

RTD 1001 Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken - Bijlage A

Informatie	rok-info@rws.nl
Datum	1 juli 2021
Status	Definitief
Versienummer	Bijlage bij ROK 2.0
Werkwijzer RWS Nummer	#991 (Bijlage)
RWS document type	Kader

Deze bijlage bevat de volgende documenten

Versie	Titel
RTD 1008 (2017), versie 1.0	RTD 1008: Richtlijn Hemelwaterafvoer voor bruggen en viaducten
NBD10300 (2010)	Eisen thermische spuitlagen: Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie. RTD 1026 is in ontwikkeling. NBD10300 is van toepassing tot het gereedkomen van RTD 1026.
1204875-002-GEO-0008	Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden. Deltares
CTO 3L10314254 (1984)	Voorschrift NS CTO 3L10314254 d.d. 840807

DISCLAIMER/AANSPRAKELIJKHEID

Bij het opstellen en samenstellen van deze RTD is een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht. Desondanks moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten, onvolkomenheden en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Voor ieder gebruik van deze uitgave wordt er van uit gegaan dat de gebruiker voldoende kennis van zaken, ervaring en deskundigheid bezit om oordeelkundig en kritisch met deze RTD om te gaan. Rijkswaterstaat is niet verantwoordelijk en aansprakelijk voor onjuist en/of ondeskundig gebruik van deze RTD.

Vragen, opmerkingen en suggesties ten aanzien van de inhoud van deze RTD kunnen worden gecommuniceerd via rok-info@rws.nl.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

RICHTLIJN HEMELWATERAFVOER

voor BRUGGEN EN VIADUCTEN

Doc. nr. : RTD 1008/B&V:2017

Versie : 1.0

Status : Definitief

Datum : 15 maart 2017

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Richtlijn Hemelwaterafvoer voor BRUGGEN EN VIADUCTEN

RTD 1008B&V:2017

Datum maart 2017

Status Definitief

Inhoud

1	Algemeen.....	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Doelstelling	5
1.3	Scope.....	5
1.4	Functieanalyse	6
1.5	Wettelijk kader	8
1.6	Gerelateerde documenten.....	9
1.7	Terminologie.....	9
2	Generieke eisen Hemelwaterafvoer	10
2.1	Klimatologische belasting.....	10
2.2	Referentieperiodes	11
2.3	Maximale berging (plassen)	12
2.3.1	Kantstreepcriterium	12
2.4	Functionele (top)eisen aan het HWA-systeem	13
2.5	Generieke aspect eisen aan het HWA-systeem	13
2.6	Goten, kolken en riolen	14
2.7	Aspect criteria.....	15
2.7.1	Veiligheid.....	15
2.7.2	Gezondheid.....	16
2.7.3	Beschikbaarheid	17
2.7.4	Betrouwbaarheid	17
2.7.5	Vormgeving	18
2.7.6	Omgeving	18
2.7.7	Uitvoering.....	18
2.7.8	Onderhoudbaarheid/beheerbaarheid	19
2.7.9	Toekomstvastheid	19
2.7.10	Sloopbaarheid.....	20
2.8	Externe raakvlakken.....	20
2.9	Interne raakvlakken	20
3	Specifieke eisen Hemelwaterafvoer Brug	21
3.1	Waterafvoerberekening	21
3.1.1	Scope van de waterafvoerberekening.....	22
3.2	Specifieke eisen weginfrasysteem object brug.....	23
3.3	Wegverharding op de brug.....	26
3.3.1	Afvoeiingscoëfficiënt wegverharding.....	26
3.3.2	Maximale berging: "Plassen"	27
3.3.3	Waterafvoerberekening.....	27
3.4	Afwatering door middel van goten.....	27
3.5	Afwatering door middel van tussenafvoeren	28
3.6	Afwatering door middel van eindafvoeren (kolken)	28
3.7	Aspect criteria.....	29
3.7.1	Betrouwbaarheid	29
3.7.2	Onderhoud	29
3.8	Interne raakvlakken	30
4	Processeisen	31

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Een goede en veilige verkeersafwikkeling op een auto(snel)weg wordt mede bepaald door de beperking van overlast als gevolg van hemelwater. Om deze overlast te beperken dienen maatregelen te zijn getroffen voor een snelle afvoer van het op de verharding gevallen hemelwater.

Deze richtlijn betreft het ontwerp van de afvoer van hemelwater op bruggen en viaducten. De bestaande normen en richtlijnen vormen het uitgangspunt voor deze richtlijn. Voor meer achtergrond informatie en een gedetailleerde uitwerking wordt verwezen naar bronnen welke tussen [] zijn weergegeven.

De Richtlijn Ontwerp Hemelwaterafvoer bevat richtlijnen voor het ontwerp van een hemelwaterafvoersysteem voor bruggen en viaducten in en over hoofdwegen en hoofdvaarwegen. Het ontwerp van hemelwaterafvoer voor wegen en tunnels wordt hier niet in behandeld.

De eisen aan de hemelwaterafvoer van **wegen** op de aardenbaan kunnen worden gevonden in:

http://corporate.intranet.rws.nl/Kennis_en_Expertise/Kennis_bij_RWS/Steunpunten/Steunpunt_Wegen_en_Geotechniek/Eisen_aan_componenten_van_de_Rijksweg/

De eisen aan de hemelwaterafvoer van **tunnels** kunnen worden gevonden in:

- Handboek Tunnelbouw , zie <http://www.handboektunnelbouw.nl/>
- Basisspecificatie TTI RWS Tunnelsysteem, Zie http://corporate.intranet.rws.nl/projecten/overig/landelijk_tunnelregisseur/
- Basisspecificatie Tunnel, civiele deel (handreiking), zie http://corporate.intranet.rws.nl/projecten/overig/landelijk_tunnelregisseur/

Basisspecificatie Tunnel, civiele deel (Handreiking), zie <https://werkwijzer.cf-prod.intranet.rws.nl/index2.html>

De Richtlijn Ontwerp Hemelwaterafvoer bestaat uit drie hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk bevat het algemene deel. Hierin wordt het hemelwaterafvoersysteem beschouwd in zijn systeemcontext. Het tweede hoofdstuk bevat generieke eisen. In het derde hoofdstuk worden aanvullende eisen en richtlijnen gegeven voor bruggen en viaducten.

Dit document is alleen digitaal als pdf-document verkrijgbaar.

De gebruikers van dit document kunnen vragen of wijzigingsvoorstellen insturen naar rok-info@rws.nl.

De vragen worden beantwoord door de beheercommissie ROK. Deze commissie is verantwoordelijk voor de beantwoording van vragen, wijzigingen en de ontwikkeling van de ROK.

1.2 Doelstelling

Het doel van deze richtlijn is de functies, eisen en uitgangspunten voor het afvoeren van hemelwater van bruggen en viaducten vast te leggen.

Op basis hiervan en op basis van de achtergrondinformatie en de in de richtlijn opgenomen mogelijke oplossingen kan een ontwerp van een hemelwaterafvoersysteem gemaakt worden.

Deze richtlijn beschrijft de ontwerp-, dimensionerings-, en onderhoudsaspecten. Deze richtlijn gaat in op de intensiteit, de afstroming van het wegooppervlak naar de goot en het transport naar het lozingspunt van het hemelwater.

1.3 Scope

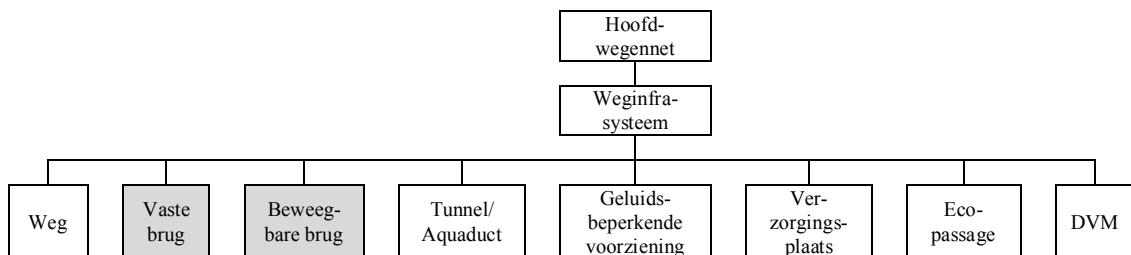
Om de scope van de Richtlijn Ontwerp Hemelwaterafvoer van bruggen en viaducten op te stellen is een objectbeschrijving opgesteld. Hierin zijn de context, grenzen en functie beschreven.

Component Hemelwaterafvoer

Een hemelwaterafvoersysteem is een onderdeel (component) van een object weg, vaste brug, beweegbare brug en tunnel / aquaduct. Deze zijn weer onderdeel van het Weginfra-systeem. Het hemelwaterafvoersysteem dient integraal te worden ontworpen met de objecten waarvan zij een onderdeel uitmaakt.

Deze richtlijn betreft het hemelwaterafvoersysteem van de objecten vaste en beweegbare brug.

De hemelwaterafvoer van een ecopassage (ecoduct) is niet in deze richtlijn opgenomen.



figuur 1-1

Tot het hemelwaterafvoersysteem in het kader van deze richtlijn behoren bij de objecten vaste en beweegbare brug fysiek de volgende onderdelen (elementen) van de objecten:

- Wegverharding op de brug: afvoercapaciteit en langs- en dwarshelling;
- langsgoten ter plaatse van de wegverharding;
- hemelwateropvangconstructies: opvanggoten, putten;
- hemelwaterafvoerconstructies: afvoerbuizen, tussenputten;
- bergingsconstructies.

Buiten het hemelwaterafvoersysteem in het kader van deze richtlijn, maar mogelijk wel gelegen binnen de objecten vaste en beweegbare brug vallen voor zover van toepassing:

- de elektrotechnische en werktuigbouwkundige (E/W) installaties ten behoeve van de afvoer van hemelwater (bijv. pompen in waterkelders incl. de aansturing hiervan);
- zuiveringsvoorzieningen (bijv. lamellenfilter) ten behoeve van het lozen op waterhuishoudingsstelsel derden (bijvoorbeeld riool, oppervlaktewater);
- de bepaling van de locatie van het lozingspunt. Het lozingspunt behoort tot waterhuishoudingsstelsel derden.

Toelichting:

Met betrekking tot het bovenstaande wordt zichtbaar dat de afbakening van fysieke verschijningsvormen niet altijd heel eenvoudig kan worden beschreven. Zo behoort het elektrotechnische en werktuigbouwkundige deel van de pompen niet tot het hemelwaterafvoersysteem, maar vormt hier een raakvlak mee. De pomp met eigenschappen zoals het maximaal leverbare debiet behoort echter wel tot het hemelwaterafvoersysteem, omdat het benodigde debiet bepaald wordt door het ontwerp van het hemelwaterafvoersysteem.

1.4 Functieanalyse

De **hoofdfunctie** van het hemelwaterafvoersysteem is het afvoeren van (hemel)water van het wegdek op de brug naar een lozingspunt. Deze wordt als volgt omschreven:

Functie	Hemelwater afvoeren van het wegdek op de brug
F1	Afvoeren hemelwater
Actor ¹⁾	Hemelwaterafvoersysteem
Input ²⁾	Hemelwater
Output ³⁾	Wegdek veilig te berijden voor weggebruikers
Transformatie ⁴⁾	Van nat wegdek naar relatief droog wegdek
Conditie ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Atmosferische omstandigheden, binnen de grenzen waarmee rekening gehouden kan worden, zijn: <ul style="list-style-type: none"> - neerslag (regen, sneeuw); - temperatuur (bevriezing, uitzetting). • Weginfra systeem met daarbinnen de objecten weg, vaste en beweegbare brug, tunnel en aquaduct en het ontwerp van deze objecten.

- ¹⁾ actor de externe actoren, die een rol spelen bij deze functie
- ²⁾ input een functie begint met iets of een bepaalde situatie
- ³⁾ output een functie leidt tot iets of een gewijzigde situatie
- ⁴⁾ transformatie een functie zet één of meerder inputs om in één of meerdere outputs
- ⁵⁾ conditie condities waaronder de functie vervuld kan worden

Een eventuele **nevenfunctie** van het hemelwaterafvoersysteem is het beletten van de verspreiding van schadelijke stoffen in het milieu en/of het riool tijdens een calamiteit (zie 2.7.2).

Functie	Verspreiding van schadelijke stoffen beletten
F2	Beletten verspreiding schadelijke stoffen tijdens calamiteit
Actor ¹⁾	Hemelwaterafvoersysteem
Input ²⁾	Schadelijke stof(fen)
Output ³⁾	Geconcentreerde hoeveelheid schadelijke stof(fen) binnen het hemelwaterafvoersysteem
Transformatie ⁴⁾	Van willekeurige verspreiding naar gecontroleerde concentratie van schadelijke stof(fen)
Conditie ⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Calamiteitomstandigheden: <ul style="list-style-type: none"> - Brand - Explosieve gassen en/of vloeistoffen - Giftige gassen en/of vloeistoffen - Corroderende gassen en/of vloeistoffen • Weginfra systeem met daarbinnen de objecten weg, vaste en beweegbare brug, tunnel en aquaduct en het ontwerp van deze objecten.

Daarnaast worden kunnen er nog verschillende aspect eisen gesteld worden aan het hemelwaterafvoersysteem.

Bij het ontwerp van een hemelwaterafvoer spelen aspecten een rol zoals:

Aspect	Voorbeelden van onderwerpen met betrekking tot Hemelwaterafvoer
Veiligheid	- stroefheid wegdek (aquaplanning); - spat- en sproeiwater (plasvorming).
Gezondheid	- gevaarlijke stoffen in relatie tot hemelwaterafvoer; - gebruikte materialen; - vervuiling van berm en/of oppervlaktewater, etc.
Beschikbaarheid	- tijdsbeslag van onderhoudswerkzaamheden; - tijdsduur van verstoringen in de afvoer (verstoppingen).
Betrouwbaarheid	- sterkte-eigenschappen van onderdelen hemelwaterafvoersysteem; - voorzieningen ten behoeve van effectief onderhoud (bijv. aanbrengen doorspuitpunten); - robuust en molestbestendig; - overige materiaaleigenschappen.
Vormgeving	- inpasbaar in het ontwerp van weg, kunstwerk en grondwerk;

	- architectonische eisen; - eisen welstandscommissie.
Omgevingshinder	- inpasbaar in de waterhuishouding van zijn omgeving; - geen belasting voor het milieu.
Uitvoering	- uitvoeringseisen en -aandachtspunten ;
Onderhoud	- eisen m.b.t. eenvoudig onderhoud / vervangen van onderdelen; - eisen m.b.t. de inspecteerbaarheid.
Toekomstvastheid	- vermijden van onbedoelde effecten indien een uitbreiding van het weginfrasysteem gerealiseerd wordt.
Sloopbaarheid	- eisen m.b.t. het eenvoudig buiten werking stellen / verwijderen van onderdelen.

tabel I-1

1.5 Wettelijk kader

Het wettelijk kader voor het reguleren van lozingen en daarmee voor het omgaan met afstromend hemelwater van wegen en kunstwerken wordt gevormd door de Wet Milieubeheer, de Waterwet en de Wetbodembescherming. Op basis van deze wetgeving is het Besluit lozen buiten inrichtingen genomen. In het 'Kader Afstromend Wegwater' [1] is het Besluit praktisch hanteerbaar gemaakt.

Volgens het 'Kader Afstromend Wegwater' is de voorkeursvolgorde voor het omgaan met afstromend wegwater van (rijks)wegen en kunstwerken als volgt:

1. lozen in de berm (gecontroleerd infiltreren in de bodem);
afvoer via berm naar bermsloten;
2. lozen in een oppervlaktewaterlichaam;
afvoer, onder vrij verval, via goten, kolken en leidingen op bermsloten, bergvijvers of zakputten; eventueel de bermsloten aansluiten op het waterhuishoudkundig systeem in de omgeving (watergang, riool).
3. of in een voorziening voor de inzameling en transport van afvalwater (niet zijnde vuilwater);
afvoer onder vrij verval via goten, kolken en leidingen op riolen en rioolputten met uitmonding van het riool op een rioolgemaal (of pompput). Vanuit het rioolgemaal het hemelwater via een persleiding afvoeren naar een waterhuishoudkundig systeem in de omgeving (watergang, riool).
4. alternatieve lozing

1.6 Gerelateerde documenten

De volgende normen en publicaties zijn geraadpleegd als bron en/of als achtergrond informatie voor de inhoud van deze richtlijnen.

- Kader 'Afstromend Wegwater', Rijkswaterstaat – Dienst Verkeer en Scheepvaart, december 2010 [1].
- Schaling neerslagstatistiek korte duren obv Stowa (2015) en KNMI'14 [2]
- Handboek Wegontwerp, wegen buiten de bebouwde kom; CROW, Publicatie 164, februari 2002 [3].
- Eisendocument Eisen Markering, november 2015, versie 1 [4]
- Eisendocument Eisen Voertuigkering, oktober 2014, versie 3.0 [5]
- Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen (NOA); Rijkswaterstaat – Adviesdienst Verkeer en Vervoer, januari 2007 [6]
- Handboek Wegontwerp [7]

1.7 Terminologie

Zie voor de toegepaste terminologie de begrippenlijst in bijlage 2.

2 Generieke eisen Hemelwaterafvoer

De hoofdfunctie van de hemelwaterafvoer is het afvoeren van hemelwater van het wegdek met als doel een veilig te berijden wegdek. Zodra het hemelwater van het wegdek is afgevoerd dient het hemelwater op een gecontroleerde wijze te worden afgevoerd binnen het hemelwaterafvoersysteem dan wel naar een naburige waterhuishouding.

Het is van belang het hemelwaterafvoersysteem direct te betrekken in het ontwerp van de brug of viaduct. Afstromend wegwater is in de meeste gevallen geen onderscheidende factor voor de variantkeuze.

2.1 Klimatologische belasting

Atmosferische omstandigheden

De atmosferische omstandigheden binnen welke grenzen het hemelwaterafvoersysteem dient te kunnen functioneren worden omschreven door de regenduurlijnen van "Schaling neerslagstatistiek korte duren obv Stowa (2015) en KNMI'14" [2]. De regenduurlijnen van bruggen zijn gebaseerd op de voorspellingen voor 2085.

Regenduurlijnen Stowa (2015) en KNMI'14

Tijd (min)	Neerslag (mm)	
	1x in 10 jr	1x in 50 jr
0	0	0
5	17	25
10	24	35
15	29	42
30	37	53
60	44	63
120	50	71
>120	50+5mm/h	71+6mm/h

tabel 2-1

In bovenstaande tabel zijn de cumulatieve neerslag hoeveelheden als functie van de tijdsduur van een bui weergegeven voor 2 verschillende referentieperiodes, 10 jaar en 50 jaar.

Deze waarden kunnen afwijken van de waarden voor wegen omdat de ontwerplevensduur van wegen en bruggen verschillen. De regenduurlijnen voor tunnels, aquaducten en verdiepte liggingen wijken ook af.

In paragraaf 2.2 wordt aangegeven welke referentieperiode voor welke situatie dient te worden aangehouden.

N.B. voor kleine bruggen waar een dynamische berekening van de hemelwaterafvoer niet loont dient rekening te worden met een constante regenbui met een onbepaalde tijdsduur. Voor buien met een herhalingsduur van 10 jaar mag men rekenen met een bui met een intensiteit van 72mm/uur

(=200 liter/sec/ha). Voor buien met een herhalingstijd van 50 jaar met een intensiteit van 100 mm/uur (=300 liter/sec/ha).*Toelichting*

17 mm regenwater in 5 minuten komt overeen met meer dan 566 liter/sec/ha! Voor kleine bruggen en viaducten mag men ervan uitgaan dat de eerste 5 minuten van een regenbui geborgen kunnen worden in het regenwaterafvoersysteem. Voor een bui met een duur van 10 minuten wordt dus $24/2=12$ mm opgevangen in het systeem. De rest, 12 mm in 10 minuten = 72 mm/uur ≈ 200 l/sec/ha.

2.2 Referentieperiodes

In principe mag men ervan uitgaan dat de maatgevende bui gedurende een referentieperiode gelijk is aan de grootste bui die één maal in deze periode voorkomt.

De keuze van een referentieperiode, en daarmee dus de grote van een bui, wordt gerelateerd aan de consequenties (=overlast/schade) die kunnen voorkomen. Indien deze schade groot is, dan stelt men criteria bij een minder vaak voorkomende bui. Indien men weinig schade verwacht stel je diezelfde criteria bij een vaker voorkomende bui.

Dat wil zeggen:

- Indien je weinig overlast/schade verwacht (aquaplaning/snelheidsbeperking) omdat de waterhoogtes op het wegdek onmogelijk groter kunnen zijn dan 30cm, dan dient gerekend te worden met een bui die eens per 10 jaar voorkomt;
- Indien je matig overlast/schade verwacht (stremming van het verkeer) omdat de waterhoogtes op het wegdek kunnen stijgen tot boven de 30 cm, dan dient gerekend te worden met een bui die eens per 50 jaar voorkomt ;

Het spreekt voor zich dat deze hoeveelheden water alleen kunnen voorkomen, indien er fysieke beperkingen (wanden, dichte barriers, hoge schampkanten) zijn, waardoor het water zo hoog op de rijbaan kan staan.

Naast de eisen die de waterkwantiteitsbeheerder kan stellen, dient aan de hand van de plaatselijke situatie bepaald te worden van welke maatgevende bui uitgegaan dient te worden.

Bij de dimensionering van het hemelwaterafvoerstelsel voor weggedeelten met een maximum snelheid groter of gelijk aan 100 km/uur dient voor het 'kantstreepcriterium' de volgende referentieperiode te worden aangehouden, zie tabel 2-1:

1. Voor bruggen en viaducten, waarbij het fysiek onmogelijk is dat er grotere waterhoogtes op het wegdek voorkomen dan 30 cm, dient een referentieperiode van 10 jaar te worden aangehouden;
2. Voor bruggen en viaducten, waarbij het mogelijk is dat er waterhoogtes op het wegdek kunnen ontstaan van 30 cm of meer, dient een referentieperiode van 50 jaar te worden aangehouden;

In de regel houdt men voor bruggen en viaducten een referentieperiode van 10 jaar aan. Voor bruggen met hoge dichte wandliggers dient een referentieperiode van 50 jaar te worden aangehouden.

