen beneden de grondwaterstand</i>
XC2	Nat, zelden droog	Betonoppervlakken onder langdurig watercontact Funderingen onder de grond maar boven de grondwaterstand	<i>Beton in de grond boven de grondwaterstand</i>

<b>Milieuklassen van invloed op corrosie van beton- en voorspanstaal (betondekking)</b>			
Klasse	Beschrijving van het milieu (NEN-EN 206)	Bindende ROK interpretatie	Informatieve voorbeelden
XC3	Matige vochtigheid	Betonoppervlakken in constructies met een matige of hoge luchtvochtigheid ( $60\% < RV < 100\%$ ), inclusief betonoppervlakken die vochtig worden door condensatie Beton buiten beschermt tegen regen of spatwater *)	<i>Binnenkant van kokers (bruggen) en onderdoorgangen</i>  <i>Onderkant van brugdek als deze nergens in de spatzone ligt</i>
XC4	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken buiten blootgesteld aan regen, spatwater *)	<i>Bovenkant dek, schampkanten, schorten, zijkant van brugdek, onderkant van brugdek als deze ergens in de spatzone ligt, kolommen, etc.</i>
<b>3. Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater (bijvoorbeeld doozouten)</b>			
Indien beton wapening of andere ingesloten metalen bevat en is blootgesteld aan water dat chloriden, met inbegrip van doozouten, bevat die komen uit andere bronnen dan zeewater, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:			
XD1	Matige vochtigheid	Betonoppervlakken in de nevelzone blootgesteld aan chloriden uit de lucht *)	<i>Onderkant brugdek als deze nergens in de spatzone ligt.</i> <i>Kolommen als geen enkele kolom in de spatzone staat.</i>
XD2	Nat, zelden droog	Betonoppervlakken blootgesteld aan chloridehoudend grondwater *)	<i>Funderingspoeren in chloridehoudend grondwater</i>
XD3	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken in de spatzone blootgesteld aan chloridehoudend spatwater *)	<i>Bovenkant dek, schampkanten, schorten, zijkant van brugdek, onderkant brugdek als deze ergens in de spatzone ligt, kolommen als één van de kolommen in de spatzone staat, etc.</i> <i>Funderingen in chloridehoudende grond *)</i>
<b>4. Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater</b>			
Indien beton wapening of andere ingesloten metalen bevat en is blootgesteld aan chloriden uit zeewater of aan lucht die zout uit de zee bevat, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:			
XS1	Blootgesteld aan zout uit de lucht, maar niet in direct contact met zeewater	Constructies binnen 1 km van de kust	
XS2	Blijvend onder zeewater	Delen van constructies in zee	
XS3	Getijde-, spat- en stuifzones	Delen van constructies in zee	

5. Aantasting door vorst/dooi met of zonder dooizouten			
Indien beton is blootgesteld aan <b>significante</b> vorst/dooi wisselingen <b>terwijl het nat is **)</b> , moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:			
XF1	Niet volledig verzadigd met water, zonder dooizouten	Niet horizontale betonoppervlakken, blootgesteld aan spatwater en vorst of blootgesteld aan regen en vorst, zonder dooizouten Horizontale betonoppervlakken, beschermt tegen regen of spatwater, maar in de nevelzone, zonder dooizouten *)	
XF2	Niet volledig verzadigd met water, met dooizouten	Betonoppervlakken, beschermt tegen regen of spatwater, maar in de nevelzone, met dooizouten *)	<i>Onderkant van een brugdek als deze nergens in de spatzone ligt. Kolommen als geen enkele kolom in de spatzone staat.</i>
XF3	Verzadigd met water, zonder dooizouten	Horizontale betonoppervlakken, blootgesteld aan spatwater en vorst of blootgesteld aan regen en vorst, zonder dooizouten *) Betonoppervlakken onder de grond, blootgesteld aan vorst, zonder dooizouten	
XF4	Verzadigd met water, met dooizouten of <b>zeewater</b>	Betonoppervlakken in de spatzone, direct blootgesteld aan (spat)water en vorst of aan regen en vorst, met dooizouten *) Betonoppervlakken onder de grond, blootgesteld aan vorst, met dooizouten	<i>Schamkant, randelementen, poeren, bovenkant dek, schorten, zijkant van brugdek, onderkant van brugdek als deze ergens in de spatzone ligt, kolommen als één van de kolommen in de spatzone staat, etc. Fundering boven de vorstgrens **)</i>
6. Chemische aantasting			
Indien beton is blootgesteld aan chemische aantasting door <b>natuurlijke grond en grondwater</b> , moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:			
XA1	<b>Zwak</b> agressief chemisch milieu	Toepassing volgens keuzeschema NEN8005, <b>bijlage AA</b> .	
XA2	<b>Matig</b> agressief chemisch milieu	Toepassing volgens keuzeschema NEN8005, <b>bijlage AA</b> .	
XA3	<b>Sterk</b> agressief chemisch milieu	Toepassing volgens keuzeschema NEN8005, <b>bijlage AA</b> .	

**Toelichting:**

\*) In de voorgaande tabellen gelden de volgende definities:

- **Nevelzone:** gebied met een nevel van water- en chloridedeeltjes die zweven in de lucht = tot 30 m aan weerszijden van een rijweg;
- **Spatzone:** gebied met opspattend (chloridehoudend) water = overeenkomstig NEN-EN 1992-2/NB, 4.2 (106) tot 6 m aan weerszijden van een rijweg en tot 6 m hoogte boven een rijweg;

- *Chloridehoudende grond: grond binnen een gebied tot 10 m aan weerszijden van een rijweg en, overeenkomstig NEN-EN 1992-2/NB, 4.2 (106), tot 1,0 m diepte onder het maaiveld.*

*\*\*) Vorst-dooi schade treedt alleen daar op waar voldaan wordt aan de volgende twee voorwaarden:*

- 1. het beton moet nat zijn; dit geldt voor betonoppervlakken die direct zijn blootgesteld aan regen en spatwater, maar ook voor betonoppervlakken die in de nevelzone van wegen liggen. Een oppervlak moet als horizontaal beschouwd worden als de gemiddelde helling kleiner is dan 1:10.*
- 2. het beton moet zijn blootgesteld aan significante vorst-dooi wisselingen, zowel amplitude als in aantal; bij ontbreken van relevante gegevens hierover moet ervan worden uitgegaan dat elk betonoppervlak dat incidenteel blootgesteld is aan vorst ( $T < 0$  °C) gevoelig is voor vorst-dooi schade; onder de grond mag men ervan uitgaan dat de vorstgrens op 50 cm beneden maaiveld ligt.*

4.3.2	Eis
-------	-----

De materiaaleigenschappen van lichtbeton kunnen grotendeels worden ontleend aan CUR Aanbeveling 39. Voor eigenschappen die niet in de norm en/of aanbeveling zijn vastgelegd is aanvullend onderzoek nodig. Als voorbeeld is de vermoeiingseigenschap van lichtbeton bij de toepassing in brugdekken te noemen.

5.2.2	Eis
-------	-----

- (1) Om duurzaamheidsproblemen gedurende de beoogde ontwerplevensduur te voorkomen, geldt voor nieuw te bouwen betonnen kunstwerken in de infrastructuur voor alle milieuklassen anders dan altijd droog (X0) en voor sterkteklassen tot en met C55/67 de volgende eis ten aanzien van de cementkeuze: Er moet een hoogovencement CEM III worden toegepast met een percentage gegraneerde hoogovenslak  $\geq 50\%$  en  $\leq 80\%$  of een portlandvliegascement CEM II/B-V met een percentage poederkoolvliegascement  $\geq 25\%$ . Voor beide opties gelden de aanvullende eisen volgens 5.3 van CUR Aanbeveling 89. Ook de opties uit CUR Aanbeveling 89, 5.3.2 "Combinaties van cementen en/of poederkoolvliegascement" zijn toegestaan.

Voor alle overige cementen en/ of combinaties van cement en bindmiddelen gelden sub (2) en sub (3).

- (2) Specifieke geschiktheid van het cement of de combinatie van cement en bindmiddelen in beton moet worden aangetoond conform CUR Aanbeveling 48, respectievelijk conform BRL 1802.

In afwijking op CUR Aanbeveling 48 dient de gelijkwaardigheid, voor alle te onderzoeken aspecten, aangetoond te worden op basis van een enkel referentiebeton vervaardigd met CEMIII/B 42,5N met een slakgehalte  $\geq 66\%$  en  $\leq 72\%$ .

Tevens dient de gelijkwaardigheid van relevante aspecten die niet genoemd worden in CUR Aanbeveling 48 aangetoond te worden. In niet limitatieve zin geldt dit voor aspecten als de grootte van de (autogene) krimp, waterindringing en de eis dat de kwaliteit van het betonoppervlak, d.m.v. voldoende lange nabehandeling, gelijkwaardig is aan die van het referentiebeton. Voor de

aspecten water-indringing en kwaliteit van het betonoppervlak betreft het de referentiekwaliteit te behalen in het werk.

#### *Toelichting*

*Het achterliggende uitgangspunt is hierbij dat het gedrag van de constructie uiteindelijk minimaal gelijkwaardig dient te zijn aan het gedrag wanneer de constructie met referentiebeton zou zijn uitgevoerd.*

*Daartoe dient per aspect j de toetsingsgrootheid Tj groter te zijn dan de in Tabel 2 van CUR Aanbeveling 48 gegeven grenswaarden*

#### (3) De volgende tekst in NEN 8005, 5.2.2:

“Toepassing van deze betonsoorten, de wijze waarop de geschiktheid wordt aangetoond, en eventuele aanvullende eisen met betrekking tot verwerking en uitvoering, moeten vooraf schriftelijk worden overeengekomen tussen producent en gebruiker.”

Moet worden vervangen door (de aanvullingen zijn onderstreept):

“Toepassing van deze betonsoorten (zoals bedoeld in NEN8005 en onder punt (2) van dit artikel), de wijze waarop de geschiktheid wordt aangetoond ten aanzien van onder andere de constructieve eigenschappen en bestandheid tegen aantasting, alsmede aanvullende eisen met betrekking tot verwerking en uitvoering, moet vooraf schriftelijk worden overeengekomen tussen opdrachtnemer en Rijkswaterstaat. De geschiktheid moet minimaal 4 weken voorafgaand aan de eerste betonstort schriftelijk worden aangetoond.”

De opdrachtnemer dient de onderzoeksresultaten beschikbaar te stellen aan RWS en onderdeel te laten uitmaken van het geboortecertificaat.

#### *Toelichting:*

*De volgende argumenten liggen ten grondslag aan de gegeven eis onder punt (1) met betrekking tot de cementkeuze:*

#### ASR bestendigheid

*De hier gegeven cementkeuze betreft de optie uit CUR Aanbeveling 89 om schadelijke ASR te voorkomen door middel van de cementkeuze en geeft de meeste zekerheid dat schadelijk ASR gedurende de beoogde ontwerplevensduur niet zal optreden. De tweede optie van de CUR Aanbeveling 89 om schadelijke ASR te voorkomen, de toeslagmaterialen-optie, is minder eenduidig, minder zeker en in al zijn facetten min of meer niet door de opdrachtgever te controleren.*

#### Weerstand tegen chloride-indringing / duurzaamheid

*Bij een goede uitvoering zal de hier gegeven cementkeuze resulteren in een zodanig dichte beton dat chloriden, alkaliën of andere agressieve stoffen slechts tot een zeer beperkte diepte het beton kunnen binnendringen en daardoor geen wapeningscorrosie kunnen veroorzaken. Voor kunstwerken in de infrastructuur zijn het toepassen van een hoogovencement  $\geq 50\%$  slak of een portlandvliegascement CEM II/B-V met een percentage poederkoolvloegas  $\geq 25\%$  het beste compromis om weerstand te bieden tegen de schademechanismen die kunnen optreden; genoemd worden schade door:*

- *Indringing van chloride en/of alkaliën,*
- *ASR,*
- *Carbonatatie,*
- *Zeewater,*

#### Duurzaam Bouwen

- *De voorgeschreven cementkeuze reduceert het aandeel portlandklinker en hiermee de CO2 uitstoot, substantieel. Bij toepassing van een CEM III/B cement wordt circa 70% van de portlandklinker vervangen door gegraneerde hoogovenslak; een restproduct van de Hoogovens.*
- *De voorgeschreven cementkeuze zorgt ervoor dat er voor de bestendigheid tegen schadelijke ASR, geen beperkingen hoeven te worden opgelegd aan het toe te passen toeslagmateriaal. Ter info: Voor Nederland is dit belangrijk omdat de winning van eigen rivier materiaal wordt afgebouwd en inmiddels uit eigen RWS onderzoek is gebleken dat op de Nederlandse markt de kans op ASR reactieve toeslag reëel is.*
- *Maatregelen in het kader van Duurzaam Bouwen mogen geen negatief effect hebben op zowel de technische levensduur van de constructie als het onderhoud tijdens deze levensduur.*

#### Nieuwe materialen

*Op bouwwerken komt het steeds vaker voor dat een bindmiddelsamenstelling of een vulstof wordt gekozen die als innovatief worden beschouwd, maar waarvan de langeduur duurzaamheideigenschappen niet of onvoldoende zijn onderzocht. Als voorbeeld wordt genoemd een tweetal in Nederland voorkomende toepassingen, waarvan bekend is c.q. het sterke vermoeden bestaat, dat het in combinatie met reactieve toeslag en vochtig milieu het optreden van schadelijke ASR zal bevorderen:*

- *Een bindmiddel van portlandcement CEM I met daaraan toegevoegd een te laag percentage vliegas;*
- *Een bindmiddel van portlandcement CEM I in combinatie met een aanzienlijke hoeveelheid kalksteenmeel als vulstof.*  
*(N.B.: Deze combinatie wordt in de Nederlandse prefab industrie thans veel toegepast voor het fabriceren van ZelfVerdichtendBeton zonder dat adequaat duurzaamheidonderzoek heeft plaatsgevonden).*

5.2.3.1	Eis
---------	-----

Harde, dichte toeslagmaterialen mogen alleen worden toegepast, indien alle relevante eigenschappen bekend zijn en hiermee rekening wordt gehouden.

#### *Toelichting:*

*Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld krimp, kruip, E-modulus, waterabsorptie breukenergie, vermoeiingsgedrag etc.*

Het toepassen van AEC-granulaat in betonconstructies is niet toegestaan.

#### *Toelichting:*

*Om te voorkomen dat de toepassing van een AEC-granulaat kan gaan leiden tot een vervuiling van de hergebruiksketen van beton, is de toepassing in beton voor RWS*

*werken niet toegestaan. De huidige reinigingstechnieken van AEC-bodemassen leiden nog onvoldoende tot een product dat vrij toepasbaar is. Daarnaast is op dit moment nog onvoldoende bekend of AEC-granulaat geschikt is als toeslagmateriaal in gewapende betonconstructies, die ontworpen zijn voor een lange levensduur.*

5.2.3.3	Eis
---------	-----

Metselwerkgranulaat en menggranulaat mogen niet toegepast worden bij constructies met een ontwerplevensduur groter dan 25 jaar.

*Toelichting:*

*De veel grotere porositeit van dit soort toeslagmaterialen maakt deze ongeschikt voor het agressieve milieu waarin de constructies binnen het toepassingsgebied van deze richtlijn moeten functioneren.*

5.2.8	Eis
-------	-----

In afwijking van NEN 8005 geldt het volgende maximale initiële chloridegehalte:

voorgespannen beton	0,1 % (m/m)
beton met wapening of ingesloten metalen	0,2 % (m/m)

*Toelichting:*

*Dit houdt o.a. in dat zeemateriaal voldoende gewassen moet zijn. [Het maximale percentage geldt voor het totale betonmengsel](#). De percentages zijn overeenkomstig de strengste klasse in tabel 15 van NEN-EN 206.*

5.3.2	Eis
-------	-----

In aanvulling op NEN 8005, tabel D "Eisen aan de betonsamenstelling afhankelijk van de milieuklasse" moet bij beton dat direct in aanraking komt met vorstdooiwisselingen en dooizouten (milieuklasse XF4) – bijvoorbeeld toegepast in rand van brugdekken (schamkant), bermconstructies en funderingen van geluidsschermen en dergelijke – bijzondere aandacht worden besteed aan de samenstellingseisen en de nabehandeldingsduur volgens NEN-EN 13670. Beton in hiervoor genoemde constructieonderdelen moet in ieder geval voldoen aan het in de tabel genoemde minimum luchtgehalte, ongeacht de toe te passen watercementfactor.

*Toelichting:*

*Beton dat direct met water in aanraking komt, kan lokaal daarmee verzadigd raken. In die situatie is het beton gevoelig voor vorstschade indien het direct met dooizouten in aanraking komt. Dit is een veel voorkomende situatie vooral bij in het werk gestorte randen van brugdekken, bermconstructies en funderingsvloeren van geluidsschermen. Om die reden kan het bij lagere betonsterktes de voorkeur hebben om luchtbellen door middel van luchtbelvormers in het beton aan te brengen. Luchtbellen zorgen voor de benodigde expansieruimte waarin het water en ijs tijdens het bevriezen een uitweg kunnen vinden. De effectiviteit van luchtbellen is afhankelijk van de hoeveelheid lucht aanwezig in het beton, de grootte van de belletjes en de onderlinge afstand (uitgedrukt in de afstandfactor). Vooral luchtbelletjes met een diameter van 0,3 mm of kleiner zijn effectief, tenminste zolang de "afstandfactor" niet groter is dan 0,2 à 0,25 mm. Zie ook Betoniek 14-05 (juni 2007). Per betonnen constructieonderdeel zal de toepassing van luchtbelvormer overwogen moeten worden, afhankelijk van de belasting door dooizouten. Het toepassen van een minimum luchtgehalte mag geen vrijbrief*

*betekenen voor het achterwege laten van bijvoorbeeld een goede nabehandeling. Een goede nabehandeling is essentieel voor een dichte betonhuid.*

5.3.2	Advies (Tunnels, Natte kunstwerken)
-------	-------------------------------------

In [aansluiting op](#) NEN 8005 is het ~~voor massabeton~~ toegestaan om voor betonsterkteklasse [C30/37](#) en hoger, bij gebruik van CEM III (slakgehalte > 50%), bij milieuklasse XD3 en XS3, zonder eisen aan het luchtgehalte de maximaal toelaatbare water-cementfactor te verhogen van 0,45 naar 0,50. [Hierbij is de classificatie als massabeton in tabel E van NEN 8005 niet van toepassing.](#)

*Toelichting:*

*Beton vervaardigd met CEM III is, in tegenstelling tot bijvoorbeeld CEM I, qua variatie in de grootte van de chloride-diffusiecoëfficiënt relatief ongevoelig voor enige variatie in de watercementfactor (zie ook figuur 2 uit het artikel "Levensduur beton" uit Cement 2011, No. 2, p. 76-80). Deze verruiming voorkomt ~~voor massabeton~~ veelal het gebruik van een hoger cementgehalte (meer warmte-ontwikkeling) of een plastificeerder. [Gegeven deze motivering is de toelaatbare verhoging voor de maximale water-cementfactor van toepassing voor alle beton toegepast bij tunnels en natte kunstwerken, onafhankelijk van de dikte afmetingen van een constructie-element.](#)*

## 6.10 NEN-EN 15050 Vooraf vervaardigde betonproducten - Brugelementen

Geen aanvullingen.

## 6.11 NVN-CEN/TS 1992-4 Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton

Algemeen	Eis
----------	-----

Bevestigingsmiddelen in beton moeten voldoen aan de NVN-CEN/TS 1992-4 reeks.

Het achteraf aanbrengen van bevestigingsmiddelen en wapeningsstaal (verder ankers genoemd) in verhard beton moet worden uitgevoerd door een houder van een KOMO® procescertificaat op basis van BRL 0509.

Ankers zonder CE-markering moeten worden beproefd volgens de navolgende ROK bepaling bij NVN-CEN/TS 1992-4-5. Ankers met CE-markering moeten eveneens op dezelfde wijze worden beproefd bij gereede twijfel over juiste plaatsing.

1992-4-4	Eis
----------	-----

Momentgecontroleerde ankers moeten met een momentsleutel op spanning worden gezet. Wanneer het aanhaalmoment dat door de leverancier is voorgeschreven, niet kan worden gehaald, is de installatie van het anker niet correct gebeurd en moet het anker worden afgekeurd. Het anker moet worden beproefd door het aanhalen met de momentsleutel.

Bij het monteren van momentgecontroleerde ankers (zowel diepe als ondiepe verankering) moet na het boren van het anker gat een minimale betondikte van 10 mm overblijven tussen het gat en de wapening (detectie van de wapening

noodzakelijk). Wanneer deze dekking niet kan worden gerealiseerd, moeten lijmankeers worden toegepast.

*Toelichting:*

*Om de duurzaamheid van de constructie te waarborgen moet de wapening voldoende zijn beschermd. Bij toepassing van momentgecontroleerde ankers is het niet mogelijk om een verlies van dekking, ontstaan door aanboren of schampen van de wapening, te herstellen. Door toepassing van een lijmankeer is de wapening niet langer blootgesteld aan de open lucht.*

1992-4-5	Eis
----------	-----

De aanhechtsterkte van in geboorde gaten verlijmdde ankers zonder CE-markering en bij gerede twijfel over de juiste plaatsing ook ankers met CE-markering moet worden beproefd volgens de navolgende procedure.

De aanhechtsterkte wordt geacht te voldoen als het anker tijdens de beproeving volgens de Confined Tension Test volgens ETAG 001, deel 5, hoofdstuk 5, bij een trekbelasting van 125% van de rekenwaarde van de treksterkte niet meer verplaatst dan 0,2 mm. De selectie van de te beproeven ankers moet plaatsvinden volgens de volgende procedure:

1. Verdeel het aantal te beproeven ankers in proefeenheden van maximaal 100 stuks per eenheid. Iedere proefeenheid moet bestaan uit ankers met dezelfde diameter, verankeringslengte en type verlijming.
2. Selecteer willekeurig vijf ankers uit elke proefeenheid. Indien de proefeenheid uit vijf of minder staven bestaat, moeten deze allemaal worden getest.
3. Indien van achtereenvolgens drie proefeenheden alle geselecteerde ankers voldoen aan de testwaarde, moeten voor de volgende drie proefeenheden drie ankers per eenheid worden beproefd. Indien in een proefeenheid niet voldaan wordt aan de testwaarde, moet voor de overblijvende te testen proef eenheden opnieuw worden begonnen bij stap 2.
4. Bij elke test op een anker in een proefeenheid waarbij de testwaarde niet wordt bereikt, moeten vijf aanvullende testen worden uitgevoerd op ankers in de directe omgeving van het gefaalde anker. Indien binnen die aanvullende testen wederom ankers falen, moeten ofwel alle ankers binnen de proefeenheid getest worden of moeten alle ankers binnen de proefeenheid worden afgekeurd en opnieuw worden aangebracht en worden onderworpen aan een test volgens stap 2.
5. Verwijder alle ankers die faalden bij het bereiken van de testwaarde zonder schade aan het omliggende beton. Boor en installeer vervangende ankers. Deel de vervangende ankers in nieuwe proefeenheden volgens stap 1 in (met alleen vervangende staven). Voer vervolgens op deze vervangende proefeenheden opnieuw deze procedure.

*Toelichting:*

*De capaciteit van ingelijmdde ankers is gevoelig voor fouten in de uitvoering, zoals onvoldoende gevulde boorgaten, slechte aanhechting door vervuiling, onjuiste menging (mengverhoudingen), aanwezigheid van water, aanstoten van pas aangebrachte staven en dergelijke. Om deze redenen worden beproevingen in het werk noodzakelijk geacht.*

Bij tunnels geldt, in relatie tot de directe verkeersveiligheid, dat in afwijking van de beschreven procedure, elk in een geboord gat gelijmd anker met een gebruiksbelasting vanaf 1000 N moet worden beproefd, waarbij alle ankers aan de verplaatsingseis moeten voldoen.

*Toelichting:*

*Het aantal voor deze toepassing gebruikte ankers is over het algemeen niet groot, waardoor met geringe kosten een hoge zekerheid over het resultaat wordt verkregen en de risico's geminimaliseerd zijn.*

## 7 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies (en mechanische uitrustingen, inclusief fabricage en uitvoering)

### Scope

Onder staalconstructies en mechanische uitrustingen wordt in deze verstaan:

1. Vaste stalen bruggen
2. Staaldeel vaste staalbetonbruggen
3. Palen en damwanden
4. Beweegbare stalen bruggen
5. Waterbouwkundige staalconstructies
6. Mechanische uitrustingen van beweegbare bruggen en waterbouwkundige constructies omvattende het geheel van aandrijfmechanismen (inclusief hydraulische aandrijvingen), vastzetinrichtingen en overige mechanische onderdelen, zoals draaipunten, kabelschijven, geleidingen, loopbanen en dergelijke
7. Geluidsschermen en veiligheidsschermen (staal)
8. Verkeerskundige draagconstructies (portalen, uithouders) (staal)
9. Bijbehorende onderdelen (bij 1 t/m 8)

### Algemeen

De opzet van dit hoofdstuk 7 van de ROK is, zoals de gehele ROK, in lijn met de Eurocodes genoemd in hoofdstuk 2. Dit betekent dat in dit hoofdstuk 7 primair aanvullende eisen met betrekking tot rekenmethoden voor de bepaling van de krachtsverdeling, toetscriteria voor uiterste grenstoestanden sterkte, stabiliteit, vermoeiing, enz., toetscriteria voor gebruikstoestanden en eisen voor constructieve duurzaamheid van staalbouwkundige constructies en mechanische uitrustingen zijn gedefinieerd. Daarnaast zijn aanvullende eisen met betrekking tot de fabricage en uitvoering van staalconstructies en mechanische uitrustingen gedefinieerd.

De normen van de NEN-EN 1993-1-serie zijn algemeen van toepassing op staalconstructies en mechanische uitrustingen en specifiek op gebouwen (en op aan gebouwen gelijkgestelde constructies). Het algemeen van toepassing zijn geldt voor constructies geen gebouw zijnde (bruggen, waterbouwkundige staalconstructies, mechanische uitrustingen, palen en damwanden, enz.) voor zover daar in de productspecifieke normen / productspecifieke ROK paragrafen naar wordt verwezen, dan wel van wordt afgeweken. Dit geldt op overeenkomstige wijze voor de ROK-bepalingen in dit hoofdstuk. Echter ter toelichting kan in de ROK paragrafen met betrekking tot de NEN-EN 1993-1-serie informatie zijn opgenomen voor specifieke producten.

Voor specifieke onderdelen als voegovergangen, asfalt- en slijtlagen, hemelwaterafvoer, overgangsconstructies, brugopleggingen, inspectie- en onderhoudsvoorzieningen, elektrotechnische installaties (generiek), enz. wordt verwezen naar de in hoofdstuk 2 (gedateerde) en in tabel 7-1 en tabel 7-2 (ongedateerde) genoemde documenten (welke deels in hoofdstuk 13 worden behandeld).

Documenten met betrekking tot bedienings- en besturingsinstallaties van beweegbare objecten zijn niet in de ROK opgenomen.

**Definitie van primaire en secundaire elementen in constructies**

Primaire constructieelementen zijn elementen die deel uitmaken van de hoofddraagconstructie en die waarborgen dat de hoofddraagconstructie zijn functie kan vervullen.

Secundaire constructieelementen zijn elementen die geen onderdeel uitmaken van de hoofddraagconstructie.

*Toelichting:*

*Voorbeelden van primaire constructieelementen zijn hoofdliggers, dwarsdragers, langsliggers, dek, pylonen, bogen, vakwerken, tuien, hangers windverband, etc.*

*Voorbeelden van secundaire constructieelementen zijn een niet dragende leuning, een niet dragende geleiderail, een railbaan voor een verfwagen.*

**Relatie ontwerp uitvoering**

Indien alleen het ontwerp of het ontwerp (geheel of gedeeltelijk) en de uitvoering binnen het contract tot de verplichtingen behoort, moet bij het ontwerp, waar van toepassing, in overeenstemming met de uitvoeringsnormen (NEN-EN 1090) en de aanvullingen daarop in paragrafen 7.19 en 7.20 worden gewerkt en moet bij of ten behoeve van de overgang van ontwerp naar uitvoering de, vanuit het ontwerp bepaalde en noodzakelijke, aanvullende informatie op de uitvoeringsnormen worden verstrekt (NEN-EN 1090-2, tabel A1) en moet de invulling van de keuzemogelijkheden (NEN-EN 1090-2, tabel A2) worden verstrekt (overdrachtsdocument ontwerp-uitvoering, met onderbouwing), beide in overeenstemming met de aanvullende eisen en keuzen zoals opgenomen in paragrafen 7.19 en 7.20, als onderdeel van het DO. Specifieke eisen aan staalconstructies of mechanische uitrustingen, voortkomend uit het ontwerp, welke niet automatisch uit de ontwerpnormen of de uitvoeringsnormen of de ROK volgen moeten op de op te leveren DO-tekeningen worden vermeld. De DO-tekeningen omvatten alle constructieve delen inclusief dimensies, verbindingsmiddelen (lassen en bouten inclusief dimensies) en materiaal-definities. De DO-berekeningen omvatten een volledige berekening (sterkte, stabiliteit en vermoeiing van alle constructiedelen en verbindingen) van alle onderdelen.

Indien alleen uitvoering binnen het contract tot de verplichting behoort, en bovenstaande informatie niet vanuit het ontwerp beschikbaar is gesteld, dan moet de uitvoerende partij betreffende informatie opstellen.

Normen waarnaar vanuit genoemde uitvoeringsnormen (of deze ROK) wordt verwezen zijn bindend van kracht. Dit geldt ook voor doorverwijzingen. Indien in het ontwerp, ten behoeve van de uitvoering, in bedoelde normen keuzen moeten worden gemaakt, moeten deze als onderdeel van het DO ten behoeve van de informatieoverdracht van ontwerpende partij naar fabricerende en monterende partij, worden vastgelegd. Daar waar in dit hoofdstuk van de ROK specifiek normen worden genoemd zijn de eisen en bepalingen van die norm bindend en is het niet toegestaan gebruik te maken van alternatieven.

**Van toepassing normen, richtlijnen en andere documenten**

Van toepassing zijnde documenten zijn opgenomen in hoofdstuk 2. In dit hoofdstuk 7 zijn aanvullende eisen ten opzichte van die documenten opgenomen. De rangorde van documenten is opgenomen in hoofdstuk 3.

Specifiek voor het ontwerp, de berekening en de uitvoering van staalconstructies en mechanische uitrustingen, zijn, informatief, in tabel 7-1 de belangrijkste documenten herhaald (voor datering zie hoofdstuk 2) en, eveneens informatief, in tabel 7-2, toebedeeld aan de in de scope genoemde producten.

**Tabel 7-1: Van toepassing zijnde normen en andere documenten (informatief)**

Norm/document <sup>1)</sup>	Omschrijving/verwijzing <sup>1)</sup>	2)
Eurocode grondslagen	Zie ROK tabel 2-3 en hoofdstuk 4	
Eurocode belastingen	Zie ROK tabel 2-3 en hoofdstuk 5	
Eurocode materialen	Zie ROK tabel 2-3 en hoofdstuk: 6 betonconstructies 7 staalconstructies 8 staalbetonconstructies 9 houtconstructies 10 geotechniek 11 aardbevingsbestendige constructies 12 kunststoffen	
NEN 6786	Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen <a href="#">+ correctieblad /A1</a>	
NEN 6787	Het ontwerpen van beweegbare bruggen – Veiligheid	
NEN-EN 40-1, 40-2, 40-3-1, 40-3-3, 40-5 en 40-6	Lichtmasten (zie tevens paragraaf 13.10)	
NEN-EN 1090-1	Constructieve delen van staal en aluminium – Algemene leveringsvoorwaarden	
NEN-EN 1090-2	Het vervaardigen van staal en aluminiumconstructies – Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies	
GCW	Richtlijn geluidsbeperkende constructies langs wegen CROW publicatie 298	
Componentspecificatie Verkeerskundige Draagconstructies (2012)	Voor verkeerskundige draagconstructies (uithouders en portalen) wordt verwezen naar de documenten genoemd in tabel 2-7.  Noot: deze documenten zijn verkrijgbaar op de volgende website: <a href="http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/bouwrichtlijnen_infrastructuur/portalen/">http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/bouwrichtlijnen_infrastructuur/portalen/</a>  <i>Toelichting:</i> <i>In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld op bovengenoemde website).</i>	b
NBD06000	Eisen voor hydraulische bewegingswerken (zie tevens paragraaf 13.14)	a
NBD09799	Eisen kunststoffen: Technische leveringsvoorwaarden voor glijdend belaste kunststoffen in de waterbouw	a

Norm/document <sup>1)</sup>	Omschrijving/verwijzing <sup>1)</sup>	2)
NBD10300 <sup>3)</sup>	Eisen technische deklagen (Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage)	a
NBD16312 (informatief) <sup>3)</sup>	Conserveringssysteemblad voor immersiebelasting (Im2)	a
NBD16325 (informatief) <sup>3)</sup>	Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing zonder UV-belasting	a
NBD16365 (informatief) <sup>3)</sup>	Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing met UV-belasting	a
RTD 1007-1	Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen (zie ook par. 13.2)	a
RTD 1007-2	Eisen voor voegovergangen (zie ook par. 13.2)	a
RTD 1007-3	Geluideisen voegovergangen (zie ook par. 13.2)	a
RTD 1009	Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op op betonnen en stalen kunstwerken (zie tevens par. 13.3)	a
RTD 1012	Eisen voor brugopleggingen	a
RTD 1014	Generieke eisen elektrotechnische installaties (zie tevens paragraaf 13.9)	a
RTD 1015	Kunststofslijtlagen (vervangt NBD10201)	a
RTD 1018	Eisen handelsproducten (vervangt NBD00100)	a
RTD 1019	Eisen tandwielkasten, open overbrengingen en boogtandkoppelingen (vervangt NBD00500)	a
RTD 1020	Eisen staalkabels (vervangt NBD00639)	a
SCON-2007-337-TCE <sup>3)</sup>	Code of Practice metaalconservering RWS	a
SCON-2008-683-TCE <sup>3)</sup>	PSIBouw document SCON-2008-683-TCE, dd 30-10-2008. <i>Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, Voorlopige systeemeisen, inclusief bijlage 1A en 1B: De testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw (1A) of onderhoud (1B)</i>	a
OGOS-500-TRL <sup>3)</sup>	Eisen thermische spuitlagen: Eisendeel	a
OGOS-501-TRL <sup>3)</sup>	Eisen thermische spuitlagen: Handreiking	a
CEB-FIB bul.30	acceptance of stay cable systems using prestressing steels	
CTO 3L10314254	voorschrift NS d.d. 840807	a
noot	Voor hemelwaterafvoer, leuning en voertuigkeringen, inspectie- en onderhoudsvoorzieningen (in aanvulling op de bepalingen in dit hoofdstuk 7), zie hoofdstuk 13	

<sup>1)</sup> In hoofdstuk 2 staan de gedateerde versies van de documenten in deze tabel aangegeven.

<sup>2)</sup> De in deze kolom met "a" aangeduide documenten zijn als set bij GPO aan te vragen c.q. zijn onderdeel van de bijlagedocumenten bij de ROK; in deze kolom met "b" aangeduide documenten zijn bij GPO als stand-alone document opvraagbaar of via internet te downloaden. Wanneer niets is aangegeven gaat het om een algemeen verkrijgbaar document.

- 3) In paragraaf 7.20 van de ROK zijn onder 2.7 een aantal extra documenten en normen van toepassing verklaard voor corrosiebescherming welke niet in deze lijst zijn opgenomen

Indien in een NBD staat aangegeven "keuring/gekeurd door de directie" moet dat worden gelezen als "keuring/gekeurd door de opdrachtnemer".

Noot:

In de ROK zijn de volgende (oude en vervallen) NBD 's verwerkt in hoofdstuk 7:

- NBD00800 "Leidraad voorspannen van ankers en rekbouten"
- NBD07005 "Eisen booglassen"
- NBD09000 "Eisen ongelegeerd constructiestaal"
- NBD09200 "Eisen smeedstaal en gewalst staal voor machineonderdelen"
- NBD09399 "Eisen gietstaal"
- NBD10000 "Eisen staal conservering nieuwbouw"
- NBD11001 "Eisen niet-destructief onderzoek voor staal- en werktuigbouwkundige constructies"

In de NBD's 06000, 09799 en 10300 moeten de verwijzing naar bovengenoemde NBD's gelezen worden als verwijzingen naar ROK hoofdstuk 7.