Voor weggedeelten waar lagere maximum snelheden gelden, mag het 'kantstreepcriterium' tijdens de bui gedurende een korte tijd worden overschreden, zie specifieke eisen bruggen en viaducten in paragraaf 3.1.

2.3 Maximale berging (plassen)

Bij de dimensionering van het hemelwaterafvoersysteem van grote bruggen dient gebruik te worden gemaakt van een dynamische berekeningsmethode, waarmee de betreffende regenbui kan worden ingevoerd en inzicht wordt verkregen in het functioneren van de diverse onderdelen tijdens de regenduur. In het algemeen dient het hemelwaterafvoersysteem getoetst te worden op de maximaal toelaatbare berging op het wegdek (plassen).

Daar waar de afvloeiselheid van hemelwater te gering is door

- een te kleine of geen verkanting
- belemmeringen in de afvoer naar berm of langsgoot
- vollopen van berm of langsgoot

zullen plassen ontstaan.

Plassen ontstaan altijd en overal en zullen ook na verloop van tijd onder natuurlijk verhang of na verdwijning van de belemmering of leeglopen van goot of berm weer verdwijnen.

Plassen op de wegverharding kunnen een gevaar vormen voor het wegverkeer op de rijbaan. De kans op aquaplaning is afhankelijk van de snelheid van een voertuig, het profiel van de band en de diepte van de plas. Bij hoge snelheden kunnen kleine waterdieptes al tot problemen leiden.

Met inachtneming van paragrafen § 6.6 van de NOA [6], § 8.3.7 van het Handboek Wegontwerp – Stroomwegen [7] en § 7.3.4 van het Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen [7] en de eisen die men aan de wegverharding stelt, mag men ervan uitgaan dat er geen plassen ontstaan bij het afvoeren van hemelwaterafvoer naar de rand van de rijbaan.

2.3.1 Kantstreepcriterium

In het algemeen wordt geen eis gesteld aan de minimale afvoer van regenwater op een brug, maar aan de maximale omvang die een plas op een brug of viaduct mag hebben: het zogenaamde kantstreepcriterium.

De wegverharding dient als berging van overtollig hemelwater in de vorm van "plassen" met een maximale omvang.

Bij verkeerswegen waarvoor een bepaalde maximum snelheid geldt mogen plassen de rechter kantstreep (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) niet overschrijden bij een bui met een referentieperiode als vastgesteld in paragraaf 2.2.

2.4 Functionele (top)eisen aan het HWA-systeem

<ID>	Afvoeren hemelwater weginfrasysteem	Bovenliggende eis	Onderliggende eis	Eisinitiator
fu-01	Het HWA-systeem van een weginfrasysteem dient het (hemel)water op de rijbaan af te voeren.	<ntb>	<ntb>	RWS
fu-02	Het HWA-systeem van een weginfrasysteem dient in geval van een calamiteit afgesloten te kunnen worden.	<ntb>	<ntb>	RWS
Bron: RWS				
Verificatiemethode: Analyse en berekening op basis van deze richtlijn waarmee aangetoond wordt dat voor de verschillende onderdelen van het weginfrasysteem het hemelwater wordt afgevoerd in overeenstemming met de onderliggende eisen.				
Toelichting: De bovenliggende eis kan een eis met betrekking tot veiligheid en/of beschikbaarheid van het weginfrasysteem zijn. De onderliggende eisen komen voort uit de eisen van de belanghebbenden (stakeholders) en het ontwerp van de weg, het kunstwerk en het hemelwaterafvoersysteem.				

De afgeleide eisen van de eerste top eis worden meestal gesteld in de vorm van hoe groot de maximale berging op het wegdek mag zijn: hoe groot mag de grootste plas tijdens een regenbui zijn, of hoe snel deze maximale berging weer gereduceerd moet zijn tot acceptabel niveau tijdens of na een bui.

2.5 Generieke aspect eisen aan het HWA-systeem

<ID>	Afvoeren hemelwater weginfrasysteem	Bovenliggende eis	Onderliggende eis	Eisinitiator
ge-01.1	Het HWA-systeem van de brug dient te voldoen aan het Kader Afstromend Wegwater.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.2	Het hemelwater dient van alle rijbanen op de brug separaat te worden afgevoerd (zodat het hemelwater van de ene rijbaan niet kan afstromen over de andere rijbaan).	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.3	Kolk- en putdeksels op een brug dienen buiten de rijbaan te worden gestitueerd.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.4	Bij toepassing van HWA buizen dient de diameter minimaal 250 mm te bedragen, met uitzondering van kolkaansluitingen. Deze mogen een diameter van minimaal 125 mm hebben.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.5	Er mogen geen buizen in het dek van de brug onder de rijbaan liggen.	fu-01	<ntb>	RWS

ge-01.6	Buizen onder de rijbaan (in de aardenbaan) dienen met de bovenkant van de buis minimaal 1 m onder het wegooppervlak te liggen.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.7	Buizen onder de rijbaan (in de aardenbaan) dienen > 5 meter van het object (einde vleugelwand, einde wand van tunneltoerit) en >1 meter van de vrije uiteinde van stootplaten te liggen.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.8	Bij toepassing van HWA buizen onder de brug dienen deze eenvoudig geïnspecteerd en onderhouden te kunnen worden.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.9	HWA buizen die in sloten afwateren dienen te worden voorzien van uitstroomconstructies die voldoende weerstand bieden aan maaierwerk.	fu-01	<ntb>	RWS
ge-01.10	De onderdelen van het HWA dienen een levensduur te hebben van minimaal 50 jaar, met uitzondering van vervangbare onderdelen. Deze dienen een minimale levensduur van 25 jaar te hebben.	fu-01	<ntb>	RWS
Bron: RWS				
Verificatiemethode: Analyse en berekening op basis van deze richtlijn waarmee aangetoond wordt dat het hemelwater wordt afgevoerd in overeenstemming met de onderliggende eisen. N.B. waar in de eisen het woord "brug" wordt gebruikt, moet deze, waar van toepassing, gewijzigd worden in het woord "viaduct".				
Toelichting: De bovenliggende eis kan een eis met betrekking tot veiligheid en/of beschikbaarheid van de brug of viaduct zijn. De onderliggende eisen komen voort uit de eisen van de belanghebbenden (stakeholders) en het ontwerp van de weg, het kunstwerk en het hemelwaterafvoersysteem.				

2.6 Goten, kolken en riolen

Wegbouwkundige noodzaak

Goten, kolken en riolen (inclusief putten) met afvoer naar bermsloten e.d. dienen aangebracht te worden indien de afvoer zich concentreert of wordt belemmerd, zoals:

- a. bij afstroming in de langsricting van de brug; het kan bijvoorbeeld noodzakelijk zijn bij:
 - een brug met een langshelling steiler dan 1%;
 - een brug met een verhardingsbreedte van meer dan 11 m, indien de langshelling steiler is dan 0,5%.
- b. wanneer geen zijdelingse afstroming mogelijk is; bijvoorbeeld bij:
 - een brug met obstakels langs de verharding, b.v. schampranden, barriers, e.d.
- c. wanneer er gevaar voor uitspoeling bestaat; bijvoorbeeld bij:
 - taluds aan het einde van bruggen.

Goten

Goten hebben als functie het hierin toestromend water op te vangen en af te voeren via het hemelwaterafvoerstelsel, bijvoorbeeld naar kolken.

De vorm van de goot dient er op gericht te zijn een zo groot mogelijke waterafvoer te verkrijgen. De hydraulische dimensionering van goten kan bepaald worden volgens document [3, bijlage B Formules voor de berekening van open en gesloten leidingen]. Hierbij wordt het maximaal afwaterend oppervlak bepaald aan de hand van met name rijbaanbreedte, regenintensiteit, langshelling, gootvorm en kolkafstand.

Kolken

Kolken hebben als functie het vanuit goten toestromend water op te vangen en af te voeren via het hemelwaterafvoerstelsel, bijvoorbeeld via aansluitleidingen naar bermsloten of riolering.

Kolkafstanden

Een berekening dient de maximale kolkafstand(en) te bepalen.

Het verdient echter de aanbeveling het maximaal per kolk afwaterende wegoppervlak (uit praktische overwegingen) te beperken tot ca. 600 m², waardoor de kolkafstand afhankelijk van de verhardingsbreedte wordt begrensd door een maximale waarde. De afstand tussen de kolken dient kleiner te zijn dan 40 meter.

Rioolbuizen

Rioolbuizen hebben als functie het water vanuit kolken verder af te voeren naar de landhoofden, een bermsloot of naar een rioelstelsel.

Het verdient de voorkeur de snelheid van het water in de rioolbuizen niet groter te laten zijn dan 2 m/s. Bij de berekening van de rioolbuizen dient men er van uit te gaan dat de dekking op de hoogwaterlijn (bijv. de afstand tussen hoogwaterlijn in de buis en bodem van een goot) min. 0,30 m is. De hoogwaterlijn is de lijn die kan worden getrokken door de punten waar de waterdruk bij de gehanteerde berekeningsregen nul is.

Het verhang van de rioolbuis onder een brug dient minstens 1:1000 te zijn. Aanbeveling verdient het in ieder geval het bodemverhang zo groot mogelijk te maken.

Indien het verhang flauwer wordt dan 1:1000 dient de bodem van de waterloop/tussenkolk waarop geloosd wordt, te worden verlaagd. Indien verlaging van de waterloop niet mogelijk is zal toch een flauwer verhang moeten worden aangehouden, hetgeen niet van invloed is op de hydraulische afvoercapaciteit, maar wel op mogelijke extra bezinking.

2.7 Aspect criteria

2.7.1 Veiligheid

Om plasvorming te voorkomen mag de afvoer van hemelwater niet door obstakels worden belemmerd.

Markering

De markering dient te zijn voorzien van maatregelen om de afvoer van hemelwater te bevorderen. Verwezen wordt naar Eisendocument Eisen Markering [4]

Barriers

Barriers dienen de hemelwaterafvoer niet te belemmeren. Verwezen wordt naar Eisendocument Eisen Voertuigkering [5].

Putten en putafdekkingen

Putten en deksels mogen niet in de voor de weg bestemde verharding worden opgenomen.

Goten

Voorkomen dient te worden dat de gootconstructie een obstakel wordt en gevaarlijke situaties kan opleveren. Bestuurders kunnen de macht over het stuur verliezen wanneer de wielen van het voertuig in een goot terecht komen. Daarom zijn de hieronder genoemde eisen gesteld aan de vormgeving van goten.

De vormgeving van goten dient er op te zijn gericht dat:

- een zo groot mogelijke waterafvoer wordt verkregen (voorkomen plasvorming bij hevige regenbui);

Kolken

Bij een kolkaansluitleiding dient de kans op verstopping te worden verkleind door het toepassen van een buis met een minimum middellijn van 125 mm uitwendig.

2.7.2 Gezondheid

Milieukundige noodzaak

Naast de wegbouwkundige noodzaak kan de aanleg van goten, kolken en riolen (waar nodig een gescheiden stelsel) ook noodzakelijk zijn uit oogpunt van milieubelangen om bodem- en grondwaterverontreinigingen bij bijv. brandstofverkooppunten te voorkomen en kunnen belangen van derden een rol spelen, zoals bijv. in waterwingebieden, tuinbouwgebieden enz.

In het algemeen kan gesteld worden dat op die locaties waar lozing van hemelwater aanleiding kan geven tot verontreinigingen van bodem en/of ontvangend water aanvullende voorzieningen dienen te worden getroffen. Deze voorzieningen zijn afvoer via slib/zandopvangputten, benzine- en olie-afscheiders of lamellenfilters. Tevens bestaat de mogelijkheid om te transporteren naar een ontvangend water waarop lozing geen bezwaar is, naar gemeentelijke rioolstelsels of naar zuiveringsinstallaties.

Eisen hieromtrent dienen vanuit een analyse en wensen van de omgeving en belanghebbende naar voren te komen.

Materialen milieuvriendelijk

De gebruikte materialen van onderdelen ten behoeve van het hemelwaterafvoersysteem dienen milieuvriendelijk te zijn.

Zo dient het gebruik van PE-HD te prevaleren boven het gebruik van PVC, tenzij voor het gebruik van PVC doorslaggevend redenen aan te voeren zijn. Dit geldt tevens voor overige afwegingen op het gebied van materiaalgebruik. Het gebruik van het meest milieuvriendelijke materiaal dient hierbij steeds te prevaleren.

PVC = ongeplasticiseerd polyvinylchloride

PE-HD = polyetheen - hoge dichtheid.

2.7.3 Beschikbaarheid

Om het hemelwaterafvoersysteem zijn functie te kunnen laten vervullen dient het hemelwaterafvoersysteem beschikbaar te zijn en dient derhalve een verstoring van de afvoer (bijv. verstoppingen) te worden voorkomen.

2.7.4 Betrouwbaarheid

Om het hemelwaterafvoersysteem betrouwbaar zijn functie te kunnen laten vervullen dient het hemelwatersysteem voldoende robuust te zijn. Desondanks mogen er geen buizen in het brugdek onder de rijbaan worden gesitueerd en moet men sowieso zeer terughoudend zijn om buizen te integreren in het brugdek of onderbouw en fundering van de brug.

Onderdelen van het Hemelwaterafvoersysteem dienen een technische levensduur te hebben van 50 jaar.

Het hemelwaterafvoersysteem (bermen, goten, kolken, buizen, putten en dergelijke) dient alle er op werkende belastingen en aantastingsmechanismen te kunnen weerstaan en over te brengen naar de ondergrond. Deze belastingen en aantastingsmechanismen dienen door middel van een analyse bepaald te worden.

Voor belastingen op het hemelwaterafvoersysteem zie document [3, paragraaf 7 Sterkteberekening buizen].

Voor aantastingsmechanismen van het hemelwaterafvoersysteem zie document [3, paragraaf 6 Keuze bouwstoffen].

Het hemelwaterafvoersysteem dient bestand te zijn tegen agressieve vloeistoffen bestaande uit onder andere neerslag van luchtverontreiniging, bodem-verontreiniging, strooizout en stoffen afkomstig van het wegverkeer zoals bandenslijpsel en olie- en brandstoflekkage.

Belastingen buizen

Voor de sterkteberekening van buizen zie document [3, paragraaf 7 Sterkte-berekening buizen].

Indien (afvoer)buizen met een diameter <250 mm onder de weg door worden aangebracht dient deze buis in een mantelbuis opgenomen te worden, zodat zettingen in de aardenbaan geen of slechts een zeer geringe belasting op de (afvoer)buis uitoefenen. Daarnaast kan bij toepassing van een mantelbuis de afvoerbuis vervangen worden zonder dat schade aan de weg optreedt.

Afvoerbuizen die onder de weg door worden aangebracht dienen buiten het invloedsgebied van het kunstwerk inclusief de overgangsconstructie (stootvloer, -platen) te liggen

De afstand van de bovenkant van het riool, mantelbuis en dergelijke tot de onderkant van de verharding dient minimaal 1,0 m ten behoeve van de spreiding van de verkeersbelasting op de verharding.

Materiaaleigenschappen hemelwaterafvoersysteem

Voor de bepalingen met betrekking tot de aan te houden sterkte-eigenschappen bij toepassing van een materiaal zie document [3, paragraaf 6 Keuze bouwstoffen].

In de normen en publicaties worden de sterkte eigenschappen vaak gerelateerd aan een verkeersklasse.

Voor bepalingen met betrekking tot de aan te houden weerstand tegen aantastingsmechanismen van een materiaal zie document [3, paragraaf 6 Keuze bouwstoffen].

Robuustheid en molestbestendigheid

Met name in het zicht blijvende onderdelen voor de afvoer van hemelwater dienen voldoende robuust en molestbestendig te zijn.

2.7.5 Vormgeving

De vormgeving van het hemelwaterafvoersysteem dient te worden ingepast in de vormgeving van de weg en de architectonische eisen.

2.7.6 Omgeving

Bij het ontwerp van weginfrastructuur en het bijbehorende hemelwater-afvoersysteem dient altijd in een vroeg stadium van het ontwerp contact opgenomen te worden met de beheerder van het ontvangende watersysteem (waterschap, hoogheemraadschap). De beheerder van het ontvangende watersysteem kan eisen stellen aan de wijze waarop met lozingen dient te worden omgegaan. Het wettelijk kader voor het reguleren van lozingen wordt gevormd door de Wet milieubeheer, de Waterwet en de Wet bodembescherming. Op basis van deze wetgeving is het Besluit 'lozen buiten inrichtingen' bepaald. Het Kader 'Afstromend Wegwater' [7] geeft een praktische invulling van het Besluit 'lozen buiten inrichtingen' en dient toegepast te worden in de relatie met de beheerder van het ontvangende watersysteem.

2.7.7 Uitvoering

Algemeen

Ook bij een gefaseerde aanleg en/of reconstructie van de brug dient het hemelwaterafvoersysteem te functioneren, zodat de veiligheid op de in gebruik zijnde weggedeelten gewaarborgd is.

Hiertoe dienen zo nodig tijdelijke voorzieningen te worden getroffen zodat de veiligheid op de in gebruik zijnde weggedeelten gewaarborgd is. Tevens dient uitspoeling van grond in bermen en taluds te worden voorkomen.

Nederlandse Praktijk Richtlijn 3218

De aanleg dient, voor zover van toepassing, te worden uitgevoerd overeenkomstig het gestelde in de Nederlandse praktijkrichtlijn 'Buitenriolering onder vrij verval - aanleg en onderhoud' NPR 3218. In het navolgende zijn, waar nodig, per onderdeel afwijkingen of aanvullingen aangegeven.

Fundering van leidingen

Puin, stenen of andere scherpe voorwerpen dienen uit de sleufbodem te worden verwijderd ter voorkoming van beschadiging van de leiding.

Lijn- en puntbelastingen kunnen leiden tot een grotere deformatie. Daarom is het ontoelaatbaar de kunststofleidingen rechtstreeks op harde grond, riet-, kunststof- of rijsmatten, vlonders, baddingen of tegels te leggen.

Scheurvorming en/of zettingen als gevolg van de toepassing van een grondverbetering kunnen leiden tot breuk in de leidingen.

Doorvoeringen door mantelbuizen

Onder wegverhardingen zo min mogelijk riolen aanleggen vanwege de verdichtingsproblematiek van de rioolsleuf.

Om binnendringen van grond te voorkomen dienen de uiteinden van de mantelbuis met rubberen slabben / manchetten of met stroken schuimrubber te worden afgesloten. Bij persleidingen en bijbehorende mantelbuizen met kleine middellijn kan de ruimte tussen mantelbuis en persleiding worden volgeschuimd (eventueel tevens ten behoeve van isolatie, bijv. met polyurethaanschuim) of kan een vulmiddel zoals dammer, grout o.i.d. worden aangebracht.

2.7.8 Onderhoudbaarheid/beheerbaarheid

Het hemelwaterafvoersysteem dient onderhoudsarm te zijn.

Het hemelwaterafvoersysteem dient eenvoudig inspecteerbaar en onderhoudbaar te zijn.

Het hemelwaterafvoersysteem dient uniform van opzet te zijn. Gelijke afmetingen, vorm en merken dienen te worden toegepast en uitwisselbaar te zijn. De toegepaste producten dienen herproduceerbaar en uitwisselbaar te zijn en te zijn voorzien van de benodigde certificaten.

Goten

Goten dienen, zo mogelijk, machinaal te kunnen worden gereinigd.

Goten dienen, waar mogelijk, open goten te zijn van asfaltbeton of betonnen elementen. Incidenteel kunnen straatstenen en tegels worden toegepast.

Kolken

Bij het ruimen van sneeuw dienen de kolkinlaten sneeuwvrij te kunnen worden gemaakt zodat smeltwater kan toestromen.

2.7.9 Toekomstvastheid

Vluchtstrook

Bij het ontwerp van het hemelwatersysteem dient rekening gehouden te worden met een mogelijk toekomstige gewijzigde wegindeling op de brug.

Bouwstoffen

De bouwstoffen moeten voldoen aan de hiervoor geldende normbladen en, voor zover mogelijk, geleverd worden onder KOMO-resp. KIWA-certificaat voorzien van een KOMO-keurmerk. De bouwstoffen die niet onder certificaat geleverd kunnen worden dienen door een keuringsinstituut te worden gekeurd.

Voor de onderdelen van de afvoerstelsels komen de navolgende bouwstoffen in aanmerking:

Element	Materiaal
<ul style="list-style-type: none">• Goten• Kolken en aansluitleidingen	Asfaltbeton of betonelementen Onderbak van beton en inlaatstuk van gietijzer met draaibaar hol rooster of thermisch verzinkt vlak stalen rooster; aansluitleidingen van PVC.
<ul style="list-style-type: none">• Rioolbuizen	buizen van beton of PE-HD, incidenteel PVC.

PVC = ongeplasticeerd polyvinylchloride

PE-HD = polyetheen - hoge dichtheid.

Goten

Goten dienen gemakkelijk aanpasbaar te zijn bij het aanbrengen van nieuwe asfaltbetonlagen en/of reconstructie.

PE-HD buizen

Buizen van PE-HD zijn toepasbaar voor de afvoer van hemel- en vuilwater, zowel in vrijvervalleidingen als in persleidingen.

PVC-buizen

Buizen van PVC zijn toepasbaar voor de afvoer van hemel- en (in beperkte mate) vuilwater, zowel in vrijvervalleidingen als in persleidingen.

2.7.10 Sloopbaarheid

Onderdelen van het hemelwaterafvoersysteem dienen te kunnen worden hergebruikt, respectievelijk te kunnen worden afgevoerd als bouw materiaal voor hergebruik in de meest hoogwaardige vorm.

2.8 Externe raakvlakken

..

2.9 Interne raakvlakken

Plaatsbepaling

Bij de plaatsbepaling van het hemelwaterafvoersysteem van de brug dient rekening te worden gehouden met andere aan te brengen, of eventueel later aan te brengen, wegvoorzieningen zoals geleiderailconstructies, geluidsschermen, lichtmasten, uithouders en portalen voor bewegwijzering enz.