**Tabel 7-2: Van toepassing zijnde normen en andere documenten toebedeeld aan de in de scope genoemde producten (informatief)**

Produkten =>  Normen/richtlijnen/document: X= primair o = secundair (in rangorde na X)	Vaste stalen bruggen	Staaldeel staalbeton bruggen	Palen en damwanden	Beweegbare bruggen	Natte kunstwerken staalconstructie	Mechanische uitrusting	Elektrotechnische instal.	Bediening en besturing	Geluidsschermen	Verkeerskundige draagconstructies
	GRONDSLAGEN									
Grondslagen algemeen NEN-EN 1990 + NB + ROK par. 4.1 (noot: er is één NB voor 1990 en 1990/A1)	o	o	X	o	o	o			1)	X+2)
Grondslagen specifiek (bruggen) NEN-EN 1990/A1 + NB + ROK par. 4.1 (noot: er is één NB voor 1990 en 1990/A1)	X	X		X	X	o				
Grondslagen specifiek (natte kunstwerken en mechanische uitrustingen); bevat tevens belastingen; ROK par. 4.3 + 5.10					X	X	X			
Grondslagen specifiek (beweegbare bruggen en mechanische uitrustingen) ROK par. 4.4				X		X	X			
Grondslagen specifiek (geluidsschermen) ROK par. 4.5									1)	

<b>Produkten =&gt;</b>	<b>Vaste stalen bruggen</b>	<b>Staaldeel staalbeton bruggen</b>	<b>Palen en damwanden</b>	<b>Beweegbare bruggen</b>	<b>Natte kunstwerken staalconstructie</b>	<b>Mechanische uitrusting</b>	<b>Elektrotechnische instal.</b>	<b>Bediening en besturing</b>	<b>Geluidsschermen</b>	<b>Verkeerskundige draagconstructies</b>
<b>Normen/richtlijnen/document:</b> <b>X= primair</b> <b>o = secundair (in rangorde na X)</b>										
Grondslagen specifiek (Verkeerskundige draagconstructies) ROK par. 4.6										X+2)
<b>BELASTINGEN</b>										
Belastingen algemeen NEN-EN 1991-1-serie + NB's + ROK par. 5.1 t/m 5.7	X	X	X	X	X	o	o			X
Belasting specifiek (verkeersbelasting op bruggen) NEN-EN 1991-2 + NB + ROK par. 5.8	X	X	X	X		X				
Belastingen specifiek (natte kunstwerken en mechanische uitrusting) ROK par. 5.10			X		X	X	X			
Belastingen specifiek (beweegbare bruggen en mechanische uitrusting) ROK par. 5.11			X	X		X	X			
Belastingen specifiek (geluidsschermen) ROK par. 5.12								1)		
Belastingen specifiek (verkeerskundige draagconstructies) ROK par. 5.13										X+2)
<b>STERKTE</b>										
Sterkte algemeen NEN-EN 1993-1 serie + NB's + ROK par. 7.1 t/m 7.12	o	o	o	o	o	o			1)	X+2)
Sterkte specifiek (bruggen) NEN-EN1993-2 + NB + ROK par. 7.13	X	o		X	X					
Sterkte specifiek (staalbeton bruggen) NEN-EN 1994-1-1 + NB + ROK par. 8.1 NEN-EN 1994-2 + NB + ROK par. 8.3		o X								
Sterkte specifiek (palen en damwanden) NEN-EN 1993-5 + NB + ROK par. 7.14			X							
Sterkte specifiek (natte kunstwerken en mechanische uitrustingen) + ROK par. 7.15+ par. 7.16					X	X	o			
Sterkte specifiek (beweegbare bruggen en mechanische uitrustingen) NEN 6786 (ook deels belastingen) + ROK par. 7.16				X	X	X	o			

<b>Produkten =&gt;</b>  <b>Normen/richtlijnen/document:</b> <b>X= primair</b> <b>o = secundair (in rangorde na X)</b>	Vaste stalen bruggen	Staaldeel staalbeton bruggen	Palen en damwanden	Beweegbare bruggen	Matte kunstwerken staalconstructie	Mechanische uitrusting	Elektrotechnische instal.	Bediening en besturing	Geluidsschermen	Verkeerskundige draagconstructies
	GCW + ROK par. 7.17								X	
Componentspecificaties VDC's (2012) en Verkeerskundige draagconstructies, beschrijving standaard RWS VDC's + ROK par. 7.18										X
UITVOERING										
NEN-EN 1090-1 + ROK par. 7.19	X	X	X	X	X	X			X	X
NEN-EN 1090-2 + ROK par. 7.20 Inclusief corrosiebeschermingsbijlagen SCON-2010-337-TCE SCON-2008-683-TCE OGOS-500-TRL OGOS-501-TRL + aanvullingen onder 2.7 in par. 7.20 Informatief: NBD16312, 16325, 16365	X	X	X	X	X	X			X	X
OVERIG										
NEN 6787 (beweegbare bruggen; veiligheid)				X	X	X	X	X		
NBD06000 (Eisen hydraulische bewegingswerken) zie tevens par. 13.14				X	X	X				
NBD09799 (Eisen kunststoffen)					X	X				
NBD10300 (Eisen technische deklagen)						X				
RTD 1007-1 Meerkeuzematrix voegovergangen, RTD 1007-2 Eisen voor voegovergangen, RTD 1007-3 Geluideisen voegovergangen	X	X								
RTD 1009 Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op op betonnen en stalen kunstwerken	X	X								
RTD 1012 Eisen voor brugopleggingen	X	X								
RTD 1014 Generieke eisen Elektrotechnische Installaties	X	X		X	X	X	X			
RTD 1015 (kunststofsljitlagen)				X						
RTD 1018 (Eisen handelsproducten)				X	X	X				
RTD 1019 (Eisen tandwielkasten)				X	X	X				
RTD 1020 (Eisen staalkabels)				X	X	X				
Normen genoemd in par. 13.10 "Voertuigkeringen, leuning, lichtmasten en schermen"	X	X		X						

<b>Normen/richtlijnen/document:</b> <b>X= primair</b> <b>o = secundair (in rangorde na X)</b>	<b>Produkten =&gt;</b>									
	Vaste stalen bruggen	Staaldeel staalbeton bruggen	Palen en damwanden	Beweegbare bruggen	Matte kunstwerken staalconstructie	Mechanische uitrusting	Elektrotechnische instal.	Bediening en besturing	Geluidsschermen	Verkeerskundige draagconstructies
Hemelwaterafvoer (zie par. 13.4)	X	X		X						
Inspectie- en onderhoudsvoorzieningen (zie par. 13.8)	X	X		X	X	X				

- 1) Voor geluidsschermen zijn alle eisen inclusief de constructieve eisen met betrekking tot grondslagen, belastingen, sterkte en enz. opgenomen in de GCW (Richtlijnen Geluidsbepurende Constructies langs Wegen). Voor stalen geluidsschermen is in de GCW voor de fabricage tevens de uitvoeringsklasse gedefinieerd. De GCW kan daarmee dienen als basisdocument wat voor het constructieve deel invulling geeft aan het gebruik van en de keuzes in de Eurocodes en NEN-EN 1090-2. De ROK (met name het NEN-EN 1090-2 deel in ROK paragraaf 7.20) moet, net als voor overige producten, worden gezien als nadere invulling van keuzes en (aanvullende) eisen.
- 2) Voor verkeerskundige draagconstructies (portalen en uithouders) wordt verwezen naar de documenten genoemd in tabel 2-7.

*Toelichting:*

*In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld in de betreffende documenten).*

## 7.1 Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-1 + NB.

1.3	Eis
NEN-EN 1090 is van toepassing inclusief de ROK aanvullingen in paragraaf 7.19 en paragraaf 7.20.	
2.1.2 (1)	Eis
Betrouwbaarheidsdifferentiatie moet worden verkregen door keuze van de juiste gevolgklasse met bijbehorende belastingfactoren volgens NEN-EN 1990+NB en niet door differentiatie in het kwaliteitsbeheer bij ontwerp, berekening en uitvoering.	
3.2	Eis
Voor de nominale waarden van de vloegrens en de treksterkte voor constructiestaal met een dikte > 80 mm moeten de waarden uit de productnormen worden gehanteerd. Aanvullende eisen met betrekking tot constructiestaal zijn opgenomen in ROK paragraaf 7.20 (NEN-EN 1090-2).	

Bijlage C	Eis
-----------	-----

In juni 2014 is het wijzigingsblad A1 bij NEN-EN 1993-1-1 uitgekomen. Dit wijzigingsblad voegt een nieuwe bijlage C toe, waarin de keuze van de uitvoeringsklasse voor staalconstructies wordt geregeld als vervanging van de informatieve bijlage B van NEN-EN 1090-2 (welke in een toekomstige versie van NEN-EN 1090-2 zal worden geschrapt). In het verlengde van en in aanvulling op genoemde documenten moet voor de keuze van de uitvoeringsklasse voor de meest voorkomende RWS-producten ROK Tabel 7-4 (in ROK paragraaf 7.20) worden gehanteerd, tenzij contractueel anders is bepaald.

*Opmerking:*

*Het wijzigingsblad leidt tot een aanpassing van de Nationale Bijlage, maar op het moment van uitkomen van ROK 1.4 was de gewijzigde Nationale Bijlage nog niet beschikbaar. De huidige Nationale Bijlage kent al een bijlage C (kniklengte) en een bijlage D (kritisch elastische kipmoment). Deze bijlagen blijven gewoon van kracht en zullen in de nieuwe Nationale Bijlage worden verschoven naar bijlage D en E.*

**7.2 Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1993-1-2 + NB.

**7.3 Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgeformde dunwandige profielen en platen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1993-1-3 + NB.

**7.4 Deel 1-4: Algemene regels – Aanvullende regels voor corrosievaste staalsoorten**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1993-1-4 + NB.

**7.5 Deel 1-5: Constructieve plaatvelden**

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-5 + NB.

2.2 (2)	Eis
---------	-----

De meewerkende plaatbreedte bij bruggen moet bepaald worden voor steunpunten en velden inclusief het verloop daartussen. Het is niet toegestaan om een continue breedte te veronderstellen.

2.4	Eis
-----	-----

Indien mogelijk moet gebruik worden gemaakt van de doorsnede reductie methode. Alleen voor situaties waarin er spanningen in zowel langs- als dwarsrichting in het vlak van de plaat zijn, moet men de gereduceerde spanningsmethode gebruiken.

4.2 (2)	Eis
---------	-----

Verwijder de woorden "op druk" uit de zin.

*Toelichting:*

*Vloeien kan ook bereikt worden in het onder trek staande deel van de doorsnede.*

A.3	Advies
-----	--------

Als alternatief op de methode beschreven in Annex A.3, mag een analyse met EEM zijn uitgevoerd.

Bijlage C, C.1 (2)	Eis
--------------------	-----

Bijlage C is een informatieve bijlage. In C.1(2) zijn verschillende methoden voor eindige elementen berekeningen voor plaatconstructies gegeven. De te kiezen methode moet in overeenstemming zijn met de vereiste (danwel toegestane) methodiek van berekening in een algemene of een productgerichte norm.

Noot:

Bijvoorbeeld voor bruggen (of daaraan gelijk gestelde constructies in deze ROK) moet de globale krachtsverdeling in de constructie worden gebaseerd op een lineair elastische berekening (d.w.z. altijd fysisch lineair en waar nodig geometrisch lineair of niet-lineair). Ook spanningen voor vermoeiingsanalyses moeten op dezelfde manier worden bepaald.

## 7.6 Deel 1-6: Algemene regels – Sterkte en stabiliteit van schaalconstructies

Geen aanvullingen op NEN-EN 1993-1-6 + NB.

## 7.7 Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen

Geen aanvullingen op NEN-EN 1993-1-7 + NB.

## 7.8 Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-8 + NB.

Algemeen	Eis
----------	-----

Het ontwerp van de verbindingen in staalconstructies moet voldoen aan NEN-EN 1993-1-8 + NB. Voor het ontwerp van mechanische verbindingen voor mechanische uitrustingen is NEN 6786 leidend. [Waar deze norm verwijst naar NEN 6770 of NEN 6772 moet NEN-EN 1993-1-8 + NB gelezen worden.](#) Onder mechanische verbindingen worden verstaan verbindingen met bouten, klinknagels of pinnen.

Algemeen	Eis
----------	-----

Alle verbindingsmiddelen en afdichtingsringen moeten thermisch worden verzinkt. Uitzonderingen hierop zijn:

- pasbouten;
- situaties waarbij i.v.m. duurzaamheid of esthetica de voorkeur uitgaat naar roestvast stalen bouten.

2.4 / 2.5	Eis
-----------	-----

Bij de berekening van verbindingen in constructieelementen van klassen 3 en 4 moet de krachtverdeling worden afgeleid van de spanningsverdeling in de aansluitende constructieelementen. Een elasto-plastische berekening is niet toegestaan voor verbindingen van primaire onderdelen. Verbindingen van secundaire onderdelen mogen elasto-plastisch worden berekend, mits voldoende redundantie in de verbinding aanwezig is (vloeitraject, plastische deformatie zonder breuk).

*Toelichting:*

*Voor primaire en secundaire onderdelen wordt verwezen naar de definitie aan het begin van dit hoofdstuk (hoofddraagconstructie = primair, overig = secundair).*

3.5	Toelichting
-----	-------------

*Voor de randafstand  $e_2$  in tabel 3.3. van NEN-EN 1993-1-8 moet minimaal  $1,5 \cdot d_o$  worden genomen. Bij een lagere waarde, maar minimaal  $1,2 \cdot d_o$ , moet met een gereduceerde grensstuikkracht worden gerekend.*

*Voor de steek  $p_2$  in tabel 3.3. van NEN-EN 1993-1-8 moet minimaal  $3,0 \cdot d_o$  worden genomen. Bij een lagere waarde, maar minimaal  $2,4 \cdot d_o$ , moet met een gereduceerde grensstuikkracht worden gerekend. Een en ander volgens tabel 3.4 van NEN-EN 1993-1-8, paragraaf 3.6.*

3.6.1 (2) en 3.9.1 (1)	Eis
---------------------------	-----

De momentmethode, de HRC-(wringnek)-methode en de DTI-methode met directe voorspanindicatie zijn niet toegestaan (zie ook ROK paragraaf 7.20).

3.6.1 (5)	Eis
-----------	-----

De maximale toelaatbare gatspeling voor bouten M12 en M14 in normale gaten bedraagt 1 mm.

3.9.1 (1)	Eis
-----------	-----

Voor de wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  mag gebruik worden gemaakt van NEN-EN 1993-1-8/NB, tabel NB.2 of NEN-EN 1090-2, 8.4 tabel 18 waarbij de voorwaarden van laatstgenoemde voor de oppervlaktebehandeling ook gelden voor eerstgenoemde. Bijlage G van NEN-EN 1090-2 mag niet worden toegepast.

In aanvulling op NEN-EN 1993-1-8/NB, tabel NB.1-3.7 opmerking 4 geldt dat verlies van boutvoorspanning (bij schuifvaste en/of op trek belaste voorgespannen boutverbindingen) bij geverfde oppervlakken moet worden voorkomen door:

- bij schuifvaste verbindingen klasse B (zie tabel 18 1090-2) te voldoen aan de opgegeven maximale laagdikte ethyl-zinksilicaat op het contactvlak;
- in het geval schuifvastheid niet is vereist, te voldoen aan het gestelde in F.4 van NEN-EN 1090-2;
- in alle gevallen ervoor te zorgen dat er maximaal 40-50  $\mu\text{m}$  shopprimer onder de sluitringen aanwezig is.

Na het aanbrengen van de verbinding moet het volledige conserveringssysteem worden aangebracht.

6.2.2 (7)	Eis
-----------	-----

Bij bepaling van de afschuifweerstand van een ankerbout moet met  $\gamma_{Mb} = \gamma_{M2}$  worden gerekend.

6.2.2 (8)	Eis
-----------	-----

Het combineren van de afschuifweerstand en de wrijving is niet toegestaan voor slobgaten.

6.2.12	Eis
--------	-----

Voor (korte) ankers wordt verwezen naar NEN-EN 1992-1-1, 2.7 en de bijbehorende aanvullingen in de ROK.

## 7.9

### Deel 1-9: Vermoeiing

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-9 + NB.

3(7) tabel NB.1	Toelichting
-----------------	-------------

*Ten aanzien van stalen bruggen wordt voor de keuze van de  $\gamma_{Mf}$  verwezen naar NEN-EN 1993-2/NB, 9.3(2) voor de keuze van de te hanteren materiaalfactoren voor de orthotrope rijvloer en de overige dragende (aan vermoeiing onderhevige) constructiedelen, inclusief definitie (resp.  $\gamma_{Mf}=1,15$  en  $\gamma_{Mf}=1,35$ ).*

3(7) tabel NB.1	Eis
-----------------	-----

Ten aanzien van alle op vermoeiing belaste constructies binnen de scope van dit ROK hoofdstuk (tenzij in een product-specifieke norm / ROK-deel anders is vermeld, zoals bijvoorbeeld bij bruggen, zie daarvoor de toelichting bij het voorgaande punt en NEN-EN 1993-2/NB) moet worden uitgegaan van "safe life" + "high consequence".

6.2 en 6.3	Eis
------------	-----

Ten aanzien van alle op vermoeiing belaste constructies binnen de scope van de ROK, is de vereenvoudigde methode met de  $\lambda$ 's, zoals bedoeld in 6.2 en 6.3 niet toegestaan. Voor bruggen geldt dat NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1(6) verplicht tot het gebruik van vermoeiingsbelastingmodel 4.

8 (2) en 8 (3)	Eis
----------------	-----

De toetsingsprocedure in 8 (2) en 8 (3) is gekoppeld aan het beschikbaar zijn van equivalente spanningsintervallen. Indien deze niet beschikbaar zijn of de methode van bepaling daarvan niet van toepassing is verklaard, moet de vermoeiingsverificatie volgens 8(4) via bijlage A van NEN-EN 1993-1-9 worden uitgevoerd met schade-accumulatie volgens bijlage A van NEN-EN 1993-1-9.

#### Toelichting:

*NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1 (6) verplicht voor stalen bruggen het gebruik van vermoeiingsbelastingmodel 4 welke tot spanningswisselingspectra leidt en niet tot equivalente spanningen. Voor stalen bruggen moet daarom gebruik worden gemaakt van verificatie volgens bijlage A van NEN-EN 1993-1-9.*

8, tabel 8.8	Toelichting
--------------	-------------

De in tabel 8.8 gegeven vermoeiingsclassificaties voor orthotrope rijvloeren met gesloten verstijvers (troggen) moeten worden beschouwd in relatie tot hetgeen is

gesteld in ROK paragraaf 7.13 onder 9.6(3) en NEN-EN 1993-2/NB, 9.6(3) (en NEN-EN 1993-2 bijlage F).

In tabel NB.7 van NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F.1 zijn vermoeiingsclassificaties (inclusief detaillering, beschrijving en nadere eisen ten aanzien van voorbereiding, minimale lasafmetingen, lasgeometrie, toleranties en NDO) gegeven voor nieuwe orthotrope rijvloeren. In tabel NB.8 van NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F.1 zijn vermoeiingsclassificaties gegeven voor veel voorkomende details in bestaande orthotrope rijvloeren.

## 7.10 Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-10 + NB.

Algemeen	Toelichting
----------	-------------

*Met betrekking tot eisen aan constructiestaal wordt tevens gewezen op de eisen in ROK paragraaf 7.20 (NEN-EN 1090-2).*

Informatie/waarschuwing:

Bij een tweetal projecten in Nederland zijn tijdens/na het lassen van platen met verbeterde eigenschappen in dikterichting (Z35) scheuren opgetreden evenwijdig aan het plaatoppervlak. In beide gevallen betrof het een detaillering conform onderstaande schets waarbij tevens gold dat vrije krimp van de lassen door omliggende constructiedelen in sterke mate werd verhinderd. De scheuren bevonden zich exact in het midden van de in de dikterichting aangesproken plaat (gele plaat).



**Figuur 7-1: Belasting in dikterichting**

Nog niet afgerond onderzoek leidt vooralsnog tot de volgende voorlopige conclusies:

- Het lasdetail is verre van optimaal (de in de dikterichting belaste plaat inkorten en als backing gebruiken voor een V-naad met vooropening tussen de "blauwe" platen, verdient ten aanzien van dit aspect de voorkeur);
- De plaat welke op zijn dikte-eigenschappen wordt aangesproken heeft op de plek waar deze het meest op zijn dikte-eigenschappen wordt aangesproken een snijrand die de dikte-eigenschappen kan beïnvloeden;
- Continu gegoten materiaal kan zogenaamde "mid-line" of "center-line" segregatie vertonen. Genoemde dunne segregatie laag heeft een afwijkende materiaalsamenstelling. Het lijkt erop dat die laag wel de sterkte haalt, maar slechts een beperkte breuktaaiheid heeft (waardoor kleine onvolkomenheden gecombineerd met hoge rekken tot scheurvorming leiden). De segregatie-laag lijkt bij een beperkt aantal continu gegoten platen aanwezig te zijn. De standaard beproevingsmethoden voor Z-kwaliteit tonen de aanwezigheid en de eigenschappen van een dergelijke segregatie-laag niet aan.

## 7.11 Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-11 + NB.

Algemeen	Eis
----------	-----

In aanvulling op NEN-EN 1993-1-11 + NB zijn de eisen volgens CEB-FIP recommendations: "Acceptance of stay cable systems using prestressing steels" van toepassing. Daar waar de eisen van de CEB-FIP recommendations strijdig zijn met NEN-EN 1993-1-11 + NB, prevaleert NEN-EN 1993-1-11 voor toetsingsaspecten in relatie tot sterkte (SLS en ULS en vermoeiing) en prevaleren de CEB-FIP recommendations voor materialen, fabricage, montage, systeemtesten, componenttesten en afnametesten enz., zoals opgenomen in de hoofdstukken 5, 6 en 7 van de CEB-FIP recommendations. Recommendations in de CEB-FIP moeten worden gezien als eisen.

In aanvulling op hoofdstuk 5 van de CEB-FIP recommendations geldt:

- 5.2 + 5.5: strengen moeten thermisch worden verzinkt, met was/vet worden gevuld en individueel PE/PP worden omhuld;
- 5.7.1: de bundel strengen moet omhuld zijn met een HDPE-pijp van het type "monolithic".

In aanvulling op hoofdstuk 6 van de CEB-FIP recommendations. geldt:

- 6.2: de 3 axiale vermoeiingstesten, als onderdeel van de "initial approval testing" moeten zijn uitgevoerd met de in 6.2.1 genoemde hoekverdraaiing (als simulatie voor buigeffecten);
- 6.2: testen op de overgangszones in het corrosiebeschermingssysteem (zie ook 4.4.1) moeten worden uitgevoerd;
  - de "leak tightness test" moet zijn uitgevoerd;
- 6.3: de "suitability test" moet worden uitgevoerd;
- 6.4: In aanvulling op tabel 6.3 geldt dat de vermoeiingstesten op de trekelementen moeten worden uitgevoerd met een frequentie van 2 op iedere 50 ton, gelijkmatig gespreid over de productie (met een minimum van 5 per project); De deflected tensile test moet worden uitgevoerd met een frequentie van 1 op iedere 80 ton (met een minimum van 3 per project).

Op hoofdstuk 7 van de CEB-FIP recommendations zijn geen aanvullingen.

1.1 (2), tabel 1.1	Toelichting
--------------------	-------------

*Tuisystemen uit staaf-systemen (group A) en geslagen kabel (group B) zijn niet toegestaan voor bruggen voor wegverkeer.*

2.1 (3)	Eis
---------	-----

Voor bruggen voor wegverkeer moet minimaal worden uitgegaan van "exposure class 4".

4.1	Eis
-----	-----

In aanvulling op 4.1 moet elke tui tot een hoogte van 5 meter boven het brugdek (verticaal gemeten) worden beschermd door een antivandalismebuis.

4.1 (2) en 4.5	Eis
----------------	-----

De eis in NEN-EN 1993-1-11 moet worden gelezen als een systeem waarbij de strengen bestaan uit 7 individueel thermisch verzinkte draden binnen een met

was/vet (systeemeigen) gevulde PE/PP strengomhulling per streng. In aanvulling daarop moet de bundel strengen worden omhuld met een HDPE-pijp (met geschikte voorzieningen voor thermische effecten en effecten door de lengteveranderingen van de tui door belasting). De verankeringszone van de strengen (ankerkap, verankeringzone en gestripte strenglengte) moet middels volledige vulling met was/vet (systeemeigen) tegen vochtindringing worden beschermd. Van de strengen afkomstend (condens-)vocht mag nergens in blijven staan.

### 7.12 Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700

Aanvullingen op NEN-EN 1993-1-12 + NB.

Algemeen	Eis
----------	-----

Deze norm mag niet worden toegepast.

*Toelichting:*

*Zie paragraaf 7.20, 5.3.1: Voor constructiestaal zijn staalsoorten met een sterkteklasse hoger dan S355 niet toegestaan.*

### 7.13 Deel 2: Stalen bruggen

Voor de van toepassing zijnde normen (en documenten) zie tabel 7-1 en tabel 7-2.

Aanvullingen op NEN-EN 1993-2 + NB.

Algemeen	Eis
----------	-----

Genoemde normen zijn van toepassing op:

- de staalconstructie van vaste stalen bruggen;
- de staalconstructie van staalbeton bruggen;
- de staalconstructie van beweegbare stalen bruggen;
- de staalconstructie van natte kunstwerken / waterbouwkundige constructies (sluisdeuren, keermiddelen, enz.).

Voor de staalconstructie van beweegbare stalen bruggen moeten genoemde normen worden gebruikt in samenhang met NEN 6786, waarbij geldt dat voor de staalconstructie van beweegbare stalen bruggen, bij tegenstrijdigheid, de specifieke norm NEN 6786 prevaleert boven NEN-EN 1993-2 + NB.

***Noot:***

*De huidige versie van NEN 6786:2001 + wijzigingsbladen is thans in bewerking en wordt omgezet naar een Nederlandse norm aansluitend bij de Eurocode; na vaststelling door NEN moet de nieuwe versie worden gebruikt.*

Specifieke aanvullingen, aanwijzingen en eisen met betrekking tot het gebruik van NEN 6786 (mede in relatie tot de aansluiting op de Eurocode) voor zowel de staalconstructie als de mechanische uitrusting zijn opgenomen in:

- ROK paragraaf 4.4 voor basiseisen (grondslagen);
- ROK paragraaf 5.11 voor belastingen;
- ROK paragraaf 7.16 voor sterkteregels.

Voor de staalconstructie van staalbetonbruggen moet NEN-EN 1993-2 worden gebruikt in samenhang met NEN-EN 1994-2+NB en NEN-EN 1992-2+NB.

Voor de staalconstructie van natte kunstwerken / waterbouwkundige constructies (sluisdeuren, keermiddelen, enz.) zijn geen specifieke Eurocodes opgesteld. Deze constructies moeten voor de beoordeling van de sterkte worden gelijkgesteld aan bruggen. Specifieke aanvullingen, aanwijzingen en eisen met betrekking tot het gebruik van NEN-EN 1993-2 + NB in relatie tot de toepassing voor staalconstructies van natte kunstwerken / waterbouwkundige constructies, inclusief mechanische uitrusting, zijn opgenomen in:

- ROK paragraaf 4.3 voor basiseisen (grondslagen);
- ROK paragraaf 5.10 voor belastingen;
- ROK paragraaf 7.15 voor sterkteregels.

1.1.2 (5)	Eis
-----------	-----

NEN-EN 1090 is van toepassing inclusief de aanvullingen in ROK paragraaf 7.19 en paragraaf 7.20.

2.1.2 (1)	Eis
-----------	-----

Betrouwbaarheidsdifferentiatie moet worden verkregen door keuze van de juiste gevolgklasse met bijbehorende belastingfactoren volgens NEN-EN 1990+NB en niet door differentiatie in het kwaliteitsbeheer bij ontwerp, berekening en uitvoering.

2.1.3.2, 2.1.3.3, 4	Eis
---------------------	-----

De dragende (constructieve) staalconstructiedelen moeten onverkort (zonder vervanging binnen de levensduur) kunnen voldoen aan de levensduureis (volgens NEN-EN 1990/NB, tabel NB.8). Dragende (constructieve) onderdelen, waarvoor vervanging gedurende de levensduur wel acceptabel is, zijn:

- Opleggingen (voor eisen m.b.t. de ontwerplevensduur zie RTD 1012);
- Voegovergangen (voor eisen m.b.t. de ontwerplevensduur zie RTD 1007-2).

Bereikbaarheid, inspectie, onderhoud en vervanging van deze onderdelen moet veilig en goed mogelijk zijn. Voorzieningen daartoe moeten worden meegenomen (vizellocaties moeten visueel zichtbaar zijn op zowel de bovenbouw als de onderbouw). Zie ook ROK paragrafen 6.4, 13.1 en 13.8.

Vervanging van opleggingen van vaste bruggen moet mogelijk zijn zonder de beschikbaarheid en het gebruik van de brug te beïnvloeden. Vervanging van voegovergangen moet mogelijk zijn met hooguit beperkte beïnvloeding van de beschikbaarheid en het gebruik van de brug.

Bereikbaarheid, inspectie, onderhoud en vervanging van aankledingonderdelen moet veilig en goed mogelijk zijn. Zie ook ROK paragraaf 13.8.

Onder "aankledingsonderdelen" van de constructie worden onderdelen verstaan die geen primaire functie hebben in de afdracht van de nuttige functionele belasting. Hierbij moet gedacht worden aan:

- Asfaltslijtlagen en epoxy-slijtlagen;
- Voertuigkeringen;
- Corrosiebeschermingssystemen;
- Inspectie/conserveringswagens + banen (onderhoudsvoorzieningen);

- Hemelwaterafvoersystemen;
- Elektrische voorzieningen (o.a. kokerverlichting, stroomvoorziening ten behoeve van inspectie en onderhoud, scheepvaartverlichting, bliksem- en overspanningbeveiliging, enz.);
- Weginformatiesystemen.

#### Specifiek:

- Tenzij in het contract anders is bepaald, moeten voor de bereikbaarheid voor inspectie en onderhoud, bij vaste bruggen over water, wagenbanen en inspectiewagens worden aangebracht. De inspectiewagens moeten het mogelijk maken de gehele onderzijde (alles onder dekplaatniveau) op handafstand te inspecteren en onderhouden. De wagenbanen moeten tevens geschikt zijn voor conserveringswagens. De wagens moeten veilig bereikbaar en toegankelijk zijn en veilig in gebruik (o.a. wielbreuk/val-beveiliging, rem, eindstops op de banen). Inspectiewagens moeten geschikt zijn voor een nuttige karakteristieke belasting van  $1,5 \text{ kN/m}^2$  i.c.m. een lokale belasting op een willekeurige locatie van 7.5 kN. De inspectiewagens moeten worden uitgevoerd met zowel een elektronische als een handmatige voortbeweging (noodgevallen). De inspectiewagens moeten elektronisch worden voortbewogen met een snelheid van min. 15 m/minuut (bij de handbediening mag een lagere snelheid worden aangehouden). Voor onbevoegden moet de toegang tot en de voortbeweging van de wagen(s) onmogelijk zijn. De wagens en banen moeten voorzien zijn van CE-markering. De wagenbanen moeten tevens geschikt zijn voor het aanbrengen en verplaatsen van conserveringswagens. Conserveringswagens moeten geschikt zijn voor een nuttige karakteristieke belasting van  $2,5 \text{ kN/m}^2$  i.c.m. een lokale belasting op een willekeurige locatie van 10 kN. Het functionele oppervlak van een conserveringswagen moet zodanig zijn dat met 1 of meerdere wagens (dwars op de rijrichting) een werkvak ter grote van de brugbreedte  $\cdot$  de dwarsdragerafstand  $+ 2 \cdot 1 \text{ m}$  kan worden afgesloten. Wagens en banen moeten worden voldoen aan gevolgklasse 2 van NEN-EN 1990. De massa van de wagenbanen moet worden meegenomen als eigen gewicht, de massa en belasting van de inspectiewagens als veranderlijke belasting in combinatie met verkeer. Voor de beoordeling van de brugconstructie bij gebruik van de banen door (een) conserveringswagen(s) mag gebruik worden gemaakt van NEN 8700 / NEN 8701 (dit geldt niet voor de baan zelf en de conserveringswagen).
- Toegankelijke kokervormige elementen moeten veilig bereikbaar en betreedbaar zijn middels een afsluitbare deur of een luik. In kokers moeten voorzieningen worden getroffen voor een veilige doorgang door de koker (o.a. trappen, bordessen, mangaten, verlichting en stroom (WCD's op regelmatige afstanden, maximaal 15 m). Verlichting en stroom moeten bij elke buitendeur aan- en af te sluiten zijn.
- Condensvorming en vloeistoftoetreding in kokers moet worden voorkomen.
- In kokers moeten voorzieningen worden getroffen om eventuele onbedoelde vloeistoffen in de koker af te voeren naar één of meerdere locaties met een afvoer naar buiten.
- Tenzij in het contract nadrukkelijk anders is vermeld, is het in of door kokervormige constructie-elementen niet toegestaan om vloeistoffen (hemelwaterafvoer of anderszijds) of gassen te transporteren.
- Het corrosiebeschermingssysteem in toegankelijke kokers moet, bij toepassing van een organisch systeem, de kleur wit hebben.

- Leuningen, voertuigkeringen, geluidsschermen, antivandalismeschermen en lantaarnpalen moeten middels een demontabele boutverbinding aan de (hoofd-)constructie worden verbonden. Schade aan de hoofdconstructie bij overbelasting (calamiteiten) van genoemde elementen moet worden voorkomen. Hiertoe moet, tenzij elders anders is vermeld, het element van de hoofdconstructie waarop het betreffende onderdeel wordt aangesloten een overcapaciteit hebben van minimaal 50% ten opzichte van de bezwijklast van de genoemde elementen.
- Constructies moeten zodanig zijn vormgegeven / gedetailleerd dat zich nergens vocht en vuil kan verzamelen en dicht zijn voor vogels en vleermuizen. Het afsluiten voor vogels is een speciaal aandachtspunt voor de kelders van basculebruggen bij brug in gesloten stand.

2.2	Eis
-----	-----

De vertaling van belastingen naar de krachtsverdeling in de constructie moet plaats vinden met elastische rekenmodellen, eerste orde elastisch of, waar noodzakelijk, tweede orde elastisch/geometrisch niet-lineair.

3.1 / 3.2	Eis
-----------	-----

Voor de nominale waarden van de vloeigrens en de treksterkte voor constructiestaal met een dikte > 80 mm moeten de waarden uit de productnormen worden gehanteerd. Aanvullende eisen voor constructiestaal zijn opgenomen in ROK paragraaf 7.20 (NEN-EN 1090-2, hoofdstuk 5 basisproducten).

3.1 / 3.2	Eis
-----------	-----

Het gebruik van S460 is niet toegestaan.

3.5	Eis
-----	-----

Opleggingen moeten voldoen aan RTD 1012. In dit kader wordt tevens verwezen naar de aanvullingen op NEN-EN 1993-2, 2.1.3.2 / 2.1.3.3 / 4 en bijlage A en paragraaf 13.7.

3.6	Eis
-----	-----

- Opleggingen moeten voldoen aan RTD 1012. In dit kader wordt tevens verwezen naar de aanvullingen op NEN-EN 1993-2, 2.1.3.2 / 2.1.3.3 / 4 en naar par. 13.7;
- Voegovergangen moeten voldoen aan RTD's 1007-1, 2 en 3. In dit kader wordt tevens verwezen naar de aanvullingen op NEN-EN 1993-2, 2.1.3.2 / 2.1.3.3 / 4 en naar paragraaf 13.2;
- Asfaltdeklagen moeten voldoen aan RTD 1009 "Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen kunstwerken";
- Kunststofslijtlagen moeten voldoen aan RTD 1015;
- Voor hemelwaterafvoer wordt verwezen naar paragraaf 13.4.
- Elektrische voorzieningen moeten voldoen aan het document "Generieke eisen elektrotechnische installaties" (RTD 1014);
- Lantaarnpalen/lichtmasten moeten voldoen aan paragraaf 13.10.

4	Eis
---	-----

Zie tevens eisen/teksten bij 2.1.3.3 / 2.1.3.4 / 4.

4.4	Eis
-----	-----

Vermoeiingstoetsing moet worden uitgevoerd voor alle onderdelen, niet alleen voor onderdelen welke niet voor inspectie toegankelijk zijn.

Alle onderdelen moeten bereikbaar zijn voor inspectie en onderhoud. Bij onderdelen waarbij de duurzaamheid met betrekking tot corrosie wordt verkregen middels sealen van een inwendige ruimte, moet ter verificatie van de lucht/vochtdichtheid worden afgeperst en moet rekening worden gehouden met inwendige over- en onderdruk volgens de bepalingen van NEN-EN 1991-1-5 + NB. Uitzondering hierop vormt het inwendige van troggen.

5.2.2	Eis
-------	-----

Voor  $\alpha_{cr} < 3$  is een meer nauwkeurige 2<sup>e</sup> orde berekening vereist.

5.4.1	Eis
-------	-----

Zie ook onder 2.2. Bij buitengewone ontwerptoestanden mag alleen met de plasticiteitstheorie de krachtsverdeling worden berekend wanneer het gaat om de lokale krachtsinleiding en -afdracht door een aanrijding of aanvaring in geval van elementen die bij bezwijken niet tot bezwijken van de constructie leiden.

Bovenstaande geldt niet voor de krachtsafdracht bij aanrijding van voertuigkeringen (zie daarvoor NEN-EN 1991-1-7 + NB).

7.3 (4)	Eis
---------	-----

Volgens NEN-EN 1993-2/NB, 2.1.3.3(4) moeten blijvende voerspanverbindingen tussen constructieve onderdelen worden uitgevoerd volgens categorie C. Uitzondering op de regel zijn windverbanden (op of onder brugdekniveau in geval van houten of soortgelijke dekken), waar gekozen mag worden voor categorie A.

Verwezen wordt naar de ROK aanvulling bij NEN-EN 1993-1-8, 3.9.1 (1) in ROK paragraaf 7.8.

7.5	Eis
-----	-----

Voor eisen met betrekking tot de toetsing van het profiel van vrije ruimte wordt verwezen naar de eis in ROK paragraaf 4.1 onder A.2.4.2(3).

7.6	Eis
-----	-----

Leuningen moeten het theoretische verticale en horizontale verloop goed volgen (horizontale en verticale maximale afwijking van theoretisch verloop + en - 5 mm). Leuningen moeten gedilateerd (kunststof schuifverbindingen) zijn en moeten middels een boutverbinding losneembaar aan de constructie zijn bevestigd. De boutverbinding mag niet door trillingen los kunnen raken.