3 Specifieke eisen Hemelwaterafvoer Brug

Inleiding

In overeenstemming met het 'Kader Afstromend Wegwater' is het niet meer wenselijk om direct te lozen op de omgeving (lees: oppervlaktewater) direct onder een tussenafvoerpunt, tenzij dit technisch en/of financieel niet mogelijk is. Als voorbeeld gelden hierbij lange bruggen, waarbij het te kostbaar wordt om het afstromende wegwater af te voeren naar de landhoofden. Denk hierbij ook aan het risico van terugslag van wegwater de rijbaan op.

De voorkeursvolgorde is als volgt:

1. Indirect lozen in een regionaal oppervlaktewaterlichaam;
 - a. afvoer, onder vrij verval, via goten, kolken en leidingen op bermsloten, bergvijvers of zakputten; eventueel de bermsloten aansluiten op het afwateringssysteem in de omgeving (watergang, riool).
 - b. of in een voorziening voor de inzameling en transport van afvalwater (niet zijnde vuilwater);
2. Afvoer onder vrij verval via goten, kolken en leidingen op riolen en rioolputten met uitmonding van het riool op een rioolgemaal (of pompput).
Vanuit het rioolgemaal het hemelwater via een persleiding afvoeren naar een waterhuishoudkundig systeem in de omgeving (watergang, riool).
3. alternatieve lozing

3.1 Waterafvoerberekening

Het ontwerp van het HWA-systeem dient te worden gecontroleerd met een dynamische berekening, waarbij de histogrammen van de ontwerpregenbui(en) en het lozingspeil kunnen worden ingevoerd.

Bij de waterafvoerberekening dient rekening te worden gehouden met de breedte B en de lengte L van het afstroomgebied, de dwarsverkanting en de langshelling van de weg.

Bij kleine overspanningen kan het volstaan gebruik te maken van het hemelwaterafvoersysteem van de weg.

Indien gewenst kan men een gebruik maken van een (ongunstige) statische berekening met een constante intensiteit van de bui van onbepaalde tijdsduur.

3.1.1 Scope van de waterafvoerberekening

Onderdoorgangen, faunapassages en duikers

Onder bruggen verstaan we tevens viaducten, onderdoorgangen en grotere duikers en faunapassages.

Het HWA-systeem van onderdoorgangen, faunapassages en duikers, die zich kenmerken door:

- Een kleine overspanning
- Het ontbreken van een voegovergang.

behoeft niet aan de eisen van het hemelwaterafvoersysteem van de brug te voldoen.

Genoemd hemelwaterafvoer dient wel te voldoen aan de eisen hemelwaterafvoer wegen op de aardenbaan.

De eisen aan de weg stellen al **dat (Extra) Goten, kolken en riolen (inclusief putten) met afvoer naar bermsloten e.d. dienen aangebracht te worden indien de afvoer zich concentreert of wordt belemmerd**. Bij de bovenstroomse overgang van weglichaam naar brug zal door ongelijke zetting altijd een concentratie van hemelwater bevinden. Vereist is om daar een kolk of put aan te brengen. Of er aan de benedenstroomse overgang ook een put of kolk moet worden toegepast hangt af van de dimensies van de brug. Bij kleine bruggen (duikers, onderdoorgangen) mag men ervan uitgaan dat de afvoer van het hemelwater niet anders verloopt dan bij de rest van weg, waar geen brug aanwezig is. Het reguliere HWA-systeem van de weg is dan afdoende.

In de regel is geen extra benedenstroomse put of kolk nodig indien het afstroomoppervlak van de brug kleiner is dan 75 m². Daarnaast mag men ervan uitgaan dat bij kleine overspanningen

verticaal alignement	geen benedenstroomse kolk noodzakelijk is, indien
$i \leq 1\%$	$L \leq 1/3 * \text{breedte rijdek}$
$1\% < i \leq 2\%$	$L \leq 2/3 * \text{breedte rijdek}$
$2\% < i \leq 3\%$	$L \leq \text{breedte rijdek}$

3.2 Specifieke eisen weginfrasysteem object brug

<ID>	Afvoeren hemelwater weginfrasysteem	Boven- liggende eis	Onder- liggende eis	Eisinitiator
bru-01.1a	Bovenstroomse Eindafvoer Het HWA-systeem van weggedeelten bovenstrooms van de brug dient vóór de overgang naar de brug af te wateren op het HWA-systeem van de brug bij het landhoofd	fu-01	<ntb>	<ntb>
bru-01.1b	Boven- en benedenstroomse Eindafvoer Het HWA-systeem van weggedeelten gelegen op de brug dient vóór de overgang naar de aardenbaan (bovenstrooms en benedenstrooms) af te wateren op het HWA-systeem van de brug ter plaatse van de landhoofden	Fu-01		
bru-01.1.1	Eindafvoeren dienen direct naast de stootplaten en een tweede eindafvoer 5 meter achter de stootplaten te worden gesitueerd.			
Bru-01.1.2	Roosters van eindafvoeren dienen minimaal 0 en maximaal 20 mm lager te liggen dan bovenkant asfalt.			
bru-01.1.3	In geval van zeer open asfalt beton dienen roosters van eindafvoeren tussen de 40 en 70 mm lager te liggen dan bovenkant verharding..			
N.B. van eisen bru-01.1 a en b moet, afhankelijk van de situatie, één gekozen worden.				
bru-01.2	De wegverharding op de brug dient het hemelwater af te voeren door middel van dwarsverkanting en/of langshelling			
bru-01.3	Op een kunstwerk dient zich geen verkantingsovergang te bevinden	Fu-01		
bru-01.4	Het hemelwaterafvoersysteem van de brug dient te faciliteren dat hemelwater dat van de verharding wil stromen, hiervoor de gelegenheid krijgt (via goten) en niet kan terugstromen op de verharding	Fu-01		
bru-01.5	Het hemelwaterafvoersysteem van de brug dient het hemelwater per rijbaan separaat af te voeren	Fu-01		
bru-01.6a	HWA Bruggen in weggedeelten > 100 km/h	fu-01		

	<p>'kantstreepcriterium' Bij verkeerswegen waarvoor een maximum snelheid geldt groter dan 100 km/h mag de maximale bergingsruimte (=plas) de rechter kantstreep op een brug (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) <u>niet overschrijden</u> bij een bui met een referentieperiode van ... jaar. (Zoals vastgelegd in paragraaf 2.1)</p>			
bru-01.6b	<p><u>HWA Bruggen in weggedeelten 80-100 km/h</u></p> <p>Bij verkeerswegen waarvoor een maximum snelheid geldt tussen de 80 en 100 km/h mag de maximale bergingsruimte (=plas) de rechter kantstreep op een brug (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) <u>niet langer overschrijden dan 5 minuten</u> bij een bui met een referentieperiode van .. jaar. (Zoals vastgelegd in paragraaf 2.1 en 2.2)</p>	Fu-01		
bru-01.6c	<p><u>HWA Bruggen in weggedeelten 60-80 km/h</u></p> <p>Bij verkeerswegen waarvoor een maximum snelheid geldt tussen de 60 en 80 km/h mag de maximale bergingsruimte (=plas) de rechter kantstreep op een brug (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) <u>niet langer overschrijden dan 15 minuten</u> bij een bui met een referentieperiode van .. jaar. (zoals vastgelegd in paragraaf 2.1 en 2.2)</p>	Fu-01		
bru-01.6d	<p><u>HWA Bruggen in weggedeelten < 60 km/h</u></p> <p>Bij verkeerswegen waarvoor een maximum snelheid geldt van 60 km/h of lager mag de maximale bergingsruimte (=plas) de rechter kantstreep op een brug (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) <u>niet langer overschrijden dan 30 minuten</u> bij een bui met een referentieperiode van .. jaar. (zoals vastgelegd in paragraaf 2.1 en 2.2)</p>	Fu-01		

bru-01.7	Afvoerputten mogen niet in de dekconstructie te worden geïntegreerd.			
bru-01.8	Buizen in bruggen mogen niet ingestort worden (tenzij dit onvermijdelijk is).			
bru-01.9	Bij de overgang naar andere constructiedelen of bij de overgang naar de ondergrond dienen buizen te zijn voorzien van flexibele aansluitingen.			
bru-01.10	Alle onderdelen van het HWA-systeem van bruggen waar een risico bestaat op vandalisme dienen te worden afgeschermd of te worden uitgevoerd in vandalisbestendig materiaal.			
<p>Bron: RWS</p> <p>Waar in de eisen het begrip "brug" wordt genoemd, mag deze vervangen worden door "viaduct", "onderdoorgang" of andere constructies binnen de scope. De referentieperiode van een bui op een brug hoeft niet dezelfde te zijn aan de referentieperiode van een bui van de weg.</p> <p>Verificatiemethode: Analyse en berekening op basis van deze richtlijn waarmee aangetoond wordt dat voor de verschillende onderdelen van het weginfrasysteem het hemelwater wordt afgevoerd in overeenstemming met de onderliggende eisen.</p> <p>Eisen bru-01.6 a t/m d zijn optioneel: slechts één dient te worden gespecificeerd.</p> <p>Toelichting: Waar in de eisen het begrip "brug" wordt genoemd, mag deze vervangen worden door "viaduct", "onderdoorgang" of andere constructies binnen de scope. De referentieperiode van een bui op een brug hoeft niet dezelfde te zijn aan de referentieperiode van een bui van de weg. Meestal bedraagt deze referentieperiode 10 jaar.</p>				

3.3 Wegverharding op de brug

De wegverharding dient het hemelwater af te voeren door middel van dwarsverkanting en/of langshelling

Wegen, algemeen

Ten behoeve van het afvoeren van de neerslag van het verhardingsoppervlak volstaat over het algemeen een dwarshelling (verkanting) van dit verhardingsoppervlak van 2 à 2,5% zie Handboek Wegontwerp [6]. Ook bij onregelmatigheden in dwars- en/of lengteprofiel is dan de kans op plasvorming gering.

3.3.1 Afvloeicoëfficiënt wegverharding

De afvloeicoëfficiënt is een coëfficiënt, die uitdrukt welk gedeelte van de neerslag in het afvoerstelsel terecht komt.

Gedetailleerde waarden afvloeicoëfficiënten – verharde oppervlakken

Indien de afvloeicoëfficiënten van verharde oppervlakten meer nauwkeurig bepaald moeten worden, kunnen voor de diverse soorten oppervlakken waarden worden aangehouden die men door metingen en onderzoek getracht heeft vast te stellen. Als resultaat hiervan wordt aangehouden:

• gesloten wegdek (asfalt en beton)	0,8 - 0,95
Dicht Asfalt Beton (DAB)	0,9
Zeer Open Asfalt Beton (ZOAB)	0,8

Informatief:

De afvloeicoëfficiënt is echter niet constant door vervorming en vertraging bij de inloop in het afvoerstelsel (d.w.z. dat het inloop-hydrogram niet samenvalt met de neerslagkromme) en als gevolg van de tijdelijke berging in het afvoerstelsel (vervorming van het inloop-hydrogram tot een uitloop-hydrogram).

De afvloeicoëfficiënt is dan ook te zien als een gemiddelde, afhankelijk van vele factoren. De bepaling van de juiste waarde van de afvloeicoëfficiënt is in feite niet mogelijk, getuige ook de verschillende resultaten van diverse onderzoekers.

Ter vereenvoudiging mag aangehouden worden dat alle neerslag op verharde oppervlakken wordt afgevoerd en er geen vertraging of vervorming in de afvoer plaatsvindt. De afvloeicoëfficiënt is dan 1.

3.3.2 Maximale berging: "Plassen"

De wegverharding dient als berging van overtollig hemelwater in de vorm van "plassen" met een maximale omvang.

Op bruggen en viaducten, boven een bepaalde afmeting, zullen door hun gering verticaal alignement altijd plassen ontstaan.

Daarom dienen de volgende eisen in acht te worden genomen:

- ('kantstreepcriterium') Bij verkeerswegen waarvoor een maximum snelheid geldt van > 100 km/h mogen plassen de rechter kantstreep (of bij tegenverkanting: linker kantstreep) niet overschrijden bij een bui met een referentieperiode als vastgesteld in paragraaf 2.2.

Voor weggedeelten waar lagere maximum snelheden gelden, mag dit criterium tijdens de bui gedurende een korte tijd worden overschreden.

3.3.3 Waterafvoerberekening

De waterafvoerberekening van een brug of viaduct vormt een integraal onderdeel van de totale waterafvoerberekening van de weg. Daar waar de lengte van de brug of de restricties vanuit de omgeving van de brug relevante risico's vormen, dient een afzonderlijke waterafvoerberekening voor de brug gemaakt te worden.

N.B.

In het verleden werd voor de neerslagintensiteit de formule van Van de Akker gebruikt.

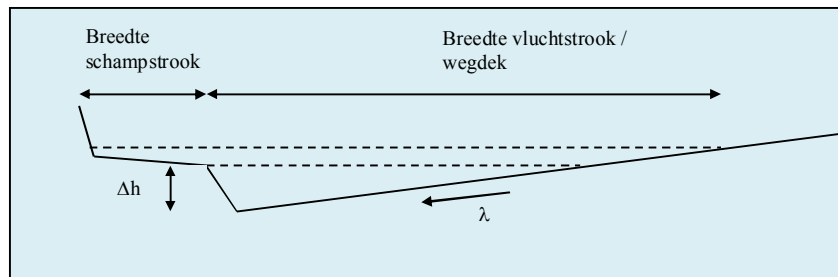
Deze formule is gebaseerd op een neerslaganalyse van het KNMI over de periode 1850 – 1950 en mag niet meer gebruikt worden.

3.4 Afwatering door middel van goten

Capaciteit van goten

Het regenwater, dat op het rijdek valt, wordt via langsgoten eventueel in combinatie met verzamelleidingen afgevoerd.

De capaciteit van de goten is afhankelijk van verschillende variabelen zoals in onderstaande figuur weergegeven.



figuur 3-1

Afhankelijk van het oppervlak en de omtrek van het natte oppervlak kan de capaciteit van de goten worden bepaald.

3.5 Afwatering door middel van tussenafvoeren

Tussenafvoeren

Tussenafvoeren dienen te worden toegepast als:

- De langshelling van het afstroomvlak gering is ($i < 0,5\%$), zodat het water onvoldoende tot afstroming komt.
- De capaciteit van de afvoergoot langs de schamprand overschreden wordt.
- De capaciteit van de eindafvoer onvoldoende wordt.

Indien er geen noodzaak is dan dient het toepassen van tussenafvoeren echter voorkomen te worden om het risico van aantasting van de constructie bij lekkage van tussenafvoeren te voorkomen.

Vooral bij tussensteunpunten van prefab betonnen dekken kunnen, door de zeeg van de prefab onderdelen, blijvende plassen op de rijbaan ontstaan. Deze plassen moeten worden afgevoerd door middel van tussenafvoeren. Speciale aandacht moet worden geschonken aan de positie van deze tussenafvoeren in relatie met de (buigslappe) voeg.

De capaciteit van een tussenafvoer kan aanzienlijk worden vergoot door de buis te koppelen aan een afvoerput. In dat geval wordt als gevolg van de grotere intredeopening van de put extra energiehoogte in de put opgebouwd. Afvoerputten mogen niet in de dekconstructie te zijn geïntegreerd.

3.6 Afwatering door middel van eindafvoeren (kolken)

Eindafvoeren

Eindafvoeren bestaan uit gootelementen die in stelspecie worden geplaatst op een console van het landhoofd, direct naast de stootplaten. Deze constructie dient toegepast te worden, tenzij er doorslaggevende redenen aangevoerd kunnen worden om een hiervan afwijkende constructie toe te passen.

Eindafvoeren bestaan uit een stelsel van goten, putten en afvoerbuizen. De dimensionering dient te worden bepaald op basis van:

- a. De maximaal te verwachten hoeveelheid water per tijdseenheid:
Bij de berekening kan worden uitgegaan van een constante helling over de hele lengte van het rijdek. In de praktijk komt dit echter zelden voor. De uitkomsten

van de berekeningen zijn echter voldoende betrouwbaar, indien van een gemiddelde helling wordt uitgegaan.

b. De breedte van de waterstroom:

Aan het eind van het rijdek zal het water, dat in een brede stroom over de vluchtstrook afstroomt, niet volledig in de eerste afvoergoot verdwijnen, zelfs al zou de opnamecapaciteit van deze goot toereikend zijn. De breedte van de stroom en de afstroomsnelheid hebben invloed op de hoeveelheid water dat de eerste goot passeert. De stroomrichting van het water dat langs de schamprand in langsrichting afstroomt, zal aan het eind van het rijdek ombuigen naar de resultante van de langs- en dwarshelling. De resultante van de langs- en dwarshelling is mede bepalend voor de lengte van het gotenstelsel.

De capaciteit van de afvoergoten wordt bepaald door de doorlaatcapaciteit van de roosters en de afvoercapaciteit van de goot zelf.

Tweede opvang achter landhoofd

Naast de eindafvoeren ter plaatse van het landhoofd dient op een afstand van circa 5 meter achter deze afvoeren een tweede opvang geplaatst te worden. De tweede hemelwateropvang dient om uitspoeling van het talud door hemelwater, dat niet door de eerste opvang opgevangen wordt, te voorkomen. Bij de situering van deze tweede opvang dient rekening te worden gehouden met geleiderailconstructies en doorvoer buizen van kabels vanuit de schamprand in het ontwerp en plaatsing van de tweede opvang.

Afvoerputten

Afvoerputten zijn te beschouwen als doorgeefstations tussen de afvoergoten en het riool, sloot, gemaal, of ander verzamelpunt. De enige parameter die invloed heeft op de capaciteit is de energiehoogte die in de put kan worden opgebouwd. Het is dan ook van belang dat de aansluiting voor de afvoerbuizen zo laag mogelijk geplaatst wordt. Het liefst vlak boven de bodem. Alleen bij putten die tevens dienst doen als zandvang is de afvoeropening ca. 0,40 m boven de bodem geplaatst.

3.7 Aspect criteria

3.7.1 Betrouwbaarheid

Robuustheid en molestbestendigheid (incl. toevoeging voor bruggen / viaducten) Met name in het zicht blijvende onderdelen voor de afvoer van hemelwater dienen voldoende robuust en molestbestendig te zijn. Alle goot- en putdeksels van het hemelwaterafvoersysteem dienen vastgezet te worden. Ten behoeve van het hemelwaterafvoersysteem dient gebruik te worden gemaakt van elementen die niet uitneembaar zijn.

Het is niet toegestaan afvoerputten te integreren in de dekconstructie.

3.7.2 Onderhoud

Aspecten met betrekking tot onderhoud die bij het ontwerp van het hemelwaterafvoersysteem in aanmerking genomen dienen te worden, zijn:

- Afvoerbuizen alleen daar in beton storten waar het onvermijdelijk is.
- Op plaatsen met een risico op vandalisme dienen de in het zicht blijvende delen in staal te worden uitgevoerd.

3.8 Interne raakvlakken

Onderlinge verplaatsingen

De hemelwaterafvoer dient alle verplaatsingen van het kunstwerk te kunnen volgen. Dit betekent dat:

- Het rooster (boveninlaat) van de eindafvoeren te allen tijde minimaal gelijk met, of maximaal 20mm lager dient te liggen dan, het aangrenzende dichte asfalt.
- In de constructie (beton) ingestorte buizen die buiten de constructie in een grondlichaam liggen dienen van een flexibele aansluiting voorzien te zijn, zodat verschilzettingen / bewegingen opgenomen kunnen worden.
- Er dient voorkomen te worden dat indien in in de constructie (beton) ingestorte buizen ingesloten (als gevolg van bijvoorbeeld verstopping) water bevroest en vervolgens de betonconstructie schade toebrengt.
- Bij een overgang van constructiedelen (bijvoorbeeld voegen) dienen ingestorte buizen verschilzettingen / bewegingen en dergelijke te kunnen opnemen.

Waterdichte aansluiting

De flexigoot kantopsluiting tegen de schampkant dient in een mengsel van rubberbitumen en steenslag uitgevoerd te worden en als gevolg hiervan een waterdichte afsluiting van de stortnaad tussen schampkant en rijdek.

Goot onder geleiderail

De goot onder een geleiderail dient 50 mm. breder te zijn dan de zich erboven bevindende geleiderail ten behoeve van het aanbrengen en/of het vervangen van de verhardingslagen naast de goot.

4 Proceseisen

Het proces met betrekking het afstromen van wegwater is opgenomen in het Kader 'Afstromend Wegwater' [1].

Naast de in deze richtlijn vermelde eisen kunnen tevens eisen van gemeente, provincie, waterschappen of overige betrokken beheerders van kracht zijn op het ontwerp van het Hemelwaterafvoersysteem. Men dient tijdig contact op te nemen met de betrokken partijen die bevoegd zijn om aanvullende eisen aan het ontwerp te stellen.

Bijlage 1: Lijst van stakeholders

Om de gewenste functionaliteiten en eisen aan het hemelwaterafvoersysteem te bepalen is een lijst opgesteld met mogelijke stakeholders (belanghebbenden) voor een goed functionerend systeem.

Een **belanghebbende** of **stakeholder** is een persoon of organisatie die invloed ondervindt (positief of negatief) of zelf invloed kan uitoefenen op een specifieke nieuw product.

Stakeholder	belang
Architect	Vormgeving in relatie tot de hemelwaterafvoer; Hemelwaterafvoer geïntegreerd in het ontwerp van de weg en het kunstwerk.
Rijkswaterstaat - RD-wegendistrict	De beheerder draagt zorg voor een snelle en veilige afwikkeling van het verkeer. De op het wegdek vallende neerslag dient hierbij zo min mogelijk hinder te veroorzaken.
Vandalist	Voorkomen dient te worden dat de functie van de hemelwaterafvoer kan worden aangetast door vandalisme (vernietiging, verstopping en dergelijke).
Welstand commissie	Vormgeving: zie architect; de welstandscommissie is kaderstellend met betrekking tot de bouwvergunning.
Gebruikers:	
Bediener systeem	Voor de bediener van een mogelijke installatie (bijvoorbeeld pompen) is de bediening en integratie in andere systemen van belang.
Hulpdienst - politie - brandweer - ambulance - berging	Hulpdiensten dienen bij calamiteit de calamiteitenlocatie snel en veilig te kunnen bereiken. Daarnaast dienen zij op de calamiteitenlocatie hindervrij te kunnen werken. De op het wegdek vallende neerslag dient hierbij zo min mogelijk hinder te veroorzaken.
Wegverkeer	Het wegverkeer wil een snelle en veilige afwikkeling van het verkeer. De op het wegdek vallende neerslag dient hierbij zo min mogelijk hinder te veroorzaken.
Beheerders:	
Beheerder RD-wegendistrict	Voor de beheerder van het weginfrasysteem is de inspecteerbaarheid, onderhoudbaarheid en vervangbaarheid van belang.
Provincie Gemeente Waterschap Hoogheemraadschap	Voor de beheerder van de waterhuishouding (oppervlaktewater, rioelstelsel) waarop afstromend wegwater eventueel wordt geloosd is de hoeveelheid en kwaliteit van het te lozen water van belang.

Bijlage 2: Begrippenlijst

Begrippenlijst met betrekking tot Hemelwaterafvoer.

Zie ook CROW publicatie 156 Nomenclatuur van weg en verkeer (juli 2001) en de begrippenlijsten in de gerelateerde documenten.

Begrip	Definitie
Afshot	Langs- of dwarshelling in een constructie ten behoeve van de afwatering.
Alignement	Het horizontaal en/of verticaal verloop van een weg, spoorweg of waterweg ook wel aangeduid als het horizontale en verticale alignement.
Aquaduct	Kunstwerk waarmee een watergang door een bakvormige constructie over een weg, een spo
Berm	Nagenoeg hoorizontaal, meestal niet verhard deel van een weg, spoorweg of grondlichaam, niet zijnde een kruin of watergang, dat bijna altijd begroeid is met gras en/of beplanting.
Wegberm	Het gedeelte van een weg tussen verkeersbanen of tussen een buitenste verkeersbaan en de naastgelegen weggrens.
Bezinkbassin	Bassin in waterkelder waarin van de weg afstromend water wordt opgevangen en waarin de door dit water meegevoerde stoffen (microverontreinigingen) kunnen bezinken.
Brug	Kunstwerk over een waterweg, watergang of waterloop, bestaande uit een brugdek gesteund door pijlers en/of landhoofden.
Drain	In de grond aangebrachte voorziening met een veel grotere waterdoorlatendheid dan de directe omgeving, die dient voor het afvoeren van water
Drainage	In de grond aangebracht stelsel van drains ter beheersing van de grondwaterstand en/of ter regulering van de afwatering.
Dwarshelling	Tangens van de hoek die de horizontaal in een dwarsprofiel maakt met de lijn tussen de zijkant en de kruin van het verhardingsoppervlak. Veelal wordt de tangens in procenten weergegeven.
Dwarsprofiel	Een verticale doorsnede loodrecht op de as van de weg, spoorweg of waterweg.
Gescheiden systeem	Systeem voor het verzamelen en afvoeren van afvalwater waarbij het vuile en schone water gescheiden wordt.
Hemelwater	regen- en smeltwater.
Hemelwaterafvoer systeem	Geheel van goten en leidingen voor het beheerst afvoeren van hemelwater.
Langshelling	De hoek tussen de as van de weg en de horizontaal, uitgedrukt in de tangens van deze hoek.
Neerslag	Al het hemelwater (regen- en ijs en sneeuw) dat op de aarde (wegen, bermen en eventueel aangrenzende terreinen) valt.

Onderdoorgang	Tunnel onder een weg of spoorweg
Talud	Hellend vlak van een ingraving of ophoging.
Verharding	Gedeelte van de wegconstructie boven de onderbouw.
Verkanting	De dwarshelling van een verkeersbaan.
Verkantingsovergang	Het gedeelte van de verkeersbaan waar de waarde van de verkanting geleidelijk verandert. Het wegooppervlak draait daarbij om een as parallel aan de lengterichting van de weg.
Viaduct	Kunstwerk over een weg, spoorweg of terreinverdieping, bestaande uit een dek gesteund door pijlers en/of landhoofden.
Voegovergang	Constructie ter overbrugging al dan niet waterdichte afsluiting van een voeg tussen de verharding op een kunstwerk en op een aardebaan, of tussen de verharding op twee kunstwerkdelen.
Watergang	Gegraven lijnvormige verdieping in het maaiveld, al dan niet gevuld met water, voor ondermeer de berging, afvoer en/of aanvoer van water.
Weg	Gebaand gedeelte van hetvbtterrein ten behoeve van het verkeer te land, in lengte richting begrensd door weggrenzen.
Wentelende verkantingsovergang	De verandering van de dwarshelling van de verharding in een andere richting, waarbij dus naast de waarde van de dwarshelling van de verharding ook het teken verandert.
Zandvang	Ruimte onder het inlaatrooster van de inlaatput, hoofdwaterkelder of de middenkelder waarin het met de af te voeren vloeistof meegevoerde slib kan bezinken.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 1 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN

Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage

document: NBD10300
uitgave: 21-12-2010

auteur	* toetser	* autorisator	* uitgave	* status
D. Ros	* Johan den Toom*		* 21-12-2010	* definitief

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 2 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	---

1.	Onderwerp en Toepassingsgebied	4
1.1	Onderwerp	4
1.2	Toepassingsgebied	4
2.	Definities	6
3.	Normatieve verwijzingen	7
4.	Eisen	9
4.1	Gebruiksduur	9
4.2	Eisen aan kwaliteitssysteem en ervaring	9
4.2.1.	Kwaliteitsplan hoofdaannemer	9
4.2.2.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs; algemeen	9
4.2.3.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van aluminium deklagen	10
4.2.4.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van thermisch gespoten deklagen	10
4.2.5.	Kwaliteitssysteem voor applicateurs van galvanische deklagen	10
4.3	Ervaringseisen applicateur	10
4.3.1.	Algemeen	10
4.3.2.	Aluminium deklagen	10
4.4	Eisen aan het Smitproces	11
4.4.1.	Algemeen	11
4.5	<i>Eisen aan het bad- c.q. galvaniseerproces</i>	11
4.6	Technische eisen	12
4.6.1.	Corrosiewerendheid	12
4.6.2.	Slijtvastheid	12
4.6.3.	Erosiecorrosiewerendheid	12
4.6.4.	Mechanische belastbaarheid en stootvastheid	12
4.6.5.	Straalreinheid	12
4.6.6.	Afrondingen	13
4.6.7.	Straalruwheid voor aanbrengen	13
4.6.8.	Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel na eindbewerking	13
4.6.9.	Hardheid van de deklaag	13
4.6.10.	Hechtsterkte	13
5.	Keuringen	15
5.1	Overzicht keuringen	15
5.2	Kwalificatiekeuring	16
5.2.1.	Algemeen	16
5.2.2.	Galvanostatische test	16
5.2.3.	<i>Keuren van reparaties in galvanische deklagen door middel van dotwelden</i>	17
5.3	Afnamekeuringen	17
5.3.1.	Laagdiktemeting	17
5.3.2.	Corrosiewerendheid: Elektrochemische Product Qualificatie (EPQ-test)	18
5.3.3.	Straalreinheid	19
5.3.4.	Straalruwheid	19
5.3.5.	Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel	19
5.3.6.	Hardheid	19
5.3.7.	Hechtsterkte	19
6.	Documentatie	20
6.1	De leveranciersverklaring	20
6.2	Garantie	20

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 3 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

6.2.1.	Garantietermijn	20
6.2.2.	Voorwaarden en gebreken	20
6.3	Keuringsresultaten	20
6.4	Materiaalcertificaten.....	20

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 4 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	---

1. Onderwerp en Toepassingsgebied

1.1 Onderwerp

Dit document beschrijft de eisen voor thermisch gespoten deklagen en *galvanische deklagen* die in opdracht van Rijkswaterstaat zijn aangebracht voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en/of slijtage.

1.2 Toepassingsgebied

Deze norm is van toepassing op de volgende thermisch gespoten deklagen:

1. Aluminium gespoten deklagen

De eisen gelden voor aluminium deklagen (TSA: Thermal Sprayed Aluminium) die als doel hebben oppervlakken van werktuigkundige onderdelen en constructiedelen te beschermen tegen corrosie, maar geen functie hebben als loopvlak voor afdichtingen of glijlagers. Voor het metalliseren van staalconstructies met Aluminium en Zink/Aluminium 85/15 wordt verwezen naar OGOS-500-TRL (Eisendeel) en OGOS-501-TRL (Handreiking).

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: op assen bij pengatverbindingen en spelingsverbindingen, onderrolwagens, kabeltrommels, frames, hydraulische kleppenblokken etc.
 2. Bij de vereiste oppervlakterutheid tevens als loopvlak voor glijlagers indien glijweg en belasting relatief gering zijn. Zie bijlage A.
2. Thermisch gespoten deklagen als loopvlak voor translerende afdichtingen.
De eisen gelden voor deklagen die als voornaamste doel corrosiebescherming hebben, en tevens als loopvlak voor afdichtingen en glijbussen in hydraulische cilinders dienen, maar waarbij slijtage niet het maatgevende faalmechanisme is.

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: cilinderstangen, op assen ter plaatse van afdichtingen etc.
 2. Voor deze toepassing komen alle processen en samenstellingen van lagen in aanmerking. Gedacht kan worden aan HVOF-technieken of NiCr, eventueel voorzien van een keramische toplaag, insmeltlagen, lasercladlagen, oplaslagen, etc.
3. Thermisch gespoten deklagen als loopvlak voor glijlofften in combinatie met kunststof glijgeleidingen, glijlagers, taatsen en roterende afdichtingen. De eisen gelden specifiek voor deklagen die zowel corrosiewerend als zeer slijtvast moeten zijn.

Opmerkingen

1. Voorbeelden van toepassingen: glijlofften en glijstrippen, loopvlakken van assen met kunststof glijlagers, loopvlakken voor roterende afdichtingen.
2. Voor deze toepassing komen alle processen en samenstellingen van deklagen in aanmerking. Gedacht kan worden aan HVOF-technieken of NiCr, eventueel voorzien van een keramische toplaag, insmeltlagen, oplaslagen etc.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 5 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Deze norm is tevens van toepassing op de volgende deklagen die door middel van badprocessen zijn aangebracht, hierna aangeduid met galvanische deklagen:

- 4. Chroom-Nikkellagen - waarbij chroom de toplaag vormt - als loopvlak voor translerende afdichtingen. De eisen gelden voor chroomnikkellagen die als voornaamste doel corrosiebescherming hebben en tevens als loopvlak voor afdichtingen dienen, maar waarbij slijtage van de deklaag niet het maatgevende faalmechanisme is.*

Opmerking

Voorbeelden van toepassingen: cilinderstangen, op assen ter plaatse van afdichtingen etc.

- 5. Zeer slijtvaste galvanische deklaag als loopvlak voor bijvoorbeeld glijsloten in combinatie met kunststof glijgeleidingen, glijlagers, taatsen, spindels en roterende afdichtingen. De eisen gelden specifiek voor deklagen die zowel corrosiewerend als zeer slijtvast moeten zijn.*

Opmerking

Voorbeelden van toepassingen: bekleding van het glijvlak van de glijsloten of glijbanen van translerende geleidingen, loopvlak van assen met kunststof glijlagers, loopvlak voor roterende afdichtingen, cilinderstangen die onder zeer abrasieve condities functioneren.

Cursieve tekst betreft galvanisch deklagen!

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 6 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	---

2. Definities

Gebruiksduur:	Tijdsduur dat een deklaag in staat is zijn functies te vervullen.
Beschermduur:	Tijdsduur dat een deklaag in staat is het onderliggende staal tegen corrosie te beschermen.
Deklaag:	De thermisch gespoten deklaag of de galvanische deklaag.
Dummy:	Proefstuk van hetzelfde materiaal en met dezelfde doorsnede als het te keuren product.
Spuitvlak:	Oppervlak dat in dezelfde procesgang zonder onderbrekingen is behandeld en vergelijkbaar van vorm is.

Gebruikscondities:

Atmosferisch:	Toepassingen waarbij de laag minder dan twee maal per jaar twee dagen achtereen nat is door contact met zeewater en/of strooizouten.
---------------	--

Opmerking

Bijvoorbeeld: door ventilatie en temperatuurregeling geconditioneerde ruimte.

Cyclisch:	Toepassingen waarbij de laag meer dan twee maal per jaar minstens twee dagen, maar minder dan een week achtereen nat door contact met zeewater en/of strooizouten.
-----------	--

Opmerking

Bijvoorbeeld: cilinders voor ophaal- en basculebruggen of puntdeuren in de open lucht of in geventileerde kelders.

Immersie:	Toepassingen waarbij de laag meer dan twee maal per jaar een week of meer achtereen nat is door contact met zeewater.
-----------	---

Opmerking

Bijvoorbeeld: cilinders voor nivelleerschuiven of andere toepassingen in de splashzone of onder water. Deze conditie geldt ook voor kelders en riolen nabij zeewater.

Keuringen:

Kwalificatiekeuring:	Keuring op een vergelijkbaar proefstuk om aan te tonen dat de voorgestelde laag aan de eisen voldoet.
Afnamekeuringen:	Keuringen op het werkstuk zelf die tijdens of na de daadwerkelijke applicatie uitgevoerd worden om vast te stellen of de aangebrachte deklaag voldoet aan de eisen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 7 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	---

3. Normatieve verwijzingen

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

Normnr: uitgiftejaar	Titel van de norm	Internationaal equivalent
NEN-EN 15520:2007	Thermisch spuiten; Aanbevelingen voor bouwontwerp van componenten van thermisch gespoten deklagen.	
ANSI/AWS C 2.18:1993	Protection of Steel with Thermal Sprayed Coatings of Aluminum and Zinc and their Alloys and Composites / Note: reaffirmation of ANSI/AWS C2.18-93.	
ANSI/AWS C 2.16:2002	Guide for Thermal Spray Operator Qualification / Note: revision of ANSI/AWS C2.16-1992.	NEN-EN-ISO 14918-1998
NEN-EN-ISO 14918-1998	Thermisch Spuiters – Het kwalificeren van thermische spuiters.	
ASTM G59-97(2003)	Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements / Note: Reapproved 2003 Invullen. Galvanostatische test.	
ASTM G61:1986	Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt-Based Alloys / Note: Reapproved 2003.	
NEN-EN-ISO 4287:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktestgesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktestgesteldheid.	EN ISO 4287:1998
NEN-ISO 4287:1998/ C1:1998	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktestgesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktestgesteldheid.	EN ISO 4287:1998
NEN-ISO 4287:1998/ C2:2005	Geometrische productspecificaties (GPS) - Oppervlaktestgesteldheid: Profielmethode - Termen, definities en parameters voor de oppervlaktestgesteldheid.	ISO 4287:1997/Cor 2:2005
NEN-EN 582:1994	Thermisch spuiten - Bepaling van de hecht-treksterkte.	EN 582:1993
NEN-EN-ISO 4624:2003	Verven en vernissen - Lostrekproef voor de bepaling van de hechting.	EN ISO 4624:2003
NEN-EN-ISO 6508-1:1999	Metalen - Hardheidsmeting volgens Rockwell - Beproevingmethode (schaal A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).	EN ISO 6508-1:1999
NEN-EN-ISO 8501-1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid - Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.	EN ISO 8501-1:2001
NEN-EN-ISO 8501-2:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van	EN ISO 8501-2:2001

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 8 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	---

	oppervlaktereinheid - Deel 2: Voorbehandeling voor voorheen bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen.	
NEN-EN-ISO 8503-4:1995	Vorbereitung van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante producten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 4: Methode voor de kalibratie van vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid en voor de bepaling van de ruwheid - Methode met taster.	EN ISO 8503-4:1995
NEN-EN-ISO 8504-1:2001	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Oppervlaktevoorbehandelingsmethoden - Deel 1: Algemene principes	EN ISO 8504-1:2001
NEN-EN-ISO 9001:2000 ASTM-B177-01 (Reapproved 2006)	Kwaliteitsmanagementsystemen – Eisen Standard Guide for Engineering Chromium Electroplating.	EN ISO 9001:2000
NEN-EN-ISO 17475:2010	Elektrochemische beproevingsmethoden - Richtlijnen voor geleiding van potentiostatische en potentiodynamische polarisatiemetingen.	
NEN-EN-ISO 1456:2009	Metallieke deklagen - Elektrolytisch aangebrachte deklagen van nikkel, nikkel plus chrom, koper plus nikkel en koper plus nikkel plus chrom.	
NEN-EN-ISO 6507-1	Hardheidsbepaling volgens Vickers voor deklagen tot een dikte van 0,5 mm	
NEN-ISO 15726-2009	Metallieke deklagen - elektrolytische zinklegeringen met nikkel, cobalt of ijzer.	
ISO 2063:2005	Thermal spraying - Metallic and other inorganic coatings - Zinc, aluminium and their alloys.	

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 9 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4. Eisen

De gestelde eisen gelden voor alle thermische deklagen waaronder lasercladlagen, opgelaste deklagen en galvanische deklagen tenzij uitdrukkelijk anders vermeld.

4.1 Gebruiksduur

Tenzij anders is bepaald in het contract, dient de deklaag zijn functie tenminste 50 jaar te vervullen.

Opmerkingen

1. Er wordt een garantieperiode van 10 jaar geëist. Deze is in combinatie met een positief keuringsresultaat volgens deze norm voldoende voor het verwachten van een gebruiksduur van tenminste 50 jaar en noodzakelijk voor het aantonen van de beschikbaarheidseis van beweegbare civiele installaties van Rijkswaterstaat.
2. De applicateur dient op de hoogte te zijn van de gebruiksomstandigheden.
3. Bij de keuze van de deklaag dient, naast de gebruikscondities conform de definitielijst, rekening gehouden te worden met condities die specifiek zijn voor het project.

Voorbeelden van condities die op kunnen treden zijn:

- Stilstandtijd langer dan 2 weken (een langere stilstandtijd kan aanleiding geven tot spleetcorrosie; dit is mede afhankelijk van de omgevingstemperatuur).
- zoet, zout, brak water.
- in 'splashzone'.
- straling van het zonlicht.
- stromend water.
- ijsafzetting.
- nitraten en zuren (b.v. ten gevolge van hemelwaterafvoer en vogeluitwerpselen bij bruggen).
- aanwezigheid van strooizouten.
- omgevingstemperaturen van -20 tot +80 °C.
- aanwezigheid van (stuif)zand.
- toepassing van (biologisch afbreekbare) smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen.

4.2 Eisen aan kwaliteitssysteem en ervaring

4.2.1. Kwaliteitsplan hoofdaannemer

De hoofdaannemer dient in de ontwerpnota of het kwaliteitsplan een onderbouwing voor de keuze van de deklaag in relatie tot de toepassing te geven.

Opmerking

Dit kan onder meer met een onderzoeksrapportage van de voorgestelde deklaag door een onafhankelijk instituut waarin wordt aangetoond dat deze voldoet aan de door Rijkswaterstaat gestelde eisen.

4.2.2. Kwaliteitssysteem voor applicateurs; algemeen

De applicateur dient:

1. NEN-EN-ISO9001 gecertificeerd te zijn met betrekking tot het aanbrengen van technische deklagen.
2. Te voldoen aan deklaagspecifieke kwaliteitseisen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 10 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4.2.3. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van aluminium deklagen

Eisen aan het metalliseerbedrijf

Er moet aantoonbaar gewerkt worden volgens NEN-EN-ISO 14992 en/of ANSI/AWS C2.18-93. Tevens moet het bedrijf minimaal 3 jaar ervaring met het metalliseren van een object hebben. Er moet minimaal één object met een oppervlak van minimaal 50% van het te metalliseren oppervlak zijn uitgevoerd, waarbij toe te passen materiaal of methode moet hetzelfde zijn al waarmee ervaring is opgedaan.

Eisen aan de metalliseerder

De metalliseerder moet gecertificeerd zijn volgens NEN-EN-ISO 14918 en/of volgens ANSI/AWS C2.16 waarbij de theoretische en praktische kennis van de metalliseerder door een onafhankelijke instantie zijn getoetst.

4.2.4. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van thermisch gespoten deklagen

De applicateur dient aan te tonen dat hij gebruik maakt van een European Thermal Spray Specialist (ETSS) van EWF (European Welding Federation) of gelijkwaardig. De persoonlijke ETSS-certificering valt onder de certificering van het GTS (Gemeinschaft Thermisch Spritzen) die de certificering verzorgt op bedrijfsniveau, procesniveau en (persoonlijk) operatorniveau; de applicateur dient hierbij GTS-gecertificeerd te zijn.

4.2.5. Kwaliteitssysteem voor applicateurs van galvanische deklagen

Het applicatieproces dient te voldoen aan de volgende ISO-normen: Eisen voor galvanische lagen ISO 1456-2009 of ISO 15726-2009.

4.3 Ervaringseisen applicateur

4.3.1. Algemeen

De applicateur dient tenminste vijf jaar ervaring te hebben in het aanbrengen van technische deklagen. Gedurende deze periode dient hij tenminste vijf projecten met de voorgestelde laag zelf uitgevoerd te hebben in vergelijkbare toepassing en afmeting. Onder vergelijkbare afmetingen wordt verstaan: minimaal een oppervlak van 50% van het oppervlak van de te leveren laag.

4.3.2. Aluminium deklagen

Voor aluminium deklagen mag de ervaringseis worden verlaagd naar 2 jaar. In deze periode dient bij tenminste één project met de voorgestelde laag zelf uitgevoerd te hebben in vergelijkbare toepassing en afmeting en bovendien na positief resultaat van de in deze norm beschreven standaardkeuring. De kosten van deze keuring komen voor rekening van de applicateur. Onder vergelijkbare afmetingen wordt verstaan minimaal een oppervlak van 50 % van het oppervlak van de te leveren laag. Als aanvullende eis tijdens de uitvoering van het werk geldt dan dat per TSA-spuiter per dag een proefstuk gemaakt dient te worden met dezelfde systeemdikte. Op dit proefstuk moet een Pull-off-test volgens NEN-EN-ISO 4624 uitgevoerd worden, waarbij de hechting minimaal 5 MPa moet bedragen.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 11 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4.4 Eisen aan het spuitproces

4.4.1. Algemeen

De volgende eisen worden gesteld aan het spuitproces.