7.8.1 (3)	Eis
-----------	-----

Zie onder 7.9 en 7.10.

7.8.2	Eis
-------	-----

1<sup>e</sup> aandachtsstreepje vervalt.

2<sup>e</sup> aandachtsstreepje moet worden gelezen als: maximaal 5 mm of zoveel minder als de voegovergang toelaat.

7.8.3	Eis
-------	-----

In geval van (kans op) trillingen van individuele onderdelen door aanstoting (bijvoorbeeld mechanische aanstoting door verkeer) moeten spanningswisselingen in die onderdelen onder de vermoeiings-ondergrens ("cut-off-limit") van de betreffende details blijven of moeten bij ontwerp en uitvoering afdoende (en realiseerbare) voorzieningen worden getroffen om de trillingen na optreden weg te nemen.

7.9	Eis
-----	-----

De uitgangspunten en eisen voor de toetsing van bruggen met voetgangers op comfort (deels ook sterkte) zijn opgenomen in:

- NEN-EN 1990 + NB, A.2.4.3.2
- NEN-EN 1991-2 + NB, 5.7 + bijlage NB.A

Basis voor de eisen in bovengenoemde artikelen is gemiddeld gebruik van een brug volgens (voetgangers-)verkeersklasse 3. In geval zich op de brug regelmatig situaties voordoen met een hogere verkeersklasse (bruggen bij (voetbal)stadions, grote openbare gelegenheden, treinstations), dan moet bij gelijke comfortcriteria de hogere verkeersklasse in rekening worden gebracht.

7.10	Eis
------	-----

In geval van (kans op) trillingen van slanke (individuele) onderdelen door windeffecten (o.a. vortex) moeten spanningswisselingen in die onderdelen onder de vermoeiingsondergrens ("cut-off-limit") van de betreffende details blijven of moeten bij ontwerp en uitvoering afdoende (en realiseerbare) voorzieningen worden getroffen om de trillingen na optreden weg te nemen.

In geval van kans op trillingen van een brug als geheel door windeffecten (o.a. vortex) moet de mate van excitatie, voor zover binnen de grenzen / het toepassingsgebied van NEN-EN 1991-1-4, met die norm op theoretische basis worden onderzocht. In het geval de constructie buiten het toepassingsgebied van NEN-EN 1991-1-4 ligt, moet, bij kans op trillingen van een brug als geheel door windeffecten (o.a. vortex), windtunnelonderzoek worden uitgevoerd.

In alle gevallen moet worden aangetoond dat trillingen gedurende de levensduur niet leiden tot schade (statisch of vermoeiing) en discomfort. Onder discomfort wordt in deze verstaan:

- bij verkeersbruggen toegankelijk voor voetgangers: zie eisen voetgangersbruggen;
- bij verkeersbruggen niet toegankelijk voor voetgangers: nader te bepalen.

7.11 (2)	Eis
----------	-----

Zie aanvulling op 4.4.

7.12	Eis
------	-----

Tenzij in het contract anders is vermeld, moet regenwater worden opgevangen en met een regenwaterafvoersysteem worden afgevoerd naar een in het contract vermelde locatie.

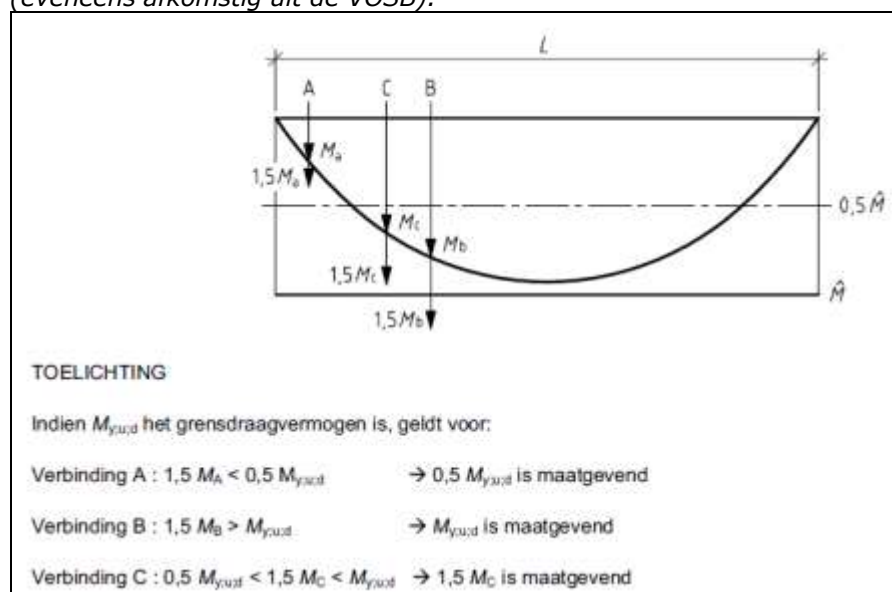
Indien rechtstreekse afvoer op de onderliggende structuur is toegestaan, moeten positie en lengte/hoogteligging van de afvoerlocaties zodanig worden gekozen dat,

rekening houdend met de wind, geen afkomend water op constructiedelen kan komen of tegen constructiedelen kan waaien.

Tenzij in het contract nadrukkelijk anders is vermeld, is het in of door kokervormige constructie-elementen niet toegestaan om vloeistoffen (hemelwaterafvoer of anderszids) te transporteren.

8.0 (NB)	Toelichting
----------	-------------

Als toelichting op de tekst (afkomstig uit de VOSB) kan figuur 7-2 worden toegepast (eveneens afkomstig uit de VOSB).



**Figuur 7-2: Toelichting bij NEN-EN 1993-2/NB, 8.0**

Afwijkend van de tekst in de Nationale Bijlage en de hiervoor gegeven figuur 7-2, geldt dat de statische sterkte van verbindingen in hoofddraagsystemen minimaal gelijk moet zijn aan de statische sterkte van de aansluitende staven, zowel voor normaalkrachten, buigende momenten als dwarskrachten en hun interactie.

8.1	Eis
-----	-----

Aanvullende eisen voor verbindingsmiddelen zijn opgenomen in ROK paragraaf 7.8 en ROK paragraaf 7.20. Zie tevens onder 7.3(4).

8.2	Eis
-----	-----

Aanvullende eisen met betrekking tot lassen zijn opgenomen in ROK paragraaf 7.8 en ROK paragraaf 7.20.

Lasnaden in plaatvelden van constructieve hoofdelementen (bijvoorbeeld dekplaat, hoofdlijger-lijven en -flenzen, dwarsdrager-lijven en -flenzen enz.) moeten volledig doorgelaste X-naden zijn.

Laspoortjes, in algemene zin, en specifiek in de lijven van hoofdliggers, dwarsdragers en consoles moeten worden vermeden en moeten, waar niet anders mogelijk, met een inzetstuk worden gedicht (X-naad naar lijfplaten).

Delingsklassen van lijfplaten van hoofdliggers en dwarsdragers moeten versprongen liggen van delingsklassen in de bijbehorende flenzen.

9.1.1	Eis
-------	-----

Vermoeiingsverificatie moet zijn uitgevoerd voor alle kritieke locaties.

9.1.2, 9.2.1, 9.2.2 en 9.4.1	Eis
---------------------------------	-----

Vermoeiingsbelastingmodellen 1, 2 en 3 (NEN-EN 1991-2 + NB) mogen niet worden gebruikt. De vermoeiingsverificatie moet worden uitgevoerd volgens:

- "vermoeiingsbelasting model 4 van NEN-EN 1991-2 + aanvullende regels in NEN-EN 1991-2/NB" (zie NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1(6));
- de methodiek van bijlage A van NEN-EN 1993-1-9 (zie ook NEN-EN 1993-1-9, 8(4));
- classificaties volgens NEN-EN 1993-2 bijlage F, NEN-EN 1993-2, 9.6 en NEN-EN 1993-1-9 + NB (in rangorde van geldigheid en inclusief bijbehorende eisen ten aanzien van toleranties, voorbereiding, lassen en NDO van NEN-EN 1993-2, bijlage F).

De in NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, tabel NB.7 aangegeven detaillering is verplicht voor bruggen voor wegverkeer in verkeerscategorie 1,2 en 3 (NEN-EN 1991-2/NB). Ontbrekende onderdeelafmetingen, plaatdikten en lasafmetingen (waar niet direct volgend uit de voorgeschreven detaillering) moeten worden bepaald (statisch en vermoeiing).

Tabel NB.7 van NEN-EN 1993-2/NB moet worden toegepast bij het ontwerp van nieuwbouwbruggen of bij de uitbreiding van bestaande bruggen. Tabel NB.8 moet worden toegepast bij de vaststelling van de vermoeiingsclassificaties van details van bestaande bruggen, NB.8 mag niet worden toegepast voor nieuwbouwbruggen of bij renovatie van bestaande bruggen.

9.1.3	Eis
-------	-----

De titel van deze paragraaf moet worden gelezen als "ontwerp en berekening van spoor- en wegverkeersbruggen". De aangegeven detaillering / kritieke zones zijn ter illustratie (niet volledig). De gegeven figuren geven vermoeiingstechnisch kritieke zones weer voor troggen, dekplaat en trog-dwarsdrager verbinding en beogen niet een compleet overzicht van alle kritieke zones in een brug of orthotrope rijvloer aan te geven (voor orthotrope rijvloer, zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F).

9.4.1 (1) t/m (4)	Eis
-------------------	-----

Genoemde artikelen mogen niet worden gebruikt voor bruggen voor wegverkeer (zijn gekoppeld aan het gebruik van belastingmodel 3 voor vermoeiing, wat voor stalen bruggen niet mag worden gebruikt, gebruik van vermoeiingsmodel 4 is verplicht volgens NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1(6)).

9.4.2	Eis
-------	-----

Onder de orthotrope rijvloer wordt verstaan:

- de dekplaat;
- de langsverstijvers;
- de aansluiting van langsverstijvers aan het dwarsdragerlijf.

Voor de kritieke zones in een orthotrope rijvloer, benoemd in de figuren 9.1 en 9.2 van NEN-EN 1993-2 (ook in geval van trogdoorvoeren zonder "cope holes") en aangevuld met de potentiële scheurlocaties zoals opgenomen in NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F moet (tenzij in de ROK en/of NEN-EN 1993-2/NB anders is vermeld) gebruik worden gemaakt van een voldoende fijn FEM-model opgebouwd uit (minimaal) schaalementen. Het model moet een representatief deel van voldoende omvang van het totale brugdek omvatten. Met het model (+nabewerking) moet het spanningswisselingspectrum van de passerende wagens (wageninvloedslijnen te verkrijgen uit berekening individuele as/wiel-invloedslijnen met een voldoende kleine stapgrootte in en dwars op de rijrichting) van vermoeiingsbelastingmodel 4 van NEN-EN 1991-2/NB worden bepaald, waarna met NEN-EN 1993-1-9, bijlage A met classificaties volgens NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, de schade kan worden berekend. In geval NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F voor specifieke scheurlocaties een vereenvoudiging geeft, mag die worden gebruikt.

Voor zone 2 van figuur 9.1 moet (in het geval van doorgestoken troggen) onderscheid worden gemaakt tussen scheuren in de dekplaat ter plaatse van en tussen de dwarsdragers en scheuren in de langslas tussen het troglijf en de dekplaat (een en ander in overeenstemming met NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F).

Alternatieve (ten opzichte van bovenstaand vereenvoudigde) bepaling van de spanningen/schade is toegestaan, mits wordt aangetoond dat de gebruikte benadering de werkelijkheid voldoende benadert en conservatief is (met alternatief wordt niet bedoeld een ander vermoeiingsbelastingmodel dan is voorgeschreven).

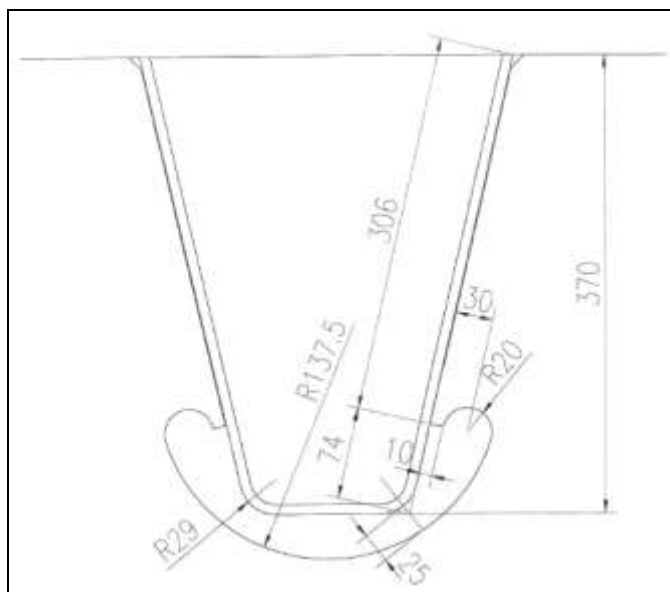
Vermoeiingsanalyse in het hoofddraagsysteem en dwarsdragers/soles mag worden uitgevoerd met spanningswisselingen volgend uit vermoeiingsbelastingmodel 4 van NEN-EN 1991-2 + NB op het elastische rekenmodel dat eveneens wordt gebruikt voor de statische analyse.

9.4.2.1	Eis
---------	-----

In genoemd artikel is aangegeven dat voor de langsverstijvers gebruik mag worden gemaakt van een analyse met een "continuous beam on elastic supports" voor de berekening van langsverstijvers op vermoeiing. Dit geldt primair voor de zones 3 en 4 van figuur 9.1 en 1 en 2 van figuur 9.2 bij controle op scheurvorming door vermoeiing in de langsverstijvers zelf. Zones 1, 2 en 5 mogen met een dergelijk vereenvoudigd model niet (of slechts gedeeltelijk) worden geanalyseerd.

9.4.2.2	Eis
---------	-----

"Cope-holes" zijn alleen toegestaan bij dwarsdragers met een constructiehoogte  $\geq 1200$  mm en een minimale lijfdikte van 12 mm. Als "cope-holes" worden gebruikt, moeten ze van het Haibach-type zijn (zie figuur 7-3, aan te passen aan projectspecifieke trogafmetingen). Bij de berekening moet tevens rekening worden gehouden met buiging uit het vlak van de dwarsdrager ten gevolge van de doorbuiging van de langsverstijvers (troggen) onder invloed van verkeer.



**Figuur 7-3: "Cope-hole" Haibach-type**

De classificatie van de randen van de plaat van een "cope-hole" moet bij een vermoeiingsberekening worden aangenomen als 140. Deze classificatie is exclusief geometrisch spanningsverhogende effecten (SCF = Spannings Concentratie Factoren).

9.5.1 t/m 9.5.2	Eis
-----------------	-----

De in genoemde artikelen gegeven procedure voor analyse van vermoeiing is gekoppeld aan het gebruik van vermoeiingsbelastingmodel 3 van NEN-EN 1991-2 en daarom niet toegestaan voor wegverkeer (vermoeiingsbelastingmodel 4 van NEN-EN 1991-2 moet worden toegepast volgens NEN-EN 1993-2/NB, 9.4.1(6)). Verwezen wordt naar de procedure genoemd onder 9.1.2 + 9.2.1 + 9.2.2 + 9.4.1.

9.6 (3)	Eis
---------	-----

Voor de vermoeiingsclassificatie van details van orthotrope rijvloeren wordt, in aanvulling op NEN-EN 1993-1-9 + NB, verwezen naar NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, tabel NB.7. De classificaties in NEN-EN 1993-2/NB, tabel NB.7 (met bijbehorende eisen) gaan voor de classificaties in NEN-EN 1993-1-9, tabel 8.8, voor wat betreft de overeenkomende details.

De in NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, tabel NB.7 aangegeven detaillering voor orthotrope rijvloeren is verplicht voor bruggen voor wegverkeer in verkeerscategorie 1,2 en 3 (NEN-EN 1991-2/NB) bij keuze voor een orthotrope rijvloer met trogvormige langsverstijvers. De verplichting geldt met inbegrip van de eisen gesteld in de rechterkolom van de genoemde tabel (en betreft daarom voor een deel ook uitvoeringsaspecten). In verband met de projectspecifiek te bepalen constructieafmetingen ontslaat de verplichte detaillering (inclusief uitvoeringsaspecten) de opdrachtnemer niet van de plicht om middels berekeningen aan te tonen dat de constructie statisch en qua vermoeiing aan de gestelde eisen voldoet (sterkte en levensduur).

Qua rangorde gaan de uitvoeringseisen in NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, tabel NB.7 voor de eisen in de ROK paragraaf 7.20 (geldt alleen voor conflicterende eisen).

9.7	Eis
-----	-----

Ten aanzien van het gestelde met betrekking tot nabehandelen van lassen geldt: dit is alleen toegestaan voor bestaande bruggen, waarbij in aanvulling geldt dat moet worden aangetoond dat de te verkrijgen geometrie reproduceerbaar is en het positieve effect op de classificatie aantoonbaar is.

10.3	Eis
------	-----

Zie tevens onder 7.10.

Bijlage A (opleggingen)	Eis
----------------------------	-----

Bijlage A is informatief. Voldaan moet worden aan RTD 1012.

Bijlage B (voegovergangen)	Eis
-------------------------------	-----

Bijlage B is informatief. Voldaan moet worden aan RTD's 1007-1, 2 en 3.

Bijlage C (aanbevelingen voor het constructief detailleren van stalen brugdekken) Algemeen	Eis
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Bijlage C (NEN-EN 1993-2 + NB) is informatief. Uitvoeringsaspecten, benoemd in bijlage C, zijn niet van toepassing (geldt overal waar verwezen wordt naar de tabellen C.3, C.4, C.5 en de tabellen zelf met uitzondering van tabel C.4 detail 16, zie hiervoor specifiek onder C.1.4.3 (2)). Voor uitvoeringsaspecten wordt verwezen naar NEN-EN 1090-2 en de aanvullingen daarop in ROK paragraaf 7.20 en wordt, specifiek voor details van orthotrope rijvloeren van bruggen, tevens verwezen naar de aanvulling bij NEN-EN 1993-2, 9.6 en daarmee naar NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F. Laatstgenoemde bijlage geeft naast classificaties voor vermoeiing ook uitvoeringseisen (voorbewerking, min. lasafmetingen, lasgeometrie, toleranties, NDO) en gaat qua rangorde voor de bepalingen van NEN-EN 1090-2. Voor ontwerpaspecten wordt met nadruk gewezen op NEN-EN 1993-2/NB, 9.6(2) ten aanzien van de verplichtingen tot verificatie op statische sterkte en vermoeiing en de ROK aanvulling op NEN-EN 1993-2, 9.6. De in NEN-EN 1993-2/NB gegeven aanvullingen op de informatieve bijlage C gaan qua rangorde voor bijlage C van de norm (geldt alleen voor conflicterende zaken, items die elkaar aanvullen zijn beide van kracht).

Bijlage C (aanbevelingen voor het constructief detailleren van stalen brugdekken) Specifiek	Eis (E) / Toelichting (T)
------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

Specifieke informatie uit bijlage C welke in onderstaand overzicht als eis (E) zijn aangegeven, moeten als normatief worden gezien (onder inachtnaam van het gestelde in 9.6(2) van de Nationale Bijlage):

C.1.1(3) (E)	Informatie geldt niet alleen voor zwaar belaste rijstroken, maar voor de volledige breedte voor verkeer.
C.1.2.1 (T)	Dekplaatscheuren kunnen op meerdere locaties ontstaan. Zie bijvoorbeeld onder andere NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F, detail 1 (tussen de dwarsdragers in) en 2 (ter plaatse van de dwarsdragerdoorvoer), NEN-EN 1993-2/NB, tabel N.3 kritieke zones 1 en 2 en de verbindingssystemen tussen dekplaatdelen

	onderling.
C.1.2.1(3) (E)	Composietwerking tussen stalen dek en (asfalt)slitlaag mag rekenkundig niet worden gebruikt. Alleen de spreiding van het asfalt mag in rekening worden gebracht.
C.1.2.1 (E)	Figuur C.2 en C.3 zijn ter illustratie van de krachtswerking maar geen volledige basis voor modelvorming.
C.1.2.2 (E)	Vervangen door tekst in NEN-EN 1993-2/NB, bijlage C.1.2.2. (waarbij in tabel NB.5 "hogesterktebeton" moet worden verwijderd. Met nadruk wordt erop gewezen dat de minimale asfaltlaagdikte waarvoor de gegeven dekplaatdikten gelden 60 mm is.
C.1.2.3 (E)	Verbindingslassen tussen dekplaatdelen onderling moeten volledig doorgelaste X-naden zijn.
C.1.3.2 (E)	V-vormige langsverstijvers zijn niet toegestaan.
C.1.3.3(2) (E)	zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F detail 1, 2 en 3
C.1.3.4(1)+(3)+(4) (E)	zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F detail 5; de lasvolgorde beschreven onder (3) moet zijn aangehouden.
C.1.3.5.2(1)+(3) (E)	zie aanvulling bij 9.4.2.2
C.1.3.5.2(2) +(3)+(4) (E)	"cope hole"-vormen als bedoeld in dit artikel zijn niet toegestaan (zie 9.4.2.2)
C.1.3.5.3 (T)	Tussengelaste langsverstijvers mogen worden toegepast mits wordt voldaan aan de eisen voor statische sterkte en vermoeiingslevensduur.
C.1.4.2(2) (E)	Gelaste delingen in lijfplaten van dwarsdragers moeten volledig doorgelaste X-naden zijn.
C.1.4.3(2) (E)	In het geval de onderflenzen van dwarsdragers en hoofdliggers op één niveau liggen, moeten de aansluitingen volgens tabel C.4 detail 16 worden uitgevoerd met als aanvullende eis dat lassen minimaal 50 mm buiten de afronding moeten worden gesitueerd.
C.1.4.3(3) (E)	Delingen in flenzen van dwarsdragers moeten volledig doorgelaste X-naden zijn. Voor de tabellen C.3, C.4 en C.5 zie de algemene opmerkingen (met hierop één uitzondering: C.4 (16), zie bovenstaande eis bij C1.4.3(2))

Bijlage D (kniklengten van staven in bruggen en aannamen voor geometrische imperfecties)	Toelichting
------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

*Informatief; geen aanvullingen.*

Bijlage E (combinatie van effecten van belastingen op lokale draagsystemen en globale draagsystemen)	Toelichting
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

*Volgens NEN-EN 1993-2/NB mag deze bijlage niet worden gebruikt, inhoudende dat de combinatie van effecten van belastingen op lokale draagsystemen en globale draagsystemen moet worden meegenomen zonder reductie van één van beide. Dit betekent feitelijk dat de bijlage wel kan worden gebruikt indien voor de combinatiefactor  $\psi$  de waarde 1 wordt gehanteerd.*

Bijlage F, tabel NB.7	Eis
-----------------------	-----

Bij de constructiedetails 1, 2 en 3 is een MDF (= Maximale DoorlasFout) h2 gedefinieerd. Doorslag van de las aan de binnenzijde van de trog is niet toegestaan

(tenzij het gaat om een goed en vloeiend hechtende doorslag vanuit een handmatig aangelegde grondnaad). De MDF mag gemiddeld 1 mm zijn met een maximum van 1,5 mm.

## 7.14

### Deel 5: Palen en damwanden

Aanvullingen op NEN-EN 1993-5 + NB.

3.7	Eis
-----	-----

Voor aanvullende eisen met betrekking tot ankers wordt verwezen naar de ROK aanvullingen bij NEN 9997-1, 9.4 onder "Controleproeven verankeringen".

4.4 (2)	Eis
---------	-----

NEN-EN 1993-5, Tabel 4-2 moet voor eroderende omstandigheden veroorzaakt door afspoeling, zoals bij sluizen, worden vervangen door tabel 7-3.

**Tabel 7-3: Dikteverlies door corrosie van onbehandeld en onbeschermd staaloppervlak bij eroderende omstandigheden veroorzaakt door afspoeling, zoals bij sluizen (zones volgens NEN-EN 1993-5, fig. 4-1)**

Ontwerplevensduur [jaar]	5	25	50	75	100
<b>expositie</b>					
zoet water, zone tussen laagste en hoogste schutpeil (zone B)	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
zoet water, zone boven hoogste schutpeil en zone onder laagste schutpeil (zones A en C)	0,25	1,25	2,5	3,75	5,0
zout water, zone tussen laagste en hoogste schutpeil (zone B)	0,25	1,25	2,5	3,75	5,0
zout water, zone boven hoogste schutpeil en zone onder laagste schutpeil (zones A en C)	0,75	3,75	7,5	11,25	15,0

Bij sluizen loopt zone C tot op de bodem; zone D is daar niet van toepassing.

#### Toelichting:

Aangezien in sluizen een door afspoeling eroderende omgeving aanwezig is, is de corrosiesnelheid in tabel 7-3 constant in de tijd. De waarden komen overeen met de 'Handreiking rekenmethodieken NIC, groene versie', de interne bureaurichtlijn die tot 2006 bij de afdeling Constructie Waterbouw van de Bouwdienst Rijkswaterstaat werd gehanteerd.

Dikteverlies kan onverwacht hoger uitvallen in de praktijk als gevolg van ALWC (Accelerated Low Water Corrosion) en / of MIC (Microbiological Induced Corrosion).

Om deze versnelde corrosie te kunnen tegengaan, moet het ontwerp en de plaatsing van damwanden zodanig zijn, dat kathodische bescherming op alle damwanden gedurende de hele ontwerplevensduur (dus ook na plaatsing) toegepast kan worden. Een voldoende elektrische geleiding tussen de afzonderlijke damwandelementen is hierbij essentieel.

Indien kathodische bescherming wordt toegepast om het eventueel optreden van ALWC / MIC tegen te gaan, moet een beschermingscriterium worden gehanteerd van  $-900$  mV of lager met betrekking tot Ag/AgCl referentie elektrode voor alle systemen gedurende de gehele levensduur van het systeem. Lager dan  $-1000$  mV is niet toegestaan wegens mogelijke waterstofvorming.

D.2.2	Eis
-------	-----

Het plooigedrag van buispalen van combiwanden mag worden beoordeeld met CUR rapport 211E, paragraaf 6.6.6 "Local buckling of primary piles in combi-walls".

*Toelichting:*

*De regels voor plooi in NEN-EN 1993-1-6, waarnaar in NEN-EN 1993-5 is verwezen, zijn zeer conservatief. De controle op plooiën moet enerzijds veilig zijn maar tegelijkertijd wel de stand van de huidige kennis reflecteren.*

### **7.15 Natte kunstwerken en mechanische uitrustingen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet**

Voor de van toepassing zijnde normen (en documenten) zie en paragraaf 7.2.

Staalconstructies van natte kunstwerken moeten met betrekking tot de sterkte, duurzaamheid en bruikbaarheid gelijk worden gesteld aan bruggen en daarom voldoen aan hetgeen is gesteld in de ROK-delen voor bruggen (vast en beweegbaar) en de uitvoeringseisen in ROK paragraaf 7.20. Daar waar qua terminologie in genoemde ROK-delen specifieke brugcomponenten worden genoemd, moeten de corresponderende componenten van de natte kunstwerken worden gelezen.

Afwateringsgaten in de lijven van de regels van deuren moeten een minimale doorsnede van 80 mm hebben.

De mechanische uitrusting van natte kunstwerken moet met betrekking tot de sterkte en duurzaamheid gelijk worden gesteld aan de mechanische uitrusting van beweegbare bruggen en moet daarom voldoen aan hetgeen is gesteld in ROK paragraaf 7.16. Daar waar qua terminologie in ROK paragraaf 7.16 specifieke brugcomponenten worden genoemd, moeten de corresponderende componenten van de natte kunstwerken worden gelezen.

Voor de grondslagen en belastingen voor het ontwerp en de berekening van natte kunstwerken inclusief mechanische uitrustingen wordt verwezen naar ROK paragrafen 4.3 en 5.10.

Natte kunstwerken waarbij de mogelijkheid aanwezig is dat er problemen ontstaan tijdens strenge vorst door bevriezing en/of ijsgang, moeten worden voorzien van één of meerdere ijsbestrijdingsinstallaties.

N.B.: Deze ijsbestrijdingsinstallaties kunnen ook gebruikt worden als vuilbestrijding.

Bij puntdeuren met een electro-hydraulisch deurbewegingswerken moet voor elke deur een aparte hydraulische eenheid worden toegepast. Het doorvoeren van hydraulische leidingen/slangen onder het sluishoofd is niet toegestaan.

Bij nivelleerschuiven en rioolschuiven moet de bewegingssnelheid bij het openen traploos kunnen worden gevarieerd van 20% tot 130%, waarbij 100% de maximale ontwerp beweegsnelheid van de schuif is.

## 7.16 Beweegbare bruggen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet

Voor de van toepassing zijnde normen (en documenten) zie tabel 7-1 en tabel 7-2.

Algemeen	Eis
----------	-----

~~Alle verwijzingen in NEN 6786/6787 naar de TGB 1990-serie, NEN 6788 en NEN 2063 moeten worden gelezen als verwijzingen naar de betreffende normen/artikelen in de NEN-EN 1990, NEN-EN 1991-serie en de NEN-EN 1993-serie inclusief bijbehorende Nationale Bijlagen en ROK-delen.~~

*Noot:*

*In ROK paragraaf 13.14 zijn specifieke aanvullingen op de NBD06000 "Eisen voor hydraulische bewegingswerken" opgenomen.*

Aanvullingen op NEN 6786.

5.2.7	Eis
-------	-----

De verlangde constructieve levensduur van hydraulische cilinders met een boring groter dan 300 mm bedraagt 50 jaar. Hierbij mag uitgegaan worden dat eenmaal tijdens de levensduur de afdichtingen en geleidingen worden vervangen.

Staalkabels mogen tijdens de ontwerplevensduur van de brug één of meer keren worden vervangen.

5.4.1.2	Eis
---------	-----

Als niets anders is vermeld, mag de benodigde bewegingstijd voor de noodaandrijving een factor 5 groter zijn dan die van de hoofdaandrijving. Een noodaandrijving is vereist voor het brug-bewegingsmechanisme, sluisdeurbewegingsmechanisme en dergelijke.

Voor het bewegingsmechanisme voor afsluitbomen, grendels en dergelijke is bij storing met de hand kunnen bewegen voldoende.

Voor het noodbedrijf kan gebruik worden gemaakt van delen van het bewegingsmechanisme voor het hoofdbedrijf.

Bij bruggen of sluizen met een electro-mechanische aandrijving moet het mogelijk zijn de bruggen of sluizen middels een handaandrijving af te stellen. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van delen van het normale brug- of sluisbewegingsmechanisme.

5.4.1.4	Eis
---------	-----

~~De toelichting bij 5.4.1.4 is normatief.~~

5.5	Eis
-----	-----

~~Als bij een gesloten brug door een storing of een bedieningsfout de rem wordt gelicht, dan moet de bruggen in gesloten stand blijven. Kortstondig opwippen van het val door de energie die vrijkomt uit het opzetmechanisme is toelaatbaar mits de~~

verplaatsing door het opwippen niet groter is dan 30 mm. Voor deze situatie mag de windbelasting buiten beschouwing zijn gelaten.

8.2.1.2	Eis
---------	-----

De windsnelheid moet gemeten worden met een windmeter bij de brug. Voor bepalen van de toelaatbare windsnelheid waarbij de brug nog mag worden bewogen, wordt verwezen naar de toelichting bij 8.2.1.2.

8.4.2.2-2	Eis
-----------	-----

Als er geen speciale maatregelen worden genomen, bijvoorbeeld in de vorm van elektrische of hydraulische koppelingen, dan moet elk brug bewegingsmechanisme (in geval van toepassen van meerdere bewegingswerken) worden ontworpen op een belasting die gelijk is aan 2/3 van de totale belasting op de brug bewegingsmechanismen samen. Dit geldt voor de belastingssituaties eenparig bewegen, begin openen vanuit gesloten stand en aanvang versnellen/vertragen in open stand. Bij slappe constructies, zoals ophaalbruggen met niet gekoppelde balansen en basculebruggen met een scharnierende ballastkist of hefbruggen, hoeft hier geen rekening mee te worden gehouden.

9.3.1.2	Eis
---------	-----

In NEN 6786 is de toetsing gebaseerd op 500000 openingen. Is het aantal bewegingen tijdens de constructieve levensduur duidelijk lager, dan is het in een aantal situaties acceptabel om met behulp van Wöhler-lijnen de toelaatbare spanning te verhogen. Het aantal belastingwisselingen waarmee gerekend moet worden is minimaal 4 maal het aantal openingen.

Dit geldt niet voor basculebruggen, ophaalbruggen en draaibruggen met een elektromechanische aandrijving. Het effect van de windbelasting op snel draaiende assen is op dit moment nog niet voldoende uitgezocht. Alleen na toestemming van de opdrachtgever is het toegestaan om bij minder brugopeningen de toelaatbare spanning te verhogen.

Ook voor hoofddraaipunten van beweegbare bruggen is een verhoging van de toelaatbare spanning, bij minder brugopeningen, niet toegestaan.

9.4.1.2.2.1	Eis
-------------	-----

De factor  $K_r$  geldt alleen voor beweegbare bruggen.

9.5.2	Eis
-------	-----

Gelaste onderdelen moeten ten aanzien van vermoeiing getoetst worden aan NEN-EN 1993-1-9. Er moet worden uitgegaan van "safe life + high consequence"  $\gamma_{M,f} = 1,35$ . Gerekend moet worden met de representatieve waarden van de belastingen volgens 8.4.2.1.2 van NEN 6786.

9.8.1.9	Eis
---------	-----

Dit geldt alleen voor tandwielkasten van motorreductoren. Bij wisselende belasting moeten de as-naaf verbindingen van motorreductoren worden verlijmd (indien vermoeiing een rol speelt).

9.8.2.4.3	Eis
-----------	-----

De boogtandkoppeling moet daarnaast getoetst zijn aan:

**Voor een wisselende belasting:**

$$\frac{M_{r.nom}}{M_{t.V.rep}} > 3.50$$

**Voor een sprongbelasting:**

$$\frac{M_{r.nom}}{M_{t.V.rep}} > 2$$

**Voor overbelasten:**

$$\frac{M_{r.nom}}{M_{t.O.rep}} > 0.8$$

$M_{t.V.rep}$  en  $M_{t.O.rep}$  moeten worden bepaald volgens 9.8.1.2.  $M_{r.nom}$  is de nominale waarde van het koppel van de beschouwde askoppeling (vermeld in de catalogus van de fabrikant).

10.1	Eis
------	-----

Vlam- en inductie-geharde tanden zijn niet toegestaan.

11.3	Eis
------	-----

Loopvlakken voor afdichtingen moeten corrosievast worden uitgevoerd, bijvoorbeeld vernikkelen/verchromen 100/60 µm.

15.3 en 15.4	Eis
--------------	-----

Bij de aandrijfassen moeten boogtandkoppelingen worden gebruikt (met uitzondering van het gestelde in 10.4.2).

Bij korte aandrijfassen (bijvoorbeeld smalle basculebruggen) is het toegestaan elastische koppelingen, eventueel in combinatie met boogtandkoppelingen, toe te passen.

Koppelingen waarbij geen vaste verbinding tussen de koppelingshelften aanwezig is, zoals bij vloeistofkoppelingen, centrifugaalkoppelingen en dergelijke, mogen niet zijn toegepast. Vloeistofkoppelingen mogen wel gebruikt worden bij puntdeuren tussen de elektromotor en de tandwielkast om het maximaal koppel te begrenzen. Elektromagnetische koppelingen mogen niet in de hoofdaandrijving maar slechts voor het inschakelen van de noodaanrijving zijn toegepast.

Elektromagnetische koppelingen mogen niet in een tandwielkast zijn gesitueerd. Lamellenkoppelingen zijn niet toegestaan.

Elektromagnetische koppelingen voor inschakelen van het noodbewegingsmechanisme moeten worden voorzien van een sokkeldrager, een overspanningbeveiliging, snelschakelaartoestel en naderingsschakelaar. De koppeling moet worden uitgevoerd als een naafkoppeling (tanden moeten op 1 as zitten, om uitlijnfouten te vermijden). De koppelingen mogen alleen in stilstand geschakeld worden. Pakt de koppeling niet dan moet de noodmotor kort gestart worden en het koppelen opnieuw geprobeerd worden.

**15.5** | Eis

Voor de hoofddraaipunten, draaipunten balanspriemen, draaipunten hangstangen van beweegbare bruggen zijn alleen dubbelrijige tonlagers toegestaan. Deze wentellagers moeten afkomstig zijn van een leverancier die aantoonbaar positieve ervaring heeft met het toepassen van gelijksoortige lagers in vergelijkbare situatie.

**10.8** | Eis

~~De toelichting moet als normatief worden gelezen.~~

**15.8** | Eis

Voor de bewegingswerken van ophaalbruggen, basculebruggen, hefbruggen, aanleginrichtingen, hefdeuren en dergelijke zijn alleen aparte blokkenremmen met veren toegestaan.

**15.8** | Eis

Om de remmen tegen weersinvloeden, verontreiniging, vet en dergelijke te beschermen, moeten de remmen worden voorzien van een beschermkap en één of meer verwarmingselementen. De beschermkap moet doorzichtig worden uitgevoerd. De remvoeringen met de bijbehorende remtrommels of remschijven moeten inlopen totdat een acceptabel draagbeeld van de remvoeringen is verkregen en het remkoppel (wrijvingsfactor) slechts een beperkt verloop vertoont. Het benodigde remkoppel moet dan door middel van koppelmetering worden ingesteld. Aan het bewegingsmechanisme moet hiervoor een voorziening worden aangebracht. In het beheer- en onderhoudsplan moet de periodieke controle van het remkoppel worden opgenomen.