1. Het proces dient reproduceerbaar te zijn.
 - In het kwaliteitssysteem van de applicateur dienen procedures opgenomen te zijn die de reproduceerbaarheid van het proces garanderen.
2. In de procedures dienen tenminste de volgende zaken vastgelegd te zijn:
 - toe te passen poeder of draad en type materiaalcertificaten.
 - poeder- of draadcontrole inclusief spuittechniek.
 - spuitparameters inclusief onder- en bovengrens.

Opmerking

Het dauwpunt moet minimaal 5°C onder de luchttemperatuur en 3°C onder de materiaalt temperatuur liggen. De relatieve luchtvochtigheid mag niet hoger dan 85% zijn.

- nabewerking.
 - metingen en keuringen.
 - goed- en afkeurcriteria voor het eindproduct.
 - reparatieprocedure (indien van toepassing).
3. Tijdens het proces dienen alle relevante parameters of resultaten vastgelegd te worden zoals:
 - de gasstroom.
 - primair en secundair gas.
 - stroom en spanning.
 - de poeder- of draadtoevoer.
 - toerental werkstuk.
 - snelheid/positie in langsrichting.
 - afstand spuitstuk tot werkstuk.

Voor lagen op ronde objecten zoals cilinderstangen en assen die in de fabriek aangebracht worden, geldt aanvullend op bovenstaande eisen:

4. Het proces dient volledig geautomatiseerd uitgevoerd te worden.
5. Het aanbrengen van de laag of lagen dient in een onafgebroken procesgang plaats te vinden. Indien hieraan niet kan worden voldaan, dient de (trapsgewijze) overgang zodanig te worden gerealiseerd dat deze dezelfde beschermduur biedt als de naastgelegen deklaag. Dit dient te worden aangetoond met EPQ-testen op het gereede product.
6. Tijdens het proces dient het werkstuk zich in een beschermende geconditioneerde omgeving te bevinden.

4.5 Eisen aan het bad- c.q. galvaniseerproces

De volgende eisen worden gesteld aan het bad- c.q. galvaniseerproces.

1. Het proces dient volledig reproduceerbaar uitgevoerd te worden.
2. In het kwaliteitssysteem van de applicateur dienen procedures opgenomen te zijn die de reproduceerbaarheid van het proces garanderen.
3. In de procedures dienen per product tenminste de volgende zaken te worden vastgelegd:
 - maatvoering voorbewerking.
 - maatvoering nabewerking.
 - galvaniseerparameters inclusief onder- en bovengrens.
 - type nabewerking, bijvoorbeeld schuren, honen of slijpen.
 - metingen en keuringen.
 - reparatieprocedure c.q. herbewerkingsprocedure.
4. Tijdens het proces dienen alle relevante parameters of resultaten vastgelegd te worden zoals:
 - de behandelprocedure, waaronder badvolgorde en tijd.
 - badparameters waaronder badanalyse, temperatuur en stroomdichtheid.
 - afwijkingen dienen geregistreerd te worden.
 - innamecontrole.
 - tussentijdse controle met eventuele reparatiewerkzaamheden.
 - eindcontrole.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 12 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	--

4.6 Technische eisen

4.6.1. Corrosiewerendheid

De deklaag dient het onderliggende basismateriaal gedurende de Gebruiksduur te beschermen tegen corrosie.

Aluminium deklagen

De vereiste laagdikte dient bepaald te worden op basis van de toepassing. De minimale laagdikte is 260 µm.

Opmerking

Indien de laagdikte gekozen wordt op basis van bijlage B, mag aangenomen worden dat met die laagdikte de Beschermduur gerealiseerd kan worden.

Thermisch gespoten deklagen en *galvanische deklagen* als loopvlak voor afdichtingen of glijlagers

1. Door middel van een Galvanostatische test (kwalificatiekeuring volgens 5.2) dient aangetoond te worden dat de gekozen laag tegen corrosie beschermt.
2. Voor afzonderlijke producten (afnamekeuring volgens 5.3) dient met behulp van de EPQ-test (Elektrochemical Product Qualification, zie 5.3.2.) aangetoond te worden dat de doorgaande porositeit de toegestane waarde niet overschrijdt.
3. Reparaties in de coating kunnen worden beoordeeld op kwaliteit met behulp van een EPQ-test.

4.6.2. Slijtvastheid

De corrosiewerendheid van de laag mag gedurende de Gebruiksduur niet verloren gaan als gevolg van slijtage. De laagdikte die nodig is voor de corrosiewerendheid moet vergroot worden met tweemaal de berekende slijtage die gedurende de Gebruiksduur optreedt.

Opmerking

In bijlage C van deze norm is een overzicht opgenomen van bekende slijtfactoren voor het berekenen van de te verwachten slijtage. Voor materiaalcombinaties waarvan (nog) geen slijtfactoren bekend zijn, zullen door middel van praktijkproeven of op basis van een proefopstelling onder relevante condities en parameters de slijtfactoren bepaald moeten worden voor het berekenen van de slijtage.

4.6.3. Erosiecorrosiewerendheid

De deklaag mag niet gedurende de Gebruiksduur verloren gaan als gevolg van erosiecorrosie. Deze corrosievorm kan zich voordoen bij bijvoorbeeld hydrostatische glijlagers doordat de oxidehuid wordt verwijderd door het langsspuitende water in combinatie met glijdend contact.

4.6.4. Mechanische belastbaarheid en stootvastheid

De deklaag moet onder reële en relevante parameters, montage- en gebruikcondities optredende vervormingen en stoten kunnen opnemen zonder dat deze beschadigt.

4.6.5. Straalreinheid

Op het moment van het aanbrengen van de laag dient het oppervlak een minimale straalreinheid te hebben van Sa 2½...Sa3 conform NEN-EN-ISO 8501-1.

Opmerking

Bij renovatiewerkzaamheden moet het oppervlak voor het stralen eerst volledig schoon en vrij zijn van zouten, aangroei, fecaliën, vet, olie- en vuilaanslag. Het chloridengehalte bepalen met een chloridentest conform NEN-EN-ISO 8501-2. De hoeveelheid oplosbare zouten op de gereinigde oppervlakken mag niet meer zijn dan 20 mg/m².

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 13 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

4.6.6. Afrondingen

Scherpe overgangen in het te conserveren gebied dienen voorzien te worden van een minimale afrondingsstraal van $r = 2$ mm.

4.6.7. Straalruwheid voor aanbrengen

Bij aluminium deklagen dient gestraald te worden met een kantig grit tot een ruwheid $Ry5$, 80-120 μm conform NEN-EN-ISO 8504-1. Voor de andere deklagen dient de applicateur zelf de vereiste straalruwheid vast te stellen.

4.6.8. Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel na eindbewerking

De minimale waarde voor R_{mr} en de maximale waarden voor R_a en R_z staan in tabel 1.

4.6.9. Hardheid van de deklaag

De minimale waarden voor de hardheid van de deklaaglaag staan in tabel 1.

4.6.10. Hechtsterkte

De minimale waarden voor de hechtsterkte staan in tabel 1.

Opmerking

Om bij oppervlakken waarop een aluminium laag wordt aangebracht, de vereiste hechtsterkte te behalen, moet het werkstuk minimaal onder een hoek van 30° gestraald en gespoten kunnen worden.

Tabel 1 Overzicht technische eisen

Functie	Deklaag die (na bewerking) ook als glijvlak of passingvlak kan functioneren	Deklagen als loopvlak voor glijvlakken met een relatief korte glijafstand zoals bij translerende afdichtingen		Deklagen als loopvlak voor glijvlakken met een relatief lange glijafstand zoals translerende geleidingen, glijlagers, draadspindels en roterende afdichtingen	
Soort	TSA-laag: Thermisch gespoten Aluminium	Thermische spuitlaag	Galvanische Chrom-Nikkellaag	Thermische spuitlaag	Galvanische deklaag
Gebruiksduur	50 jaar	50 jaar	50 jaar	50 jaar	50 jaar
Corrosiewerendheid	Minimale laagdikte 260 µm	Galvanostatische test + EPQ-test	Galvanostatische test + EPQ-test	Galvanostatische test + EPQ-test	Galvanostatische test + EPQ-test
Laagdikte ¹⁾	Afhankelijk van toepassing, maar minimaal 260 µm	Afhankelijk van toepassing	Afhankelijk van toepassing en proces	Afhankelijk van toepassing	Afhankelijk van toepassing en proces
Slijtvastheid ²⁾	Aantonen op basis van slijtageberekening	Aantonen op basis van slijtageberekening	Aantonen op basis van slijtageberekening	Aantonen op basis van slijtageberekening	Aantonen op basis van slijtageberekening
Vorbewerking					
Straalreinheid	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½	≥ Sa 2½
Straal/slijpruwheid	Ry5 80 tot 120 µm	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur	Te bepalen door applicateur
Afrondingen	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm	r ≥ 3 mm
Nabewerking ³⁾					
Rmr ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%	mr (-1,5; 2,0) = >80%
Ra ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	< 0,5 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾	>0,2 < 0,4 µm ⁴⁾
Rz ³⁾ volgens NEN-ISO 4287	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾	< 5,0 µm ⁴⁾
Rpk	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾	< 0,3 µm ⁴⁾
Hardheid toplaag	-	Macrohardheid > 400 HV	Macrohardheid > 900	Macrohardheid ⁴⁾ > 1100 HV	Macrohardheid ²⁾ > 1100/ ? Hv
Hechtsterkte	> 5 MPa > 15 MPa voor glijvlakken en ascontactvlakken	> 30 MPa	> 50 MPa ⁵⁾	> 50 MPa ⁵⁾	> 50 MPa ⁵⁾
Garantietermijn	10 jaar	10 jaar	10 jaar	10 jaar	10 jaar

1) Zie bijlage B.

2) Zie bijlage C voor het controleren van de slijtage in relatie tot de beschikbare slijtdikte.

3) In glijrichting gemeten.

4) Geldt voor glijvlakken en in glijrichting gemeten. Bij keramiek is de bovengrens toelaatbaar. De door de afdichtingsfabrikant geëiste ruwheidswaarde is doorslaggevend.

5) Met name voor zwaar belaste vlakken zal de waarde afhangen van de gewenste slijtfactor en de belastbaarheid van de laag. In het verleden zijn goede ervaringen opgedaan met de 34F-laag op basis van NiCrWo (HV ~ 1100 bij een matrixhardheid van HRc 59-62).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 15 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	uitgave : 21-12-2010

5. Keuringen

5.1 Overzicht keuringen

Onderstaande tabel geeft aan welk type keuring op welke laag moet worden uitgevoerd.

Opmerking

Aanvullende keuringen maken geen deel uit te maken van het beproevings- en keuringsplan.

Tabel 2 Overzicht beproevingen en keuringen

1. Kwalificatiekeuringen.
2. Afnamekeuringen.

KEURINGEN	DES-TRUC-TIEF?	Aluminium deklaag	Deklagen als loopvlak voor translerende afdichtingen etc.	Deklagen als loopvlak voor translerende geleidingen, glijlagers etc.
1. Laagdiktemeting	nee	2	2	2
2. EPQ-test ²⁾	nee	Niet mogelijk	2	2
3. Galvanostatische test	ja	Niet mogelijk	1	1
4. Straalreinheid	nee	2	2	2
5. Straalruwheid	nee	2	2	2
6. Oppervlaktegesteldheid	nee	2 ¹⁾	2	2
7. Hechtsterkte	nee	2	2 ³⁾	2 ³⁾
8. Hardheid	ja/nee	2 ³⁾	2	2

1) Alleen van toepassing voor glijvlakken.

2) Bij de EPQ-test wordt niet alleen gecontroleerd op doorgaande porositeit, maar ook op de stabiliteit van het corrosiegedrag van de deklaag; bij onderdelen die aan de eisen voldoen is deze test niet-destructief.

3) Deze eigenschappen volgen uit deklaagkeuze en applicatieproces en behoeven slechts bij bijzondere noodzaak te worden aangetoond.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 16 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	--

5.2 Kwalificatiekeuring

5.2.1. Algemeen

De kwalificatiekeuring omvat een galvanostatische test die moet worden uitgevoerd op een proefstuk dat representatief is voor het te fabriceren werkstuk.

De deklaag die voor de kwalificatiekeuring wordt gebruikt, dient van dezelfde samenstelling, op dezelfde wijze en onder dezelfde condities (dus niet onder laboratoriumcondities) door de applicateur zelf met behulp van vergelijkbare apparatuur te zijn aangebracht als de te leveren deklaag. Daarnaast dient de procesbeheersing dusdanig te zijn dat voldoende zeker is dat de aan te brengen laag dezelfde eigenschappen heeft als de laag die beproefd is.

Indien de applicateur bij een eerdere levering heeft aangetoond dat de kwalificatiekeuring van een bepaalde deklaag voldoet aan de eisen, dan is een kwalificatiekeuring voor de nieuwe levering niet vereist.

5.2.2. Galvanostatische test

De galvanostatische test moet worden uitgevoerd op een koolstofstalen proefstuk voorzien van een ongesaalde deklaag. De diameter van het proefstuk moet groter zijn dan 50 mm.

Opmerking

De galvanostatische test is een destructieve kwalificatietest die dient om te bepalen of de deklaag geschikt is voor de betreffende condities. Tijdens de test wordt de porositeit voor en na een gesimuleerde gebruikperiode gemeten.

De test moet in de volgende stappen worden uitgevoerd:

1. Meet de porositeit van de deklaag met de EPQ-test volgens paragraaf 5.3.2, echter met 3,4% NaCl-oplossing in water gedurende minstens 100 uur.

Opmerking

Bij de EPQ-test wordt niet alleen de doorgaande porositeit, maar ook de stabiliteit van het corrosiegedrag van de deklaag gecontroleerd.

2. Bepaal uit de polarisatiecurve uit de EPQ-test de corrosiestroomdichtheid i_{cor} volgens ASTM G59-97(2003) en de repassiveringsstroomdichtheid i_{repass} volgens ASTM G61-86 (2003).
3. Een nieuw oppervlak op hetzelfde proefstuk moet onder dezelfde condities als bij de EPQ-test gedurende 1000 uur galvanostatisch worden geëxposeerd bij een positieve stroomdichtheid van $i_{galvstat} = 10 \times i_{cor}$, maar maximaal de stroomdichtheid i_{repass} waarbij repassivering optreedt. Hierbij wordt ISO 17475 aangehouden.
4. Na de onder 3. genoemde expositie moet in dezelfde opstelling de EPQ-test worden uitgevoerd, echter gedurende 100 uur. De gemeten potentiaal, stroomdichtheid en het uiterlijk moeten voldoen aan de eisen zoals vermeld in paragraaf 5.3.2.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 17 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Opmerking

Door de galvanostatische test mag de deklaag wel aangetast worden, maar het substraat moet beschermd blijven. De deklaag moet na de 100 uur wel gerepassiveerd zijn. Hierdoor kunnen dezelfde eisen aan de potentiaal en/of de stroomdoorgang bij 0 mV versus Ag/AgCl worden gesteld als bij de afnamekeuring, zie paragraaf 5.3.2.

In de rapportage behoren grafieken van beide potentiaalmonitoringen en de bepaling van de repassiveringsstroomdichtheid te worden opgenomen.

5.2.3. Keuren van reparaties in galvanische deklagen door middel van dotwelden

Bij galvanische deklagen kan besloten om poriën in de toplaag te repareren. Reparaties zijn bedoeld om lokaal de kwaliteit naar een acceptabel niveau te brengen. Reparaties worden beoordeeld op basis van een kwalificatiekeuring van de reparatiemethode, en een productkeuring.

Vooraf dient het proces gekwalificeerd te zijn door middel van een kwalificatiekeuring van ten minste 50 reparaties op een proefstuk. Deze kwalificatie bestaat uit dezelfde testen (EPQ-test) als beschreven in hoofdstuk 5.3.2, met dezelfde criteria.

Het oppervlak dient voor het aanbrengen van een reparatie zeer goed gereinigd te worden met een daarvoor geschikt middel. De reparatie moet volgens een vastgelegde procedure worden uitgevoerd. In de procedure moeten zijn vastgelegd:

- 1. toeslagmateriaal.*
- 2. productiemethode.*
- 3. afmeting.*
- 4. lasparameters.*
- 5. tijd.*
- 6. capaciteit.*

Er mogen na het aanbrengen van een reparatie geen scheuren in of rondom de reparatie aanwezig zijn (vergroting loep 10x). Scheuren naast een reparatie mogen niet opnieuw worden gerepareerd. Een gerepareerde deklaag met een scheur naast de reparatie wordt afgekeurd. Wanneer twijfel bestaat over een porie dan wel de kwaliteit van een reparatie, dan kan door middel van EPQ-test bepaald worden of de porie of scheur tot op het staal doorloopt. Hiervoor gelden de criteria in paragraaf 5.3.2.

Er mogen maximaal 10 reparaties per product worden uitgevoerd. De EPQ-test dient te worden uitgevoerd op minimaal 1 en maximaal 10 reparaties per product, zie de NBD 06000. Bovendien mag de gesommeerde gerepareerde oppervlakte per product maximaal 10 mm² bedragen.

5.3 Afnamekeuringen

De proeven dienen uitgevoerd te worden op het werkstuk zelf of op een dummy die in dezelfde procesgang als het werkstuk is meegespoten. Deze dummy dient eenzelfde vorm als het werkstuk te hebben en van hetzelfde materiaal vervaardigd te zijn.

5.3.1. Laagdiktemeting

Bij het toepassen van een meerlaagssysteem dient de laagdikte voor iedere laag afzonderlijk aangetoond te worden.

Het aantal meetplaatsen bedraagt:

- 1 meetplaats per 500 mm lengte bij ronde werkstukken.
- 10 meetplaatsen per m² voor gevarieerde constructiedelen.
- 5 meetplaatsen per m² voor continue vlakken groter dan 20 m².
- 5 meetplaatsen per strekkende meter per voor-, achter- en/of binnenzijde van smalle constructies en/of profielen zoals hoekstaal, leuningregels en standers, verstijvingen, leidingwerk, goten enzovoort.
- Minimaal 3 meetplaatsen per afzonderlijk geconserveerd gebied.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 18 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

De laagdikte mag ook worden aangetoond aan de hand van meetrapporten van voordraaimaat, maat na het opspuiten van de hechtlaag en de eindmaat.

Dit principe van laagdiktebepaling geldt ook voor galvanisch aangebrachte deklagen.

Voor de wijze van meten geldt het volgende:

- De kop van de laagdiktemeter moet ter plaatse van het contact met de laag een diameter hebben van 4 mm.
- Het gebruik van standaard-laagdiktemeters is toegestaan.
- De laagdiktemeter dient gekalibreerd te zijn voor het type deklaag, het substraatmateriaal en de nominale laagdikte (certificaat).
- Laagdiktemetingen aan ronde onderdelen dienen te worden uitgevoerd op twee omtreksposities per meetplaats onder een hoek van 90° ten opzichte van elkaar.

Opmerking

Voor ronde werkstukken kan volstaan worden met een meetrapport van de voordraaimaat van het werkstuk en een meetrapport na het aanbrengen van iedere afzonderlijke laag.

In aanvulling op het voorafgaande geldt voor aluminium deklagen:

- Per meetplaats dienen drie laagdiktemetingen te worden uitgevoerd.
- De drie metingen dienen uitgevoerd te worden op een onderlinge afstand van 0,1 meter.
- Het gemiddelde van drie laagdiktemetingen per meetplaats mag niet minder zijn dan 75% van de nominale laagdikte.
- Bij 90% van de metingen mag de laagdikte niet minder dan 85% van de nominale laagdikte zijn.

Opmerking

Indien er twijfel bestaat of de minimale laagdikte van 0,75 maal de nominale laagdikte overal is gehaald, dient de constructie met zoet water te worden besproeid en vervolgens gedurende een week geëxposeerd te worden aan de buitenlucht. Plaatsen met mogelijk onvoldoende laagdikte zijn dan te herkennen aan een bruine uitslag. Met behulp van aanvullende diktemetingen dient bepaald te worden welke plaatsen onvoldoende laagdikte hebben. Deze plaatsen moeten worden gestraald en opgedikt. Deze procedure mag niet toegepast worden op vlakken die na het aluminiseren geverfd of geseald moeten worden. Zie ook bijlage B.

5.3.2. Corrosiewerendheid: Elektrochemische Product Qualificatie (EPQ-test)

Op deklagen die worden toegepast als loopvlak voor afdichtingen of lagers, dient per werkstuk één EPQ-test uitgevoerd te worden volgens NEN-EN-ISO 17475:2010. De EPQ-test dient op de deklaag zonder sealer, olie of soortgelijke nabehandeling te worden uitgevoerd. De EPQ-test moet met 0.5% NaCl-oplossing in water worden uitgevoerd gedurende minimaal 24 uur. Het natte oppervlak van de laag moet minimaal 10 cm² bedragen.

Opmerking

1. Tot leveringen van vijf producten moet de EPQ-test op alle producten worden uitgevoerd. Indien de levering bestaat uit meer dan vijf producten, dan moet de EPQ-test bovendien worden uitgevoerd op één product per keuringseenheid met een minimum van 25% van het aantal producten.
2. De EPQ-test kan ook in de praktijksituatie worden uitgevoerd voor het meten van de resterende beschermduur in het relevante milieu.
3. Deze test is voor hydraulische cilinderstangen mogelijk door aan de zijde van de stang die voortdurend in de cilinder blijft, niet te sealen over een stanglengte van minimaal 150 mm vanaf de start van de deklaag.

De EPQ-test bestaat uit een potentiaalmeting tijdens minimaal tien uur expositie en een polarisatiecurve op hetzelfde oppervlak na deze expositie.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 19 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

De gemeten potentiaal mag tijdens de gehele expositie **niet lager zijn dan -0.35mV versus verz. Ag/AgCl**. Bij een hogere potentiaal is een deklaag op een koolstofstalen ondergrond voldoende afsluitend, en bij een lagere potentiaal te weinig afsluitend. Voor deklagen met een aangetoonde passieve elektrochemische potentiaal van lager dan -350 mV vervalt dit potentiaal criterium.