**7.17 Geluidsschermen – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet**

Voor de van toepassing zijnde normen (en documenten) zie tabel 7-1 en tabel 7-2.

Voor geluidsschermen zijn alle eisen inclusief de constructieve eisen met betrekking tot grondslagen, belastingen, sterkte en enz. opgenomen in de GCW (Richtlijnen Geluidsbeperkende Constructies langs Wegen). Voor stalen geluidsschermen is in de GCW voor de fabricage tevens de uitvoeringsklasse gedefinieerd. De GCW kan daarmee dienen als basisdocument wat voor het constructieve deel invulling geeft aan het gebruik van en de keuzes in de Eurocodes en NEN-EN 1090-2. De ROK (met name het NEN-EN 1090-2 deel in ROK paragraaf 7.20) moet, net als voor overige producten, worden gezien als nadere invulling van keuzes en (aanvullende) eisen.

**7.18 Verkeerskundige draagconstructies – overige regels waarin Eurocode 3 niet voorziet**

Voor de van toepassing zijnde normen (en documenten) zie tabel 7-1 en tabel 7-2.

Voor verkeerskundige draagconstructies (portalen en uithouders) wordt verwezen naar de documenten genoemd in tabel 2-7.

*Toelichting:*

*In de inleiding van de componentspecificatie zijn de mogelijkheden beschreven ten aanzien van de keuze voor RWS-standaard VDC's of een RWS akkoord bevonden alternatief (vermeld in de betreffende documenten).*

### 7.19 **Eisen voor uitvoering: NEN-EN 1090-1 Constructieve delen van staal en aluminium – Deel 1: Eisen voor conformiteitsbeoordeling van dragende delen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1090-1.

### 7.20 **Eisen voor uitvoering: NEN-EN 1090-2 Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies – Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies**

Aanvullingen op NEN-EN 1090-2.

Nederlands voorwoord	Onjuistheid
----------------------	-------------

Bij de vermelde norm EN 473 moet de Nederlandse norm "NEN-EN 437+A1" en de titel "Proefgassen – Proefdrukken – Toestelcategorieën" worden vervangen door de Nederlandse norm "NEN-EN 473" en de titel "Niet-destructief onderzoek – Kwalificatie en certificatie van personeel voor niet-destructief onderzoek – Algemene principes".

1	Eis
---	-----

Constructiestaalsoorten voor warmgewalste producten boven S355 mogen niet worden toegepast.

1	Eis
---	-----

Constructiestaalsoorten voor koudgevormde producten boven S355 mogen niet worden toegepast.

2	Eis
---	-----

In NEN-EN 1090-2 genoemde documenten (normen, richtlijnen en andere documenten) inclusief de aanvullingen in de ROK zijn bindend. In de ROK kunnen bovendien documenten worden genoemd in aanvulling op hoofdstuk 2 van NEN-EN 1090-2, welke tevens als bindend moeten worden beschouwd.

2.7	Eis
-----	-----

In aanvulling op § 2.7 zijn met betrekking tot de corrosiebescherming ook de volgende normen van toepassing:

- SCON-2010-337-TCE Code of Practice metaalconservering
- (informatief) NBD16312 Conserveringssysteemblad voor immersiebelasting (Im2)
- (informatief) NBD16325 Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing zonder UV-belasting
- (informatief) NBD16365 Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing met UV-belasting
- PSIBouw document SCON-2008-683-TCE, Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, bijlage 1A en 1B: De testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw (1A) of onderhoud (1B)
- OGOS-500-TRL Eisen thermische spuitlagen; Eisendeel
- OGOS-501-TRL Eisen thermische spuitlagen; Handreiking
- NBD10300 Eisen technische deklagen (Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage)
- NEN-EN-ISO 2409 Verven en vernissen – Ruitjesproef

- NEN-EN-ISO 2812-2 Verven en vernissen - Bepaling van de weerstand tegen vloeistoffen - Deel 2: Methode met onderdompeling in water
- NEN-EN-ISO 4624 Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting
- NEN-EN-ISO 4628 2 t/m 6 Beoordeling van de kwaliteitsafbraak van verflagen - aanduiding van de intensiteit, hoeveelheid en omvang van algemeen voorkomende gebreken
  - Deel 2: Beoordeling van de mate van blaarvorming
  - Deel 3: Beoordeling van de mate van roestvorming
  - Deel 4: Beoordeling van de mate van barstvorming
  - Deel 5: Aanduiding van de mate van afbladderen
  - Deel 6: Beoordeling van de mate van krijten met tapemethode
- NEN-EN-ISO 16474-1 Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 1: Algemene richtlijn
- NEN-EN-ISO 16474-2 Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 2: Xenon-arc lampen
- NEN-EN-ISO 16474-3 Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 3: Fluorescerende UV-lampen
- ISO 16474-4 Verven en vernissen – Methoden van blootstelling aan laboratorium lichtbronnen – Deel 4: Carbor
- NEN-EN-ISO/IEC 17024 Conformiteitbeoordeling - Algemene eisen voor instellingen die persoonscertificatie uitvoeren
- NEN-ISO 19840 Verven en vernissen - Corrosiebescherming van staalconstructies door beschermende verfsystemen op -Meetmethode en aanvaardingscriteria voor de droge laagdikte op ruwe oppervlakken
- ISO 20340 Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures
- NEN 5254 Het industrieel aanbrengen van organische deklagen op thermisch verzinkte of gesherardiseerde producten (duplex-systeem).
- ASTM A 380 Standard practice for cleaning, descaling, and passivation of stainless steel parts, equipment and systems.
- ASTM D 4752 Standard test method for measuring MEK resistance of ethyl silicate (inorganic) zinc-rich primers by solvent rub.
- NACE SP 0188 Discontinuity (Holiday) Testing of new protective coatings on conductive substrates.
- ~~NACE No. 5/SSPC-SP 12 Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating.~~
- NACE WJ-1 to 4/SSPC-SP WJ-1 to 4 Waterjet cleaning of metals parts 1 to 4.
- SSPC-SP1 Solvent cleaning.
- SSPC VIS 4/NACE VIS7 Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Waterjetting.

4.4.1	Eis
-------	-----

Indien alleen het ontwerp of het ontwerp (geheel of gedeeltelijk) en de uitvoering binnen het contract tot de verplichtingen behoort, moet bij het ontwerp, waar van toepassing, in overeenstemming met de uitvoeringsnormen (NEN-EN 1090) en de aanvullingen daarop in paragrafen 7.19 en 7.20 worden gewerkt en moet bij of ten behoeve van de overgang van ontwerp naar uitvoering de, vanuit het ontwerp bepaalde en noodzakelijke, aanvullende informatie op de uitvoeringsnormen worden verstrekt (NEN-EN 1090-2, tabel A1) en moet de invulling van de keuzemogelijkheden (NEN-EN 1090-2, tabel A2) worden verstrekt (overdrachtsdocument ontwerp-uitvoering, met onderbouwing), beide in overeenstemming met de aanvullende eisen en keuzen zoals opgenomen in paragrafen 7.19 en 7.20, als onderdeel van het DO. Specifieke eisen aan staalconstructies of mechanische uitrustingen, voortkomend uit het ontwerp, welke niet automatisch uit de ontwerpnormen of de uitvoeringsnormen of de ROK volgen moeten op de op te leveren DO-tekeningen worden vermeld. De DO-tekeningen omvatten alle constructieve delen inclusief dimensies, verbindingsmiddelen (lassen en bouten inclusief dimensies) en materiaal-definities. De DO-berekeningen omvatten een volledige berekening van alle onderdelen. Indien alleen uitvoering binnen het contract tot de verplichting behoort, en bovenstaande informatie is niet vanuit het ontwerp beschikbaar gesteld, dan moet de uitvoerende partij betreffende informatie opstellen in samenspraak met de ontwerper.

4.1.2	Eis
-------	-----

In juni 2014 is het wijzigingsblad A1 bij NEN-EN 1993-1-1 uitgekomen. Dit wijzigingsblad voegt een nieuwe bijlage C toe, waarin de keuze van de uitvoeringsklasse voor staalconstructies wordt geregeld als vervanging van de informatieve bijlage B van NEN-EN 1090-2 (welke in een toekomstige versie van NEN-EN 1090-2 zal worden geschrapt). In het verlengde van en in aanvulling op genoemde documenten moet voor de keuze van de uitvoeringsklasse voor de meest voorkomende RWS-producten Tabel 7-4 worden gehanteerd, tenzij contractueel anders is bepaald.

**Tabel 7-4: Aan te houden uitvoeringsklasse**

Product	Gevolgklasse (Consequence class)	Uitvoerings Klasse <sup>1)</sup>
Vaste stalen bruggen en staaldeel vaste staalbetonbruggen	2	3
	3	4
Stalen palen en damwanden	-	n.t.b.
Staalbouwkundig deel beweegbare stalen bruggen	2	3
	3	4
Staalbouwkundig deel waterbouwkundige staalconstructies	2	3
	3	4
Mechanische uitrusting van beweegbare stalen bruggen en waterbouwkundige staalconstructies	2	3
	3	4
Geluidsschermen	allen	2/3 (zie GCW)
Verkeerskundige draagconstructies (portalen, uithouders)	2	3
Bijbehorende onderdelen: • opleggingen bruggen • voegovergangen bruggen	allen	3
		3

Product	Gevolgklasse (Consequence class)	Uitvoerings Klasse 1)
<ul style="list-style-type: none"> <li>(veiligheids-)leuningen en klein ijzerwerk</li> <li>inspectie- en onderhoudsvoorzieningen (banen, wagens)</li> <li>inspectie- en onderhoudsvoorzieningen (paden)</li> </ul>		2 3 2
1) De uitvoeringsklasse is van toepassing op alle onderdelen van de constructie.		

Daar waar het producten betreft welke niet in de ROK worden behandeld, moet de uitvoeringsklasse worden gekozen op basis van NEN-EN 1993-1-1+C2/A1.

4.1.4	Eis
-------	-----

Ten aanzien van de te stellen toleranties wordt verwezen naar NEN-EN 1090-2, hoofdstuk 11 en de bijbehorende ROK aanvullingen. Voor orthotrope rijvloeren van bruggen wordt voor toleranties tevens verwezen naar NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F.

Geometrische toleranties vanuit het ontwerp:

In de ontwerprapportage moet een tolerantiebeschouwing worden uitgevoerd en vastgelegd. Het resultaat van de tolerantiebeschouwing moet worden opgenomen op de DO-tekeningen. De tolerantiebeschouwing moet de toleranties, voortkomend vanuit het ontwerp, benodigd voor de fabricage, montage en gebruik en die afwijken ten opzichte van NEN-EN 1090, vastleggen. De tolerantiebeschouwing moet tevens de keuzes met betrekking tot toleranties in NEN-EN 1090, te maken door de ontwerper, vastleggen.

*Toelichting:*

*De gegeven toleranties in NEN-EN 1090 betreffen algemene toleranties op onderdelen van een eindproduct. Specifieke toleranties kunnen bijvoorbeeld voortkomen vanuit de NEN-EN 1993-serie, koopproducten (voegen, opleggingen, lagers, tandwielkasten, etc.) of vanuit eisen in de ROK. Deze specifieke toleranties, die voortkomen uit ontwerpkeuzes, moeten worden vastgelegd in de tolerantiebeschouwing.*

4.2.2	Eis
-------	-----

Een kwaliteitsplan voor de vervaardiging is vereist. Bijlage C moet in dit kader als normatief worden gezien en als aanvullend op de eisen in het contract met betrekking tot dit aspect.

5	Toelichting
---	-------------

Voor de onderstaande materialen zijn, aanvullend, de ROK bepalingen bij de volgende artikelen van NEN-EN 1090-2 van toepassing:

- Gietstaal, zie onder 5.4;
- Smeedstaal, zie onder 5.12;
- Nodulair gietijzer, zie onder 5.13.

5.2	Eis
-----	-----

Voor alle risicovolle constructieve delen (constructiestaal en RVS) van een kunstwerk is een 3.2 certificaat volgens NEN-EN 10204 verplicht. In dit kader worden onder risicovolle onderdelen die onderdelen verstaan die (mede-)bepalend zijn voor het draagvermogen, de veiligheid of de beweging van de constructie.

Materiaal voor verf- en inspectiewagens, voor verf- en inspectiewagenbanen en voor inspectiepaden moeten als risicovol worden gezien, maar mogen worden geleverd met een 3.1 certificaat volgens NEN-EN 10204. Voor niet-risicovolle constructies (bijvoorbeeld beugels voor het dragen van de hemelwaterafvoer en het dragen van kabelgoten voor kabels en leidingen en dergelijke) mag worden volstaan met een 2.2 certificaat volgens NEN-EN 10204.

Verder moet aan de volgende eisen worden voldaan:

- De traceerbaarheid moet voldoen aan EXC3 of hoger.
- Het vereiste keuringsdocument voor constructieve boutcombinaties en deuvels is 3.1 volgens [tabel A.1](#) van NEN-EN 10204.
- Voor voegovergangen en opleggingen zie de RTD's over deze onderwerpen.
- Afwijkend van NEN-EN 1090 geldt: in uitvoeringsklasse 2, 3 en 4 moeten alle constructieve onderdelen van een kunstwerk in alle stadia naspeurbaar zijn (van ontvangst tot de periode van sloop van het totale kunstwerk).
- Markering is vereist.
- In afwijking van paragraaf 10.2 van NEN-EN 10204 en 10219 moet bij gebundelde buisproducten de markering op het buisprofiel zijn aangebracht.
- Markering/identificatie (en vastlegging ten behoeve van einddocumentatie) volgens 6.2.

5.3.1	Eis
-------	-----

Aanvullende eisen aan constructiestaal voor risicovolle onderdelen (voor de definitie wordt verwezen naar 5.2):

- Basiseis:
  - Alleen constructiestaalsoorten welke voldoen aan de eisen van NEN-EN 10025-1, 2 en 3 en onderliggende normen zijn toegestaan (met als aanvulling hierop NEN-EN 10210-1 en NEN-EN 10219-1 voor respectievelijk warmvervaardigde en koudgevormde buizen). Indien in de ROK of middels verwijzingen strengere eisen worden gesteld dan uit de NEN-EN 10025 serie volgen, dan gelden deze strengere eisen. Staalsoorten waarvoor in de NEN-EN 10025 serie geen eis voor de kerfslagwaarde is opgenomen, mogen niet worden toegepast.
- Leveringstoestand:
  - Alleen genormaliseerd constructie staal ("N") mag worden gebruikt.
- Sterkteklasse:
  - Staalsoorten met een sterkteklasse hoger dan S355 zijn niet toegestaan.
- Koudvormen:
  - Voor toepassingen waarbij het staal in de eindtoestand koudvormd is (bv troggen), moeten staalsoorten met de type aanduiding "C" toegepast worden.
- Lasbaarheid:
  - Voor alle producten en productdikten is een  $C_{eq}$  (koolstofequivalent) van meer dan 0,42 (smelt analyse) berekend volgens NEN-EN 10025-1 niet toegestaan, ongeacht aanvullende bepalingen en uitzonderingen welke uit NEN-EN normen kunnen volgen. Voor alle producten en productdikten is een koolstofpercentage van minder dan 0,18 (smelt analyse) vereist, ongeacht aanvullende bepalingen en uitzonderingen welke uit NEN-EN normen kunnen volgen.
- Mechanische waarden:
  - Voor materiaaldikten groter dan waarin deze normen voorzien, moeten waarden worden gehanteerd welke expliciet zijn overeengekomen met RWS.
- De  $R_e/R_m$  verhouding moet kleiner of gelijk zijn aan 0,85.

- Sterkte en breukrek:  
De waarden voor de treksterkte, vloeigrens en de breukrek in andere richtingen dan de walsrichting (uitgezonderd de dikte richting) moeten minimaal gelijk zijn aan de vereiste waarden in de walsrichting (gemiddeld én individueel).
- Producten die loodrecht op hun oppervlak worden belast, moeten voldoen aan kwaliteitsklasse Z35 volgens tabel 1 van NEN-EN 10164.  
Voor hoog belaste onderdelen en onderdelen die bij lokaal bezwijken leiden tot bezwijken van de hoofddraagconstructie of leiden tot niet-beschikbaarheid, moet de plaat ter plaatse van de las ultrasoon worden onderzocht op dubbelingen en andere fouten (zie ROK aanvulling bij NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4) volgens NEN-EN 10160 klasse S1E1. Hierbij zijn indicaties in een gebied van 100 mm, gemeten vanaf de locatie van de las, niet toegestaan.
- Kerfslagwaarden  
Een kerfslagwaarde van minimaal 27 J moet worden gegarandeerd bij een  $T_{Ed}$  volgens NEN-EN 1993-1-10+NB van maximaal  $-20^{\circ}\text{C}$  (tenzij uit toepassing van NEN-EN 1993-1-10+NB een strengere eis volgt). De kerfslagwaarden in andere richtingen dan de walsrichting (uitgezonderd de dikte richting) moeten minimaal 75% bedragen van de vereiste waarden in de walsrichting (gemiddeld én individueel).
- Indien de constructie of het constructieonderdeel dompel- (thermisch) verzinkt wordt, moeten hiervoor aanvullende eisen worden gesteld.
- Certificaat zie onder 5.2.

Eisen aan constructiestaal voor niet risicovolle onderdelen (definitie zie 5.2):

- de staalsoort moet ten minste worden geleverd in de kwaliteit J0.
- Indien de constructie of het constructieonderdeel dompel- (thermisch) verzinkt wordt, moeten hiervoor aanvullende eisen worden gesteld.
- Certificaat zie 5.2.

Informatie/waarschuwing:

Bij een tweetal projecten in Nederland zijn tijdens/na het lassen van platen met verbeterde eigenschappen in dikterichting (Z35) scheuren opgetreden evenwijdig aan het plaatoppervlak. In beide gevallen betrof het een detaillering conform onderstaande schets waarbij tevens gold dat vrije krimp van de lassen door omliggende constructiedelen in sterke mate werd verhinderd. De scheuren bevonden zich exact in het midden van de in de dikterichting aangesproken plaat (gele plaat).



**Figuur 7-4: Belasting in dikterichting**

Nog niet afgerond onderzoek leidt vooralsnog tot de volgende voorlopige conclusies:

- Het lasdetail is verre van optimaal (de in de dikterichting belaste plaat inkorten en als backing gebruiken voor een V-naad met vooropening tussen de "blauwe" platen, verdient ten aanzien van dit aspect de voorkeur);

- De plaat welke op zijn dikte-eigenschappen wordt aangesproken heeft op de plek waar deze het meest op zijn dikte-eigenschappen wordt aangesproken een snijrand die de dikte-eigenschappen kan beïnvloeden;
- Continu gegoten materiaal kan zogenaamde "mid-line" of "center-line" segregatie vertonen. Genoemde dunne segregatie laag heeft een afwijkende materiaalsamenstelling. Het lijkt erop dat die laag wel de sterkte haalt, maar slechts een beperkte breuktaaiheid heeft (waardoor kleine onvolkomenheden gecombineerd met hoge rekken tot scheurvorming leiden). De segregatie-laag lijkt bij een beperkt aantal continu gegoten platen aanwezig te zijn. De standaard beproevingsmethoden voor Z-kwaliteit tonen de aanwezigheid en de eigenschappen van een dergelijke segregatie-laag niet aan.

5.3.4	Eis
-------	-----

Verwezen wordt naar de ROK aanvulling bij NEN-EN 1090-2, 5.3.1.

5.4	Eis
-----	-----

Deze aanvulling geldt voor gietstaal voor constructieve toepassingen.

De materiaaleisen volgens NEN-EN 10340 en onderliggende normen zijn verplicht, tenzij anders, schriftelijk, tussen beide partijen (opdrachtgever/opdrachtnemer) is overeengekomen. Indien in de ROK of middels verwijzingen strengere eisen worden gesteld dan volgens NEN-EN 10340, dan gelden deze strengere eisen.

- Het gietstuk moet altijd in normaalgegleide (+N) of veredelde toestand (+QT) worden geleverd.
- De oppervlakte gesteldheid moet voldoen aan de eisen van de constructeur en moet geschikt zijn voor conservering en NDO onderzoek.
- De maatafwijkingen van gegoten onderdelen van gietstaal mogen niet groter zijn dan de gietstuktolerantiekwiteit CT8 volgens NEN-ISO 8062-3.
- De in een doorsnede, van gegoten onderdelen van gietstaal, aanwezige imperfecties mogen ten hoogste gelijk zijn aan de in NEN-EN 12680-1 genoemde acceptatiegrens voor "severity level" 2.
- Indien aan deze gegoten onderdelen gelast moet worden, mag het C-equivalent maximaal 0,40 bedragen (smelt analyse).
- Voor alle materialen geldt een minimale KV van 27 J bij - 20°C in de als geleverde toestand.
- Voor alle materialen geldt een minimale breukrek van 15% in de als geleverde toestand.
- Reparatie of productielassen is alleen in overleg met de constructeur toegestaan, mits de minimale kwaliteit is gewaarborgd. Na het lassen moet het product altijd onderworpen worden aan een warmtebehandeling (N of QT). Deze handelingen moeten onderbouwd worden met documenten.
- Het onderdeel/werkstuk zal geheel US volgens NEN-EN 12680-1 klasse 2 en magnetisch volgens NEN-EN 1369 met indicatie van LM en AM 2, onderzocht moeten worden.
- De gietstukken moeten in de geleverde toestand minimaal beschermd zijn tegen corrosie voor transport.
- De traceerbaarheid en identificatie moeten voldoen aan de eisen van EXC3 of hoger.
- Producten moeten minimaal geleverd worden met een 3.2 keurings-certificaat volgens NEN-EN 10204. Het NDO onderzoek mag ook worden uitgevoerd volgens een 3.1 procedure (NEN-EN 10204), mits de uitvoerende onderzoekers in het bezit zijn van een level 2 certificaat volgens NEN-EN 473.

- Kabelsockets moeten als extra controle RT onderzocht worden volgens NEN-EN 12681. Er zijn geen indicaties toegestaan, tenzij door de constructeur en fabrikant aangetoond kan worden dat het type, de ligging en de grootte van de discontinuïteit de sterkte niet beïnvloed gedurende de gehele levensduur van het kunstwerk.

#### Keuringsdocumenten:

De volgende documenten moeten minimaal onderdeel uitmaken van de op te leveren complete documentatie:

- Origineel materiaalcertificaat van fabrikant.
- Alle materiaal beproevingsrapporten.
- Eventuele overstempel verklaringen.
- Alle NDO rapporten; UT, MT, PT of RT.
- Gloeidiagrammen en verklaringen
- Bij reparatielassen ook opgave van posities van de reparaties, inclusief afmetingen en NDO- rapport. LMB en LMK en gloeidiagram(men).

Vast aangegoten proefstukken zijn verplicht.

5.6.1	Eis
-------	-----

Alle koolstofstalen verbindingmiddelen en afdichtings/onderleg/sluitringen moeten thermisch worden verzinkt. Uitzonderingen hierop zijn:

- pasbouten
- situaties waarbij in verband met duurzaamheid de voorkeur uitgaat naar roestvast stalen bouten

Bij thermisch verzinkte bouten met een treksterkte groter of gelijk aan 1000 MPa moeten per charge minimaal de volgende proeven worden uitgevoerd:

- 3 x trekproef en 3 x belastingproef van de bout-moer combinatie, waarbij boven de moer 2 volle draadgangen aanwezig zijn.
- Belastingproef volgens NEN-EN-ISO 898-1 paragraaf 9.6.  
De waarden van de trekproef moeten voldoen aan NEN-EN ISO 898-1 tabel 4.
- 3 x hardheidsmeting volgens voorschrift NS CTO 3L10314254 d.d. 840807, de hardheid mag niet meer dan 370 HV 0,3 bedragen.
- Opkoling, volgens NEN-EN ISO 898-1 paragraaf 8.9.1.5 mag niet optreden.

Thermisch verzinkte bevestigingsmiddelen moeten na montage worden voorzien van hetzelfde conserveringssysteem als de te verbinden delen. Hierbij moet de voorbehandeling en primer zijn afgestemd op de ondergrond. Uit corrosieoogpunt zijn geen spleten toegestaan.

5.6.3	Eis
-------	-----

De minimale corrosiebestendigheid en materiaalkwaliteit voor roestvaststalen bouten moet A4-80 volgens NEN-EN-ISO 3506-1 en 2 zijn.

5.6.4	Eis
-------	-----

Hogesterkte constructieve boutcombinaties moeten van het HV-systeem zijn. De andere opties, constructieve boutsets volgens het HR-systeem en de de HRC-bouten, zijn niet toegestaan.

5.6.5	Eis
-------	-----

Directe spanningsaanduiders zijn niet toegestaan.

5.6.7	Eis
-------	-----

Wapeningsstaal mag niet worden gebruikt voor fundatiebouten.

5.6.8	Eis
-------	-----

Zie ROK aanvulling op 8.2.1.

5.6.12	Eis
--------	-----

Bijlage K geldt als normatief voor zeskantinjectiebouten. Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar NEN-EN 1993-2+NB.

5.8	Eis
-----	-----

Voor ondersabeling van brugopleggingen is RTD 1012 van toepassing.

5.9	Eis
-----	-----

Voor dilatatievoegen voor bruggen zijn RTD's 1007-1, 2 en 3 van toepassing.

5.10	Eis
------	-----

Voor staalkabels voor werktuigbouwkundige constructies zie RTD 1020.

5.11	Eis
------	-----

Voor brugopleggingen is RTD 1012 van toepassing.

5.12	Eis
------	-----

Deze aanvulling geldt voor smeedstalen onderdelen en voor gewalste onderdelen van de mechanische uitrusting van veredeld- of carboneerstaal.

Assen (transmissie- en draaipuntsassen, pennen, en dergelijke) en open tandwieloverbrengingen mogen bij een maximale diameter van 200 mm van het nog onbewerkte halffabrikaat/staafstaal, voorafgaand aan het verspanend bewerken, worden geleverd als gewalst staal. Boven deze diameter is alleen smeedstaal toegestaan. Als van het betreffende onderdeel de verhouding tussen de kleinste en de grootste diameter kleiner is dan 0,7 ( $d_{\min}/d_{\max} < 0,7$ ), moet het betreffende onderdeel vrijvorm worden gesmeed volgens NEN-EN 10250 1 t/m 3. Voor onderdelen van tandwielkasten mag hier in overleg van worden afgeweken.

De materiaaleisen volgens NEN-EN 10025, NEN-EN 10083 1 t/m 3, NEN-EN 10084, NEN-EN 10250 1 t/m 3 en onderliggende normen zijn verplicht. Assen moeten worden vervaardigd uit veredel- of carboneerstaal volgens NEN-EN 10083 1 t/m 3, NEN-EN 10084 en NEN-EN 10250 1 t/m 3.

Aanvullende eisen:

- De oppervlakte gesteldheid moet voldoen aan de eisen van de constructeur en moet geschikt zijn voor conservering en NDO onderzoek.
- Indien aan onderdelen gelast moet worden, mag het C-equivalent maximaal 0,40 bedragen (smelt analyse).
- Voor alle materialen geldt, indien er gelast aan moet worden, een minimale KV van 27 J bij - 20° in de als geleverde toestand.

- De onderdelen moeten in de geleverde toestand minimaal beschermd zijn tegen corrosie voor transport.
- De traceerbaarheid en identificatie moeten voldoen aan de eisen van EXC3 of hoger.
- Producten moeten minimaal worden geleverd met een 3.2 keurings-certificaat volgens NEN-EN 10204. Het NDO onderzoek mag ook worden uitgevoerd volgens een 3.1 procedure (NEN-EN 10204), mits de uitvoerende onderzoekers in het bezit zijn van een level 2 certificaat volgens NEN-EN 473. Voor (smeed-)staal voor tandwielen in tandwielkasten wordt voor de keuringen verwezen naar de ROK aanvulling bij NEN-EN 1090-2, 5.14.
- De korrelgrootte moet minimaal 6 zijn volgens NEN-EN-ISO 643.
- De kerfslag- en rek-waarden in andere richtingen dan de strekrichting (l) moeten minimaal 75% bedragen van de vereiste waarden van de in de norm vermelde waarden in de strekrichting (gemiddeld én individueel).

Aanvullende eisen voor assen en open tandwieloverbrengingen uit gewalst staal:

- Het onderdeel moet geheel US worden onderzocht volgens NEN-EN 10308.
  - A) voor ferritisch en martensitisch staal:
    - acceptatieniveau klasse 4 volgens NEN-EN 10308 voor onderdelen vervaardigd uit rond staafstaal met een diameter  $\leq 75$  mm;
    - acceptatieniveau klasse 3 volgens NEN-EN 10308 voor onderdelen vervaardigd uit rond staafstaal met een diameter  $> 75$  mm en  $\leq 200$  mm;
  - B) voor austenitisch en austenitisch-ferritisch staal:
    - acceptatieniveau klasse 3 volgens NEN-EN 10308 voor onderdelen vervaardigd uit rond staafstaal met een diameter  $\leq 200$  mm

Aanvullende eisen voor smeedstalen onderdelen:

- Het smeedstuk moet altijd in normaalgegleide (+N) of veredelde toestand (+QT) worden geleverd.
- De doorsmedingsgraad moet groter zijn dan 3,0.
- Wanneer de maatgevende doorsnede, voor de mechanische eigenschappen, groter is dan de betreffende norm aangeeft, dan is de SEW-550 van toepassing.
- Na het lassen moet het product altijd worden onderworpen aan een warmtebehandeling (N of QT). Deze handelingen moeten worden onderbouwd met documenten.
- De afwezigheid van waterstofscheuren moet tot aan het eindproduct worden gegarandeerd. Een eventuele controle hierop a.d.h.v. metingen moet minimaal 24 uur na de laatste bewerking van het (eind)product worden uitgevoerd.
- Het onderdeel moet geheel US worden onderzocht volgens NEN-EN 10228-3 klasse 3 en MT-onderzoek volgens NEN-EN 10228-1 acceptatieniveau klasse 4, of, indien MT-onderzoek niet mogelijk is, een PT onderzoek volgens NEN-EN 10228-2 acceptatieniveau klasse 4.
- De vezelrichting in het eindproduct moet door de constructeur worden aangegeven en in het eindproduct worden aangetoond.

Keuringsdocumenten:

De volgende documenten moeten, zover van toepassing, minimaal onderdeel uitmaken van de te leveren complete documentatie:

- Origineel materiaalcertificaat van fabrikant.
- Alle materiaal beproevingen.
- Eventuele omstempelverklaringen.

- Alle NDO rapporten; US, MT, PT of RT.
- Gloeidiagrammen en verklaringen.
- Bij reparatielassen ook opgave van posities van de reparaties, inclusief afmetingen en NDO-rapport. LMB en LMK en gloeidiagram(men).

5.13	Eis
------	-----

Deze aanvulling geldt voor nodulair gietijzer. Hieronder wordt verstaan nodulair gietijzer volgens NEN-EN 1563. Het gaat hierbij om grote tandwielen, kabelschijven en dergelijke.

De materiaaleisen volgens NEN-EN 1563 en onderliggende normen zijn verplicht, tenzij anders, schriftelijk, tussen opdrachtgever en opdrachtnemer is overeengekomen. Indien in de ROK of middels verwijzingen strengere eisen worden gesteld dan uit deze norm volgt, dan gelden deze strengere eisen.

Aanvullende eisen:

- Het gietstuk moet voldoen aan de eisen, vermeld in NEN-EN 1563 met de bijbehorende en onderliggende normen, voor dit materiaal en werkstofnummer.
- De microstructuur moet voldoen aan NEN-EN-ISO 945 Type VI.
- De mechanische waarden moeten voldoen aan de waarden in tabel 3 van NEN-EN 1563 (Aangegoten proefstaaf).
- De oppervlaktegesteldheid moet voldoen aan de eisen, in de normen, voor het uitvoeren van een conservering.
- De maatafwijkingen van gegoten onderdelen van gietstaal mogen niet groter zijn dan de gietstuktolerantiekwaliteit CT8 volgens NEN-ISO 8062-3.
- De in een doorsnede, van gegoten onderdelen van gietstaal, aanwezige imperfecties mogen ten hoogste gelijk zijn aan de in NEN-EN 12680-1 genoemde acceptatiegrens voor "severity level" 2.
- Oppervlakte fouten mogen, in overleg met de constructeur, gerepareerd worden, mits de kwaliteit gewaarborgd blijft en gedocumenteerd.
- Alle onderdelen moeten, in de geleverde toestand, herleidbaar/ geïdentificeerd kunnen worden naar het certificaat.
- Alle onderzoeksresultaten moeten worden vastgelegd op een certificaat.
- De oppervlaktegesteldheid moet voldoen aan de eisen in de normen voor het uitvoeren van NDO-onderzoek.
- Het US-onderzoek zal voor het hele product moeten worden uitgevoerd volgens NEN-EN 12680-3 klasse 3.
- Het hele product moet worden onderzocht met MT-onderzoek volgens NEN-EN 1369 niveau LM/AM2. Indien dit niet mogelijk is, mag ook een PT- onderzoek, volgens NEN-EN 1371 niveau 1, worden uitgevoerd.
- Geconstateerde, in- en uitwendige fouten, buiten de norm, moeten tot afkeur leiden.
- De onderdelen moeten in de geleverde toestand minimaal zijn beschermd tegen corrosie voor transport.
- De traceerbaarheid en identificatie moet voldoen aan EXC3 of hoger.
- Producten moeten minimaal worden geleverd met een 3.2 keurings-certificaat volgens NEN-EN 10204. Het NDO onderzoek mag ook worden uitgevoerd volgens een 3.1 procedure (NEN-EN 10204), mits de uitvoerende onderzoekers in het bezit zijn van een level 2 certificaat volgens NEN-EN 473.

## Keuringsdocumenten

De volgende documenten moeten minimaal onderdeel uitmaken van de te leveren complete documentatie:

- Origineel materiaalcertificaat van fabrikant.
- Alle materiaal beproevingen en onderzoeken
- Eventuele overstempelverklaringen.
- Alle NDO rapporten; UT, MT, PT of RT.
- Verklaringen.

5.14	Eis
------	-----

Deze aanvulling geldt voor tandwielkasten en open tandwieloverbrengingen.

Tandwielkasten (motorreductoren) die binnen de randvoorwaarden van RTD 1018 vallen, moeten minimaal voldoen aan de eisen in RTD 1018. Tandwielkasten buiten de randvoorwaarden van RTD 1018, moeten voldoen aan de eisen in RTD 1019.

Open tandwieloverbrengingen moeten voldoen aan de eisen in de RTD 1019.

6.2	Eis
-----	-----

In aanvulling op hetgeen is vermeld bij NEN-EN 1090-2, 5.2, geldt het volgende:

1. Markering (mbt de onderstaande punten I t/m V) uitsluitend zichtbaar tijdens de productiefase
2. Identificatie schriftelijk vastleggen op de as-build pakket, volgens een door de opdrachtnemer te bepalen systeem

Identificatie en naspeurbaarheid omvatten in het kader van dit document de onderstaande punten:

- I. Vastleggen van de plaats van lasnaden in constructies.
- II. Markeren, stempelen of etiketteren van lasnaden moet geschieden inclusief de persoonlijke identificatie van lasser en/of lasoperateur.
- III. Kwalificatie van lasser en lasprocedure.
- IV. Markeren van uitgevoerd onderzoek.
- V. Plaats van een uitgevoerde reparatie(s).
- VI. Vastleggen van de plaats van de basisproducten (per product) gerelateerd aan de gedefinieerde keuringsdocumenten.

De methode van markeren van de relatie tussen de basisproducten en de certificaten van materialen is naar keuze van de opdrachtnemer. Het gebruik van hard gestempelde ingeslagen of geboorde merktekens is niet toegestaan. Bij gebruik van stempelen zijn alleen "softstamps / low stress stamps" toegestaan.

6.4.2	Eis
-------	-----

Knippen en knabbelen is niet toegestaan.

6.4.4	Eis
-------	-----

Tabel 10 is van toepassing.

6.5	Eis
-----	-----

Voor toepassingen waarbij het staal in de eindtoestand koudvervormd is (bijvoorbeeld troggen), moeten staalsoorten met de type aanduiding "C" worden toegepast.

6.6.1	Eis
-------	-----

De maximale toelaatbare gatspeling voor bouten M12 en M14 in normale gaten bedraagt 1 mm.

6.6.3	Eis
-------	-----

Voor uitvoeringsklasse 1 en 2 is ponsen alleen toegestaan i.c.m. minimaal 2 mm ruimen. Voor uitvoeringsklasse 3 en 4 is ponsen niet toegestaan.

6.7	Eis
-----	-----

Alleen 2 (vorm A) is toegestaan.

7.1	Eis
-----	-----

De eisen te stellen aan de laskwaliteit moeten overeenstemmen met de eisen volgens NEN-EN 1090-2 voor de relevante uitvoeringsklasse. Hiertoe wordt verwezen naar delen van NEN-EN-ISO 3834; een geldig NEN-EN-ISO 3834 certificaat van het juiste kwaliteitsniveau en afgegeven door een deskundige en erkende autoriteit, geniet de voorkeur. Indien een bedrijf in het bezit is van een dergelijk certificaat, zal dit certificaat door de opdrachtgever als zodanig worden erkend.

7.3	Eis
-----	-----

In afwijking van de lasprocesnummers als aangegeven in NEN-EN 1090-2, zijn ook overeenkomstige lasprocesnummers aangeduid volgens de nieuwste NEN-EN-ISO 4063 toegestaan, mits duidelijk als zodanig aangegeven.

7.4	Eis
-----	-----

In tegenstelling tot hetgeen in NEN-EN-ISO 15614-1 wordt gesteld, is een lasmethodekwalificatie proef (WPQR) van een stompe las niet geldig voor hoeklassen (dit geldt niet voor EXC 1). Voor EXC 2, 3 en 4 moet voor hoeklassen een eigen lasmethodekwalificatie proef (WPQR) worden uitgevoerd.

#### Hardheidsproef

In afwijking van de eisen als gespecificeerd in NEN-EN-ISO 15614-1, mogen geen hogere hardheden dan 350 HV10 worden gevonden bij materialen volgens staalgroepen 1 en 2 van ISO/TR 15608. Een maximale hardheid tot 380 HV10 is als eis alleen toegestaan in combinatie met lastoevoegmaterialen met een gegarandeerd waterstofgehalte kleiner dan 3,0 ml/100gr lasmetaal (deze eisen gelden niet voor EXC 1). Zie ook NEN-EN 1090-2, 6.4.4.

Bij staalsoorten met een CEV > 0,35 geldt dat het koolstofequivalent volgens NEN-EN 10025 maximaal 0,02 hoger mag zijn dan dat van de bij de WPQR toegepaste materialen.

7.4.1	Eis
-------	-----

Het lassen en de lasmethodekwalificatie proeven moeten worden bijgewoond, getoetst en beoordeeld door een onafhankelijk externe deskundige. Deze moet het bijbehorende rapport (WPQR) hebben ondertekend.

Productieproeven zijn vereist voor langlassen van troggen, zie ook 12.4.4 van NEN-EN 1090-2. De opdrachtgever kan bij twijfel over de toegepaste lasmethode meer productieproeven vereisen.

7.4.3	Eis
-------	-----

In aanvulling op de in NEN-EN-ISO 14731 gespecificeerde criteria geldt dat een externe (ingehuurde) lascoördinator voor niet meer dan twee bedrijven deze functie mag vervullen.

7.5	Eis
-----	-----

Bij een onderbreking van het lasproces, inclusief voorverwarmen, moet eerst de las voor minstens de helft van de dikte afgelast zijn, alvorens het lassen gestopt mag worden. Indien het lasproces, inclusief voorverwarmen, wordt onderbroken, moet een daartoe geëigende procedure worden toegepast. Onderlegmaterialen die niet worden verwijderd, moeten bij EXC 3 en EXC 4 op tekening zijn aangegeven en op de as-built tekening als zodanig worden vermeld (bijvoorbeeld troggen).

Mechanische nabehandelingen van lassen zijn niet toegestaan tenzij op de ontwerp-tekening aangegeven.

Voor reparaties van lassen wordt verwezen naar NEN-EN 1090-2, 12.4.2.5 met de bijbehorende aanvulling in de ROK.

7.5.5	Eis
-------	-----

Een voorwarmtemperatuur moet in overeenstemming zijn met het te lassen materiaal. Een voorwarmtemperatuur hoger dan 180 °C en een interpass temperatuur hoger dan 225 °C is evenwel niet toegestaan.

7.5.7	Eis
-------	-----

Voor de lascondities en de kwaliteit van de hechtlassen gelden dezelfde eisen als voor de definitieve lassen met uitzondering van de voorwarmtemperatuur, deze moet 50 °C hoger worden gekozen, tenzij anders is overeengekomen met de opdrachtgever.

*Toelichting:*

*Bij bepaalde toepassingen kan het voorverwarmen onwenselijk zijn, bijvoorbeeld bij hele dunne plaatdikten. In dat geval kan, met toestemming van de opdrachtgever, van de eis worden afgeweken.*

7.5.8	Eis
-------	-----

Bij hoeklassen waar ten gevolge van het aanbouwen een spleet optreedt op een plaats waar een hoeklas moet worden gelegd, moet de hoeklas afmeting zodanig worden vergroot, dat de doorsnede, welke in dat geval bepalend is voor de sterkte, voldoet aan de minimale afmeting aangegeven op de tekening (de maximaal toegestane spleet is, tenzij anders vereist, 2 mm). Bij op druk belaste verbindingen waarbij de belasting deels via contactdruk wordt doorgezet en die als zodanig op tekening zijn aangegeven, zijn spleten niet toegestaan.

7.5.13	Eis
--------	-----

Sleuf- en proplassen zijn niet toegestaan.

7.5.14	Eis
Puntlassen zijn niet toegestaan.	
7.5.16	Eis
Eventuele warmtebehandelingen moeten worden uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 17663 Welding - Quality requirements for heat treatment in connection with welding and allied processes.	
7.6	Eis
In aanvulling op hetgeen in NEN-EN 1090-2 tabel 17 is vermeld, geldt met betrekking tot uitwendige onvolkomenheden:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Oppervlakteporositeit is niet toegestaan.</li><li>• Overvloeiingen zijn niet toegestaan.</li><li>• Oppervlakte poreusheid moet worden gerepareerd volgens een door een met de opdrachtgever overeen te komen methode.</li></ul>	
Maximale toelaatbare doorlasfouten in stompe lasverbindingen zijn op tekening aangegeven met de afkorting "MDF = ... mm" ter plaatse van de las. Indien geen MDF is aangegeven, wordt de verbinding geacht volledig te zijn doorgelast.	
7.7.2	Eis
Laszones bij roestvast staal moeten hetzelfde uiterlijk en dezelfde kleur hebben als het moedermateriaal.	
7.7.3	Eis
Het lassen van verschillende soorten roestvast staal aan elkaar of aan andere materialen mag de constructie niet nadelig beïnvloeden ten aanzien van de functionaliteit en/of de levensduur. Dit zal vooraf moeten worden aangetoond.	
8.1	Eis
In aanvulling op 5.6.1 zijn uit corrosieoogpunt geen spleten toegestaan.	
8.2.1	Eis
Niet voorgespannen bouten moeten, in geval van risico op trillingen, worden geborgd als daardoor risico bestaat dat ze los kunnen raken.	
8.2.4	Eis
Er moet bij niet-voorgespannen bouten een sluitring worden aangebracht onder de boutkop of de moer, aan de zijde waar wordt aangedraaid. Bij voorgespannen bouten moeten sluitringen onder de kop en de moer worden aangebracht.	
8.3	Eis
Het vermelde onder noot 2 moet als normatief worden beschouwd.	
8.4	Eis
Voor de wrijvingscoëfficiënt $\mu$ mag gebruik worden gemaakt van NEN-EN 1993-1-8/NB tabel NB.2 of NEN-EN 1090-2, 8.4 tabel 18 waarbij de voorwaarden van laatstgenoemde voor de oppervlaktebehandeling ook gelden voor eerstgenoemde. Bijlage G van NEN-EN 1090-2 mag niet worden toegepast.	

Verwezen wordt naar de ROK aanvulling bij NEN-EN 1993-1-8, 3.9.1 (1) in ROK paragraaf 7.8.

8.5 / 8.5.2 / 8.5.4	Eis
	<p>Het aandraaien van voorspanbouten (bout-moer-combinatie) voor staalconstructies moet gebeuren volgens de moment-hoekmethode (gedefinieerd in 8.5.4). De momentmethode, de HRC-(wringnek)-methode en de DTI-methode met directe voorspanindicatie zijn niet toegestaan. Het aandraaimoment in de eerste stap van deze moment-hoekmethode moet volgens 8.5.2 b) worden bepaald volgens bijlage H. Elke dag dat bouten worden voorgespannen, moet het aandraaimoment (opnieuw) worden bepaald. Het aantal te beproeven bouten bedraagt 3% van het aantal bouten dat per dag wordt voorgespannen met een minimum van 3 en een maximum van 6. Indien wordt overgegaan op een nieuwe partij bouten of een andere boutdiameter en/of lengte, moet het aandraaimoment opnieuw worden vastgesteld. Het aantal te beproeven bouten bedraagt dan weer 3% met een minimum van 3 en een maximum van 6 van het aantal bouten dat op de betreffende dag uit die partij wordt voorgespannen. De verbindingsmiddelen moeten ten minste tweemaal worden aangedraaid met het vastgestelde moment.</p>

8.5	Eis
	<p>In afwijking van de bepalingen van NEN-EN 1090-2, 8.5 gelden voor het voorspannen van bouten in werktuigbouwkundige constructies de <a href="#">eisen volgens NEN 6786 8.1.3.1</a>.</p>

#### A) Momentgestuurd aandraaien van bouten

~~Voor voor te spannen normale bout-moer verbindingen in werktuigbouwkundige constructies, welke binnen de gebruiksduur gedemonteerd moeten kunnen worden, moet de momentmethode worden gebruikt.~~

~~Het benodigde aandraaimoment moet als volgt worden bepaald:~~

~~$$M_A = k \cdot F_{p;d} \cdot d$$~~

~~waarin:~~

~~$M_A$  — aandraaimoment, in Nm~~

~~$F_{p;d}$  — voorspankracht, in kN~~

~~$d$  — middellijn van bout, in mm~~

~~$k$  — factor~~

~~$k = 0,15$  — voor bouten met gewone metrische schroefdraad, schoon en licht geolied, zoals de fabrikant die doorgaans aflevert.~~

~~$k = 0,12$  — voor bouten met gewone metrische schroefdraad waarvan de schroefdraad en de spiegel van de moer (licht) zijn ingevet met een Molykote schroefdraadpasta. Thermisch verzinkte bouten moeten steeds met dit smeermiddel zijn behandeld. De onderdelen moeten schoon zijn. Indien op de boutkop wordt aangedraaid, moet deze ook zijn ingevet.~~

~~Om voldoende zekerheid te hebben betreffende de grootte van de voorspankracht in de bout, moet deze met een boutkrachtmeter worden gecontroleerd. De gemeten waarde van de voorspankracht moet liggen tussen:  $F_{p;d, \min} = 0,75 F_{p;d}$  en  $F_{p;d, \max} = 0,9 F_{p;d}$ . De voorspankracht  $F_{p;d}$  moet worden bepaald volgens NEN 6786.~~

#### Procedure voor het aandraaien bij de momentmethode

Bouten voorspannen met behulp van een momentsleutel of moeraanzetter, beide met afwijkingen van maximaal 5%. De voorspankracht moet met een boutkrachtmeter vooraf worden gecontroleerd. De voorspankracht moet liggen tussen  $F_{p;d, \min}$  en  $F_{p;d, \max}$ . Indien dit niet het geval is, moet het aandraaimoment worden aangepast. Per verbinding en per nieuwe partij moeten ten minste 3 bouten worden beproefd. Bij 1 en 2 bouten per verbinding, moeten 1 respectievelijk 2 bouten worden beproefd. De bouten ten minste tweemaal aandraaien tot het vastgesteld moment ( $M_A$ )

#### B) Momentgestuurd aandraaien van bouten in 2 fasen

Voor voor te spannen bouten in werktuigbouwkundige constructies waarbij controle met een boutkrachtmeter niet mogelijk is (bijvoorbeeld bij tapgaten of ankers), moet de momentmethode in 2 fasen worden gebruikt.

Het benodigde aandraaimoment moet worden bepaald volgens hetgeen is gesteld bij A) momentgestuurd aandraaien van bouten.

#### Procedure voor het aandraaien bij de momentmethode in 2 fasen

Fase 1: De bouten aandraaien tot het moment  $M_{1,1} = 0,7 M_A$  is bereikt. Dit moet ten minste éénmaal worden herhaald.

Fase 2: Merkstrepen aanbrengen zodanig dat de nadraaihoek (globaal) kan worden afgelezen en vervolgens opvoeren tot  $M_A$ . Het aandraaien tot  $M_A$  ten minste éénmaal herhalen. Daarbij moet erop worden gelet dat in deze fase de moer of bout, afhankelijk of op de moer of op de boutkop wordt aangedraaid, wel verdraait doch in de uiterste geval niet meer dan de hieronder gegeven hoek.

Let wel: Zolang die hoek niet wordt bereikt, is het aandraaimoment  $M_A$  bepalend. De werkelijke hoek zal doorgaans aanzienlijk kleiner zijn!

Bij bouten met normale afmetingen en gewone (grove) spoed mag de gemeten hoek in fase 2 bij te klemmen stalen onderdelen, niet meer zijn dan 90°.

De uiterste hoekverdraaiing van bouten en ankers langer dan 250 mm, moet door berekening worden bepaald uit de rek van de bout (anker) en de indrukking van de te klemmen onderdelen ten gevolge van  $0,3 F_{p;d}$  vermeerderd met 70°. Echter niet minder dan 90°.

#### C) Moment hoekmethode

Voor voor te spannen normale bout moer verbindingen (tot en met M36) in werktuigbouwkundige constructies, welke binnen de gebruiksduur niet gedemonteerd behoeven te kunnen worden, mag de moment hoekmethode gebruikt worden. Procedures overeenkomstig hetgeen vermeld bij voorspanverbindingen van staalconstructies.

#### D) Hydraulisch voorspannen van bouten

Voor voor te spannen lange (>500 mm) bouten of ankers in werktuigbouwkundige constructies moet van hydraulisch voorspannen gebruik worden gemaakt.

Hydraulisch voorspannen kan worden toegepast bij lange bouten en ankers waar de rek door het voorspannen een aantal malen groter is dan de invloeden die bij het overnemen van de belasting door de moer de voorspankracht reduceren (reducerende invloeden zijn; vervormingen, zettingen, het niet zuiver haaks staan van de moer of boutkop op de op te klemmen onderdelen, het toepassen van niet vlakke sluitringen etc.). Als ter controle van de voorspankracht rekmetingen worden uitgevoerd, kan deze methode ook worden toegepast bij kortere bouten. Tijdens het spannen mag het rekken van de ankers niet belemmerd worden door hechting aan beton.

De vereiste voorspankracht en de toegestane (toelaatbare) voorspankracht moeten worden bepaald volgens NEN 6786 (VOBB).

Daarnaast moet bij ankers in beton rekening worden gehouden met spanningsverlies ten gevolge van kruip en krimp.

Als de voorspankracht door rekmetingen worden gecontroleerd moet voor de factor X (zoals gedefinieerd in genoemde norm) 1,25 in rekening worden gebracht. Indien bij ankers en bouten langer dan 1 m geen controle wordt uitgevoerd, moet voor X ten minste 1,65 worden aangehouden. Deze waarde mag worden gereduceerd tot 1,5 als de klemlengte 2 m of meer is. Bovenstaande geldt slechts als de onderdelen van de verbinding op de relevante plaatsen schoon zijn en sluitringen worden toegepast waarvan de vlakheidstolerantie 0,2 mm of minder bedraagt.

Procedure voor het hydraulisch voorspannen

Stap 1—Bouten of ankers spannen met behulp van hydraulische vijzels met afwijkingen van maximaal 5%. Tijdens het spannen mag de spankracht de toelaatbare voorspankracht niet meer dan 10% overschrijden.

Stap 2—Moeren licht aandraaien op zodanige wijze dat de spankracht daardoor niet meer dan 10% toeneemt.

Stap 3—Vijzels ontlasten.

Stap 4—De procedure moet ten minste eenmaal worden herhaald. In veel gevallen zal het nodig zijn om meerdere bouten tegelijk te spannen.

8.7	Eis
-----	-----

De buitenoppervlakken moeten vrij zijn van kerven of sneden door het klinkgereedschap.

8.9	Eis
-----	-----

Bijlage K geldt als normatief voor zeskantinjectiebouten. Voor aanvullende info wordt verwezen naar NEN-EN 1993-2+NB.

9.3.1	Eis
-------	-----

N.t.b. "veilige methode van bouwen ter beschikking stellen" is niet van toepassing bij D&C / E&C. Als door of namens RWS het ontwerp ter beschikking wordt gesteld en informatie over de bouwmethode ontbreekt, moet dit door de opdrachtnemer worden bepaald in overeenstemming met de ontwerpuitgangspunten.

10.1	Eis
------	-----

In aanvulling op 10.1 (oppervlaktebehandeling algemeen) punt a moet het conserveringsysteem ook voldoen aan:

- PSIBouw document SCON-2008-683-TCE, Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, bijlage 1A of 1B: De testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw (1A) of onderhoud (1B)
- de Code of Practice metaalconservering, documentnr. SCON-2010-337-TCE.

Informatief zijn de volgende NBD's:

- NBD16312; Conserveringssysteemblad voor immersiebelasting (Im2)
- NBD16325; Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing zonder UV-belasting
- NBD16365; Conserveringssysteemblad atmosferische toepassing met UV-belasting

In aanvulling op 10.1 (oppervlaktebehandeling algemeen) punt b moet de metalen deklaag aangebracht door thermisch spuiten ook voldoen aan:

- OGOS-500-TRL; Eisen thermische spuitlagen; Eisendeel
- OGOS-501-TRL; Eisen thermische spuitlagen; Handreiking

Zie ook de documenten die in de ROK zijn vermeld bij NEN-EN 1090-2, 2.7.

10.2	Eis
------	-----

In aanvulling op 10.2 (voorbewerking van stalen ondergronden) en tabel 22 moet de voorbereidingsgraad van nieuwbouw staalondergronden voldoen aan P2, behalve de volgende onderstaande omschrijvingen uit tabel 1 van ISO 8501-3; deze moeten voldoen aan voorbereidingsgraad P3:

- 2.1 afgeronde kanten
- 2.2 randen gemaakt door ponsen, knippen, zagen en boren
- 2.3 thermisch gesneden randen
- 3.1 kuilen en kraters

In aanvulling op 10.2 moet na verwerking van RVS de corrosiewerende laag worden hersteld en visueel gelijk zijn aan het moedermateriaal (gehele oppervlak egaal van uiterlijk/kleur).

In aanvulling op 10.2 moeten aangrenzende onderdelen welke niet gestraald en /of geconserveerd worden, doelmatig worden afgeschermd.

10.5	Eis
------	-----

In aanvulling op 10.5 mogen toegepaste ontluchtingsgaten niet tot onbedoelde vochthuishouding in de inwendige ruimte(n) leiden.

10.8	Eis
------	-----

In aanvulling op 10.8 moeten onbereikbare/slecht bereikbare plaatsen worden vermeden door eventuele te nemen maatregelen als inboxen. Ontwerpuitgangspunt is onderhoudsarm/vriendelijk.

10.9	Eis
------	-----

In aanvulling op 10.9 geldt dat na reparaties en/of aanpassingen aan de geconserveerde constructie de conservering moet worden hersteld. De procedure moet zijn afgestemd op het reeds aangebrachte conserveringssysteem.

11	Eis
----	-----

De gegeven toleranties betreffen over het algemeen toleranties op onderdelen van een eindproduct. Toleranties welke verband houden met het eindproduct als geheel of met de interactie tussen delen van het eindproduct moeten als onderdeel van het DO worden bepaald. De tolerantie-beschouwing moet onderdeel uitmaken van de ontwerprapportage en het resultaat (aanvullend op de toleranties volgens de ROK) moet worden vastgelegd op de DO-tekeningen.

Op onderdelenniveau verwijst NEN-EN 1090-2 naar essentiële toleranties. De essentiële toleranties in NEN-EN 1090-2 zijn relatief groot. Essentiële toleranties zijn volgens de 1090 gekoppeld aan mechanische sterkte en stabiliteit en zijn gesplitst in fabricage toleranties en montage toleranties. Functionele toleranties zijn volgens NEN-EN 1090-2 bedoeld om te voldoen aan andere criteria zoals passing en uiterlijk en zijn eveneens gesplitst in fabricage en montage toleranties. Functionele toleranties zijn daarnaast gesplitst in klasse 1 en 2.

In tabel 7-5 zijn per product de normatief van toepassing zijnde/verklarde minimale (basis)toleranties aangegeven. Ontwerpafhankelijk kan het noodzakelijk zijn de toleranties verder te beperken. Met nadruk wordt erop gewezen dat ten aanzien van de zwaarte van de eisen (essentieel, functioneel klasse 1, functioneel klasse 2 en aanvullingen, van licht naar zwaar) de zwaarste geldt en dat productspecifieke toleranties prevaleren voor algemene. De aangegeven toleranties zijn van toepassing voor zover de Eurocode, ten aanzien van het in rekening brengen van imperfecties en de toetsing van platen en verstijvers op stabiliteit, geen zwaardere eisen oplegt.

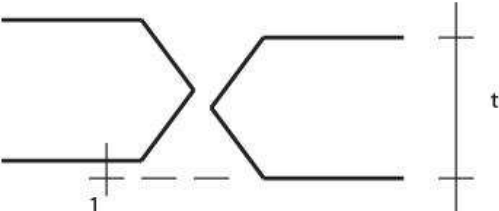
**Tabel 7-5: Minimale (basis)toleranties**

Product	Geometrische toleranties (basis) NEN-EN 1090 Bijlage D e.a.	Aanvullingen (prevaleren boven basis)
Vaste stalen bruggen (en staaldeel vaste staalbetonbruggen, voor zover van toepassing)	Essentieel + functioneel klasse 2	Zie tabel 7-6 vaste stalen bruggen
Stalen palen en damwanden	n.t.b.	
Staalbouwkundig deel beweegbare stalen bruggen	Essentieel + functioneel klasse 2	Zie tabel 7-6 vaste stalen bruggen
Staalbouwkundig deel natte kunstwerken staalconstructies	Essentieel + functioneel klasse 2	Zie tabel 7-6 vaste stalen bruggen
Mechanische uitrusting van beweegbare stalen bruggen en waterbouwkundige staalconstructies	Essentieel + functioneel klasse 2 + ROK par. 7.16	
Geluidsschermen	Essentieel + functioneel klasse 1 + GCW	
Verkeerskundige draagconstructies (portalen, uithouders)	Essentieel + functioneel klasse 1	Bijlage D2.10 1) $\Delta \leq +L/750$ en $-L/1000$

Product	Geometrische toleranties (basis) NEN-EN 1090 Bijlage D e.a.	Aanvullingen (prevaleren boven basis)
Bijbehorende onderdelen (bij 1 t/m 9) <ul style="list-style-type: none"> <li>• opleggingen bruggen</li> <li>• voegovergangen bruggen</li> <li>• (veiligheids-)leuningen en klein ijzerwerk</li> <li>• inspectie- en onderhoudsvoorzeningen (banen, wagens)</li> <li>• inspectie- en onderhoudsvoorzeningen (paden)</li> </ul>	Zie RTD 1012 Zie RTD 1007-2 Essentieel + functioneel klasse 1  Essentieel + functioneel klasse 2  Essentieel + functioneel klasse 1	Leuningregels moeten visueel recht zijn; zie ROK par. 13.10

**Tabel 7-6: Toleranties vaste stalen bruggen**

Aanvulling	Omschrijving
NEN-EN 1993-2/NB	Tolerantie- en voorbereidingseisen NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F; eisen uit genoemde bijlage gaan boven de toleranties eisen uit bijlage D van NEN-EN 1090-2 en de eisen in deze tabel.
D1.2 / D2.2	Niet van toepassing voor troggen (zie D2.14)
D2.15 2)	Brug, aanzicht of profiel (elke langssnede): Voor $20\text{ m} < L < 50\text{ m}$ geldt $\Delta \leq +L/2000 + 10$ en $-20\text{ mm}$ Voor $50\text{ m} < L < 100\text{ m}$ geldt $\Delta \leq +(L-50)/2000 + 35$ en $-20\text{ mm}$ Voor $L > 100\text{ m}$ geldt $\Delta \leq +60$ en $-20\text{ mm}$  In aanvulling op bovenstaande geldt dat lokaal moet worden voldaan aan de eisen gesteld bij NEN-EN 1090-2, D2.18 1) en 3) en de noodzakelijke uitvulling van asfalt (uitgaande van de minimum laagdikte en de eisen aan het verloop aan de bovenzijde) nergens op het dek boven de 15 mm uitkomt.  In aanvulling op bovenstaande geldt dat zowel in langsrichting als in dwarsrichting in alle situaties afvoer van regenwater binnen de gestelde criteria moet kunnen plaatsvinden zonder plasvorming.
D2.16 1) en 2)	Delingen in de dekplaat Aangegeven is een V-naad als dekplaatlas; een V-naad als dekplaatlas is niet toegestaan; een deling in de dekplaat moet als X-naad worden uitgevoerd; onderlegstrippen zijn niet toegestaan.
D2.16 3)	Aansluiting tussen trogbenen en dekplaat Zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F (detail 1, 2, en 3); $\Delta = 0\text{ mm}$ ; over 10 % van de lengte is $\Delta \leq 0,5\text{ mm}$ toegestaan. Bij de constructiedetails 1, 2 en 3 is een MDF (= Maximale DoorlasFout) h2 gedefinieerd. Doorslag van de las aan de binnenzijde van de trog is niet toegestaan (tenzij het gaat om een goed en vloeiend hechtende doorslag vanuit een handmatig aangelegde grondnaad). De MDF mag gemiddeld 1 mm zijn met een maximum van 1,5 mm.
D2.16 4) en 5)	Aansluiting van troggen naar passtukken Zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F (detail 5); $\Delta \leq 1\text{ mm}$ en aangepaste voorbereiding en vooropening
D2.16 6)	Aansluiting van doorgestoken troggen aan dwarsdragers $\Delta \leq 2\text{ mm}$ , met $a = a_{\text{nom}}$ voor $s \leq 1\text{ mm}$ en $a = a_{\text{nom}} + 1$ voor $1 < s \leq 2\text{ mm}$
D2.17 1)	Aansluiting van tussengelaste troggen aan dwarsdragers Zie NEN-EN 1993-2/NB, bijlage F (detail 6); $\Delta_1 \leq 1\text{ mm}$
D2.17 3)	Laspoortjes niet toegestaan

Aanvulling	Omschrijving
D2.17 4a) 5)	$\Delta_a \leq 0.25 \cdot t_{w, \text{crossbeam/console}}$ mm
D2.17 6) toegevoegd	<p>Deling in de lijfplaten of de onderflenzen van dwarsdraggers of hoofdliggers: <math>\Delta \leq 2</math> mm</p>  <p>legenda 1 = afwijking <math>\Delta</math> in uitlijning</p>
D2.18 1)	<p>De vlakheid van de dekplaat in alle richtingen na fabricage en montage moet voldoen aan de waarden van <math>P_r</math> vermeld bij <math>t \leq 10</math> mm (ook bij <math>t &gt; 10</math> mm), waarbij voor bruggen met een epoxy slijtlaag de aangegeven waarden moeten worden verlaagd met tot 2, 3 en 4 mm voor resp. rijlengtes van 1, 3 en 5 m.</p> <p>De overige <math>P_r</math>-waarden (bij <math>t \geq 70</math> mm) zijn niet van toepassing.</p> <p>In aanvulling op bovenstaande geldt dat zowel in langsrichting als in dwarsrichting in alle situaties afvoer van regenwater binnen de gestelde criteria moet kunnen plaatsvinden zonder plasvorming.</p>
D2.18 2)	<p>In aanvulling op de eis voor de lashoogte geldt dat de dekplaat ter plaatse van de las maximaal 1 mm mag "opwippen" in het gebied tussen de uiteinden van de passtukken (in het geval van dwarslassen tussen secties en in het geval van langlassen).</p> <p>Noot: getekend is V-naad, maar moet X-naad zijn</p>
D2.18 3) toegevoegd	De lengte van "rechte" secties van een brug waarvan de toeg met een veelhoek wordt benaderd, moet worden beperkt tot een lengte waarbij halverwege de sectie niet meer dan 5 mm slijtlaag "extra" behoeft te worden aangebracht.
D2.18 4) toegevoegd	Bij constructies die door hun aard gevoelig zijn voor "scheluwheid" (bijvoorbeeld kokervormige bruggen ten aanzien van oplegreacties, het val van basculebruggen ten aanzien van vooroplegdrücken en krachten op het bewegingswerk, puntdeuren met kokerverbanden) moeten in het DO aan dergelijke afwijkingen eisen worden gesteld en moeten de effecten van die afwijkingen in het ontwerp worden meegenomen.

11.1	Eis
------	-----

De essentiële en functionele toleranties (en de aanvullingen daarop in deze paragraaf van de ROK) zijn generiek van aard en toepassing. Voor specifieke ontwerpen kunnen strengere toleranties noodzakelijk zijn.

12.4	Eis
------	-----

Gerepareerde hechten, lassen en gerepareerde beschadigingen moeten op dezelfde wijze als het eerste niet-destructief onderzoek worden onderzocht. Dit onderzoek moet eveneens worden gerapporteerd.

12.4.1	Eis
--------	-----

In afwijking van EN 12062 moet het NDT worden uitgevoerd door niveau 2 gekwalificeerd personeel.

12.4.2.2	Eis
----------	-----

In aanvulling op het gestelde in NEN-EN 1090-2 moet de ontwerper aangeven hoeveel en welk type onderzoek moet worden uitgevoerd en op welke plaatsen in de constructie dit moet gebeuren, zodanig dat dit representatief is voor de hele constructie en minimaal voldoet aan het gestelde in tabel 7-7. De omvang van het niet-destructief onderzoek moet worden opgenomen in het NDO-plan.

Tabel 7-7 dient als basis voor de invulling van de keuzes die gemaakt moeten worden bij het vastleggen van de eisen voor een specifieke constructie of gedeelte daarvan. Deze tabel vervangt tabel 24 uit NEN-EN 1090-2.

**Tabel 7-7: Omvang onderzoek, vervanging van NEN-EN 1090-2, tabel 24**

Soort las	Aanvullende bepalingen	Werkplaatslassen en montage lassen			
		EXC 1	EXC 2	EXC 3	EXC 4
Alle	Visueel	100%	100%	100%	100%
Stompe naden materiaaldikte ≥ 12 mm	Algemeen	nvt	10% UT 10% MT	100% UT 100% MT	100% UT 100% MT
	Rijdeplaat en waterkerende beplating, automaatgelast	nvt	nvt	UT alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las overige laslengte 10% steekproefsgewijs. MT, alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las, overige laslengte 10% steekproefsgewijs. RT of TOFD, elke laskruising.	UT alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las, overige laslengte 10% steekproefsgewijs. MT, alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las, overige laslengte 10% steekproefsgewijs. RT of TOFD, elke laskruising.
	Rijdeplaat en waterkerende beplating, hand gelast	nvt	nvt	100% UT 100% MT RT of TOFD elke laskruising.	100% UT 100% MT RT of TOFD elke laskruising.
Stompe naden materiaaldikte < 12 mm	Hand gelast	nvt	10% MT	100% MT RT, elke laskruising, overige laslengte 25% steekproefsgewijs.	100% MT RT, elke laskruising, overige laslengte 25% steekproefsgewijs.
	Automaat gelast	nvt	10% MT	MT, alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las, overige laslengte 10% RT, elke laskruising.	MT, alle laskruisingen over een lengte van 500 mm van elke las, overige laslengte 10% RT, elke laskruising.
	Stuiknaden in troggen en passtukken	nvt	nvt	100% MT RT, trogbodem + halve hoogte trogbeen vanaf bodem 100%.	100% MT RT, trogbodem + halve hoogte trogbeen vanaf bodem 100%.
Stompe naden met M.D.F	n.v.t.	nvt	100% MT	100% UT 100% MT	100% UT 100% MT
Hoeklassen	n.v.t.	10% MT	10% MT	MT, 10% van de laslengte steekproefsgewijs en alle x-y-z lasverbindingen tot 150 mm vanuit hoekpunt 100%.	MT, 10% van de laslengte steekproefsgewijs en alle x-y-z lasverbindingen tot 150 mm vanuit hoekpunt 100%.

Soort las	Aanvullende bepalingen	Werkplaatslassen en montage lassen			
		EXC 1	EXC 2	EXC 3	EXC 4
Versterkte hoeklas	n.v.t.	10% MT	10% MT	MT, 10% van de laslengte steekproefsgewijs en alle x-y-z lasverbindingen tot 150 mm vanuit hoekpunt 100%.	MT, 10% van de laslengte steekproefsgewijs en alle x-y-z lasverbindingen tot 150 mm vanuit hoekpunt 100%.
	Indien mogelijk, aantonen MDF	nvt	nvt	UT, 2 metingen (elk met een lengte van circa 100 mm) per gelegde las.	UT, 2 metingen (elk met een lengte van circa 100 mm) per gelegde las.

12.4.2.4	Eis
----------	-----

Niet-destructief onderzoek moet bij voorkeur worden uitgevoerd door een volgens NEN-EN-ISO/IEC 17020 geaccrediteerd bedrijf.

#### a) Penetrant onderzoek

De procedure en de uitvoering van het penetrant onderzoek moeten voldoen aan NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4.a).

#### Beoordeling Indicaties:

- Relevante indicaties  
Een discontinuïteit is het bewijs van een relevante (mechanische) imperfectie of indien hierover onzekerheid bestaat wordt deze aangemerkt als een twijfelachtige indicatie. Zolang geen zekerheid is verkregen, wordt deze als relevant beschouwd.
- Niet relevante indicaties  
Dit zijn indicaties waarvan de oorzaak duidelijk is, doch niet vallen onder de relevante indicaties (zoals groeven, lichte inkarteling en dergelijke).

#### Acceptatiecriteria:

Volgens de relevante kolom van de in de tabel 7-8 vermelde eis.

#### b) Magnetisch onderzoek

In aanvulling op NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4.b moet de uitvoering van het magnetisch onderzoek voldoen aan de volgende eisen:

- De droge methode van onderzoek mag alleen worden toegepast bij een oppervlakte temperatuur > 55 °C;
- Voor de uitvoering van het onderzoek is alleen een jukmagneet met wisselstroom toegestaan.

#### Beoordeling Indicaties:

- Relevante indicaties  
Een discontinuïteit is het bewijs van een relevante (mechanische) imperfectie of indien hierover onzekerheid bestaat wordt deze aangemerkt als een twijfelachtige indicatie. Zolang geen zekerheid is verkregen, wordt deze als relevant beschouwd.
- Niet relevante indicaties

Dit zijn indicaties waarvan de oorzaak duidelijk is doch niet vallen onder de relevante indicaties (zoals groeven, lichte inkarteling en dergelijke).

Acceptatiecriteria:

Volgens de relevante kolom van de in de tabel 7-8 vermelde eis.

#### c) Ultrasoon onderzoek

De procedure en uitvoering van het ultrasoon onderzoek moeten voldoen aan NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4.c. Het materiaal van de benodigde referentieblokken moet ultrasoon gelijk zijn aan het te onderzoeken materiaal.

Beoordeling Indicaties:

Alle indicaties moeten worden beoordeeld ten opzichte van het referentie niveau (100% DAC). Indicaties met amplitudes groter dan 20% van het (gecorrigeerde) referentie niveau, moeten uitgebreid worden onderzocht om de identiteit en ligging van mogelijke indicaties te bepalen om deze te beoordelen aan de hand van de afkeur criteria, zoals aangegeven bij de acceptatiecriteria.

Acceptatiecriteria:

Volgens de relevante kolom van de in tabel 7-8 vermelde eis met als aanvulling dat wanneer twee verschillende materiaaldikten door een las verbonden zijn, geldt dat de toegestane foutlengte wordt bepaald door de dunste materiaaldikte.

#### d) Lamellar tearing of dubbelingen onderzoek

De procedure en uitvoering van het onderzoek naar lamellar tearing of dubbelingen moeten voldoen aan NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4.c, (maar dan technique 2 volgens NEN-EN-ISO 17640, i.p.v. technique 1 voor lasonderzoek), aangevuld met de relevante kolom van de in tabel 7-8 vermelde eis. De benodigde kalibratieblokken moeten ultrasoon gelijk zijn aan het te onderzoeken materiaal. Bij twijfel moet de dempingcoëfficiënt worden bepaald.

Beoordeling Indicaties:

Alle indicaties welke worden gevonden moeten worden beoordeeld ten opzichte van het referentie niveau. De afmetingen van de indicaties moeten worden bepaald aan de hand van het in de acceptatiecriteria vermelde aanvaardbaarheidsniveau.

Acceptatiecriteria:

Volgens de relevante kolom van in tabel 7-8 vermelde eis.

Naast alle onacceptabele indicaties moeten eveneens alle indicaties welke groter zijn dan 20% van het referentie niveau worden gerapporteerd en op tekening worden vastgelegd. Tevens mogen er geen indicaties voorkomen in de locatie van de las en over een gebied van 100 mm gemeten vanaf de locatie van de las.

#### e) Radiografisch onderzoek

De procedure en uitvoering van het radiografisch onderzoek moet voldoen aan NEN-EN 1090-2, 12.4.2.4.d, aangevuld met de relevante kolom van de in tabel 7-8 vermelde eis. Indien er gebruik wordt gemaakt van een Iridium bron bij een wanddikte  $t < 20$  mm, moet gebruik worden gemaakt van een filmsysteem dat voldoet aan de classificatie C3 conform NEN-EN-ISO 11699-1. Voor de uitvoering van lasonderzoek aan de stuiknaden van de (pas)trogprofielen (trogbeen en bodem) moet een gammabron worden gebruikt. Deze bron moet conform figuur 7-5 worden

ingebracht in het trogprofiel. Hierdoor is het mogelijk een opname van de stuiknaden (1/2 trogbeen hoogte en bodem) van het trogprofiel in één arbeidsgang te maken.