De polarisatiecurve na de minimaal 24 uur expositie wordt opgenomen volgens ISO 17475:2005. Hierbij wordt het oppervlak gepolariseerd vanaf niet meer dan 200mV onder de elektrochemische potentiaal, met een snelheid van maximaal 1mV/s, tot 0 V vs. verz. Ag/AgCl. De stroomdichtheid mag tijdens de gehele curve **niet hoger zijn dan 1µA/cm²**. Bij een hogere stroomdichtheid is de deklaag te actief.

Na het meten van de polarisatiecurve mag er - zonder schoonmaken - bij een vergroting van 10x geen zichtbare lokale corrosie zijn opgetreden. Dit moet in de rapportage met een foto worden bewezen.

5.3.3. Straalreinheid

De straalreinheid van het oppervlak dient bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 8501-1.

5.3.4. Straalruwheid

De straalruwheid dient bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 8503-4.

5.3.5. Oppervlaktegesteldheid en materiaalaandeel

De R_{mr} , R_a en R_z dienen bepaald te worden conform NEN-ISO 4287. Bij glijvlakken moeten de R_{mr} , R_a en R_z worden gemeten in de glijrichting.

Het aantal meetplaatsen per strekkende meter is minimaal vier. De posities hiervan moeten verspreid en niet op één doorsnede van het onderdeel liggen. Het minimum aantal meetplaatsen is vier per onderdeel.

5.3.6. Hardheid

De macro hardheidsbepalingen of hardheidsbepaling volgens Rockwell dient te worden uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 6508-1; de hardheidsbepaling volgens Vickers voor deklagen tot een dikte van 0,5 mm dient uitgevoerd te worden volgens NEN-EN-ISO 6507-1.

5.3.7. Hechtsterkte

De hechtsterkte moet worden aangetoond met trekproeven volgens NEN-EN 582 met proefvorm A en een diameter van 25 mm. Om beschadigingen te voorkomen, dient in plaats van het insnijden van de laag rondom de dolly de proefbelasting met een factor 1,2 verhoogd te worden. Hiermee wordt de extra sterkte als gevolg van het niet-insnijden verdisconteerd. De proefbelasting moet beheerst worden aangebracht om beschadiging te voorkomen. Per spuitvlak dienen ten minste 3 metingen uitgevoerd te worden.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	document : NBD 10300 pagina : 20 van 27 uitgave : 21-12-2010
--------	--	--

6. Documentatie

6.1 De leveranciersverklaring

De applicateur dient een leveranciersverklaring af te geven waarin hij verklaart:

1. dat de laag voldoet aan alle gestelde eisen.
2. dat de testen zijn uitgevoerd conform deze norm.
3. dat de spuit- c.q. galvaniseer- c.q. bewerkingsparameters binnen de vooraf geaccepteerde grenzen zijn gebleven met verwijzing naar het document waarin deze grenzen zijn beschreven.
4. dat de juiste grondstoffen zijn toegepast.

6.2 Garantie

De opdrachtnemer dient een garantieverklaring af te geven, waarin hij zich verbindt om voor zijn rekening alle tijdens de garantieperiode optredende gebreken zoals genoemd in 6.2.2 op eerste aanzegging van de opdrachtgever zo spoedig mogelijk te herstellen. De garantie betreft het verwijderen van de oude deklaag en het aanbrengen van een nieuwe deklaag (het verwijderen en opnieuw aanbrengen van de oude deklaag vereist een grondige lokale inspectie op ondercorrosie en wellicht een separate reiniging van het gestraalde oppervlak). In de garantieverklaring dienen duidelijk de voorwaarden (6.2.2) en de ingangs- en vervaldatum te zijn opgenomen.

6.2.1. Garantietermijn

De opdrachtnemer dient de kwaliteit van de deklaag voor een termijn van 10 jaar te garanderen, te rekenen vanaf de dag van oplevering.

6.2.2. Voorwaarden en gebreken

In de garantietermijn mag de deklaag geen enkele indicatie vertonen van corrosieve aantasting van het basismateriaal (afgezien van aantastingen die het gevolg zijn van mechanische beschadiging onder niet-functionele condities en/of parameters). Het oppervlak van de deklagen moet vrij zijn van elke vorm van gebreken zoals:

- put- en kratervorming.
- blaasvorming.
- delaminatie, afschilfering en onthechting.
- uitslag.
- uitbreken van materiaaldeeltes.
- effecten ten gevolge van corrosie van het onderliggende staal of de deklaag.
- oppervlakteruwheid van loopvlakken die de voorgeschreven waarden in Tabel 1. overschrijden.

6.3 Keuringsresultaten

De keuringsresultaten dienen vastgelegd te worden in keuringsprotocollen. Deze protocollen bevatten tenminste de volgende gegevens:

- projectgegevens.
- onderdeel waar keuring betrekking op heeft.
- datum van de keuring.
- gebruikte meetapparatuur.
- meetomstandigheden, indien van invloed.
- aantal metingen en de locaties.
- meetresultaten.
- gestelde eis.
- resultaat van de keuring.

6.4 Materiaalcertificaten

Alle materiaalcertificaten behoren tot de einddocumentatie.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 21 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Bijlage A Beschrijving van de thermische spuitlagen en galvanische deklagen (Informatief)

Koudgespoten deklagen

Deze lagen kunnen worden aangebracht met verschillende processen. Hun kenmerk is een lage sterkte en een middelhoge hechtsterkte. Een verder onderscheid wordt gemaakt naar het typisch karakter: onedele en edele deklagen die al of niet worden ingesmolten.

1 Aluminium deklaag, onedel

Dit is een actief beschermende zelfreparerende deklaag. Behalve een eventuele toevoeging van 5% (AlMg5) worden geen andere materialen aan de laag toegevoegd. Als gevolg van verbranding is het magnesium nauwelijks terug te vinden in de deklaag. Het aluminium aan te brengen door middel van elektrisch draadboogspuiten of autogeen draadspuiten. De lagen hebben direct na het aanbrengen een open structuur. De beschermende werking tegen corrosie is kathodisch. Het opofferen van deze laag neemt af tot vrijwel nihil door opvullen van poriën met aluminiumoxiden en kalkneerslag op defecten. De vorming van de afsluitende passieve oppervlaktefilm vermindert de milieubelasting in belangrijke mate.

Bij elektrisch boogspuiten worden twee aluminiumdraden naar elkaar toegevoerd terwijl op de twee draden potentiaalverschil wordt gezet. Op het moment dat beide draden elkaar bijna raken, springt er een vonk over en wordt het aluminium gesmolten en met een luchtstroom op het staal gespoten. Bij autogeenspuiten wordt een aluminiumdraad of aluminiumpoeder door middel van een zuurstofgasmengsel gesmolten en met een luchtstroom op het staal gespoten.

Aluminium deklagen kunnen op locatie worden aangebracht. In verband met vormgevingseisen kunnen kleureisen gelden en is het gebruik van een kleurdekkende verflaag mogelijk.

Door het sealen wordt:

- uitspoelen van aluminiumoxides door langsstromend water voorkomen;
- de beschermduur verlengd.

In de omgeving van of in contact met vloeibaar beton, cementgebonden mortel of kunstharsmortel dient contact met de aluminium laag te worden voorkomen met bijvoorbeeld een vercoating.

Aluminium deklagen kunnen door middel van draaien, slijpen, schuren of rollen geschikt gemaakt worden om als loopvlak voor afdichtingen en glijlagers van UHMWPE of HAWE te worden gebruikt mits de slijtage niet nadelig is voor de Gebruiksduur van de deklaag. Bij het kiezen van de laagdikte moet rekening worden gehouden met dikte-afname door slijtage. Zie bijlage C.

2 Edele deklagen op nikkelbasis

Deze deklagen zijn in principe bedoeld als loopvlak voor afdichtingen.

Ingesmolten metaallagen

3 Door middel van insmelten aangebrachte legering van WC/Co-NiCrBSi

Dit is een zeer dichte ingesmolten deklaag met een extreem hoge hechting en slijtvastheid. Deze lagen zijn in principe bedoeld als loopvlak voor glijlagers. Deze laag worden opgebracht met bijvoorbeeld autogeen poederspuiten en ondergaat aansluitend een insmeltbehandeling die afhankelijk van het materiaaltypen varieert van 1030 ... 1100 °C, gevolgd door langzame afkoeling. Kenmerkend zijn: grote dichtheid, hoge sterkte en sterke hechting aan de ondergrond doordat de laag hierin gedeeltelijk diffundeert. De laag is door de wolframcarbiden zeer slijtvast. Door de warmtebehandeling kan vervorming optreden. Om deze reden blijft de toepassing beperkt tot onderdelen waarbij een machinale nabewerking mogelijk is voor het bereiken van de juiste eindmaten.

Rijkswaterstaat heeft goede ervaringen met de laag WC/Co-NiCrBSi (bijvoorbeeld Metco 34F) als thermische spuitlaag op stilstaande assen voor roterende glijlagers van UHMWPE (Noordersluis IJmuiden).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 22 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Op de koolstofstalen glijsoffen van de roldeuren in Hansweert werd vanaf 1986 de insmeltlegering Metco 12C-insmeltlegering toegepast; deze legering bevat geen wolframcarbiden en werd destijds door de leverancier aanbevolen vanwege de betere vloeieigenschappen die tijdens het aanbrengen op de platte glijsoffen noodzakelijk zijn tijdens het insmelten. De glijsoffen worden gebruikt in combinatie met UHMWPE-glijbanen die zich op de betonnen drempels bevinden. In 2010 blijkt het glijvlak voor ongeveer 50% te zijn aangetast door spleetcorrosie die tijdens stilstandperioden moet zijn opgetreden. De deklaag was nog intact, maar grotendeels afgesleten en toe aan vervanging.

Aanbrengen door middel van lasercladden heeft als voordeel dat het insmelten zeer lokaal plaatsvindt en het onderdeel nauwelijks vervormt. Daardoor is het mogelijk lasercladden toe te passen op langere werkstukken zoals cilinderstangen en glijsoffen. Voor zover bekend is het (nog) niet mogelijk om door middel van lasercladden de zeer slijtvaste Metco 34F-laag aan te brengen.

Galvanische deklagen

Galvanische deklagen zijn langs elektrolytische weg op metaal aangebrachte deklagen die het onderdeel onder maritieme condities de gewenste eigenschappen geven ten aanzien van gebruiksduur, slijtvastheid, uiterlijk en/of afmeting.

Tabel 3. Keuzetabel overzicht van de toepassingsgebieden van technische deklagen

Thermische spuitlagen	Aluminium op koud substraat ¹⁾	Edele thermische deklaag (NiCr) op koud substraat ¹⁾	Slijtvaste edele thermische deklaag (NiCr+WC) ingesmolten ¹⁾	Galvanische deklaag ¹⁾
Werktuigonderdelen:				
• Zuigerstangen	-	V	V ²⁾	V
• Pengatverbindingen	V	-	V	V
• Voor UHMWPE glijgeleiding	V ³⁾	-	V ²⁾⁴⁾	V ³⁾
• Voor UHMWPE en HAWE lagerbussen	V ³⁾	V ³⁾	V ²⁾⁴⁾	V
• Stootnokken	-	-	V	-

1. Het controleren van de slijtdikte met behulp van de slijtfactoren uit bijlage C is noodzakelijk.
2. Als dit geen problemen met het kromtrekken van de stang geeft.
3. Mits glad nabewerkt in de glijrichting: oppervlaktegesteldheid $mr(-1,5; 2,0) = >80\%$ in glijrichting en bij aantonen dat gebruiksduur wordt gehaald door middel van een slijtageberekening.
4. Bovendien geschikt bij zeer lange glijafstand zoals op loopwielassen in onderrolwagens; sinds 1980 positieve ervaringen als deklaag op loopwielassen (Noordersluis IJmuiden).

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 23 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	uitgave : 21-12-2010

Bijlage B Toelichting met betrekking tot Aluminium deklagen (Normatief)

In onderstaande tabel staat aangegeven welke nominale laagdikte moet worden aangebracht in welk milieu. Indien aluminiumlaag als loopvlak dient, moet twee maal de slijtdikte boven op de onderstaande dikte worden aangebracht. De totale nominale laagdikte is dan de som van de waarde uit de tabel en tweemaal de slijtdikte.

Tabel 4. Nominale laagdiktes voor Aluminiumlagen

Milieu	Gebruiksduur aluminium laag	Aluminium laag dikte-afname in μm per jaar	Aluminium laag dikte-afname in μm per 50 jaar	Aan te brengen aluminium laagdikte in μm ¹⁾
Landlucht	50	< 0,3	< 15	260 ¹⁾
Zeelucht	50	< 0,3	< 15	260 ¹⁾
Zoet water	50	0,3	15	300
Zeewater	50	5	150	350
Zeer agressief	50	10	250	450

1) Gebaseerd op een drempelwaarde van 200 μm in lucht. Door het gebruik van bepaalde sealers kan met een kleinere laagdikte worden volstaan. Zie ook de publicatie Thermisch gespoten Aluminium of TSA-lagen, Toepassing, kosten en ontwerpaspecten van FME-CWM.

1 Aanvangsroest bij aluminium lagen

De aluminium deklaag is aanvankelijk poreus. De porositeit wordt na expositie aan de omgeving opgevuld met aluminiumoxiden. Voordat de poriën zijn opgevuld met oxiden, zijn deze toegankelijk voor water. Na de eerste expositie aan water kan hierdoor - vooral bij aluminium lagen tot een dikte van circa 200 μm (dit is mede afhankelijk van de porositeit) - een bruine uitslag ontstaan, ook wel 'aanvangsroest' genoemd. Uit metingen moet blijken of de geëiste laagdikte al of niet is aangebracht.

2 Vergroten van de dikte van de aluminium laag

Waar de dikte van de aluminium laag onvoldoende is, moet deze worden aangestraald totdat alle roest is verdwenen. Vanwege de hardheid van aluminiumoxide is het zeer tijdrovend om aluminiumlagen door middel van stralen volledig te verwijderen. Dit is ook niet noodzakelijk. Na het aanstralen en het verwijderen van de roest wordt de aluminium laag in de juiste dikte aangebracht. Hierbij ontstaat overlap met de laag met voldoende laagdikte. Dit is geen bezwaar mits ook deze is aangestraald en eventuele verontreinigingen zijn verwijderd.

3. Vliegroest bij aluminium lagen

Bruine uitslag kan ook het gevolg zijn van vliegroest. Vliegroest ontstaat als ijzerdeeltjes op de aluminium laag terecht komen en daar coroderen, of door het langstromen van roestwater van stalen delen elders. Vliegroest kan zoals aanvangsroest met een borstel (geen staalborstel) worden verwijderd. Door middel van metingen dient vastgesteld te worden of de laagdikte voldoende is.

4. Bruine uitslag tijdens de gebruiksduur bij aluminium lagen

Het ontstaan van bruine uitslag tijdens de gebruiksduur kan een aanwijzing zijn dat de dikte van de aluminium laag onvoldoende geworden is. Eerst moet worden nagegaan of de uitslag het gevolg is van aanvangsroest of vliegroest. Dit is het geval als de uitslag met een borstel (geen staalborstel) kan worden verwijderd.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 24 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

5. Interlamellaire delaminatie bij aluminium lagen

Delaminatie van aluminium lagen kan het gevolg zijn van interlamellaire onthechting. Deze situatie kan zich voordoen indien de aluminium laag in twee fases met een te lange tussentijd op de vereiste dikte wordt gespoten. In de tussentijd kan oxidevorming van de aluminium laag en / of neerslaan van chloriden die zich in de lucht bevinden de hechting aan de later opgespoten aluminium laag verminderen. Een oorzaak kan ook een te hoge applicatietemperatuur zijn; hierdoor worden spanningen evenwijdig aan het substraat ingebracht die ook interlamellaire scheuren kunnen veroorzaken. Tijdens het "opbouwen" van de laagdikte moet de tijdsduur tussen de passages worden beperkt.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 25 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	uitgave : 21-12-2010

Bijlage C Slijtfactoren en wrijvingscoëfficiënten (Informatief)

Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties met UHMWPE

In de volgende tabel zijn f (wrijvingscoëfficiënt) en k (slijtfactor) van UHMWPE in combinatie met materialen met verschillende oppervlakteruwheden weergegeven. De wrijvingskracht in een glijvlak kan worden berekend door de normaalkracht op het glijvlak te vermenigvuldigen met de wrijvingscoëfficiënt. De slijtage kan worden berekend door de slijtfactor k (mm^2/N) te vermenigvuldigen met de glijweg (mm) en de gemiddelde vlaktedruk (N/mm^2). De slijtfactoren gelden bij translerende glijvlakken. (Bij roterende glijvlakken heeft de geometrie grote invloed op de slijtfactor; deze is afhankelijk van de mate waarin de slijtfactor wordt verkleind door 'stofsmering' van slijtdeeltjes die de glijvlakken niet kunnen ontwijken). De wrijvingscoëfficiënten gelden in principe bij translerende en roterende glijvlakken.

De gegevens in deze tabel gelden bij de volgende conditie en parameters:

- In water.
- Een vlaktedruk van $2,5 \text{ N}/\text{mm}^2$.
- Een glijnsnelheid van $10 \text{ mm}/\text{s}$.
- Een temperatuur lager dan 70°C .
- De opgegeven oppervlakteruwheid van het hardste glijvlak.

De oppervlakteruwheid van het hardere glijvlak heeft meer invloed op de tribowaarden dan het glijvlakmateriaal zelf. Bij een hogere vlaktedruk en bij een lagere glijnsnelheid gelden lagere wrijvingscoëfficiënten, en andersom.

Tabel 5. Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties met UHMWPE

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm^2/N)	Wrijvingscoëfficiënt			Ruwheid Ra (μm)
		f	fs	fso	
UHMWPE / RVS	$4 \cdot 10^{-9} / 0,1 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Chroom	$4 \cdot 10^{-9} / 0,1 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Galv. Coating (b.v. Lunac2+)	$4,4 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / Aluminium laag op staal	$4 \cdot 10^{-9} / 0,3 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,16	0,4
UHMWPE / 12E-insmeltlegering	$4 \cdot 10^{-9} / 1,3 \cdot 10^{-9}$	0,15	0,15	0,15	0,4
UHMWPE / Azobé	$3 \cdot 10^{-9} / 10 \cdot 10^{-9}$	0,17	0,18	0,20	0,8
UHMWPE / Verzinkt staal	$20 \cdot 10^{-9} / 1 \cdot 10^{-9}$	0,18	0,19	0,22	1,6
UHMWPE / Graniet geboord	$35 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	0,19	0,20	0,23	2,0
UHMWPE / Staal ongeroest	$40 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	0,20	0,21	0,24	2,5
UHMWPE / Staalkabel vet	$40 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	-	-	-	-
UHMWPE / Beton glad	$65 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	0,21	0,23	0,27	3,2
UHMWPE / Staal geroest	$160 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	0,22	0,25	0,34	6,3
UHMWPE / Beton ruw	$230 \cdot 10^{-9} / \text{nihil}$	0,23	0,27	0,42	10,0

Opmerkingen bij de tabel:

- f: de dynamische wrijvingscoëfficiënt.
- fs: de statische wrijvingscoëfficiënt in de voorgaande glijrichting.
- fso: de statische wrijvingscoëfficiënt bij het omkeren van de glijrichting onder belasting (tegen de vezelrichting in). N.B.: nivelleerschuiven worden onder vervalbelasting geheven, maar dalen onbelast.
- De ruwheidswaarde geldt in glijrichting.
- Een temperatuurcontrole dient altijd te worden uitgevoerd.
- Bepalend voor de belastbaarheid van UHMWPE is niet de vlaktedruk, maar de temperatuurstijging door wrijvingswarmte en de indrukking onder belasting.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 26 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Statistische bovenwaarden van wrijvingscoëfficiënten van UHMWPE in combinatie met RVS of metalen glijvlakken met een relevante oppervlakterutheid in glijrichting

Van UHMWPE in combinatie met een glijvlak met een oppervlakterutheid van het hardere glijvlak van $Ra < 0,5 \mu\text{m}$ zijn een groot aantal wrijvingscoëfficiënten beschikbaar. In RWS-rapport NIO-A-R-200207: "Wrijvingscoëfficiënt van zuiver UHMWPE uv bij een oppervlakterutheid van het hardere glijvlak van circa $0,5 \mu\text{m}$ Ra met gemiddelden, standaardafwijking en bovenwaarden" van 2 juli 2002 zijn deze statistisch bewerkt. In tabel 6 volgt de samenvatting daarvan.

Samenvatting van statistisch afgeleide wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinatie UHMWPE / RVS 316 met een oppervlakterutheid $< Ra 0,5 \mu\text{m}$ in glijrichting onder droge ($n = 45$) en natte ($n = 48$) condities. Deze waarden zijn ook van toepassing op UHMWPE in combinatie met hardere glijvlakken in het algemeen met een vergelijkbare of lagere oppervlakterutheid in glijrichting

Tabel 6. Statistische bovenwaarden van wrijvingscoëfficiënten van UHMWPE in combinatie met RVS of metalen glijvlakken met een relevante oppervlakterutheid in glijrichting

Vlakte- druk	Glijsnel- heid	Wrijvingscoëfficiënt (f)				Aantal -		
		Gemiddelde (u)	Standaard- afwijking (s)	Bovenwaarden (z)				
p	v			Z(90%)	Z(95%)	Z(99%)	Z(99,9%)	n
(N/mm ²)	(mm/s)	(-)	(-)					(-)
1...50	0,01...100	0,081	0,033	0,123	0,135	0,158	0,182	93

Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties van UHMWPE en HAWE in combinatie met galvanische deklagen

De gegevens in tabel 7 gelden onder de volgende condities en parameters:

- In water.
- Vlaktedruk circa 2 N/mm^2 .
- Glijsnelheid 10 mm/s .
- Temperatuur kleiner dan $70 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Onderstaande oppervlakterutheid van de glijvlakken.

Tabel 7. Slijtfactoren van translerende glijvlakken en wrijvingscoëfficiënten van materiaalcombinaties van UHMWPE en HAWE in combinatie met galvanische deklagen

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm ² /N)	Wrijvings- coëfficiënt $f_{\text{dynamisch}}$ (-)	Ruw- heid Ra (μm)
UHMWPE / Galvanische deklaag ²⁾	$4,3 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,14	0,4
HAWE ¹⁾ / Galvanische deklaag ²⁾	$5,0 \cdot 10^{-9} / 0,002 \cdot 10^{-9}$	0,25	0,4

1) Hardweefsel, bijvoorbeeld Feroform T814 of gelijkwaardig.

2) Bijvoorbeeld Lunac2+ of gelijkwaardig. De vermelde slijtfactoren zijn laboratoriumwaarden.

titel:	EISEN TECHNISCHE DEKLAGEN	document : NBD 10300
	Technische leveringsvoorwaarden voor thermisch	pagina : 27 van 27
	gespoten en galvanische deklagen voor het beschermen	uitgave : 21-12-2010
	van het onderliggende staal tegen corrosie en slijtage	

Tribowaarden van glijlagers in wielgeleidingen

De kunststof lagerbus draait om de stilstaande metalen as. De contacthoek is circa 60°. Daarom moet er voor het berekenen van de slijtage van glijlager en as van worden uitgegaan dat de glijweg van de as circa zes maal zo groot als de glijweg van het glijlager. Als referentie zijn de tribologische eigenschappen genoemd van de vroeger gebruikelijke materiaalcombinatie Brons / Staal

De gegevens in deze tabel gelden onder de volgende condities en parameters:

- In water.
- Vlaktedruk circa 2 N/mm².
- Glijnsnelheid 100 mm/s.
- Temperatuur kleiner dan 70 °C.
- Onderstaande oppervlakteruwheid van de glijvlakken.

Tabel 8. Tribowaarden van glijlagers in wielgeleidingen

Materiaalcombinaties	Slijtfactor k (mm ² /N)	Wrijvings- coëfficiënt f _{dyn} (-)	Ruw- heid Ra (µm)
UHMWPE / Insmeltlegering ni-cr	1,1*10 ⁻⁹ / 0,1 *10 ⁻⁹	0,14	0,4
UHMWPE / Insmeltlegering ni-cr-wo	2,3*10 ⁻⁹ / 0,01*10 ⁻⁹	0,14	0,4
UHMWPE / Staal geroest	1,9*10 ⁻⁹ / 0,3 *10 ⁻⁹	0,18	0,8
UHMWPE / Galvanische deklaag ²⁾	4,3*10 ⁻⁹ / 0,002*10 ⁻⁹	0,14	0,4
HAWE ¹⁾ / Galvanische deklaag ²⁾	5,0*10 ⁻⁹ / 0,002*10 ⁻⁹	0,25	0,4
Referentiecombinatie: Brons / Staal geroest	312*10 ⁻⁹ / 5,0 *10 ⁻⁹	0,38	proces- ruwheid

1) *Hardweefsel, bijvoorbeeld Feroform T814 of gelijkwaardig.*

2) *Bijvoorbeeld Lunac2+ of gelijkwaardig m.b.t. tribologische eigenschappen. De vermelde slijtfactoren zijn laboratoriumwaarden.*

Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Activiteit 1: Belastingfactoren bij maatgevende waterstanden

Ed Calle

1204875-002

Titel
Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Opdrachtgever RWS Waterdienst	Project 1204875-002	Kenmerk 1204875-002-GEO-0008	Pagina's 22
---	-------------------------------	--	-----------------------

Trefwoorden
Kunstwerken natte waterbouw/ waterkeringen/ veiligheid/ belastingfactoren

Samenvatting

Het van kracht worden van de Eurocode heeft invloed op ontwerpberekeningen bij waterkerende kunstwerken die deel uitmaken van primaire waterkeringen. In de Leidraad Kunstwerken (LK, 2003) wordt aangegeven hoe rekenwaarden van vervalbelastingen worden bepaald bij extreme buitenwaterstanden. Dit zijn de waterstanden met normfrequenties die in de Waterwet zijn vastgelegd (normfrequenties: 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10.000 per jaar).

Dit gebeurt door de vervalbelastingen op het kunstwerk, of onderdelen ervan, bij de waterstand met normfrequentie te vermenigvuldigen met een belastingfactor.

De berekeningsprocedure voor het bepalen van de belastingfactoren in de LK is afgestemd op de (toen geldende) algemene regelgeving voor constructieveiligheid, vastgelegd in de NEN 6700 (TGB). In dit rapport is onderzocht hoe belastingfactoren veranderen, als afgestemd moet worden op de Eurocode (EN 1990) en Nationale Annex. De betrouwbaarheidseisen hierin zijn strenger dan in de NEN 6700.

Belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken zouden groter moeten worden, als vastgehouden wordt aan het (ongeschreven) beleid (van Rijkswaterstaat) dat voor waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen minimaal de hoogste veiligheidsklasse in de algemene regelgeving geldt. Indien ook wordt vastgehouden aan een 'eenvoudige' methode, met één belastingfactor voor alle situaties, dan moet de huidige belastingfactor worden verhoogd van 1,25 naar 1,50. Zou het beleid gewijzigd worden en de minimale eis voor constructieveiligheid conform de Reliability Class 2 in de Eurocode worden, dan zullen belastingfactoren iets toenemen. De factor voor de 'eenvoudige' methode moet dan verhoogd worden van 1,25 naar 1,30.

Voor een afweging is nadere inventarisatie via het doorrekenen van praktijkcases sterk aan te bevelen.

Dit rapport is het eerste van een drietal rapporten over dit onderwerp. In het tweede rapport wordt ingegaan op belastingfactoren bij 'dagelijkse' vervalbelastingen. Het derde rapport heeft betrekking op een alternatief voor belastingfactoren, namelijk het werken met ontwerpwaarden voor waterstanden.


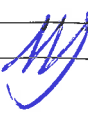

Referenties

Referenties zijn gegeven als voetnoot

Bijdragen / medewerking van:

Ton Vrouwenvelder (TNO)

Martin van der Meer (Fugro GeoServices)

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	nov. 2011	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
2	Jan. 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
3	Jan. 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	
4	Mei 2012	Ed Calle		Harry Schelfhout		Jos Maccabiani	

Status
definitief

Titel

Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode

Opdrachtgever

RWS Waterdienst

Project

1204875-002

Kenmerk

1204875-002-GEO-0008

Pagina's

22

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Vragen aan Deltares	1
1.2.1 Vraag 1	2
1.2.2 Vraag 2	2
1.3 De opdracht en dit rapport	3
1.4 Leeswijzer	3
2 Analyse, aanpak en resultaten	5
2.1 Werkwijze in de LK i.c.m. met de oude algemene regelgeving (NEN 6700)	5
2.1.1 Veiligheidsnormen conform de Waterwet in de LK	5
2.1.2 Vertaling van toelaatbare faalkansen naar partiële veiligheidsfactoren	7
2.1.3 Beperkingen aan toelaatbare faalkansen	8
2.1.4 Stappen bij berekening totale belastingfactor; resultaten oude situatie	9
2.2 Belastingfactoren bij de nieuwe regelgeving (Eurocode)	12
2.2.1 Betrouwbaarheidseisen in Eurocode en Nationale Annex	12
2.2.2 Totale belastingfactoren bij keuze CC3 als minimum eis	13
2.2.3 Totale belastingfactoren bij keuze voor CC2 als minimumeis	14
2.2.4 Minimale belastingfactoren i.v.m. onzekerheden rekenmodellen belastingeffecten	16
3 Conclusies, aanbevelingen en aandachtspunten bij herziening LK	17
3.1 Conclusies	17
3.2 Aanbevelingen / advies	18
3.3 Andere aandachtspunten bij herziening van de Leidraad Kunstwerken	18
Bijlage(n)	
A Achtergrondinformatie	A-1
A.1 Veiligheidsfilosofie NEN 6700 serie (TGB)	A-1
A.2 Eisen volgens de Waterwet en neerslag in de LK	A-1

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Het van kracht worden van de Eurocode NEN-EN 1990 (Eurocode) en de Nationale Annex (NA) in 2010 heeft consequenties voor het ontwerpen van kunstwerken in de Natte Waterbouw die (tevens) de functie van primaire waterkering hebben.

Kunstwerken werden vóór die tijd ontworpen met behulp van de Leidraad Kunstwerken (2003). In deze Leidraad wordt uitgegaan van eisen ten aanzien van constructieve betrouwbaarheid, die gerelateerd zijn aan beveiligingsnormen voor primaire waterkeringen in de Waterwet (voorheen de Wet op de Waterkering). De betrouwbaarheidseisen (in termen van vereiste betrouwbaarheidsindices) zijn vertaald in aan te houden belastingfactoren op door waterstandsverschillen geïnduceerde vervalbelastingen op constructies en constructieonderdelen. In combinatie met materiaalfactoren conform de algemene regelgeving (NEN 6700) leveren deze belastingfactoren ontwerpen met de vereiste betrouwbaarheid conform de Waterwet.

Naast de betrouwbaarheid als waterkering gelden eisen met betrekking tot de constructieveiligheid, die in de algemene regelgeving zijn vastgelegd. Voor zover de eisen conform de Waterwet en de algemene regelgeving verschillen, is de strengste van de twee maatgevend voor het ontwerp. Bij de vroegere algemene regelgeving (NEN 6700) was de eis met betrekking tot constructieve veiligheid minder streng dan de eisen die voortkwamen uit de Waterwet. Het gevolg hiervan was dat waterkerende kunstwerken, die ontworpen werden conform de Leidraad Kunstwerken, automatisch ook voldeden aan de eisen ten aanzien van constructieve betrouwbaarheid in de NEN 6700.

Met de Eurocode en NA zijn veranderingen in de vereiste constructieve betrouwbaarheid ingevoerd. Voor, met name, constructies in de hoogste veiligheidsklasse¹ (RC 3, Reliability Class 3) is de vereiste betrouwbaarheidsindex verhoogd van 3,6 tot 4,3 (betrekking hebbende op een referentieperiode van 50 jaar). Voor waterkeringen die in deze klasse vallen is dit een strengere eis dan conform de Waterwet. Het voldoen aan de eisen in de Leidraad Kunstwerken impliceert niet langer dat ook voldaan wordt aan de algemene regelgeving.

1.2 Vragen aan Deltares

De Leidraad Kunstwerken (LK) is (en blijft) de vigerende leidraad voor het ontwerpen van waterkerende kunstwerken die deel uitmaken van primaire waterkeringen. De hierin geformuleerde eisen ten aanzien van constructieveiligheid, die voortkomen uit de beveiligingsnormen in de Waterwet, blijven vooralsnog van kracht. Maar, door het van kracht worden van de nieuwe Eurocode is de afstemming van de LK met de algemene regelgeving voor bouwconstructies in het geding. De huidige in de LK opgenomen belasting- en materiaalfactoren, die samen de gewenste veiligheid conform de Waterwet, van ontwerpen van waterkerende kunstwerken realiseren, sluiten (mogelijk) niet aan op de voorschriften voor belasting- en materiaalfactoren in de Eurocode.

¹ In de Eurocode wordt gesproken over Gevolgklassen (Consequence Classes; CC1, CC2 en CC3). In de Nationale Annex Geotechniek over veiligheidsklassen RC1, RC2, RC3. Deze klasse indelingen en de bijbehorende constructieve veiligheidseisen (in termen van vereiste betrouwbaarheidsindices) komen met elkaar overeen.

1.2.1 Vraag 1

Gevraagd wordt hoe, met gebruikmaking van de huidige methodiek in de LK, wel een goede aansluiting aan de Eurocode kan worden verkregen.

Hierbij gaat het om situaties met extreme belastingen (maatgevende belastingen door waterstanden en golven), conform de beveiligingnormen in de Waterwet.

Een bijkomende vraag is hoe omgegaan moet worden met 'dagelijks' voorkomende vervalbelastingen, zoals vervalbelastingen bij schutten, maar ook vervalbelastingen in onderhoudssituaties, waarbij bijvoorbeeld een sluiskolk wordt drooggelegd. Conform de Eurocode zou op deze tijdelijke belastingen een belastingfactor van 1,5 moeten worden toegepast. Echter, bij het vaststellen van die vervalbelastingen wordt doorgaans al uitgegaan van nauwkeurig te bepalen extremen in de verschillende situaties. De hoge belastingfactor is daarom wellicht onnodig conservatief. De specifieke vraag is om een minder conservatieve belastingfactor af te leiden.

Gevraagd wordt voorgestelde aanpassingen van het gebruik van de methodiek in de LK toe te passen op een drietal demonstratie cases met verschillende beveiligingsnormen conform de Waterwet, namelijk de 1/10.000, 1/4000 en 1/1250 normen. Voorgesteld is deze cases te baseren op een drietal momenteel onderhanden zijnde ontwerpprojecten, namelijk Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk, (ESA, 1/10.000), Volkeraksluis (1/4000) en Heumen of Meppelerdiepsluis (1/1250). Met deze toepassingen worden consequenties van de nieuwe regels volgens de Eurocode, ten opzichte van het vroeger vigerende NEN voorschrift, zichtbaar gemaakt.

1.2.2 Vraag 2

Een tweede vraag betreft het volgende. In de aanpak volgens de LK worden vereiste beveiligingsniveaus bij het ontwerpen gerealiseerd middels belastingfactoren op vervalbelastingen op constructies (of constructieonderdelen), bij volgens de beveiligingsnormen in de Waterwet behorende maatgevende waterstanden en golfbelastingen. Er wordt als het ware gerekend met 'zwaar water', waarbij aangrijpingspunten van de krachten op constructieonderdelen niet veranderen door de belastingfactor.

Gevraagd wordt om na te gaan of (en hoe) deze aanpak met belastingfactoren vervangen kan worden door een werkwijze waarmee ontwerpwaarden voor de aan waterstand en golven gerelateerde belastingen worden bepaald, waarmee aan de veiligheidseisen wordt voldaan. Net als bij belastingfactoren in de LK zouden hierin mogelijk ook de additionele veiligheidsfactoren op materiaalfactoren, nodig bij constructie betrouwbaarheidseisen die strenger zijn dan de algemene regelgeving, verdisconteerd kunnen worden.

Ook hierbij wordt gevraagd de voorgestelde werkwijzen toe te passen op de eerder genoemde ontwerpcases, om de effecten ten opzichte van de LK methode na te gaan.

Onder hydraulische belastingen worden bij bovenstaande vragen verstaan:

- Belastingen door waterstand.
- Belastingen door golven.
- Belastingen door translatiegolven (aan Deltares wordt gevraagd hoe omgegaan kan worden/zou moeten worden met deze belastingen).

1.3 De opdracht en dit rapport

De opdracht betreft het onderzoeken van de in paragraaf 2.2 geformuleerde vragen. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de volgende onderdelen:

1. Belastingfactoren op vervalbelastingen bij maatgevende hydraulische belastingen.
2. Belastingfactor op vervalbelastingen onder dagelijkse omstandigheden.²
3. Vervangen belastingfactoren door ontwerpwaarden voor waterstanden en golfbelastingen.³
4. Consequentieanalyse van gewijzigde belastingfactoren of van de werkwijze met ontwerpwaarden ten opzichte van de huidige werkwijze, aan de hand van het doorrekenen van cases.

De consequentieanalyse behoort niet tot de huidige opdracht. Om praktische redenen zal die later via een separate opdracht worden uitgevoerd, nadat nieuwe belastingfactoren, c.q. (procedures voor het bepalen van) vervangende ontwerpwaarden, zijn afgeleid.

De huidige opdracht omvat dus alleen de onderdelen 1, 2 en 3. Conform de opdracht wordt over deze onderdelen gerapporteerd in separate rapporten.

Dit rapport betreft onderdeel 1, het afleiden van belastingfactoren op vervalbelastingen bij maatgevende hydraulische omstandigheden. Dit gebeurt zowel voor de oude situatie (met NEN 6700 als randvoorwaarde) als de nieuwe situatie (met de Eurocode als randvoorwaarde). Met deze belastingfactoren kunnen t.z.t. vergelijkende berekeningen aan cases worden uitgevoerd.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden belastingfactoren voor de oude (NEN 6700) en nieuwe (Eurocode) situatie afgeleid. In hoofdstuk 3 volgen conclusies en aanbevelingen.

-
2. *Concept rapportage: Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 2: Belastingfactoren dagelijkse omstandigheden. Deltares Rapport 1204875-002-GEO-0011, versie 2 Maart 2012*
 3. *Concept rapportage: Afstemming Leidraad Kunstwerken en Eurocode, Activiteit 3: Ontwerpwaarden Waterstanden, Deltares Rapport 1204875-002-GEO-0010, versie 2 Februari 2012*

2 Analyse, aanpak en resultaten

2.1 Werkwijze in de LK i.c.m. met de oude algemene regelgeving (NEN 6700)

2.1.1 Veiligheidsnormen conform de Waterwet in de LK

De beveiligingsnormen voor primaire waterkeringen worden in de Waterwet gegeven in termen van norm overschrijdingskansen (verder aangeduid als normfrequenties) per jaar van hydraulische belastingen waarop de waterkeringen moeten zijn berekend. Die normfrequenties zijn 1/10.000, 1/4000, 1/2000, 1/1250 voor respectievelijk Noord- en Zuid-Holland, de kustgebieden, het benedenrivieren- en overgangsgebied, en het bovenrivierengebied. Daarnaast kent de wet normfrequenties van 1/500 voor dijkkring 40 in het bovenrivierengebied, en tenslotte 1/20 voor de Maaskaden.

In de LK worden deze normfrequenties omgerekend tot toelaatbare faalkansen voor kunstwerken. Daarbij wordt in principe uitgegaan van een dijkvakachtige benadering, waarbij de toelaatbare faalkans per jaar voor een kunstwerk gesteld wordt op 0,01 keer de normfrequentie. De '0,01' wordt faalruimte factor genoemd. Vanwege de veronderstelde sterke afhankelijkheid van de verschillende hoofd faalmechanismen die aan de faalkans bijdragen, via de waterstand, wordt gesteld dat deze toelaatbare faalkans beschikbaar is als faalkansruimte voor elk van deze hoofd faalmechanismen (falen als gevolg van overloop/golfoverslag, en falen als gevolg van constructief of grondmechanisch bezwijken). De toelaatbare faalkansen worden omgerekend tot vereiste waarden van de betrouwbaarheidsindex volgens:

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_{f,toel}) = -\Phi^{-1}(0,01 F_{norm}) \quad (1)$$

Hierin is F_{norm} de normfrequentie, $P_{f,toel}$ de toelaatbare faalkans, β de vereiste betrouwbaarheidsindex en $\Phi^{-1}(\)$ de inverse van de standaard normale kansfunctie. De betrouwbaarheidsindex heeft betrekking op een referentieperiode van 1 jaar en wordt daarom ook wel genoteerd als β_1 .

Niettegenstaande de keuze voor een dijkvakbenadering wordt voor waterkerende constructies, zoals met kistdammen of diepwanden versterkte dijken, die ook onder de werking van de LK vallen, met een verdiscontering van het lengte-effect, als deze constructies, gemeten in de lengterichting van de waterkering, langer dan 100 meter zijn. Deze verdiscontering wordt gemakshalve meegenomen door de vereiste betrouwbaarheidsindex simpelweg 10% te vergroten, ongeacht de werkelijke lengte van de constructie.(boven de 100 m).

De intentie bij de opzet van de LK was om zo goed mogelijk aan te sluiten aan de algemene regelgeving met betrekking tot constructieveiligheid. Deze regelgeving was, indertijd, vastgelegd in NEN 6700. Hier komen we in paragraaf 2.1.2 uitgebreider op terug. Vooruitlopend daarop merken we op dat de in de veiligheidsfilosofie in de NEN 6700 wordt uitgegaan van toelaatbare faalkansen voor een referentieperiode gelijk aan de geplande levensduur. Voor normale bouwconstructies is dat 50 jaar, maar in beginsel kan die vrij gekozen worden, met een minimum van 15 jaar. De vereiste betrouwbaarheidsindex, en dus de toelaatbare faalkans, is in de NEN 6700 in beginsel niet afhankelijk van de keuze van de geplande levensduur. In bijlage A1 is de veiligheidsfilosofie van NEN 6700 weergegeven.

De geplande levensduur voor waterkeringen, doorgaans aangeduid als planperiode, is in de regel 50 of 100 jaar (voor dijken 50 jaar, voor kunstwerken 100 jaar). De toelaatbare faalkans voor waterkeringen is wel afhankelijk van de gekozen planperiode. Als de toelaatbare faalkans per jaar $P_{f, toel, 1 jr}$ is, dan is in beginsel de toelaatbare faalkans voor N jaar (bijvoorbeeld $N = 50$ of 100 jaar) gelijk aan $P_{f, toel, N jr} = N P_{f, toel, 1 jr}$. In die zin lopen de veiligheidsfilosofie conform de Waterwet en conform de NEN 6700 enigszins uiteen.

Wanneer we in het vervolg spreken over de referentieperiode, bedoelen we daarmee de planperiode, of geplande levensduur, of een deel van de planperiode (bijv. 1 jaar, of 10 jaar).

De drive om de veiligheidsfilosofie conform de Waterwet en conform de NEN 6700 zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen was geen doel op zich. In bijlage A.2 wordt uitgelegd dat een onderliggend argument was dat door de afstemming ook voordelen bij het ontwerpen van waterkerende constructie werden verwacht.

In tabel 2.1 zijn de toelaatbare faalkansen conform de Waterwet weergegeven, voor de normfrequenties 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10000. Gegeven zijn de faalkansen per jaar en de hiermee overeenkomende betrouwbaarheidsindices, conform vergelijking (1). Verder de faalkansen en de overeenkomstige betrouwbaarheidsindices voor planperiodes van 50 en 100 jaar. In tabel 2.1 is ook een referentieperiode van 10 jaar opgenomen. Dit heeft te maken met beperkingen aan de toelaatbare faalkansen, zoals die in tabel 2.1 voor referentieperiodes van 50 en 100 jaar zijn gegeven. In paragraaf 2.1.3 gaan we daar nader op in.