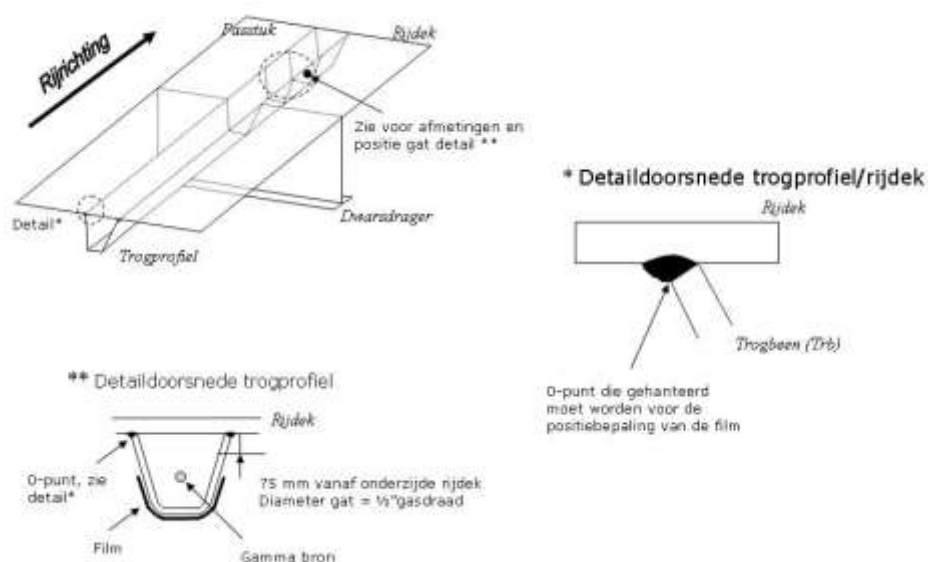
#### Filmidentificatie:

Elke film moet worden voorzien van gegevens die volledige traceerbaarheid garanderen en moeten op het filmbeeld zichtbaar zijn. Alle radiografieën van reparaties krijgen hetzelfde filmnummer als de eerste opname, aangevuld met R1. Blijkt echter deze reparatie nogmaals te moeten worden uitgevoerd, dan wordt het film nummer achtereenvolgens gemerkt met R2.

#### Beoordeling Indicaties:

Indicaties moeten worden getoetst aan de criteria genoemd in de relevante kolom van tabel 7-8. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

- I. Algemeen lasonderzoek
- II. Lasonderzoek aan (pas)troggen



**Figuur 7-5: Voorwaarden lasonderzoek (pas)troggen**

#### f) TOFD-onderzoek

De procedure moet voldoen aan NEN-EN-ISO 10863 volgens de relevante kolom van de in tabel 7-8 vermelde eis. Deze tabel geeft voor een deel van de aspecten invulling van de keuzes die gemaakt moeten worden bij het vastleggen van de eisen voor een specifieke constructie of gedeelte daarvan.

#### Beoordeling Indicaties:

Indicaties moeten worden getoetst aan de criteria in [NEN-EN-ISO 15626](#).

Volgende paginas:

**Tabel 7-8: Keuzetabel contracteisen**

Noot 1: Reparaties van lassen in een nieuwbouwsituatie (bijvoorbeeld na het vinden van lasfouten) en bij renovaties van bruggen vallen onder EXC4; EXC3 als bedoeld met de reparaties in de laatste kolom (met EXC3) zijn alleen bedoeld voor noodreparaties na het vinden van scheuren in bestaande bruggen bij inspecties en bij reparaties in het kader van het inspectie en reparatieprogramma RISK. Hiervoor wordt verwezen naar het document "Reparaties orthotrope rijdekken met trogprofielen", doc. nr. 3480R-05, d.d. 12-4-2012.

Beschrijving		Veiligheidsleuning, leuning en klein ijzerwerk	Verkeerskundige draagconstructies	Overwegend statisch en/of dynamisch belaste primaire constructies en reparaties	Reparatie Stalen Rijdekken inclusief langsverstijvingen en dwarsdragers
Vereiste uitvoeringsklasse (Eveneens van toepassing: 4.1.2)	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4	EXC3
<b>NEN-EN 1090-1</b>	<b>Overeenstemming vereist</b>				
<b>NEN-EN 1090-2</b>	<b>Overeenstemming vereist</b>				
<b>Algemeen</b> (Eveneens van toepassing: 7.1)	NEN-EN-ISO 3834-4	NEN-EN-ISO 3834-3	NEN-EN-ISO 3834-2		
<b>Productieplanning</b> (Eveneens van toepassing: 7.5.5)	Geen bijzondere eis	Vereist			
		Gedocumenteerde voorschriften en vastlegging zijn aanbevolen	Gedocumenteerde voorschriften en vastlegging zijn vereist		
<b>Lasmethode beschrijving</b>	Vereist, zie de relevante versie van NEN-EN-ISO 15609				
<b>Kwalificeren van lasmethoden</b> (Eveneens van toepassing: 7.4, 7.4.1, 7.5.5)	Geen bijzondere eis	Zie NEN-EN 1090-2 tabel 12 en tabel 13			
<b>Kwalificeren van lassers en bedieners van lasmachines</b>	Lassers NEN-EN-ISO 9606-1 Bedieners NEN-EN-ISO 14732				
<b>Lascoördinatie</b>	Niet vereist	Technische kennis volgens NEN-EN 1090-2 tabellen 14 of 15 (Eveneens van toepassing: 7.4.1)			
<b>Inspectie- en beproevingspersoneel</b>	Kwalificatie is vereist				
<b>Lasnaadvoorbewerking</b> (Eveneens van toepassing: 7.5.8)	Niet vereist	Niet vereist	Voor het bewerken aangebrachte grondverven niet toegestaan		
<b>Partijkeuring van lastoevoegmaterialen</b>	Niet vereist				
<b>Inspectie en beproefing voor, tijdens en na het lassen</b>	Indien vereist	Vereist, zie 12.4.2.2			
<b>Hechtlassen</b> (Eveneens van toepassing: 7.5.7)	Indien relevant	Gekwalificeerde lasmethode			
<b>Het uitvoeren van lassen</b>	Zie 7.5		Verwijderen van lasspetters, zie ook: 7.5		
<b>Warmtebehandelingen na het lassen</b> (Eveneens van toepassing: 7.5.16)	Niet vereist	Bewijs dat aan de eisen van de productnorm of specificatie is voldaan			
		Methode en vastlegging zijn vereist	Methode, vastlegging en naspeurbaarheid van vastlegging naar het product zijn vereist		
<b>Aanvaardingscriteria</b> (Eveneens van toepassing: 7.6)	NEN-EN-ISO 5817 Kwaliteitsniveau D	NEN-EN-ISO 5817 Kwaliteitsniveau C	NEN-EN-ISO 5817 Kwaliteitsniveau B	NEN-EN-ISO 5817 plus Kwaliteitsniveau B+ (NEN-EN 1090-2 tabel 17)	
<b>Niet-overeenstemming en corrigerende maatregelen</b>	Controlemaatregelen moeten zijn ingevoerd	Controlemaatregelen moeten zijn ingevoerd Methoden voor reparatie en/of correctie zijn vereist (Eveneens van toepassing: 12.4.2.5)			
<b>Identificatie tijdens het proces en naspeurbaarheid</b>	Geen bijzondere eis	Vereist, zie 6.2 punt 1	Vereist, zie 6.2 punt 2		
<b>Kwaliteitsrapporten / NDO rapportage</b>	Vereist, zie Annex C 1 en 3	Vereist, zie Annex C 1, 3, 4 en 6	Vereist, zie Annex C 1 t/m 7		
<b>NDO algemeen</b>	Geen bijzondere eis				
<b>NDO uitvoering</b>	Voor omvang NDO onderzoek zie 12.4.2.2 en voor uitvoering NDO onderzoek zie 12.4.2.4				
<b>TOFD onderzoek</b>	Alleen uit te voeren indien door de opdrachtgever vereist, 12.4.2.2 en 12.4.2.4 f)				

Beschrijving		Veiligheidsleuning, leuning en klein ijzerwerk	Verkeerskundige draagconstructies	Overwegend statisch en/of dynamisch belaste primaire constructies en reparaties	Reparatie Stalen Rijdekken inclusief langsverstijvingen en dwarsdragers
Vereiste uitvoeringsklasse (Evenszins van toepassing: 4.1.2)	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4	EXC3
<b>Acceptatie criteria bij penetrant onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 a)	NEN-EN-ISO 23277 Acceptance level 1				n.v.t.
<b>Acceptatie criteria bij magnetisch onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 b)	NEN-EN-ISO 23278 Acceptance level 2		NEN-EN-ISO 23278 Acceptance level 1		
<b>Werkmethode bij ultrasoon onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 c)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 17640 Technique 1 Testing level A	NEN-EN-ISO 17640 Technique 1 Testing level C	NEN-EN-ISO 17640 Technique 1 Testing level B
<b>Acceptatie criteria bij ultrasoon onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 c)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 11666 Acceptance level 3	NEN-EN-ISO 11666 Acceptance level 2	
<b>Werkmethode bij ultrasoon onderzoek (lamellar tearing)</b> (Zie: 12.4.2.4 d)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 17640 Technique 2 Testing level A	NEN-EN-ISO 17640 Technique 2 Testing level C	n.v.t.
<b>Acceptatie criteria bij ultrasoon onderzoek (lamellar tearing)</b> (Zie: 12.4.2.4 d)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN 10160 Klasse S1E1	NEN-EN 10160 Klasse S1E1	n.v.t.
<b>Werkmethode radiografisch onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 e)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 17636-1: Onderzoek klasse A		
<b>Acceptatie criteria bij radiografisch onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 e)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 10675-1 Acceptance level 2	NEN-EN-ISO 10675-1 Acceptance level 1	
<b>Acceptatie criteria bij radiografisch onderzoek (Lasonderzoek aan (pas)troggen)</b> (Zie: 12.4.2.4 e II)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 10675-1 Acceptance level 1 Hierbij zijn tevens de vaste en metallische inluitsels (300) niet toegestaan	
<b>Werkmethode TOFD onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 f)	n.v.t.	n.v.t.	NEN-EN-ISO 10863 Examination level B	NEN-EN-ISO 10863 Examination level C	
<b>Acceptatie criteria bij TOFD onderzoek</b> (Zie: 12.4.2.4 f)	n.v.t.	n.v.t.	<a href="#">NEN-EN-ISO 15626</a> Acceptance level 2	<a href="#">NEN-EN-ISO 15626</a> Acceptance level 1	

12.4.2.5	Eis
----------	-----

In geval van reparaties, geldt een voorverwarmingstoeslag op de toegepaste voorwarmtemperatuur bij reparatie van 50 °C ten opzichte van de WPS met een maximum van 225 °C. In geval van reparatie van een las mag ten hoogste tweemaal een reparatie op dezelfde plaats in een las plaatsvinden. Daarna moet een deel van het moedermateriaal worden vervangen.

12.4.4 c1)	Eis
------------	-----

In afwijking van het gestelde in dit artikel, moet de omvang van de productieproef voor de verbinding tussen de dekplaat en de trog (onafhankelijk van het lasproces) minimaal 3 stuks zijn bij bruggen tot 1000 m<sup>2</sup> dekkoppervlak staal. Voor het oppervlak boven 1000 m<sup>2</sup> geldt minimaal 2 stuks per 1000 m<sup>2</sup> (of deel daarvan) en voor het oppervlak boven 5000 m<sup>2</sup> minimaal 1 stuks per 1000 m<sup>2</sup> (of deel daarvan).

Bijlage A	Eis
-----------	-----

Zie voor gedeeltelijke invulling tabel 7-8.

Zie "Relatie ontwerp uitvoering" aan het begin van dit hoofdstuk.

Uitvoeringsklassen bepalen in detail een groot deel van de vereisten ten aanzien van de fabricage en de uitvoering binnen het toepassingsgebied van dit ROK hoofdstuk (staalconstructies inclusief mechanische uitrustingen). De ontwerpende partij moet aanvullende informatie als genoemd in bijlage A van NEN-EN 1090-2 (inclusief noodzakelijke keuzen in onderliggende normen en documenten) voor zover niet al vereist in dit document, nader specificeren op basis van het gemaakte ontwerp (overdrachtsdocument ontwerp-uitvoering), tenzij de keuze met betrekking tot het betreffende item al in de ROK is gespecificeerd.

Bijlage B	Eis
-----------	-----

Bijlage B is niet van toepassing, zie tevens de ROK aanvulling bij NEN-EN 1993-1-1, bijlage bijlage C (paragraaf 7.1) en bij NEN-EN 1090-2, 4.1.2 (paragraaf 7.20).

Bijlage C	Eis
-----------	-----

Algemeen:

Zie de ROK aanvulling bij NEN-EN 1090-2, 4.2.2. Bijlage C moet ten aanzien van het kwaliteitsplan voor fabricage en montage als normatief worden gezien.

Specifiek:

Indien van toepassing (zie tabel 7-8), moet de opdrachtnemer in 3-voud (of het in het contract vermelde aantal) de volgende documentatie, actueel, systematisch en toegankelijk gebundeld aanleveren:

1. Lasmethodebeschrijving(-en) (WPS) + beproevingsresultaten (WPQR)
2. NDO-locatie(-s) in relatie tot tekeningen;
3. NDO-rapportage(-s) (geen röntgenfilms);
4. Materiaalcertificaten van basismateriaal;
5. Rapport(en) van de warmtebehandeling en de warmtebehandelingsprocedure(s) (indien van toepassing);
6. Rapport(en) over reparatie(s) en andere tekortkomingen
7. Afwijking(en) van lasparameters. (Indien gelast wordt met parameters die buiten de gespecificeerde range van de WPS vallen.)

De documentatie moet als volgt worden geleverd:

1. Twee papieren versies en
2. Eén doorzoekbare pdf.

Noot:

Alleen originele of door de verantwoordelijke lascoördinator (Responsible Welding Coordinator, RWC) gewaarmerkte kopieën zijn acceptabel.

Bijlage D	Eis
-----------	-----

Zie ROK aanvullingen bij NEN-EN 1090-2, hoofdstuk 11.

Bijlage E	Eis
-----------	-----

Bijlage E is informatief.

Bijlage F1.2	Eis
--------------	-----

- De omgevingsklasse is C5M en C5I voor atmosferische belasting en Im2 voor immersiebelasting. De minimaal te verwachten levensduur voor een beschermend conserveringssysteem tot het eerste grote conserveringsonderhoud is 20 jaar;
- Leuningwerk moet thermisch verzinkt uitgevoerd worden en vervolgens worden voorzien van een conventioneel natlaksysteem in de gestelde kleur;
- Trappen en bordessen moeten thermisch verzinkt uitgevoerd worden.

Bijlage F1.3e	Eis
---------------	-----

De tekst in punt e van F1.3 moet worden vervangen door:

Het conserveringssysteem moet voldoen aan:

- PSIBouw document SCON-2008-683-TCE, dd 30-10-2008, Eisen, testmethoden, nu en in de toekomst, deelrapport 2, bijlage 1A of 1B: De testen en eisen voor de veroudering van verfsystemen voor nieuwbouw (1A) of onderhoud (1B).

Dit kan met inbegrip zijn van eisen die verband houden met de vervolgens aan te brengen decoratieve deklagen en beperkingen aan de keuze van kleuren voor de deklaagproducten. Tevens moeten van het conserveringssysteem referentieobjecten of referentievlakken (proefvlakken) worden overlegd waarbij wordt aangetoond dat de verfleverancier minstens drie jaar aantoonbare ervaring op een vergelijkbare constructie en ondergrond en onder vergelijkbare omstandigheden heeft. De resultaten van uitgevoerde inspecties op de referentie moeten worden overlegd. Uit de gegevens moet ook blijken op welke onderdelen van de referentie het conserveringssysteem is toegepast en de omvang daarvan. Van de referenties moet bekend zijn bij wie informatie kan worden ingewonnen.

In aanvulling op F1.3 is ook de Code of Practice metaalconservering, documentnr. SCON-2010-337-TCE van toepassing.

Bijlage F2.1	Eis
--------------	-----

In aanvulling op F2.1 geldt dat voor reeds eerder geschilderde ondergronden de oppervlakken moeten worden voorbereid volgens NEN-EN-ISO 8501-2.

In aanvulling op F2.1 moeten loszittende en ondeugdelijke delen van de oude plamuur- en kitafdichtingen worden verwijderd.

Bijlage F4	Eis
------------	-----

Verwezen wordt naar de ROK aanvulling bij NEN-EN 1993-1-8, 3.9.1 (1) in ROK paragraaf 7.8.

Bijlage F6.1	Eis
--------------	-----

In aanvulling op F6.1 (aanbrengen van verf) en ISO 12994-7 moet de verflaag gecorrigeerd worden als de gemeten laagdikte meer dan 2,5 maal de gespecificeerde laagdikte bedraagt.

In aanvulling op F6.1 (aanbrengen van verf) moeten toe te passen kitten overschilderbaar zijn en worden beschouwd als integraal onderdeel van het conserveringssysteem. Kitten moeten worden aangebracht volgens de voorschriften van de leverancier en voor de laatste laag van het conserveringssysteem.

Bijlage F6.2	Eis
--------------	-----

In aanvulling op F 6.2 (metaal spuiten) zijn ook de eisen uit OGOS-500-TRL, Eisen thermische spuitlagen, Eisendeel, van toepassing.

Bijlage F6.3	Eis
--------------	-----

In aanvulling op F 6.3 (verzinken) is bij het toepassen van deklagen op thermisch verzinkte onderdelen NEN 5254 van toepassing.

In afwijking van NEN-EN-ISO 1461 is het gebruik van zinkspray voor het bijwerken van beschadigingen in de zinklaag niet toegestaan.

Bijlage F7.1	Eis
--------------	-----

In aanvulling op F7.1 (Keuring en Controle, Algemeen) zijn ook de eisen uit de Code of Practice metaalconservering, documentnr. SCON-2010-337-TCE van toepassing.

Bijlage F7.2	Eis
--------------	-----

De norm in punt b) 2 van F7.2 (routinecontroles) wordt vervangen door OGOS-500-TRL; Eisen thermische spuitlagen; Eisendeel.

Bijlage F7.3	Eis
--------------	-----

RWS specificeert geen referentievlakken.

Bijlage G	Eis
-----------	-----

Bijlage G mag niet worden toegepast.

Bijlage H	Eis
-----------	-----

Zie ROK aanvullingen bij NEN-EN 1090-2, hoofdstuk 8.

Bijlage J	Eis
-----------	-----

Bijlage J mag niet worden toegepast.

Bijlage M	Eis
-----------	-----

Zie ROK aanvullingen bij NEN-EN 1090-2, hoofdstuk 8.

## 8 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies

Voor het ontwerp en de uitvoering van staalbeton bruggen gelden de hoofdstukken 6 en 7 voor respectievelijk de betonconstructie en de staalconstructie.

### 8.1 **Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1994-1-1 + NB.

### 8.2 **Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1994-1-2 + NB.

### 8.3 **Deel 2: Algemene regels en regels voor staal-betonnen bruggen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1994-2 + NB.

## 9 Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies

### 9.1 **Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1995-1-1 + NB.

### 9.2 **Deel 1-2: Algemeen – Ontwerp en berekening van constructies bij brand**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1995-1-2 + NB.

### 9.3 **Deel 2: Houten bruggen**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1995-2 + NB.

## 10 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp van constructies

### 10.1 NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels

~~NEN 9997-1 is een samenstelling van NEN-EN 1997-1, NEN-EN 1997-1/C1, NEN-EN 1997-1/NB Nationale Bijlage en NEN 9097-1 Aanvullingsnorm bij NEN-EN 1997-1.~~

~~NEN 9097-1 bestaat uit tekstdelen van NEN 6740, NEN 6743-1, NEN 6744, NEN 6745-1, CUR Rapport 2001-4 en CUR Rapport 166; De tekstdelen kunnen zijn gewijzigd ten opzichte van het brondocument. NEN 9097-1 bestaat niet zelfstandig.~~

Aanvullingen op NEN 9997-1.

1.5.2.110	Eis (Bruggen)
-----------	---------------

Ieder steunpunt van een brug moet worden beschouwd als een afzonderlijke 'geotechnische constructie'.

2.4.6.3 (2)P	Toelichting
--------------	-------------

*Geometrische afwijkingen kunnen bijvoorbeeld van belang zijn bij constructies waar een beperkt aantal palen wordt toegepast, zoals bij de fundering van een geluidsscherm.*

2.4.9 (1)P	Eis (Bruggen)
------------	---------------

- Eisen met betrekking tot de zakking van een steunpunt in de bruikbaarheidsgrenstoestand voor vaste viaducten en bruggen:  
Een maximale steunpuntszakking van 0,05 m en een maximaal zakkingsverschil tussen twee opeenvolgende steunpunten van 0,03 m.

Het gaat hier alleen om de zetting die optreedt nadat de dekconstructie is aangebracht.

- Eisen met betrekking tot de schuinstand van een steunpunt voor vaste viaducten en bruggen:  
De schuinstand  $\omega$  volgens 1.5.3.37 van een steunpunt, bepaald volgens 6.6 resp. 7.6.4, bij belastingscombinaties volgens 2.4.2, mag niet groter zijn dan:
  - in langsrichting dek:  $\omega \leq 1 : 100$
  - in dwarsrichting dek:  $\omega \leq 1 : 600$

Voor beweegbare bruggen moet op de volgende wijze rekening worden gehouden met het optreden van zettingen:

- Bij statisch onbepaald opgelegde beweegbare bruggen moet, voor de gehele levensduur, in het ontwerp worden aangetoond dat zettingen (in verschillende vrijheidsgraden) niet leiden tot ontoelaatbare krachten of spanningen in de brugconstructie en/of het bewegingswerk.
- Bij statisch bepaald en onbepaald opgelegde beweegbare bruggen moet, voor de gehele levensduur, in het ontwerp worden aangetoond dat de beweegbare brug

bij het optreden van zettingen (in verschillende vrijheidsgraden) zijn functies in de bruikbaarheidsgrenstoestand kan blijven vervullen.

2.5	Eis
-----	-----

Toepassing van dit artikel is niet toegestaan.

2.7	Eis
-----	-----

~~Tenzij anders is voorgeschreven door de opdrachtgever, is toepassing van dit artikel niet toegestaan.~~

Bij toepassing van de beschreven ontwerpmethodiek moet SBRCURnet publicatie 679.15 "Handreiking Observational Method" worden gevolgd.

3.2.3 (6)P (e)	Eis
----------------	-----

Toevoeging na 1<sup>e</sup> alinea:

Voor paalfunderingen van geotechnische constructies als bedoeld in 1.5.2.110 moeten per geotechnische constructie ten minste 2 terreinproeven worden uitgevoerd, ~~De terreinproeven moeten die~~ liggen binnen de verticale projectie van de geotechnische constructie.

3.2	Eis (Tunnels)
-----	---------------

~~In het kader van CUR Rapport 2003-7 moeten bouwputten als grondkerende constructies worden beschouwd. Voor het afgezonken gedeelte van een zinktunnel kan over het algemeen worden volstaan met onderzoek volgens "lijninfrastructuur", zoals vermeld in CUR Rapport 2003-7, 2.4. Per project moet dit nader worden beoordeeld. CUR Rapport 2003-7, blz. 21, 2.4, laatste alinea "langs de as van de ophoging" wijzigen in "midden onder de constructie". In dezelfde alinea "ter plaatse van de randen" wijzigen in "onder de buitenwanden".~~

6.3 (3) (b)	Eis
-------------	-----

~~De 1<sup>e</sup> zin van de tekst onder de opmerking bij b) moet als volgt worden gewijzigd: "Bij toepassing van NEN-EN 1990 wordt geacht dat de belastingscombinaties volgens het wettelijk minimum in rekening zijn gebracht."~~

6.4 (5)P	Eis
----------	-----

Alleen de directe methode is toegestaan als ontwerpmethode.

6.5.2.3 (1)	Eis
-------------	-----

Toepassing van dit artikel is niet toegestaan.

6.5.2.4 (1)	Eis
-------------	-----

~~Toepassing van dit artikel is niet toegestaan.~~

6.6.2 (3) (c)	Eis
---------------	-----

Toepassen van de laatste regel "Voldoet de bouwconstructie... $\beta_x = 0$  zijn gesteld" is niet toegestaan.

*Toelichting:*

*Dit artikel geeft aan hoe de verwachtingswaarde van zettingsverschillen tussen geotechnische constructies (bijvoorbeeld steunpunten van een brug) moet worden bepaald; er is geen reden om daar niet mee te rekenen.*

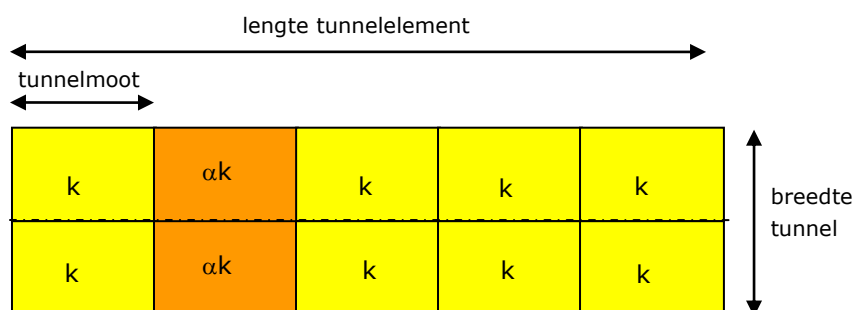
6.8	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Hierna is achtereenvolgens ingegaan op de volgende aspecten die een rol spelen bij het ontwerp van tunnels gefundeerd op staal:

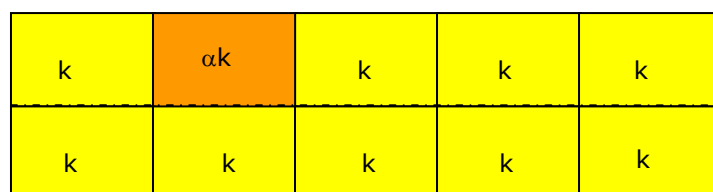
1. Variatie beddingsstijfheden;
2. Zettingseisen;
3. Tandconstructies c.q. koppelingsconstructies.

#### Ad. 1, Variatie beddingsstijfheden

Voor gesegmenteerde tunnels gefundeerd op staal moet, o.a. ter bepaling van tandkrachten, rekening gehouden worden met een variatie in beddingsstijfheden tussen de moten onderling zoals aangegeven in figuur 10-1. De variatie geldt dus zowel in langs- als dwarsrichting van de tunnel.



Variatie beddingstijfheid bij 2 aansluitende tunnelmoten



Variatie beddingstijfheid in dwarsrichting

#### Figuur 10-1: Variatie beddingsstijfheden

Voor de factor  $\alpha$  moet worden aangehouden:

- $\alpha = 0,9$  grindbed
- $\alpha = 0,75$  zandbed bij een niet-afgezonken tunnel
- $\alpha = 0,5$  door onderstroming verkregen zandbed (afgezonken tunnel)

Voor de bepaling van de effecten in langs- en dwarsrichting van de variatie in beddingsstijfheden, moet een berekening worden uitgevoerd waarbij de tunnelconstructie samen met de verende werking van de ondergrond wordt geschematiseerd (bijvoorbeeld verenmodel en/of EEM). Indien een tandconstructie rondom wordt toegepast, moet rekening worden gehouden met het feit dat de tandkrachten nabij stijve hoeken en tussenwanden het grootst zijn.

#### Toelichting:

*Uit metingen bij diverse afgezonken tunnels blijkt dat ook na oplevering in de loop der tijd nog significante zettingen kunnen optreden. Een plaatselijke verdubbeling (of zelfs meer) van de zettingen ten opzichte van de bouwfasetzettingen kan volgens*

*de uitgevoerde metingen in de loop der tijd optreden. De invloed van deze extra zettingen op de krachtswerking in de tunnel wordt geacht te zijn afgedekt door de gegeven relatieve variaties in de grootte van de beddingsconstanten.*

#### Ad. 2, Zettingseisen

Voor zinkelementen gelden tot het tijdstip van oplevering de volgende eisen:

- zettingen niet groter dan 0,05 m;
- rotaties niet groter dan 1:1000.

Verder geldt dat de tunnel extra zettingen, die in de loop der tijd optreden, moet kunnen volgen zonder dat de waterdichtheid in het gedrang komt, met andere woorden afdichtende rubberprofielen moeten voldoende vervormingscapaciteit bezitten en er mogen geen watervoerende scheuren ontstaan. Voor afgezonken tunnels gefundeerd op een onderstroomlaag van zand moet minimaal met een verdubbeling van de zettingen in de loop der tijd rekening worden gehouden.

#### *Toelichting:*

*De eisen tot het tijdstip van oplevering gelden ten opzichte van het theoretische alignement excl. eventuele voorinstellingen ter compensatie van verwachte zettingen. De gegeven rotatie-eis heeft primair te maken met voorkomen van een te grote rotatie t.p.v. de uiteinden van de tunnelelementen, waardoor de rekken van de afdichtingsprofielen te groot zouden kunnen worden om de waterdichtheid duurzaam te kunnen garanderen. De genoemde zettingeis in de bouwfase is gebaseerd op metingen in het verleden bij diverse tunnelprojecten.*

#### Ad. 3, Tandconstructies cq. koppelingsconstructies

Bij onderlinge koppeling van op staal gefundeerde tunnelelementen is het zakkingsverschil nul, maar de koppelingsconstructie moet gedimensioneerd worden op de krachtsoverdracht. Voor de bepaling van de krachten wordt verwezen naar punt 1. Voor de detaillering van tandconstructies (krans rondom) wordt verwezen naar het Handboek Tunnelbouw. Bij toepassing van een tandconstructie of koppeling in een waterkerende constructie, moet de tand of koppeling waarin de rubber-metalen voegstrook zit een minimaal 20% hogere breukkracht bezitten dan de tand of koppeling zonder rubber-metalen voegstrook.

#### *Toelichting:*

*De ervaring geeft aan dat in de loop der tijd de zettingen en zettingsverschillen significant kunnen toenemen. Dit wordt versterkt bij de aanwezigheid van een (variërende) bovenbelasting. De grootte van de toename van zettingen en zettingsverschillen in de loop der tijd laat zich niet precies voorspellen. De maximaal in de tand optredende krachten zijn daarmee voor de toekomst ook relatief onbekend. Bij tandbreuk in de tand, waarin zich de rubber-metalen voegstrook bevindt, kunnen dan ongewenste lekkages ontstaan door een scheur achter de rubber-metalen voegstrook. Door de andere tand zwakker uit te voeren zal deze tand scheuren en daarmee voorkomen dat een watervoerende scheur kan ontstaan in de tand met de rubber-metalen voegstrook. Hierbij moet er voor de vloer op gelet worden dat de aanwezige ballastbeton niet meedraagt bij de krachtswerking op de tand zonder rubber-metalen voegstrook. De eisen hebben betrekking op tandconstructies. De achterliggende filosofie dat een eventuele optredende scheur de waterdichtheid niet mag bedreigen, geldt ook voor alternatieve constructies.*

Zonder koppeling en zonder het gebruik van overgangsplaten geldt een maximaal toelaatbaar zettingsverschil tussen tunnelelementen van 0,005 m. Het is ook toegestaan het rijcomfort te verzekeren door het toepassen van overgangsplaten. De maximaal toelaatbare helling hiervan is 1:200.

*Toelichting:*

*Deze eis wordt gesteld om te voorkomen dat het rijcomfort en de verkeersveiligheid zal afnemen als gevolg van oneffenheden bij de voegovergangen. Teneinde rekening te houden met in de toekomst optredende zettingsverschillen, wordt aanbevolen om overgangsplaten een tegeninstelling te geven met een helling van max. 1:200.*

In het geval dat wordt overwogen om de constructievloer niet van een koppelingsconstructie te voorzien (cq. te verdeuvelen) moeten de volgende aspecten worden meegewogen:

- duurzaamheid van het voegovergangsprofiel onder invloed van vele wisselingen in de verticale verschilverplaatsing over de voeg;
- verkeerscomfort;
- verkeersveiligheid.

<del>7.6.1.1 (4)P-(e)</del>	<del>Eis</del>
-----------------------------	----------------

~~Binnen het kader van dit artikel wordt een geotechnische constructie als een bouwwerk gedefinieerd. Een funderingspaal moet dan worden beschouwd als een funderingselement.~~

7.6.2.1 (13)	Eis
--------------	-----

Open stalen buispalen moeten worden berekend met CUR Rapport 2001-8.

7.6.2.2 (4)	Toelichting
-------------	-------------

*Aan de hand van CUR Rapport 2001-8 kan rekenkundig worden onderbouwd of wel of geen plugvorming optreedt.*

7.6.2.3 (10) (i)	Eis
------------------	-----

Bij in de grond gevormde palen mag aan de eerste meter van de paal onder het ~~maaiveld en/of het ontgravingsniveau~~ niveau tot waar de paal is gestort geen schachtwrijving worden ontleend.

<del>7.6.3.3 (8) (e)</del>	<del>Eis</del>
----------------------------	----------------

~~Stap 1: Bij de bepaling van  $\gamma_{m, var, ge}$  moet ook de windbelasting worden beschouwd als een wisselende belasting.~~

7.6.4.2 (4) (d)	Eis
-----------------	-----

De tekst "Als het bouwwerk of de bouwconstructie voldoet aan 7.6.1.1 (b) hoeft geen rekening te zijn gehouden met relatieve rotaties" is niet van toepassing.

*Toelichting:*

*Dit artikel geeft aan hoe de verwachtingswaarde van zettingsverschillen tussen geotechnische constructies (bijvoorbeeld steunpunten van een kunstwerk) moet worden bepaald; er is geen reden om daar niet mee te rekenen.*

7.7	Eis (Tunnels)
-----	---------------

De **krachtswerking** in palen door een horizontale verplaatsing moet worden bepaald met de theorie van een verend ondersteunde ligger. ~~De waarde van de beddingsconstante moet voor een definitief ontwerp worden bepaald door een grondmechanisch advies.~~ De rekenwaarde van de krachten en momenten in palen onder invloed van horizontale grond- en/of constructieverplaatsingen moet minimaal worden bepaald op basis van een (Winkler)model, waarbij de palen verend zijn ondersteund door de grond en waarbij rekening wordt gehouden met de paalgroepsinteractie en de niet-lineaire sterkte en stijfheideigenschappen van de grond.

7.8	Eis (Tunnels)
-----	---------------

Hierna zijn enkele aanvullende bepalingen opgenomen voor paalfunderingen.

#### Toepassing paal-plaatfundering

Voor geotechnische categorie 3 constructies mogen gecombineerde paal-plaat funderingen worden toegepast. Hierbij moet vanaf onderkant vloer tot 4 maal de grootste equivalente diameter onder de palen een zandpakket aanwezig zijn met een minimale conusweerstand van 10 MPa.

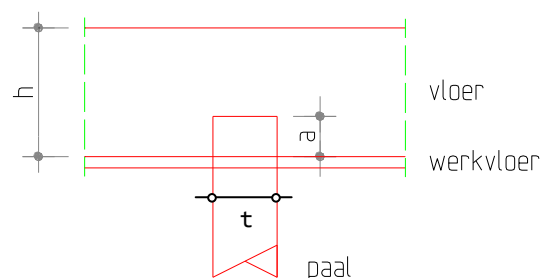
#### *Toelichting:*

*Met andere woorden onder de genoemde randvoorwaarde mag de gezamenlijke draagkracht van de grond (fundering op staal) en de palen in rekening worden gebracht.*

*De achtergrond van de gestelde minimale eis aan de conusweerstand is dat de parallelle stijfeden van palen en ondergrond niet te ver uit elkaar mogen liggen. Verder mag er geen spleet aanwezig zijn tussen de onderzijde van de betonnen vloer en het zand (bijvoorbeeld als gevolg van inklinking van los gepakt zand).*

#### Berekening van paalkrachten

Palen moeten als volledig ingeklemd worden beschouwd als de hoogte  $a$  van de paalkop in de constructievloer ten minste gelijk is aan de kleinste waarde van  $\frac{1}{2} h$ ,  $\frac{1}{2} t$  en 0,5 m, waarbij  $h$  de hoogte van de constructievloer is en  $t$  de paalafmeting (zie Figuur 10-2). In andere gevallen moet de verbinding als scharnierend worden geschematiseerd of, als alternatief, een rotatieveerstijfheid in de berekeningen worden gebruikt. ~~De paal moet minimaal 10 cm in de constructievloer worden opgenomen om een spleet ter plaatse van de aansluiting te voorkomen.~~



**Figuur 10-2: Opname paalkop in constructievloer**

Bij een paal welke in de gebruiksfase onder trek staat, moet de paal over een afstand  $a$  (zie Figuur 10-2) minimaal gelijk aan de benodigde dekking op de wapening in de constructievloer worden opgenomen. De dikte van de werkvloer mag hierbij niet in rekening worden gebracht. Deze afstand moet worden vergroot met de uitvoeringstoleranties van het koppensnellen. Als de paalkop voor het snellen ingezaagd wordt, de hoogte van de paal na het snellen wordt ingemeten en eventuele afwijkingen worden hersteld door een bekisting rondom de paal tot de juiste hoogte op te nemen, mag als tolerantie "0" worden meegenomen. Zo niet, dan moet 10 cm voor de afstand  $a$  worden aangehouden.

*Toelichting:*

*De opname van een trekpaal over een afstand  $a$  in de constructievloer dient om te voorkomen dat een spleet ontstaat, die in verbinding staat met de buitenzijde van de constructie. De spleet kan bij een trekpaal optreden als gevolg van rek van de stekwapening in het aanhechtingsgebied. Een dergelijke spleet is een risico voor de bescherming van de wapening tegen corrosie.*

Bepalingen met betrekking tot funderingspalen

Algemeen:	De steklengte bij trekpalen doorzetten in de paalrichting en ombuigen om het bovennet.
Geprefabriceerd:	Bij trekpalen moet het voorspanniveau zodanig groot zijn, dat ten gevolge van de optredende belastingen in alle (bouw)fasen de trekspanningen in de paal niet groter zijn dan $0,3 f_{ctm}$
In de grond gevormd:	Het groutmengsel bij vibro-combinatie palen moet een minimaal volumegewicht bezitten van $22 \text{ kN/m}^3$ . Het groutmengsel moet na 28 dagen een karakteristieke kubusdruksterkte bezitten van 35 MPa.
Stalen palen:	Bij het vastlassen van wapening aan een stalen buispaal moet rekening worden gehouden met een terugval in sterkte van de buis tot een karakteristieke sterkte van 235 MPa (S235). Voor de wapening wordt verwezen naar ROK paragraaf 6.1, 3.2.5.

*Toelichting:*

*De gestelde eis aan de maximale trekspanning in geprefabriceerde palen is bedoeld om de trekpaal in relatie tot de duurzaamheid met enige zekerheid ongescheurd te houden. Een hogere graad van voorspanning kan noodzakelijk zijn als uit een heilanalyse volgt dat het risico van scheuren van de paal aanwezig is bij het inbrengen van de paal. Dit is afhankelijk van de bodemopbouw en het gebruikte materieel.*

*In het gebied nabij de overgang naar een betonnen vloer waar de voorspanning nog niet volledig is ingeleid, kan soms niet aan de eis voor een maximale trekspanning van  $0,3 f_{ctm}$  worden voldaan. Als dit het geval is, kan dit met behulp van één van de twee navolgende methoden worden opgelost:*

- i) Aanbrengen van extra wapening. In combinatie met het voorspanstaal moet de toelaatbare scheurwijdte voldoen aan de eis voor "Elementen met een combinatie van betonstaal en voorspanstaal met aanhechting" volgens NEN-EN 1992-1-1, Tabel 7.1N.*
- ii) In het gebied waar extra wapening in staat is om de gehele trekkracht op te nemen, zonder de voorspanwapening in rekening te brengen, mag de eis voor*

*"Elementen met betonstaal en/of voorspanstaal zonder aanhechting" worden aangehouden. Vanaf het punt dat de aanwezige extra wapening een maximale scheurwijdte voor "Elementen met een combinatie van betonstaal en voorspanstaal met aanhechting" geeft, mag het voorspanstaal weer in rekening worden gebracht.*

7.9 (3)P	Eis
----------	-----

Vastlegging van de metingen en/of kalenderingen moet door onafhankelijk of door geautomatiseerd heitoezicht geschieden.

7.9 (4)	Eis
---------	-----

Indien de kalenderstaat geldt als vereiste controle tijdens de bouw, ten behoeve van de bepaling van overgangen van grondlagen en/of paalpuntniveaus, moet deze in een rapport zijn vastgelegd en aan het geboortecertificaat worden toegevoegd.

CUR Aanbeveling 114 met betrekking tot het installeren van palen is van toepassing. De eerste paal moet volledig worden gekalenderd, bij de sondering die gemaakt is voor het ontwerp van deze paalgroep. Iedere volgende paal moet vanaf aanvang van de draagkrachtige laag worden gekalenderd. Voor de volledige groep moet de slagenergie constant worden gehouden (tot tenminste de volgende sondering) om terug- of opgangen in de bodemweerstand op te sporen. Dit alles zodat er maatregelen genomen kunnen worden, indien de weerstand van de grond significant afneemt of toeneemt (zie ook NEN 9997-1, 7.6.2.3 (10)(b)).

8.4 (11)P	Eis
-----------	-----

Voor gegrouete ankersystemen, onafhankelijk van de wijze van aanbrengen en de helling, is een corrosiebescherming noodzakelijk overeenkomstig NEN-EN 1537. Voor andere ankersystemen geldt NEN 9997-1, 8.4(11)P.

*Toelichting:*

*Dit houdt in dat volgens NEN-EN 1537 onderscheid gemaakt moet worden tussen tijdelijk en definitief functionerende ankers. Bij definitief functionerende ankers moet een dubbele corrosiebescherming over de gehele lengte worden aangebracht. Het gebruik van een corrosietoetslag, coating of groutdekking of een combinatie daarvan is, in relatie tot corrosiebescherming, volgens NEN-EN 1537 niet toegestaan.*

9.1.1 (1)P	Eis
------------	-----

Kerende constructies in gewapende grond moeten worden ontworpen volgens CUR Rapport 198. Daarbij geldt het volgende:

- Er moet worden voorkomen dat in gewapende grondconstructies uitspoelingen kunnen ontstaan. Speciale aandacht voor de regenwaterafvoer van op gewapende grondconstructies gefundeerde kunstwerken is vereist.
- Er moet worden voorkomen dat de sterkte van het grondmassief wordt aangetast door fauna-activiteiten (zoals het graven van gangen).
- In het beheers- en onderhoudsplan van gewapende grondconstructies moet worden opgenomen dat specifiek op het aanwezig zijn van uitspoelingen en holtes als gevolg van activiteiten van dieren moet worden geïnspecteerd.

*Toelichting:*

- *Bij gewapende grond wordt de draagkracht ontleend aan de samenwerking van grond met wapening. Gedurende de levensduur van de constructie moet die samenwerking blijven bestaan.*  
*Er zijn in ten minste één terre armée constructie konijnenholen aangetroffen. Het zal duidelijk zijn dat holtes door uitspoeling of door dieren die in het massief graven, aanleiding zijn voor (plaatselijke) instabiliteit, met als minste gevolg verzakkingen en als uiterste gevolg bezwijken van het massief.*
- *Samenwerking met een bureau voor grondmechanisch advies is wenselijk.*

<a href="#">9.3.2.2 (3)</a>	<a href="#">Eis</a>
-----------------------------	---------------------

~~Toepassing van dit artikel is niet toegestaan.~~

<a href="#">9.3.2.3 (3)P (c)</a>	<a href="#">Onjuistheid</a>
----------------------------------	-----------------------------

~~De laatste kolom van tabel 9.a is niet correct:  
Rekenwaarde laag  $= \mu \cdot Y_{re} \cdot \Delta$~~

<a href="#">9.4 en 9.5</a>	<a href="#">Eis</a>
----------------------------	---------------------

Hierna zijn aanvullende bepalingen opgenomen voor grondkerende constructies.

Gronddruk op grondkerende constructies

Voor de gronddruk op grondkerende constructies wordt verwezen naar: damwandconstructies zie ook CUR Rapport 166; diepwanden zie ook CUR Aanbeveling 76 en CUR/COB Rapport 231; gewapende grond zie ook CUR Rapport 198.

Fundering op staal van grondkerende constructies

Van zand, dat is verwerkt ten behoeve van een grondverbetering voor fundaties op staal, moet de draagkracht op een diepte van 1,0 m beneden de bovenkant van de grondverbetering een conusweerstand van ten minste 10 MPa hebben. Op een diepte van 0,60 m beneden de bovenkant van de grondverbetering moet de conusweerstand ten minste 6 MPa zijn en tot deze diepte gelijkmatig toenemen. De draagkracht in grondverbeteringen moet worden bepaald aan de hand van sonderingen op a-select gekozen locaties. ~~Per 500 m<sup>2</sup> een sondering maken over de totale hoogte van de grondverbetering.~~ Daarbij moet aan beide einden van de grondkerende constructie een raai van twee sonderingen worden gemaakt, alsmede op tussengelegen punten zodanig dat de onderlinge afstand tussen de raaien niet meer dan 25 m bedraagt. Per raai moeten de sonderingen worden uitgevoerd onder de as van de grondkerende constructie en ter plaatse van de verankeringslichamen. De sonderingen moeten worden doorgezet tot het niveau dat van invloed is op het draagvermogen en het vervormingsgedrag van de grondkerende constructie. Hierbij moet de einddiepte van een eventuele grondverbetering als minimum diepte worden aangehouden.

Voor damwanden zie CUR Rapport 166.

Voor diepwanden zie CUR Aanbeveling 76 en CUR/COB Rapport 231.

Voor gewapende grond zie CUR Rapport 198.

Voor de bepaling van  $\lambda_p$  een maximale  $\phi$  aanhouden van 35°. Zie CUR Rapport 166 deel 2, 3.4.3. Voor veen geldt  $\delta = 0$ .

### Belasting door normaalkrachten

Rekening moet worden gehouden met normaalkrachten door de verticale component van de verankering, heitranverse, etc. De berekening mag uitgevoerd worden volgens Heron, volume 31, 1986, no 4.

### Evenwicht bij aanvullen

Bij het aanvullen ter weerszijden van constructies of onderdelen daarvan moet met een berekening worden aangetoond welk onderling hoogteverschil mogelijk is.

### Controleproeven verankeringen

Na de controleproeven van de verankeringen de voorspankracht aflaten tot maximaal 60% van de bezwijkwaarde van het anker.

Bij verankeringen, bestaande uit staven:

- geen staven toepassen met een karakteristieke treksterkte > 1100 MPa;
- een conische moer toepassen.

### *Toelichting:*

*Staven met een zeer hoge treksterkte zijn gevoelig voor breuk als gevolg van toevallige momenten. Door het toepassen van een conische moer wordt de grootte van optredende buigspanningen verminderd.*

Bij definitieve verankeringen, bestaande uit staven, een toelaatbare spanning van maximaal 500 MPa toepassen.

In aanvulling op CUR Rapport 166, deel 2, 5.5.9 moet ook voor ankers worden uitgegaan van uitval van een enkel anker.

### Verkeersbelasting

Voor grondkerende constructies gelegen in de nabijheid van een weg geldt voor de verkeersbelasting NEN-EN 1991-2, 4.9.1.

### Damwand als verloren bekisting

Bij het niet trekken van damwanden en storten van de betonwand hiertegen, mag in de gebruiksfase de verticale draagkracht aan de damwanden ontleend worden onder voorwaarde dat de mechanische verbinding van beton aan staal verzekerd is zonder dat aanhechting in het vlak beton-staal in rekening wordt gebracht, met andere woorden afschuifverbindingen zijn vereist. De afschuifverbindingen moeten worden gedimensioneerd volgens NEN-EN 1994-1-1, 6.6. Voor de te hanteren corrosietoeslag aan de buitenzijde wordt verwezen naar NEN-EN 1993-5, 4.4 en de aanvullende bepaling in de ROK.

### Trekken van damwanden en (hulp)palen

- ~~CUR Rapport 166 deel 2, 5.4.13, Bestekseisen Rijkswaterstaat, punt 4 wijzigen in: "Indien de te verwijderen paal/damwandplank zich nabij een (definitieve) fundering op staal bevindt, moet grondmechanisch advies worden ingewonnen. De minimale horizontale afstand van rand van de betonconstructie tot hart te verwijderen paal/damwandplank bedraagt 3,0 m"~~

CUR 166 deel 2, 5.4.13 moet worden toegepast onder inwinning van grondmechanisch advies.

Indien een funderingspaal of damwandplank naast een fundering op staal wordt getrokken op een afstand binnen de invloedsbreedte  $a_e$ , volgens figuren 6.b en 6.c in NEN 9997-1, moet de invloed van het trekken op het draagvermogen en het vervormingsgedrag van de fundering op staal worden berekend.

Indien een funderingspaal of damwandplank naast een fundering op palen wordt getrokken op een afstand kleiner dan  $8d$  (van de te trekken paal/plank) plus  $8d$  (van de te handhaven paal), moet de invloed van het trekken op het draagvermogen en het vervormingsgedrag van de fundering op palen worden berekend.

Deze berekeningen moeten zijn gebaseerd op een realistische inschatting van de hoeveelheid grond die met het trekken van de paal of plank mee uit de grond wordt getrokken en de ontspanning van de grondslag als gevolg van het trekken van de paal of plank. Deze uitgangspunten dienen bij de realisatie middels monitoring geverifieerd te worden.

Analoog aan het voorgaande moet het effect van (tijdelijke) ontgravingen op het draagvermogen en het vervormingsgedrag van funderingen op staal of op palen worden bepaald, terwijl de grootte van de ontgraving (en het eventueel weer aanvullen) door meting worden geverifieerd.

Voor de toelaatbaarheid van het verwijderen van in de grond gevormde verticale elementen moet altijd grondmechanisch advies worden ingewonnen.

#### Toelaatbare horizontale vervormingen voor damwanden en betonnen wanden

Voor eisen zie CUR Rapport 166 Deel 1, 3.3.10, onder "Eisen Bouwdienst RWS". De in CUR Rapport 166 gegeven eisen gelden ook voor constructies anders dan damwanden, zoals betonnen wanden, tenzij anders is voorgeschreven in het contract. Indien aan de actieve zijde de (grond)waterstand hoger is dan het maaiveld, als maximaal te keren hoogte het waterpeil aanhouden.

Voor de bovenbelasting tabel 3.6 van CUR Rapport 166 Deel 1, 3.3.2, geotechnische categorie 2 met een waarde van ten minste  $20 \text{ kN/m}^2$ , aanhouden.

De verschilvervormingen tussen uitkragende betonwanden over de voegen aan de bovenzijde mag maximaal 5 mm zijn.

#### *Toelichting:*

*De gestelde eisen aan de toelaatbare horizontale vervormingen hebben een achtergrond vanuit esthetica. Het betreft toelaatbare afwijkingen ten opzichte van de geplande stand van de damwand of betonnen wand; dus ook geldig voor hellende wanden.*

*Zonodig moeten deuvels of consoles worden toegepast om aan de toelaatbare verschilvervorming over een voeg te kunnen voldoen.*

*De genoemde bovenbelasting van ten minste  $20 \text{ kN/m}^2$  heeft tot doel, ook als er geen verkeersbelasting aanwezig, de constructie voldoende toekomstvast te maken voor in het ontwerp stadium nog niet bekende bovenbelastingen.*

*Voor wanden moeten plaatsings-, hellingtoleranties en vervormingen na belasting in rekening worden gebracht, met oog op de vereiste breedte van het profiel van vrije ruimte.*

9.5.4 (1) (b)	Eis
---------------	-----

Als gevolg van fluctuerende temperaturen en eventuele waterstanden moet [bij vrij uitkragende wanden](#) het oplopen van de gronddruk tot hogere waarden in de loop der tijd als volgt in rekening worden gebracht:

Voor de passieve gemobiliseerde druk geldt:

$$K_{h;mob} = K_0 + (K_{ph} - K_0) \cdot (v/z) / (a + v/z)$$

waarin:

$K_{h;mob}$  = horizontale gronddrukcoëfficiënt als gevolg van het opspaneffect;

$K_0$  = neutrale gronddrukcoëfficiënt;

$K_{ph}$  = passieve horizontale gronddrukcoëfficiënt;

$v$  = verplaatsing van de wand, in passieve richting op diepte  $z$ , als gevolg van fluctuerende temperatuureffecten en waterstanden;

$z$  = diepte [gemeten vanaf de bovenzijde van de wand](#);

$a$  = parameter die afhankelijk is van de pakking van het zand;

#### Toelichting

*Voorgaande formule is ontleend aan "Sluiskolkwanden in Maasbracht en Born, Advies horizontale druk tegen sluiskolkwanden, mei 2007, GeoDelft"*

De parameter  $a$  varieert tussen 0,01 voor vastgepakt zand en 0,1 voor los gepakt zand. Voor in lagen verdicht zand kan  $a = 0,03$  worden aangehouden. Als de gronddruk ongunstig werkt, moet voor de belastingsfactor voor gevolgklasse 2 een waarde van 1,5 worden aangehouden; voor gevolgklasse 3 is dit 1,65.

Voor de partiële gronddrukcoëfficiënt moet, als de druk gunstig werkt, een waarde van 1,0 worden aangehouden.

Voor de grootte van de momentaanfactoren voor de combinatie van de belastingen als gevolg van het opspaneffect en alle variabele belastingen geldt  $\psi = 1$ .

9.5.5 (1)P (a)	Eis
----------------	-----

~~Er moet van worden uitgegaan dat de grond altijd in lagen wordt aangebracht.~~

~~Bij de bepaling van de grondbelasting op een constructieelement moet rekening worden gehouden met de mate waarin de grond verdicht kan worden tijdens de uitvoering.~~

~~In afwijking van het gestelde in dit artikel moeten de extra gronddrukken achter de grondkerende constructie ten gevolge van verdichting van de aanvulgrond, zijn opgeteld bij de gronddrukken die het gevolg zijn van later werkende bovenbelasting door verkeer en opslag.~~

9.7.5 (1)P	Eis
------------	-----

~~In 9.7.1 stap 11.5 is aangegeven op welke wijze de draagkracht van een damwand kan worden berekend. Bij de beschouwing van het verticaal draagvermogen moet rekening worden gehouden met mogelijke interactie met het buigingsgedrag, zoals beschreven in CUR 166, deel 2, paragraaf 4.10.10.~~

Naast de in 9.7.5 aangegeven controle van het verticale evenwicht moet ook de mogelijke interactie tussen buiging en normaalkracht, zoals beschreven in CUR 166, deel 2, paragraaf 4.10.10, in rekening worden gebracht.

10.2	Eis (Tunnels)
------	---------------

Bij de toetsing van het oprijfmechanisme (UPL = UPLift) gelden de volgende bepalingen:

- Voor de volumieke gewichten van weerstandbiedende blijvende belastingen (beton en/of grond) moeten "representatieve gemiddelde" waarden worden aangehouden.  
*Toelichting: Met "representatieve gemiddelde" waarde wordt een volumiek gewicht bedoeld welke, in relatie tot bijvoorbeeld het volume van een tunnelmoot, als gemiddelde waarde met een grote betrouwbaarheid (> 95%) aanwezig is. Het totale verticale evenwicht van een tunnel wordt niet significant nadelig beïnvloed door een zeer plaatselijk lager volumiek gewicht. Voor beton kan in het ontwerp stadium een variatie van +/- 0,7 kN/m<sup>3</sup> worden toegepast. Als richtlijn kan bijvoorbeeld voor gewapend beton worden uitgegaan van een minimaal volumiek gewicht van 24,5 - 0,7 = 23,8 kN/m<sup>3</sup>.*
- Bij twijfel over de dichtheid van het (grond)water, moet van de dichtheid van zout (zee)water worden uitgegaan (~~10,25~~ kN/m<sup>3</sup>).
- Door waarneming tijdens de bouw (volumieke gewichten en maattoleranties) moet altijd worden nagegaan of de ontwerpuitgangspunten ook daadwerkelijk gerealiseerd zijn. Indien noodzakelijk moeten compenserende maatregelen worden genomen.  
*Toelichting: De voorgeschreven partiële factor  $\gamma_{G;stb} = 0,9$  is bedoeld om onzekerheden af te dekken qua volumieke dichtheden, maattoleranties en rekenonnauwkeurigheden, etc. Aangezien deze factor niet veel ruimte laat voor onzekerheden, is het van belang om de gehanteerde uitgangspunten te toetsen aan gerealiseerde waarden van volumieke gewichten en maattoleranties.*
- Wrijvingskrachten in (eventuele) glijvlakken mogen niet in rekening worden gebracht.  
*Toelichting: Teneinde de verticale vervormingen te beperken, moet voorkomen worden dat het verticale evenwicht afhankelijk is van zich vormende glijvlakken. Bijvoorbeeld bij de aanwezigheid van oren aan een tunnelmoot mag alleen de verticale kolom grond boven het oor in rekening worden gebracht.*
- Bij tunnels moet als belastinggeval rekening worden gehouden met het tijdelijk verwijderen van een laag grond ter dikte van 0,5 m boven de tunnel. Hierbij hoeft geen rekening te worden gehouden met het tegelijkertijd verwijderen van de laag grond en het in verband met onderhoud verwijderen van asfalt, wegmeubilair en tunneltechnische installaties;

Hierna zijn specifieke bepalingen opgenomen voor de toetsing van het oprijfmechanisme (UPL) voor achtereenvolgens:

1. Niet-afgezonken tunnels gefundeerd op staal;
2. Afgezonken tunnels gefundeerd op staal;
3. Tunnels gefundeerd op (trek)palen;
4. Folieconstructies.

#### Ad. 1, Niet-afgezonken tunnels gefundeerd op staal

Voor de partiële factoren voor de toetsing van het oprijfmechanisme moet NEN 9997, Tabel A.15 worden aangehouden.

**Tabel 10-1: Partiele factoren voor toetsing opdrijven**

Belasting	Symbool	Waarde
Blijvend		
—Ongunstig <sup>a</sup>	$\gamma_{G;dst}$	1,0
—Gunstig <sup>b</sup>	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Veranderlijk		
—Ongunstig <sup>a</sup>	$\gamma_{Q;dst}$	1,5
<sup>a</sup> -Aandrijvend		
<sup>b</sup> -Weerstandbiedend		

Voor de toetsing van het oprijfmechanisme gelden de volgende bepalingen:

1. De tunnel ligt volledig rondom in het water  
Veranderlijke (ongunstige) oprijfkrachten zijn alleen aanwezig indien overspannen water onder de constructie aanwezig is. Voor die situatie moet  $\gamma_{Q;dst} = 1,5$  worden aangehouden. Voor overige situaties geldt voor de waterdruk  $\gamma_{G;dst} = 1,0$ .

*Toelichting:*

*Voor het geval de extreme (grond)waterstand hoger ligt dan (of gelijk aan) de bovenzijde van het dak van de tunnel, is voor het verticale evenwicht de precieze maximale (grond)waterstand niet meer van belang.*

2. De tunnel ligt deels in het water

Voor de laagste grondwaterstand geldt  $\gamma_{G;dst} = 1,0$ . Voor de variatie van de grondwaterstand gebaseerd op bijvoorbeeld peilbuismetingen geldt  $\gamma_{Q;dst} = 1,5$ . Indien de grondwaterstand na vermenigvuldiging met  $\gamma_{Q;dst} = 1,5$  fysiek niet kan optreden (bijvoorbeeld als dit boven het peil van vollopen van de constructie ligt), mag de fysieke grens met  $\gamma_{G;dst} = 1,0$  worden aangehouden. Indien de extreme waterstand met een overschrijdingskans van  $3,9 \cdot 10^{-5}$  of  $1,3 \cdot 10^{-5}$  op jaarbasis voor resp. CC2 en CC3 wordt gehanteerd (d.w.z.  $3,9 \cdot 10^{-3}$  resp.  $1,3 \cdot 10^{-3}$  over de ontwerplevensduur van 100 jaar), mag voor de extreme waterdruk  $\gamma_{G;dst} = 1,0$  worden aangehouden. Hierbij moet rekening worden gehouden met mogelijke trendwijzigingen in de ontwerplevensduur van de constructie (bijvoorbeeld waterwinning, peilwijziging, invloed wijziging peilbeheer van rivier/beek, wijzigingen als gevolg van klimaatveranderingen). Hieraan moet, indien noodzakelijk, een geohydrologisch (grond)watermodel ten grondslag liggen.

*Toelichting:*

*Omdat in de laatstgenoemde situatie extreme (grond)waterstanden vastgesteld worden met een zeer kleine overschrijdingskans, kan met een lagere belastingsfactor worden volstaan ten opzichte van de situatie waarbij de (grond)waterstanden bijvoorbeeld alleen worden ontleend aan een beperkte reeks historische peildata.*

#### Ad. 2, Afgezonken tunnels gefundeerd op staal

Voor afgezonken tunnels geldt een minimale korreldruk van gemiddeld  $5 \text{ kN/m}^2$ . Dit is exclusief het gewicht van tunnelinstallaties, asfalt en ballast op het dak.

*Toelichting:*

*Bovenstaande relatief lage oplegdruk is verantwoord omdat het gewicht van een afgezonken tunnelement relatief goed bekend is (uittrimmen in afzinkfase). Voor het tunnelontwerp in de OTAO-fase (Opdrijven, Transporteren, Afzinken en Onderstromen) wordt verwezen naar ROK paragraaf 6.5.*

#### Ad. 3, Tunnels gefundeerd op trekpalen

In afwijking op CUR Aanbeveling 77 is het toepassen van gladde betonnen of gladde stalen palen **ter plaatse van het verankeringsgebied in de vloer** niet toegestaan.

Bij de toepassing van relatief slappe trekelementen (zoals bijvoorbeeld Gewi-ankers) onder ongewapende onderwaterbetonvloeren moeten de puntvormige opleggingen geschematiseerd worden overeenkomstig de stijfheid van deze relatief slappe trekelementen. Het schematiseren als starre steunpunten van dit type trekelementen is onjuist en daarom niet toegestaan.

#### Ad. 4, Folieconstructies

De ontwerpuitgangspunten van folieconstructies zijn opgenomen in "CUR Rapport 221, Handboek folieconstructies". In aanvulling hierop gelden de volgende bepalingen voor de toetsing van het opdrijfmechanisme (UPL). Voor de partiële factoren voor de toetsing **moet** NEN 9997, Tabel A.15 **worden aangehouden**.

**Tabel 10-2: Partiele factoren voor toetsing opdrijven van folieconstructies**

Belasting	Symbool	Waarde
Blijvend		
—Ongunstig <sup>a</sup>	$\gamma_{G;dst}$	1,0
—Gunstig <sup>b</sup>	$\gamma_{G;stb}$	0,9
Veranderlijk		
—Ongunstig <sup>a</sup>	$\gamma_{Q;dst}$	1,5
<sup>a</sup> -Aandrijvend		
<sup>b</sup> -Weerstandbiedend		

Voor de laagste grondwaterstand geldt  $\gamma_{G;dst} = 1,0$ . Voor de variatie van de grondwaterstand gebaseerd op peilbuismetingen geldt  $\gamma_{Q;dst} = 1,5$ . Indien de grondwaterstand na vermenigvuldiging met  $\gamma_{Q;dst} = 1,5$  fysiek niet kan optreden (bijvoorbeeld als dit boven het peil van vollopen van de constructie ligt), mag de fysieke grens met  $\gamma_{G;dst} = 1,0$  worden aangehouden.

Indien de extreme waterstand met een overschrijdingskans van  $3,9 \cdot 10^{-5}$  of  $1,3 \cdot 10^{-5}$  op jaarbasis voor resp. CC2 en CC3 wordt gehanteerd (d.w.z.  $3,9 \cdot 10^{-3}$  resp.  $1,3 \cdot 10^{-3}$  over de ontwerplevensduur van 100 jaar), mag voor de extreme waterdruk  $\gamma_{G;dst} = 1,0$  worden aangehouden.

#### *Toelichting:*

*Voor de bepaling van deze overschrijdingskansen is gebruik gemaakt van NEN-EN 1990, bijlage C, C.7 (3).*

Hierbij moet rekening worden gehouden met mogelijke trendwijzigingen in de ontwerplevensduur van de constructie (bijvoorbeeld waterwinning, peilwijziging, invloed wijziging peilbeheer van rivier/beek, wijzigingen als gevolg van klimaatveranderingen). Hieraan moet, indien noodzakelijk, een geohydrologisch model ten grondslag liggen.

## **10.2 NEN-EN 1997-2 Deel 2: Grondonderzoek en beproeving**

Geen aanvullingen op NEN-EN 1997-2. De aspecten van dit EC-deel worden voldoende afgedekt door NEN 9997-1.

## 11 Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies

Tot nu toe is er geen aanleiding geweest om Nationale Bijlagen bij de Eurocodes ten behoeve van het ontwerp en de berekening van aardbevingbestendige constructies – de EN 1998-serie – op te stellen. Ondanks het ontbreken van een Nationale Bijlage wordt Eurocode 8 wel van toepassing verklaard in de ROK. De ontbrekende parameters dienen projectspecifiek te worden bepaald.

### 11.1 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; algemeen

#### Algemeen

**Bruggen, tunnels en natte kunstwerken** dienen op een aardbevingsbelasting te worden berekend.

De aardbevingsbelastingcombinatie moet worden beschouwd.

In gesloten stand moet een **beweegbare brug** voldoen aan dezelfde aardbevingsbestendigheidseisen als een overeenkomstige "vaste" brug inclusief de keuze van de gevolgklasse.

In open stand worden geen aardbevingsbestendigheidseisen aan een beweegbare brug gesteld.

Voor **geluidsschermen** moet een risicobeschouwing worden uitgevoerd en de daaruit volgende beheersmaatregelen moeten worden toegepast.

Geluidsschermen op kunstwerken dienen als meetrillende massa te worden meegenomen bij de beoordeling van de aardbevingsbestendigheid van het betreffende kunstwerk.

Aan **verkeerskundige draagconstructies** (portalen en uithouders) worden geen aardbevingsbestendigheidseisen gesteld, met dien verstande dat het ophangstelsel van verkeersborden dubbel gezekeerd moet zijn.

**Grondkerende constructies** die een constructief onderdeel vormen van een kunstwerk moeten conform dezelfde gevolgklasse (CC) als het kunstwerk worden beschouwd.

Voor de overige grondkerende constructies moet een risicobeschouwing worden uitgevoerd en de daaruit volgende beheersmaatregelen moeten worden toegepast.

6.4.3.4	Eis
---------	-----

**Tabel 11-1: Belastingscombinaties voor aardbevingsontwerpsituaties**

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Voorspanning	Aardbevingsbelasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig			Belangrijkste	Andere
Aardbeving	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\gamma_I \cdot A_{EK}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ $i > 1$

A.2.3.2	Eis
---------	-----

De aardbevingsbelasting bestaat uit een gebiedsafhankelijk horizontale versnelling en een verticale versnelling.

Voor de grootte van de horizontale en verticale versnellingen wordt verwezen naar NEN-EN 1991-1-7/NB, B.4.1 (figuur NB.4 en tabel NB.6)

In aanvulling op de figuur NB.4 moet figuur Figuur 3.1 — Contourplot van de referentiepiekgrondversnellingen  $a_{g,ref}$  in  $g$  bij een herhalingstijd van 475 jaar – uit de NPR 9998:2015 worden gehanteerd.

N.B. de versnellingswaarden uit NEN-EN 1991-1-7/NB, tabel NB.6 zijn gedefinieerd voor een herhalingstijd van 5000 jaar. Om ze te corrigeren (=reduceren) tot een referentie herhalingstijd van 475 jaar moeten ze vermenigvuldigd worden met de factor 0,5.

N.B. de versnelling in NEN-EN 1991-1-7/NB, tabel NB.6 worden uitgedrukt in  $m/s^2$ , terwijl de versnellingen NPR 9998:2015 worden uitgedrukt in  $g$  (de zwaartekrachtsversnelling)

## 11.2 NEN-EN 1998-1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen

Aanvullingen op NEN-EN 1998-1.

3.2.1	Eis
-------	-----

Er behoeft geen rekening te worden gehouden met een aardbevingsbelasting daar waar de piekgrondversnelling op maaiveldniveau  $a_g$  kleiner is dan 0,04  $g$  en waar het product van de bodemfactor en de piekgrondversnelling  $S \cdot a_g$  kleiner is dan 0,05  $g$ .

Daar, waar de piekgrondversnelling op maaiveldniveau  $a_g$  groter is dan 0,04  $g$  maar kleiner dan 0,08  $g$  en waar het product van de bodemfactor en de piekgrondversnelling  $S \cdot a_g$  groter is dan 0,05  $g$  maar kleiner dan 0,1  $g$ , moet een kwalitatieve risicoanalyse per constructietype aantonen of er rekening dient te worden gehouden met een aardbevingsbelasting.

**Opmerking:**

In de regel betekent een risicoanalyse dat minimaal aangetoond moet worden dat belastingcombinaties met een aardbevingsbelasting ondergeschikt zijn aan belastingcombinaties zonder aardbevingbelasting:  $E_{d+e} \leq E_{d-e} (\leq R_d)$ .

Er dient in ieder geval rekening te worden gehouden met een aardbevingsbelasting daar waar de piekgrondversnelling op maaiveldniveau  $a_g$  groter is dan 0,08 g en waar het product van de bodemfactor en de piekgrondversnelling  $S \cdot a_g$  groter is dan 0,1 g.

N.B. in de praktijk betekent dit dat er alleen rekening gehouden dient te worden met aardbevingen in gebieden met intensiteit VII en VIII uit NEN-EN 1991-1-7/NB, B.4.1 (figuur NB.4 en tabel NB.6) en een gebied in Groningen.

**Toelichting:**

*Zolang geen Nederlandse Bijlage bij NEN-EN 1998-1 beschikbaar is, worden de uitgangspunten voor het gebruik van de Eurocode hier in de ROK vermeld. Voor parameters in NEN-EN 1998-1 welke niet in deze ROK vermeld staan gelden de aanbevolen waarden zoals vermeld in NEN-EN 1998-1.*

3	Eis
---	-----

Voor de grootte van de horizontale en verticale versnellingen wordt verwezen naar NEN-EN 1991-1-7/NB, B.4.1 (figuur NB.4 en tabel NB.6). Als uitwerking van 3.2.1(5) in NEN-EN 1998-1 geldt dat voor zones I t/m V geen controle op aardbevingsbelasting behoeft plaats te vinden.

Tenzij anders bepaald, moet voor de "Importance class" in tabel 4.3 van NEN-EN 1998-1 klasse IV worden aangehouden.

Als verdere invulling van tabel 3.1 uit NEN-EN 1998-1 geldt tabel 11-1 (ontleend aan de Belgische annex "NBN-ENV 1998-1 :2002-NAD-E/N/F").

3	Eis (Tunnels)
---	---------------

Over het algemeen zijn monoliete ondergrondse constructies, waaronder tunnels, of onderdelen daarvan niet bijzonder aardbevingsgevoelig als:

- 1- ze niet vrij kunnen bewegen ten opzichte van het omliggende grondmassief;
- 2- liquefaction uitgesloten is.

**Toelichting:**

*Voor de gevoeligheid voor liquefaction zie NEN-EN 1998-5, 4.1.4.*

In aanvulling op NEN-EN 1998-5 mag worden verondersteld dat liquefaction niet optreedt bij een sondeerwaarde van minimaal 6 MPa.

**Toelichting:**

*Het criterium van de minimale sondeerwaarde is toegevoegd omdat NEN-EN 1998-5 bij gebruik van sondeerwaarden (CPT) geen kwantitatieve grenswaarde geeft.*

Voor zone D is bij afgezonken tunnels het gebruik van een onderstroomlaag bestaande uit niet-gebonden zand niet toelaatbaar.

*Toelichting:*

Voor onderstroomzand bij afgezonken tunnels is de te behalen c.q. behaalde sondeerwaarde niet goed bekend. De pakking zal veelal relatief los zijn. Vandaar dat voor zone D het toepassen van een onderstroomlaag bestaande uit zand niet toegelaten is.

**Tabel 11-1: Overeenkomst tussen de drie voornaamste bodemsoorten bepaald in de eurocodes 8 en de geotechnische parameters**

Sitecategoriën in de EC-8		Geotechnische gegevens			
Sitecategorie	Beschrijving	Bodemsoort	Statische penetrometer Weerstand (MPa)	Pressiometer (MPa); Modulus Grensdruk	
<b>A</b> <b>Gronden met een zeer goede mechanische weerstand</b>	Gesteente of andere geologische formatie gekenmerkt door een snelheid $V_s > 800$ m/s, met een bovenlaag van ten hoogste 5 m minder stevig materiaal.	—	—	> 100	> 5
	Vaste afzettingen van zand, grind en supergeconsolideerde klei, van ten minste enkele tientallen meter dikte, gekenmerkt door een geleidelijke verhoging van de mechanische eigenschappen met de diepte (met $V_s \geq 400$ m/s op 10 m diepte).	compacte korrelige grond	> 15 vanaf 10 m diepte	> 20 vanaf 10 m diepte	> 2 vanaf 10 m diepte
		vaste grond (klei of harde mergel)	> 5 vanaf 10 m diepte	> 25 vanaf 10 m diepte	
<b>B</b> <b>Gronden met een middelmatige mechanische weerstand</b>	Diepe afzettingen van zand van gemiddelde dichtheid, grond of matig stijve klei, met een dikte van enkele tientallen tot meerdere honderden meter, gekenmerkt door $V_s \geq 200$ m/s op 10 m diepte, oplopend tot ten minste 350 m/s op 50 m diepte.	middelmatig compacte korrelige grond	5 tot 15 vanaf 10 m diepte en > 15 vanaf 50 m	6 tot 20 vanaf 10 m diepte en > 20 vanaf 50 m	1 tot 2 vanaf 10 m diepte en > 2 vanaf 50 m 0,5 tot 2 vanaf 10 m diepte en > 2 vanaf 50 m
		middelmatig vaste samenhangende grond en zacht krijt	1,5 tot 5 vanaf 10 m diepte en > 5 vanaf 50 m	5 tot 25 vanaf 10 m diepte en > 25 vanaf 50 m	
<b>C</b> <b>Gronden met een zwakke mechanische weerstand</b>	Afzettingen van losse, onsaamenhangende grond, met of zonder zachte saamenhangende lagen, gekenmerkt door $V_s < 200$ m/s over de eerste 20 meter.	losse korrelige grond	< 5 over de eerste 20m.	< 6 over de eerste 20 m.	< 1 over de eerste 20 m.
	Afzettingen met merendeels saamenhangende en zwak tot matig stijve gronden, gekenmerkt door $V_s < 200$ m/s over de eerste 20 meter.	zachte saamenhangende grond (zachte klei of slijk) en verbrokken krijt	< 1,5 over de eerste 20m.	< 5 over de eerste 20 m.	< 0,5 over de eerste 20 m.

NB: Voor de andere sitecategoriën (speciale gevallen van de Eurocode 8 bepaald in de paragrafen 4.2.2.(3), 4.2.2.(4), 4.2.2.(5) van Deel 1.1), is een detailstudie vereist.

~~11.3~~ ~~Deel 2: Bruggen~~

~~Geen aanvullingen op NEN-EN-1998-2.~~

~~11.4~~ ~~Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten~~

~~Geen aanvullingen op NEN-EN-1998-5.~~

## 12 Overige materialen waar geen Eurocodes voor zijn

### 12.1 **Kunststoffen als constructiemateriaal**

Voor kunststoffen als constructiemateriaal gelden minimaal de eisen volgens de CUR Aanbeveling 96:2003 'Vezelversterkte kunststoffen in civiele draagconstructies'. Modificaties hierop conform de CUR Aanbeveling 96: april 2013 (DRAFT) mogen worden toegepast.

## 13 Overige ontwerprichtlijnen voor kunstwerken

### 13.1 Resultaatsbeschrijvingen ontwerpdocumenten

Toe te passen richtlijn:

RTD 1004 Resultaatsbeschrijvingen ontwerpdocumenten

Deze richtlijn geeft aan waaraan ontwerpdocumenten moeten voldoen zodat ze geschikt zijn als archiefstukken. Het is een handreiking waarvan alleen met toestemming van afgeweken mag worden.

*Toelichting:*

*Het is van belang voor het project, de opdrachtgever en de opdrachtnemer om zoveel mogelijk gebruik te maken van een uniforme opzet bij het opstellen van de ontwerpdocumenten.*

RTD 1004 is een nieuwe richtlijn in ontwikkeling.

### 13.2 Voegovergangen voor bruggen

Toe te passen richtlijnen:

RTD 1007-1 Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen (informatief)

RTD 1007-2 Eisen voor voegovergangen (normatief)

RTD 1007-3 Geluidseisen voegovergangen (normatief)

RTD 1007-4 Richtlijnen voor flexibele voegovergangsconstructies (handreiking)

[RTD 1023](#) [Buigslappe voegen](#)

*Toelichting:*

*RTD 1007-1 bevat informatie over de diverse typen voegovergangen en is een hulpmiddel voor het kiezen van een geschikt voegovergangskoncept. Verificatie moet echter op productniveau plaatsvinden, hiervoor is toepassing van alleen de Meerkeuzematrix niet toereikend. Van een bepaald concept zijn vaak diverse producten in de markt beschikbaar, die qua prestaties enige variatie kunnen vertonen. De Meerkeuzematrix geeft op conceptniveau alleen de gemiddelde prestaties, echter op productniveau moet rekening worden gehouden met afwijkende prestaties, zowel in gunstige als ongunstige zin.*

*RTD 1007-2 vormt het normatieve deel. Binnen het Platform Voegovergangen en Opleggingen (PVO) is voor de verificatie van het ontwerp op basis van RTD 1007-2 een verificatiematrix ontwikkeld. RTD 1007-3 wordt door RTD 1007-2 van toepassing verklaard en bevat een nadere uitwerking van geluidseisen en verificatiemethoden.*

*RTD 1007-4 is een handreiking voor het ontwikkelen en realiseren van duurzame flexibele voegovergangen met een levensduur van minimaal 10 jaar (concept 4.1a1), ter vervanging van traditionele bitumineuze voegovergangen (concept 4.1a), als alternatief voor de reeds gevalideerde flexibele voegovergangskoncepten 4.1b of 4.1c.*

*RTD 1023 bevat standaarddetails voor buigslappe voegen, die vaak worden toegepast als voegovergang tussen brugdekken die zijn opgebouwd uit geprefabriceerde liggers. Er is tevens een rekenmethodiek gegeven voor buigslappe voegen die buiten het toepassingsgebied van de standaarddetails vallen.*

### 13.3 **Asfalt op brugdekken, kunststofslijtlagen en hydrofoberen**

Toe te passen richtlijnen:

RTD 1002	Hydrofoberen van beton, aanvullende eisen ten aanzien van NEN-EN 1504-2
RTD 1009	Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken
RTD 1015	Eisen voor kunststofslijtlagen (voorheen NBD10201)

### 13.4 **Hemelwaterafvoer**

Toe te passen richtlijnen:

[Voor Bruggen en viaducten](#)

RTD 1008	Richtlijnen ontwerp hemelwaterafvoer voor bruggen en viaducten
----------	----------------------------------------------------------------

~~RTD 1008 is een nieuwe richtlijn in ontwikkeling. Tot het moment dat deze richtlijn beschikbaar is, is Rapport nr. 22 "Regenwaterafvoer, deel II: Afvoergoten en putten" van Rijkswaterstaat van toepassing.~~

[Voor een openbakconstructie of gesloten constructie](#)

Voor voorzieningen die benodigd zijn voor het adequaat afvoeren, opvangen en wegpompen van overtollig water en andere vloeistoffen uit een (gesloten) constructie en/of aansluitende open bakconstructie en eventuele aangrenzende terreinen, moeten de neerslagcurven worden aangehouden zoals vastgelegd in het rapport "Extreme-neerslagcurven voor de 21<sup>e</sup> eeuw, Vaststelling van de voor ontwerptoeepassingen maatgevende, extreme-neerslagcurven" opgesteld door Meteoconsult. Daarbij moet de kromme met een herhalingsfrequentie van 1 maal per 250 jaar worden gehanteerd.

[Voor tunnels > 250 m gelden tevens de richtlijnen voor hemelwaterafvoer van de LTS, Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem.](#)

### 13.5 **Standaarddetails voor betonnen bruggen**

Toe te passen richtlijn:

RTD 1010	<a href="#">Standaarddetails voor betonnen bruggen</a>
<del>NBD00730</del>	<del>Standaarddetails voor betonnen bruggen</del>

### 13.6 **Overgangsconstructies voor bruggen**

Toe te passen richtlijn:

RTD 1011	Eisen stootplaten
----------	-------------------

### 13.7 **Brugopleggingen**

Toe te passen richtlijn:

RTD 1012 Eisen voor brugopleggingen

Voor opleggingen wordt tevens verwezen naar ROK paragraaf 6.4, sub (6), hetgeen van toepassing is op zowel betonnen, stalen als staal-betonnen bruggen.

### 13.8 Inspectie- en onderhoudsvoorzieningen

Toe te passen richtlijn:

RTD 1003 Ontwerp van inspectie- en onderhoudsvoorzieningen voor vaste bruggen

RTD 1003 is een nieuwe richtlijn in ontwikkeling.

### 13.9 Generieke eisen Electrotechnische installaties

Toe te passen richtlijn:

RTD 1014 Generieke eisen Electrotechnische installaties

### 13.10 Voertuigkeringen, leuning, lichtmasten en veiligheids- en geluidsschermen op bruggen en viaducten

Bepalingen met betrekking tot voertuigkeringen

Aan voertuigkeringen gerelateerde documenten/normen:

CROW publicatie 706	Handboek bermbeveiligingsvoorzieningen
NEN-EN 12767	Passieve veiligheid van constructies voor weguitrusting-eisen en beproevingsmethoden
NEN-EN 1317	Afscherpende constructies voor wegen – (alle delen)
NEN 5190	Geleiderail – bouwstofeisen
NEN 5191	Geleiderail - plaatsingsregels
RTD 1010 <del>NBD00730</del>	Standaarddetails voor betonnen bruggen
NPR-CEN/TS 16949	Road restraint system - Pedestrian restraint system - Pedestrian parapets
Overig	Componentspecificatie voertuigkeringen

Bepalingen voor leuning

Aan leuning gerelateerde documenten/normen:

Bouwbesluit 2012	
NEN-EN 1991-1-1	(niet voor voertuigkerende leuning)
NEN-EN 1317	(alleen voor voertuigkerende leuning)
RTD 1010 <del>NBD00730</del>	Standaarddetails voor betonnen bruggen

De hoogte  $H_p$  van leuning mag kleiner zijn dan minimale hoogte  $A = 1$  m volgens tabel 1 van NPR-CEN/TS 16949, mits de totale kerende hoogte  $H_o$  volgens figuur 1 van NPR-CEN/TS 16949 voldoet aan het Bouwbesluit.

Voor de minimale hoogte van leuning bij natte kunstwerken en beweegbare bruggen moet 1100 mm worden aangehouden.

Bepalingen met betrekking tot lichtmasten

Van toepassing zijnde normen:

NEN-EN 40-1	Lichtmasten; Termen en definities
NEN-EN 40-2	Lichtmasten; Algemene eisen en afmetingen
NEN-EN 40-3-1	Lichtmasten; Ontwerp en verificatie – Eisen voor de karakteristieke belasting
NEN-EN 40-3-3	Lichtmasten; Ontwerp en verificatie – Verificatie door berekening
NEN-EN 40-5	Lichtmasten; Eisen voor stalen lichtmasten
NEN-EN 40-6	Lichtmasten; Eisen voor aluminium lichtmasten
NEN 6786	Voorschriften voor het ontwerp van beweegbare bruggen

Aanvullingen, eisen, etc. op bovenstaande normen:

NEN-EN 40-2, 4.6	Eis
------------------	-----

Vervang de eerste zin door: "Voetplaten en bevestigingsbouten/ankers moeten met een berekening gecontroleerd worden".

- voetplaten berekenen volgens NEN 6786, [11.5.3.1](#);
- ankers berekenen volgens NEN 6786, [11.5](#);
- sterkte lasverbinding: MDF 1, hoeklas t+2.

NEN-EN 40-3-1, 5.1	Eis
--------------------	-----

Bij het bepalen van de belastingen op lichtmasten moet er rekening worden gehouden met de eventuele effecten van de beweeglijkheid van de onderliggende constructie door de verkeersbelasting.

NEN-EN 40-3-1, 5.2.6	Eis
----------------------	-----

Bij de bepaling van de blootstellingsfactor  $c_e(z)$  moet worden uitgegaan van terreincategorie II, behalve voor direct aan zee gelegen kunstwerken, hiervoor terreincategorie I nemen. Bij het bepalen van de hoogte (z) van de voet van de mast op een kunstwerk moet ook rekening worden gehouden met de hoogte van het kunstwerk ten opzichte van het omliggende terrein.

NEN-EN 40-3-3, 5.4	Eis
--------------------	-----

De rekenwaarde van de belasting in de uiterste grenstoestand moet bepaald worden met de belastingsfactoren volgens tabel 1 behorende bij klasse A.

NEN-EN 40-3-3, 6.5.1	Eis
----------------------	-----

Voor de toelaatbare horizontale uitbuiging moet de waarde  $0,06(h+w)$  volgens tabel 4, Class 2 worden aangehouden.

NEN-EN 40-5, 6 en 13.7	Eis
------------------------	-----

Verificatie door beproeving volgens EN 40-3-2 is niet toegestaan.

NEN-EN 40-5, 11.2	Eis
-------------------	-----

Als beschermingsmaatregelen tegen corrosie geldt thermisch verzinken volgens annex A.1.

NEN-EN 40-6, 6 en 13.7	Eis
------------------------	-----

Verificatie door beproeving volgens EN 40-3-2 is niet toegestaan.

*Opmerking:*

*Bij de positie bepaling van de lichtmast moet er rekening worden gehouden met beweeglijkheid van de onderliggende constructie door de verkeersbelasting en de effecten daarvan op de lichtmast.*

#### Bepalingen voor veiligheidsschermen

Toe te passen richtlijn:

RTD 1022 Richtlijnen Veiligheidsschermen

#### Bepalingen voor geluidsschermen

Aan geluidsschermen gerelateerde documenten/normen:

GCW 2012 Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen

RTD 1010 ~~NBD00730~~ Standaarddetails voor betonnen bruggen

### **13.11 Best Practices ontwerp betonnen bruggen en viaducten**

Toe te passen richtlijn:

RTD 1005 Best Practices ontwerp betonnen bruggen en viaducten

RTD 1005 is een nieuwe richtlijn in ontwikkeling.

### **13.12 Specifieke ontwerprijrichtlijnen voor tunnels**

#### Rubberen profielen voor de waterafdichting in voegen

(1) Van toepassing zijnde normen en overige literatuur:

- NEN 7030:1975 Waterkerende dilatatievoegstroken en al of niet waterkerende oplegstroken van rubber.
- Injectie van een rubbermetalen voegstrook; Numeriek onderzoek naar de effecten van injectie bij verschillende wapeningsconfiguraties; 28 juli 2006. C. van der Vliet – Rijkswaterstaat Bouwdienst.

De keuze van het rubber met bijbehorende kwaliteitseisen kan geschieden op basis van de toelichting van NEN 7030, 1.1 en 1.3.

De hardheid moet zijn: 55-65° Shore A.

De hardheid na 7 dagen bij 70 °C minder dan 5° Shore A stijging.

De materiaaleigenschappen moeten te alle tijde proefondervindelijk zijn vastgesteld.

*Toelichting:*

*De verouderingstest bij 70 °C geeft een indruk omtrent de levensduur van het profiel.*

Profielen voor de afdichting tegen indringing van vuil of grond in voegen mogen naast het materiaal rubber volgens NEN 7030 ook worden uitgevoerd als PVC/NBR compound. De profielen van PVC/NBR moeten voldoen aan DIN 18541-1 en DIN 18541-2.

*Opmerking:*

*Het gebruik van PVC/NBR is niet van toepassing voor waterafdichtende profielen als rubbermetalen voegstroken, Omega-profielen, Gina-profielen en pneumatische profielen.*

Voor het bandstaal van een rubbermetalen voegstrook moet elektrolytisch verzinkt bandstaal volgens NEN-EN 10152 met de volgende specificaties worden toegepast:

- 1) Staalsoort DC01 + ZE;
- 2) Zinklaagdikte  $ZE\ 25/25 = 2,5\ \mu\text{m}$ ;
- 3) Oppervlaktype A;
- 4) Oppervlaktebehandeling Phosphated (P);
- 5) Nominale breedte 110 mm;
- 6) Nominale dikte 0,8 mm;
- 7) Toleranties volgens NEN-EN 10131.

#### (1.1) Tijdelijke afdichtingen

Voor tijdelijke rubberen afdichtingen wordt een minimale garantieduur van 5 jaar geëist.

In ontwerptechnische zin moet als uitgangspunt worden gehanteerd dat GINA en pneumatische afdichtingsprofielen slechts een tijdelijke functie in de bouwfase bezitten. Naast een tijdelijk afdichtingsmiddel moet een definitieve afdichting aanwezig zijn.

#### *Toelichting:*

*Het definitieve afdichtingsmiddel is veelal een Omega-profiel.*

#### (1.2) Definitieve afdichtingen

Bij niet of nauwelijks te vervangen afdichtingen moet de ontwerplevensduur van de afdichting gelijk zijn aan die van de tunnel: 100 jaar. Zie ook ROK paragraaf 4.2. Voor de bevestigingen van Omega-profielen moet ook worden uitgegaan van een ontwerplevensduur van 100 jaar. De afdichtingsprofielen die voor de definitieve waterdichting zorgdragen, mogen bij een brand in de tunnel, overeenkomstig ROK paragraaf 5.2 niet warmer worden dan 80 °C.

Eventueel aanwezige oplegblokken moeten inspecteerbaar en vervangbaar zijn zonder dat de definitieve afdichting verwijderd moet worden.

#### *Toelichting:*

*Ontwerptechnisch moet het uitgangspunt zijn dat de rubberen Omega-profielen de primaire waterkering is in de gebruiksfase. Het vermelde onder paragraaf 4.2 is daarom ook voor de bevestiging van de Omega-profielen van toepassing.*

Bij toepassing van Omega-profielen, het profiel voorzien van 2 nylon inlagen, welke ter plaatse van de flenzen worden omgeslagen, waardoor daar 4 lagen ontstaan.

Ter plaatse van dilatatievoegen moet altijd een inwendig rubberen voegprofiel met daaraan verbonden bandstaal worden toegepast. Dit type rubber-metalen voegstrook moet in de gehele (dwars)doorsnede rondom worden toegepast.

Alle dilatatievoegen moeten aan de buiten- en binnenzijde worden voorzien van een grond- c.q. vuilafdichtend rubber profiel.

#### *Toelichting:*

*Dilatatievoegen kunnen o.a. als gevolg van temperatuurverschillen over de seizoenen zich verbreden, waardoor aan het rubber getrokken wordt. De trekkracht heeft dwarscontractie van het rubber tot gevolg waardoor de waterdichtheid alleen*

*nog verkregen zou kunnen worden door de aanwezigheid van uitstulpingen en/of ribbels. Door onvolkomenheden in het aansluitende beton is deze wijze van dichting veel minder goed dan verkregen door het aan het profiel verbonden bandstaal.*

*Blijkens opgedane ervaringen voldoen uitwendig aangebrachte rubberen voegprofielen niet om lekkage als gevolg van zakkend hemelwater te voorkomen; overal, ook boven de maximale grondwaterstand, moeten daarom ook inwendige rubber-metalen voegstroken worden toegepast*

Aan de grondzijde van dilatatievoegen moet een uitwendig ingestort voegoverbruggend, niet ingeklemd grondkerend profiel worden toegepast. Met uitzondering van bereden voegen kan aan de binnenzijde worden volstaan met een ingeklemd en verlijmd ACME-profiel.

*Toelichting:*

*De praktijkervaring is dat sommige voegen (niet alle) relatief ver open kunnen gaan staan als gevolg van temperatuurverschillen door seizoenswisselingen. De totale verlenging en verkorting door temperatuurverschillen wordt vaak niet gelijkmatig verdeeld over de aanwezige voegen, maar kan zich concentreren in een enkele of een beperkt aantal voegen.*

*Als grond c.q. vuil in de voegen terecht komt dan kan, blijkens ervaring in de praktijk, de voegbreedte in de loop der jaren steeds maar blijven toenemen (hysteresis). Een ingeklemd profiel kan blijkens praktijkervaringen de lokaal optredende relatief grote voegbeweging onvoldoende volgen.*

Bij een waterdruk van 0,06 MPa (0,6 bar) of meer is de toepassing van injecteerbare rubbermetalen-voegstroken voorgeschreven. Deze moeten altijd preventief worden geïnjecteerd. Voor de afdichting van mootvoegen moeten de rubberen voegstroken altijd worden voorzien van metalen platen.

*Toelichting:*

*Uit langjarige ervaring is gebleken dat bij grotere waterdrukken en bij niet geïnjecteerde rubbermetalen-voegstroken de kans op niet aanvaardbare lekkage relatief groot is. Het na afzinken uitvoeren van injectiewerkzaamheden, bij lekkende voegen tegen de waterstroom in, bemoeilijkt dit de injectie werkzaamheden zeer, met als gevolg een grotere kans op kwalitatief minder goed geïnjecteerde voegen.*

Het is niet toegestaan delen van het sponsje op de injecteerbare rubbermetalen-voegstrook niet te injecteren.

*Toelichting:*

*Bij een niet geïnjecteerd sponsje is het risico aanwezig dat daardoor een extra lekweg ontstaat.*

Bij oplevering moeten beton- en damwandconstructies waterdicht zijn. Bij diepwanden, bentonietcement wanden en natuurlijke waterafsluitende lagen moet voor het toelaatbare globale lekdebiet een maximale waarde van 1,00 l/24h/m<sup>2</sup> worden aangehouden en voor het lokale lekdebiet 4,00 l/24h/m<sup>2</sup>.

Bij toepassing van injecteerbare rubbermetalen-voegstroken moet het injecteerbaar sponsje op het tijdstip van injecteren in de heersende buitenomstandigheden niet hechten aan het beton en voldoende samendrukbaar zijn om te kunnen injecteren met een druk van maximaal 0,6 MPa (6 bar). Het sponsje fabrieksmatig coaten met Covertin (of gelijkwaardig).

De fysische waarden van het sponsje zijn:

- Uiterlijk: glad oppervlak, geen vloeigallen tot staalband en geen scheuren;
- Hardheid: 15-30° shore A;
- Ozonbestendigheid na 7 dagen expositie bij 23 °C, 25 pphm en 4% rek: geen barstjes;
- Het injectiemateriaal moet na uitharding elastisch en in hoge mate ongevoelig voor vocht zijn.

*Toelichting:*

*Andere injectiemethoden welke tot hetzelfde of beter resultaat leiden en bewezen zijn, mogen eveneens toegepast worden. Aangevoerd moet worden dat als gevolg van het injecteren de constructie niet zal worden beschadigd. Bij injectiedrukken lager dan 0,6 MPa mag er vanuit worden gegaan dat er geen schade zal optreden ten gevolge van het injecteren. Zie verder ook: "Injectie van een rubbermetalen voegstrook; Numeriek onderzoek naar de effecten van injectie bij verschillende wapeningsconfiguraties; 28 juli 2006. C. van der Vliet – Rijkswaterstaat Bouwdienst". Bij zeer diep gelegen tunnels (drukken > 0,25 MPa) moet aangevoerd worden dat de standaard rubber-metalen voegstrook nog qua waterkeringseigenschappen voldoet. Zonodig moet dan ook bij stortmoten een dubbel waterkerend profiel worden aangebracht.*

#### Hittewerende bekleding voor tunnels

(2) Van toepassing zijnde normen en overige literatuur:

- Efectis Nederland report; 2008-Efectis-R0695 "Fire testing procedure for concrete tunnel linings" [http://www.efectis.com/images/page/2035\\_summary.pdf](http://www.efectis.com/images/page/2035_summary.pdf)

In aanvulling op de beproevingsmethode, zoals beschreven in "Fire testing procedure for concrete tunnel linings", moet de beproeving worden uitgevoerd inclusief de wijze van bevestiging zoals die op de daadwerkelijke constructie toegepast zal gaan worden. Beproevingresultaten uit het verleden waarbij de wijze van bevestiging niet overeenkwam met de daadwerkelijke wijze van bevestiging in het werk zijn niet valide.

*Toelichting:*

*Gebleken is dat de wijze van bevestiging van de hittewerende bekleding tegen het beton grote invloed kan hebben op de prestatie van de hittewerende bekleding bij brand.*

Bij de toepassing van hittewerende bekleding moet worden aangetoond dat een zuigbelasting in de vorm van een gelijkmatig statische verdeelde belasting ter grootte van 3 kN/m<sup>2</sup> **duurzaam** gedragen kan worden. Deze eis geldt ongeacht het type hittewerende bekleding. Een bevestigingssysteem mag niet gevoelig zijn voor corrosie.

*Toelichting:*

*Bij hoge brandtemperaturen treedt zeer snelle corrosie op, waardoor bij de toepassing van niet corrosievast staal de sterkte vrijwel geheel tijdens de brand verloren gaat. Ook vanwege redenen van duurzaamheid moeten de bevestigingsmiddelen van corrosievast materiaal zijn; ook als de bevestiging geheel ingesloten is door de hittewerende bekleding. Een hittewerende bekleding is vrij poreus en biedt onvoldoende bescherming tegen carbonatatie en chloride-indringing.*

De benodigde brandproeven moeten worden uitgevoerd volgens het Efectis rapport "Fire testing procedure for concrete tunnel linings".

De in de tunnel te realiseren dikte moet minimaal gelijk zijn aan de minimaal aanwezige dikte gedurende de brandproef ( $d_{95\%,tunnel} \geq d_{95\%,proef}$ )

### (2.1) Plaatvormige bekleding

Hittewerende bekleding moet, buiten de brandwerendheidseisen, voldoen aan:

- De toleranties op de afmetingen bedragen voor de dikte +/- 1 mm en voor de lengte en breedte +/- 2mm;
- De platen moeten bestand zijn tegen de uitgeoefende belastingen in de bouwfase (transport/handling, beloopbaarheid, krachten uitgeoefend door de supports van de wapening en dergelijke);
- Vorstbestendigheid: geen schade na 12 cycli van 20 °C naar -20 °C. Elke cyclus moet bestaan uit het onderdompelen in water en het vervolgens buiten het waterbad laten bevriezen. De bekleding moet over de gehele dikte minimaal een half uur zijn onderworpen geweest aan resp. 20 en -20 °C.

*Toelichting: Sommige hittewerende bekleding blijkt gevoelig te zijn voor delaminatie als de bekleding wordt blootgesteld aan vorst-dooi cycli.*

Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar de LTS, Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem bijlage F-

Ter plaatse van dilatatievoegen moeten de platen zodanig worden neergelegd dat de voeg wordt afgedekt, waarbij geen schade optreedt aan de beplating ten gevolge van mogelijke voegbewegingen.

De naden tussen de platen mogen niet meer bedragen dan 2 mm.

Bevestigingsmiddelen mogen niet in aanraking komen met de wapening.

*Toelichting:*

*Voor Promatect "prefixed boards" geeft de leverancier aan dat 12 schroeven (5,0mm x 50mm) per m<sup>2</sup> moeten worden aangebracht, welke 20 mm in de plaat gedraaid moeten zijn. Tevens geeft de leverancier aan dat minimaal 4,5 tot 5 ankers per m<sup>2</sup> moeten worden aangebracht.*

Voor de detaillering van hittewerende platen t.p.v. dilatatie voegen zijn in het Handboek Tunnelbouw voorbeelden opgenomen.

### (2.2) Gespoten bekleding

Voor gespoten bekleding moet een mechanisch verankeringssysteem aanwezig zijn, welke een gelijkmatig statisch verdeelde belasting ter grootte van 3 kN/m<sup>2</sup> moet

kunnen dragen. Dit verankeringsysteem moet een levensduur hebben volgens ROK paragraaf 4.2.

*Toelichting:*

*Blijkens ervaring is het op lange termijn niet gegarandeerd dat bij een alleen op aanhechting verbonden gespoten bekleding duurzaam de aanhechtsterkte aanwezig is of blijft behouden. Het bevestigingssysteem kan bestaan uit een in de gespoten bekleding opgenomen netje bevestigd door middel van boutjes aan het beton (corrosievast). Dit houdt niet in dat geen aandacht besteed zou hoeven te worden aan de aanhechting van de gespoten hittewerende bekleding. Het mechanische verankeringsysteem dient als vangnet voor als onverhoopt lokaal de aanhechting onvoldoende is of in de loop der tijd achteruit zou zijn gegaan.*

Akoestische bekleding voor tunnels

(3) Voor het bepalen van het aantal benodigde bevestigingsmiddelen uitgaan van een representatieve zuigkracht ten gevolge van het verkeer van 3 kN/m<sup>2</sup>. Dit is inclusief effecten als vermoeiing, dynamica en belastingcoëfficiënt. Bevestigingsmiddelen mogen niet in aanraking komen met de wapening.

Tegelwerk voor tunnels

(4) Als eisen te stellen aan de tegellijm geldt het navolgende:

- Treksterkte loodrecht op het tegeloppervlak ten minste gemiddeld 1,0 MPa, waarbij de laagst gemeten waarde niet kleiner mag zijn dan 0,5 MPa.
- De lijm moet vorstbestendig zijn
- De lijm moet dooizoutbestendig zijn.

Asfaltconstructie voor tunnels

(5) Van toepassing zijnde normen en overige literatuur:

- Onderzoek naar toepassing van zeer open asfaltbeton (ZOAB) in verkeerstunnels; PML 1990-C52, mei 1990, Prins Maurits Laboratorium TNO

De aanbevolen minimale asfaltbetonconstructie is (van boven naar beneden):

Open gedeelte en eerste/laatste 20 m gesloten gedeelte

50 mm ZOAB

50 mm **dicht asfaltbeton** (bijvoorbeeld AC16 of SMA)

50 mm ZOAB

*Toelichting:*

*De middelste laag van 50 mm **dicht asfaltbeton** heeft als functie het onderliggende beton in zekere mate te beschermen tegen chloride-indringing.*

Gesloten gedeelte exclusief eerste/laatste 20 m

50 mm **dicht asfaltbeton** (bijvoorbeeld AC16 of SMA)

50 mm ZOAB

*Toelichting:*

*De eerste laag van 50 mm **dicht asfaltbeton** heeft als functie het onderliggende beton te beschermen tegen chloride-indringing.*

De onderste ZOAB laag moet, zowel in het open als gesloten deel, aan de zijkanten worden voorzien van een waterafvoerend systeem.

*Toelichting:*

*De functie van de onderste laag ZOAB is om enige lekkage af te kunnen voeren (drainagelaag), zonder dat deze lekkage het gebruik van de tunnel (o.a. verkeersveiligheid) nadelig beïnvloedt. Omdat lekkage veelal t.p.v. de voegen optreedt, moet ter plaatse van de voegen een gootje worden aangebracht.*

*In het gesloten deel van een tunnel (met uitzondering van een overgangszone van 20 m bij de in- en uitgang van de tunnel) moet de bovenste laag van het asfalt bestaan uit **dicht asfaltbeton**. Dit met het oog op het beperken van het explosiegevaar als gevolg van een lekgeraakte tankwagen. Om de kans op een grote explosie zoveel mogelijk te beperken moet de plasgrootte klein blijven en de brandstof zo snel mogelijk via de riolering worden afgevoerd naar de kelder. Bij de toepassing van ZOAB dringt de brandstof in de poriën van dit type asfalt, waardoor langdurige verdamping van de brandstof plaats kan vinden (de brandstof lost tevens het bitumen op, waardoor de inwendige doorlatendheid van het ZOAB ook afneemt). Voor verdere achtergronden zie: "Onderzoek naar toepassing van zeer open asfaltbeton (ZOAB) in verkeerstunnels; PML 1990-C52, mei 1990, Prins Maurits Laboratorium TNO".*

Dilatatievoegen

(6) Zonodig dilatatievoegen toepassen op zodanige afstanden dat doorgaande scheurvorming wordt voorkomen.

*Toelichting:*

*Dilatatievoegen worden toegepast met het oog op:*

- *uitzetting/krimp als gevolg van temperatuurwisselingen (dag/nacht- en seizoensvariaties)*
- *hydratiekrimp*
- *zettingsverschillen*
- *beperking stortvolumes*

*Voegloos bouwen van tunnels is in het verleden niet altijd probleemloos gegaan. Het benodigde wapeningspercentage, teneinde in relatie tot lekkage de scheuren voldoende klein te houden, is moeilijk te bepalen. Dit omdat het één ander afhankelijk is van diverse parameters die slecht van te voren zijn vast te stellen.*

Overgangsconstructies

(7) Voor het ontwerp van overgangsconstructies wordt verwezen naar RTD 1011, Eisen stootplaten.

Stepbarriers

(8) Bij de maatvoering van stepbarriers rekening houden met maattoleranties in de hoogte ligging van de bovenzijde van de asfaltdek laag.

*Toelichting:*

*Bij een te hoog afgewerkte ballastvloer kan dit als gevolg hebben dat de afschuining van de stepbarriers te laag zit, waardoor de barrier niet functioneert zoals bedoeld. Het onderste schuine aanrijdvlak van de stepbarrier heeft een hoogte van 250 mm ten opzichte van bovenzijde asfalt. Deze hoogte moet ten alle tijde, dus ook bij*

*discontinuïteiten, aanwezig zijn. Ter plaatse van de vluchtdeuren moet de barrier gedeeltelijk worden uitgespaard om de toegang tot de vluchtgang te realiseren. Er worden echter wel strenge eisen gesteld aan deze uitsparingen. Bij het vaststellen van de hoogte van de sparingen van de vluchtdeuren moet hiermee rekening worden gehouden. Naast de vereiste hoogte van 250 mm van het onderste aanrijdvlak moet ook rekening worden gehouden met de in de LTS Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem (par 5.16, 5.17 en 5.19 en par 7) en in de Regeling Bouwbesluit (hoofdstuk 5, artikel 5.3b) gestelde eis voor de maximale opstaphoogte naar de vluchtdeur (max. 300 mm).*

#### Conserveren staal

(9) Voor te conserveren staal NBD10005 toepassen.

#### Flikkereffect

(10) Bij het vaststellen van de afstanden tussen lokaal aanwezige elementen boven het wegdek (zoals stempels) moet, in relatie tot het voorkomen van onaanvaardbare lichtflikkeringen, aan de volgende eisen worden voldaan:

- flikkereffecten met een frequentie tussen 4 Hz en 11 Hz mogen niet langer duren dan 10 sec;
- flikkereffecten met een frequentie tussen 2,5 Hz en 4 Hz en tussen 11 Hz en 15 Hz mogen niet langer duren dan 20 sec.

#### *Toelichting:*

*Flikkereffecten worden veroorzaakt door voortdurende wisselingen in lichtintensiteit. Wisselingen in lichtintensiteit kunnen veroorzaakt worden door afwisselend invallend en geblokkeerd zonlicht. Flikkereffecten kunnen leiden tot een afname van het attentieniveau van de weggebruiker met als gevolg een grotere ongevalkans. De hinder voor weggebruikers ten gevolge van flikkereffecten is vooral afhankelijk van de frequentie van de lichtwisselingen en de totale tijdsduur van het flikkereffect. De minimaal vereiste afstand tussen lokaal aanwezige elementen boven het wegdek is, als de tijdsduur van de lichtflikkeringen langer is dan aangegeven, afhankelijk van de maximum ontwerpsnelheid ter plaatse van het kunstwerk. De gegeven eisen zijn ontleend aan 'Verlichting van tunnels en onderdoorgangen, NSVV Werkgroep Tunnelverlichting, januari 2003'.*

### **13.13 Specifieke ontwerprichtlijnen voor folieconstructies**

#### Algemeen

(1) Het Handboek Folieconstructies (CUR Rapport 221) is een handreiking voor het ontwerp, uitvoering en beheer van folieconstructies.

#### *Toelichting:*

*Het handboek is opgesteld met de gedachte zoveel mogelijk informatie te verstrekken op alle voorkomende aspecten bij de toepassing van folieconstructies voor het verdiept aanleggen van infrastructuur. Met deze informatie moet het mogelijk zijn verantwoorde keuzes te maken in de ontwerp-, uitvoerings- en beheersfase. Het is dus nadrukkelijk niet geschreven als dwingende norm of richtlijn. Voortschrijdend inzicht en/of lokale omstandigheden kunnen dus redenen zijn om gemotiveerd af te wijken van het handboek.*

### Ontwerp

(2) Bij toepassing van een foliekuip moet de folie, voor folieconstructies die in den natte worden uitgevoerd, worden samengesteld uit niet-gelamineerde PVC-P met een minimale dikte van 1,0 mm. Folie voor folieconstructies uitgevoerd in den droge moet worden samengesteld uit LLDPE met een minimale dikte van 1,5 mm.

#### *Toelichting:*

*Folie van deze dikte heeft een grote robuustheid tegen beschadigingen tijdens de aanleg- en beheersfase. Een nog veel dikkere folie is ook niet wenselijk vanwege mogelijke problemen bij het verleggen ervan. Bovendien is een wat dikkere folie minder gevoelig voor veroudering als gevolg van het verlies aan weekmaker.*

De folie moet waterdicht en onderhoudsvrij aansluiten op belendende constructies.

Bij de toepassing van een foliekuip, moet ter voorkoming van aantasting van de folie door schadelijke stoffen bij calamiteiten, in de toeritten nabij maaiveldniveau een bescherming worden aangebracht onder het wegdek, tot 1 m in het talud. Deze afdichting moet zodanig worden ontworpen dat bij eventuele calamiteiten schadelijke stoffen worden opgevangen en daardoor de folieconstructie niet kunnen aantasten.

De gronddekking op de beëindiging van de folieconstructie (kielspit) moet minimaal 1,0 meter bedragen.

#### *Toelichting:*

*Door deze gronddekking wordt voorkomen dat de folie wordt blootgesteld aan weer en wind hetgeen de levensduur ten goede komt. Bovendien is hierdoor de folie minder kwetsbaar bij kleine werkzaamheden in de bodem en is begroeiing mogelijk.*

Voor bepalingen ten aanzien van de toetsing van het verticale evenwicht (opbarsten) van de folieconstructie wordt verwezen naar de aanvulling in ROK paragraaf 10.1 bij NEN-EN 9997-1, 10.2 onder punt 4.

### Uitvoering

(3) De hoofdrichting van de lasverbindingen moeten te allen tijde parallel lopen met de richting van de helling op het meest steile taluds van de ontgraving en in doorgaande foliebanen over de gehele breedte van de folieconstructie.

#### *Toelichting:*

*Door het leggen van de lasverbinding parallel aan de taludhelling wordt trek op de lasverbinding in dwarsrichting voorkomen. Dit is noodzakelijk vanuit het oogpunt van duurzaamheid. Het leggen van de lasverbinding in de richting van de meest steile taludhelling zal in de praktijk veelal betekenen dat de foliebanen voor het legplan dwars op de wegas gerealiseerd moeten worden. Uitzondering op deze regel is het uitvoeren van eventuele reparatiewerkzaamheden. Verificatiemethode: toetsing van het legplan, toezicht en kwaliteitsborging bij samenstellen folieconstructie (fabriek) en plaatsing op locatie.*

Bron: Protocollen voor het toepassen van kunststof geomembranen ten behoeve van bodembescherming - Deel II - TNO Industrie, versie Div499.1098 aug. 1999.

Aan de rand van de folievlakken moet om de 50 meter een robuuste markering worden aangebracht, welke de aanwezigheid van de folieconstructie vermeldt.

*Toelichting:*

*Bij werkzaamheden op en rond een folieconstructie komt het regelmatig voor dat de desbetreffende aannemer in het geheel niet op de hoogte is van de aanwezigheid van een folie in de ondergrond. Door het aanbrengen van een dergelijke markering wordt het risico op beschadiging van de folie door werkzaamheden verkleind.*

[De folie moet extra worden beschermd door het aanbrengen van een geotextiel.](#)

### 13.14 Eisen voor hydraulische bewegingswerken

Toe te passen richtlijn:

NBD06000 Eisen voor hydraulische bewegingswerken

Aanpassingen van NBD06000 "Eisen voor hydraulische bewegingswerken".

NBD06000, 2.3.1	Eis
-----------------	-----

NEN-EN 982 vervangen door NEN-EN-ISO 4413.

NBD06000, 6.3.2.2 en 6.3.2.4	Eis
------------------------------	-----

Artikel 6.3.2.2 en 6.3.2.4 vervallen. Voor eisen aan Nikkel en/of Chroom bedekkingen wordt verwezen naar NBD10300.

NBD06000, 7.1	Eis
---------------	-----

De hydraulische olie moet een synthetische ester van het type HEES zijn.

NBD06000, 12.5	Eis
----------------	-----

NBD12000 is vervallen.

Einde ROK