Alle betrouwbaarheidsindices zijn ook gegeven met de verdiscontering van lengte-effect, in de vorm van de 10% toeslag op de betrouwbaarheidsindex.

normfreq.	$P_f 1 jr$	β_1		$P_f 10 jr$	β_{10}	
			i.e.			i.e.
1/1250	8,0E-06	4,31	4,75	8,0E-05	3,78	4,15
1/2000	5,0E-06	4,42	4,86	5,0E-05	3,89	4,28
1/4000	2,5E-06	4,56	5,02	2,5E-05	4,06	4,46
1/10000	1,0E-06	4,75	5,23	1,0E-05	4,26	4,69

normfreq.	$P_f 50 jr$	β_{50}		$P_f 100 jr$	β_{100}	
			i.e.			i.e.
1/1250	4,0E-04	3,35	3,69	8,0E-04	3,16	3,47
1/2000	2,5E-04	3,48	3,83	5,0E-04	3,29	3,62
1/4000	1,3E-04	3,66	4,03	2,5E-04	3,48	3,83
1/10000	5,0E-05	3,89	4,28	1,0E-04	3,72	4,09

Tabel 2.1 Normfrequenties, toelaatbare faalkansen per jaar, 10 jaar, 50 jaar en 100 jaar, en de hiermee corresponderende betrouwbaarheidsindices (zonder en met verdiscontering van 10% lengte-effect)

2.1.2 Vertaling van toelaatbare faalkansen naar partiële veiligheidsfactoren

Voor de praktijk worden toelaatbare faalkansen omgerekend naar partiële veiligheidsfactoren, namelijk belastingfactoren en materiaalfactoren. Belastingfactoren worden toegepast op berekende belastingen (of belastingeffecten) en materiaalfactoren worden toegepast op (berekende) schattingen van de sterkte.

De berekende belasting, is, in dit geval, de belasting op de waterkering (of onderdelen ervan) die voortkomt uit het verval van de waterstand over de waterkering bij het optreden van de maatgevende waterstand. De maatgevende waterstand is de waterstand met overschrijdingsfrequentie per jaar gelijk aan de normfrequentie. Dit is de gebruikelijke rekenmaat bij waterkeringen. Voor het realiseren van de vereiste betrouwbaarheidsindices, zoals aangegeven in tabel 2.1, is doorgaans nog een extra belastingfactor nodig, die afhankelijk is van de toelaatbare faalkans en de referentieperiode. In de LK is voor de berekening van deze extra belastingfactor de volgende formule gegeven:

$$\gamma_s = \frac{u - B \log(\Phi(\alpha_s \beta_N) / f_N) - h_b}{u - B \log(norm) - h_b} = \frac{1 - \frac{B}{u'} \log(\Phi(\alpha_s \beta_N) / f_N)}{1 - \frac{B}{u'} \log(norm)} \quad (2)$$

Hierin zijn:

- γ_s de benodigde belastingfactor;
- $norm$ de overschrijdingskans per jaar (1/1250, 1/2000, 1/4000, 1/10.000) van de hydraulische belastingen waar de waterkering op berekend moet zijn conform de Waterwet. De hierbij optredende waterstand noemen we MHW (maatgevende hoogwaterstand);
- β_N de met de $norm$ afgeleide vereiste betrouwbaarheidsindex (tabel 2.1);
- Φ de standaard normale kansverdeling;
- f_N de referentieperiode [jr] (in de LK ook wel aangeduid als levensduurfactor);
- h_b de binnenwaterstand, indien die hoger is dan de door water belaste onderkant van de beschouwde constructie (of het beschouwde constructieonderdeel). Indien die lager is dan wordt h_b gelijk genomen aan die onderkant [m + NAP];
- u de 'liggingparameter' van de Gumbelverdeling van de buitenwaterstand, dit is de waterstand die met een kans van 0,63 per jaar wordt overschreden [m + NAP]. Deze parameter kan berekend worden met: $u = MHW + B \log(norm)$;
- u' het verschil $u - h_b$ [m];
- B de decimeringhoogte van de waterstand in het lage frequentiegebied (zeg $f < 0,1$ per jaar) [m];
- α_s invloedscoëfficiënt voor onzekerheid van de belasting = -0,7 (ISO gestandaardiseerd);
- \log de logaritme met grondtal 10.

In vergelijking (2) is de noemer in het eerste rechterlid het maatgevende verval van de waterstand over de waterkering (=maatgevende waterstand – binnenwaterstand), met overschrijdingskans $norm$ per jaar. Daarmee wordt gerekend bij het bepalen van de belastingen (en belastingeffecten) op het kunstwerk of onderdelen ervan. De teller is het verval, waarmee zou moeten worden gerekend om te voldoen aan de eis ten aanzien van de betrouwbaarheidsindex β_N , gebaseerd op een referentieperiode van f_N jaar. Aan die eis wordt voldaan, althans voor wat betreft de belastingkant, als gerekend wordt met een verval dat slechts met kans $\Phi(\alpha_s \beta_N)$ wordt overschreden in een periode van f_N jaar.

Er is van uitgegaan dat de vervallen over de waterkering bij extreme buitenwaterstanden statistisch gekarakteriseerd worden met behulp van een Gumbel kansverdeling, met liggingparameter u en decimeringhoogte B . De kansverdeling per jaar kan omgerekend worden naar een kansverdeling per f_N jaar. De decimeringhoogte B blijft daarbij hetzelfde, maar de liggingparameter wordt dan $u + B \log(f_N)$. Voor de berekening van belastingfactoren is alleen de verhouding B/u' van belang. Deze representeert de relatieve variatie en is dus een soort variatiecoëfficiënt.

Uitgangspunt voor vergelijking (2) is verder dat belastingen (en belastingeffecten) lineair evenredig zijn met de optredende vervallen over de waterkering. De Leidraad Kunstwerken gaat hier van uit. Lopende de VNK studie is het inzicht gegroeid dat dit niet voor alle mogelijke faalmechanismen een voor de hand liggend uitgangspunt is. Er zijn mechanismen waarbij het belastingeffect evenredig is met het kwadraat of zelfs de derde macht van het optredende verval (*base shear* en *base moment*). Dit is een belangrijk aandachtspunt bij de herziening van de Leidraad, maar laten we nu nog even buiten beschouwing.

Aan de sterktekant is in de LK ervoor gekozen aan te sluiten aan de materiaalfactoren in de NEN 6700. Echter, die gelden in beginsel bij een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6 (de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700). Voor andere waarden van de vereiste betrouwbaarheidsindex worden in de LK correctiefactoren gebruikt die het verschil met 3,6 verdisconteren. Deze correctiefactoren worden berekend met behulp van de formule:

$$\gamma_{R,corr} = e^{\{\alpha_R(\beta_N-3,6)\sqrt{\ln(1+V_R^2)}\}} \quad (3)$$

Hierin is:

- $\gamma_{R,corr}$ de correctiefactor;
- α_R de probabilistische invloedsfactor voor de sterkte, = 0,8 (ISO gestandaardiseerd);
- β_N de vereiste betrouwbaarheidsindex;
- V_R de variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschap;
- \ln de natuurlijke logaritme.

De variatiecoëfficiënt V_R is in beginsel de variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschappen die beschouwd worden. In de LK is ervoor gekozen om zowel de belastingfactor als de correctie op de materiaalfactoren bij elkaar te nemen in één factor, namelijk de totale belastingfactor. Daarvoor was het nodig om één representatieve variatiecoëfficiënt van de sterkte eigenschappen te kiezen; een veilige aanname is $V_R = 0,20$. De totale belastingfactor is het product $\gamma_S \gamma_{R,corr}$:

$$\gamma_{S,tot} = \frac{1 - \frac{B}{u'} \log(\Phi(\alpha_S \beta_N) / f_N)}{1 - \frac{B}{u'} \log(norm)} e^{\{\alpha_R(\beta_N-3,6)\sqrt{\ln(1+V_R^2)}\}} \quad (4)$$

2.1.3 Beperkingen aan toelaatbare faalkansen

Aan de in tabel 2.1 weergegeven toelaatbare faalkansen en de hier uit voortvloeiende totale belastingfactoren worden twee beperkingen gesteld.

De eerste komt voort uit de gedachte dat bij gekozen referentieperioden van 50 of 100 jaar de faalkansen in de eerste jaren van de levensduur van een constructie veel groter kunnen zijn dan de toelaatbare faalkansen per jaar, die conform de geest van de Waterwet toelaatbaar zijn⁴. In het verleden is daar in ENW (TAW) verband discussie over geweest. De uitkomst hiervan was dat door de werkgroep ENW Veiligheid (toen nog TAW Probabilistische Methoden) geadviseerd werd om de toelaatbare faalkans in een aaneengesloten periode van 10 jaar, tijdens de (beoogde) levensduur van een kunstwerk, niet groter te kiezen dan 10 keer de toelaatbare faalkans die voor 1 jaar geldt. Bij het opstellen van de Leidraad Kunstwerken (zowel de eerste versie in 1999 als de latere versie in 2003) is die aanbeveling overgenomen.

De tweede beperking komt voort uit de gedachte dat de eis aan constructieve veiligheid van een waterkering nooit minder streng mag zijn dan volgens de (oude) algemene regelgeving, de NEN 6700. In de LK wordt, conform het traditionele gebruik bij Rijkswaterstaat, hierbij de hoogste veiligheidsklasse van de NEN 6700 als minimum aangehouden: dus een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6, waarbij uitgegaan wordt van een referentieperiode van 50 jaar. De NEN 6700 (en ook de Eurocode, zie paragraaf 2.2) schrijft geen belastingfactoren voor m.b.t. de extreme (met de normfrequentie corresponderende) hydraulische belastingen op primaire waterkeringen. Deze belastingfactoren kunnen echter met behulp van vergelijking (4) worden berekend. Dit heeft dan tevens het voordeel dat belastingfactoren bij de verschillende uitgangspunten op onderling consistente wijze bepaald worden.

2.1.4 Stappen bij berekening totale belastingfactor; resultaten oude situatie
Concreet betekenen deze twee beperkingen de volgende werkwijze bij het bepalen van de totale belastingfactor op vervalbelastingen:

1. Bepaal de toelaatbare faalkans voor een waterkering en daarmee de vereiste betrouwbaarheidsindex, aan de hand van de normfrequentie voor het dijkringgebied, de faalruimte factor en de gekozen planperiode. De vereiste betrouwbaarheidsindex heeft betrekking op de gekozen planperiode. Hierbij wordt rekening gehouden met eventueel te verdisconteren lengte-effect. Dat kan op twee manieren, namelijk:
 - a. Bij een dijkvakachtige benadering, zoals in de LK, door de vereiste betrouwbaarheidsindex voor een korte strekking te vermenigvuldigen met een factor 1,10 (als de lengte van het kunstwerk in de lengterichting van de waterkering groter is dan 100 m). De grootte van deze factor, noch de grens bij 100 m zijn bij het opstellen van de LK nader onderbouwd; het gaat dus om een pragmatische keuze. Het is wenselijk om bij een herziening van de LK de mogelijkheid open te houden voor het toepassen van een beter onderbouwde schatting, zoals voorgestaan wordt onder 1b.
 - b. Bij een dijkkringachtige benadering, door de faalkans voor een dijkkring (of dijkkringdeel) te delen door een lengte-effect factor. Dit geeft de faalkans voor een 'dwarsdoorsnede' van de waterkering. De faalkans voor de dijkkring of dijkkringdeel kan afgeleid zijn uit de normfrequentie en een faalruimte factor. De lengte-effect factor volgt uit een probabilistische beschouwing. De toelaatbare faalkans voor de 'dwarsdoorsnede' wordt omgerekend tot de vereiste betrouwbaarheidsindex.

4. Daar staat tegenover dat de toeslag voor relatieve zeespiegelrijzing et cetera, die op de buitenwaterstand wordt gezet, in de eerste 10 jaren feitelijk wel een extra veiligheidsmarge inhoudt. Dit effect is in de ENW discussie en in LK echter niet in beschouwing genomen.

N.B. deze benadering is in dit rapport niet uitgewerkt. Ze is relevant wanneer in de toekomst voor de LK een dijkkringachtige benadering wordt gekozen en in het geval de levensduurbeschouwing ook in andere leidraden (met name de Leidraad Rivieren en het bijbehorende Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies) wordt overgenomen. Hierin wordt (deels) wel van de dijkkringachtige benadering uitgegaan.

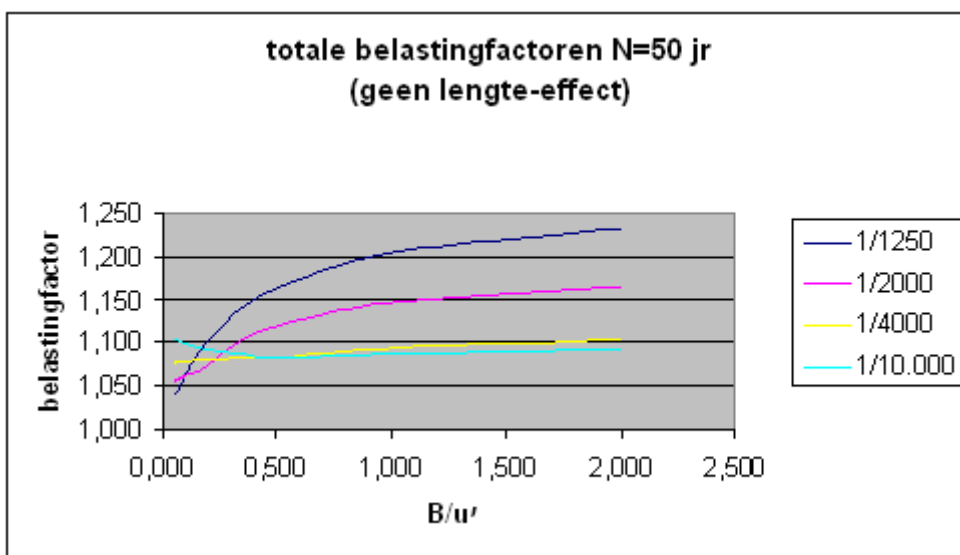
Met de vereiste betrouwbaarheidsindex β_N , de bijbehorende referentieperiode f_N en de kenmerken van de Gumbel verdeling, B/u' , wordt de belastingfactor berekend met behulp van vergelijking (4).

Dit levert de totale belastingfactor: $\gamma_{S, tot}(\beta_N, f_N)$ met $N=50$ of 100 jaar.

2. Controle op de eerste beperking: bepaal, eveneens met vergelijking (4) de totale belastingfactor, uitgaande van $N=10$ jaar: levert de belastingfactor $\gamma_{S, tot}(\beta_{10}, f_{10})$.
3. Controle op de tweede beperking: bepaal, eveneens met vergelijking (4) de totale belastingfactor: $\gamma_{S, tot}(\beta_{NEN\ 6700}, f_{50})$, waarin $\beta_{NEN\ 6700} = 3,6$.
4. De totale belastingfactor is:

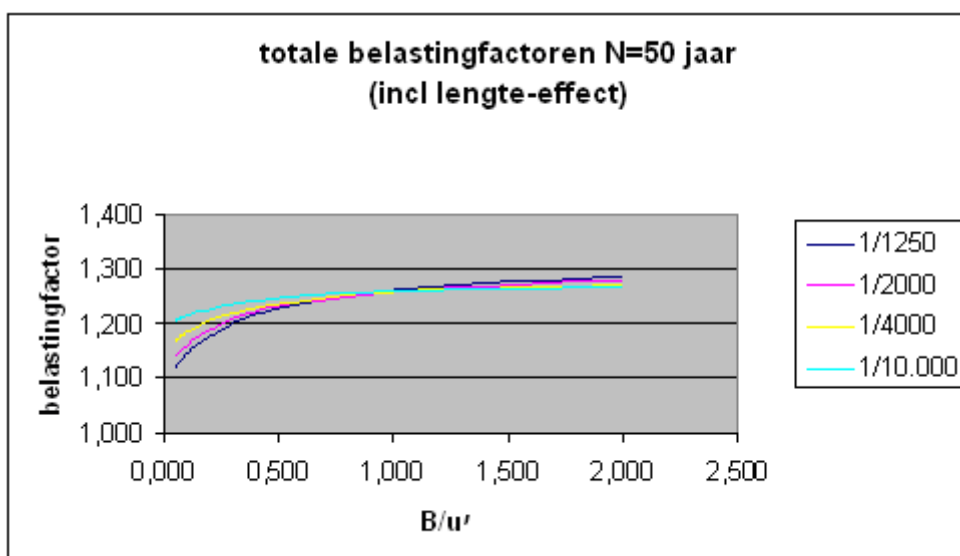
$$\gamma_{S, tot} = \max\{\gamma_{S, tot}(\beta_N, f_N); \gamma_{S, tot}(\beta_{10}, f_{10}); \gamma_{S, tot}(\beta_{NEN\ 6700}, f_{50})\}$$

In de figuren 1a en 1b zijn de op deze wijze berekende belastingfactoren weergegeven; in figuur 1a voor kunstwerken waarbij lengte-effect geen rol speelt en in figuur 1b voor 'lange' kunstwerken waarbij lengte-effect in de faalkans verdisconteerd is in de 10% opslag op de betrouwbaarheidsindex die volgt uit de Waterwet norm (dus bij NEN 6700 wordt geen lengte-effect toeslag toegepast).



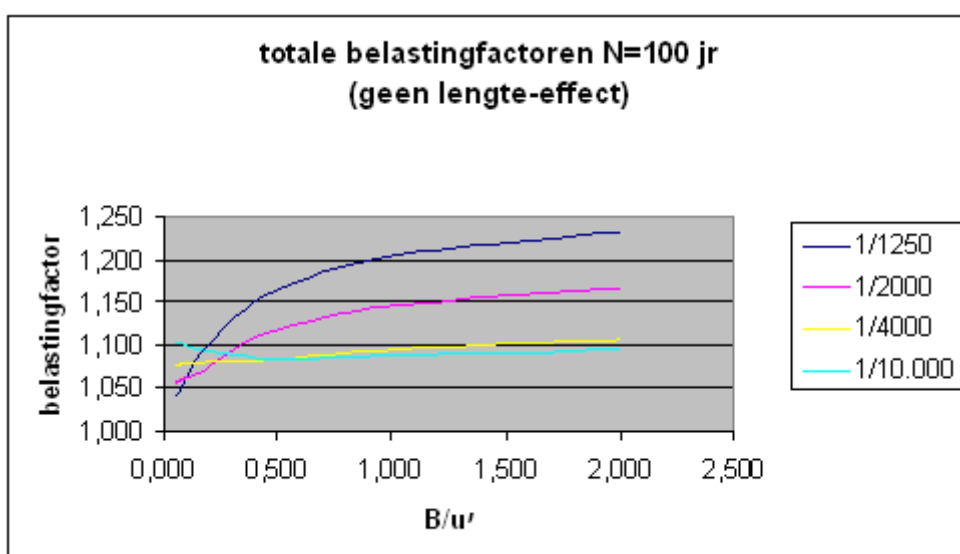
Figuur 1a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit $\beta_{NEN6700} = 3,6$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar.



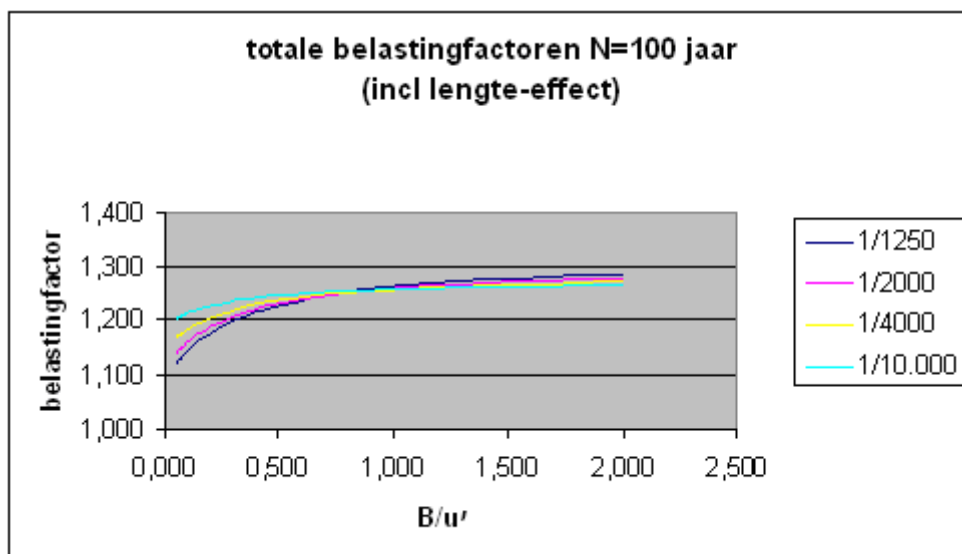
Figuur 1b: Belastingfactoren als in figuur 1a, maar met verdiscontering van lengte-effect (10% toeslag op β_{50} en β_{10})

In de figuren 1c en 1d zijn de berekende totale belastingfactoren gegeven, die horen bij een gekozen planperiode van 100 jaar. Hierbij gelden overigens dezelfde twee randvoorwaarden.



Figuur 1c: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{100} bij een referentieperiode van 100 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit $\beta_{NEN6700} = 3,6$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar.



Figuur 1d: Belastingfactoren als in figuur 1c, maar met verdiscontering van lengte-effect (10% toeslag op β_{100} en β_{10})

Uit vergelijking van de figuren 1c met 1a en de figuren 1d met 1b volgt dat de gekozen grootte van de planperiode (50 of 100 jaar) er praktisch niet toe doet. De belastingfactor die volgt uit referentieperiode van 10 jaar blijkt altijd maatgevend indien het lengte-effect wordt meegenomen. Ook de beperking die voortvloeit uit de NEN 6700 is hierbij dan niet van invloed.

De range $B/u' = 0,05 - 1$ omvat, praktisch gesproken, de B/u' verhoudingen zoals die voorkomen langs primaire waterkeringen in Nederland. De hoogste waarde van de belastingfactoren binnen die range is 1,25. Om die reden is deze waarde in de LK opgenomen, als 'eenvoudige methode' voor ontwerpberekeningen. Deze factor wordt toegepast op uit de ontwerpwaterstanden (met norm overschrijdingsfrequentie) voortkomende vervalbelastingen. De hiermee berekende ontwerpbelastingen worden gebruikt in combinatie met de materiaalfactoren in de NEN 6700.

2.2 Belastingfactoren bij de nieuwe regelgeving (Eurocode)

2.2.1 Betrouwbaarheidseisen in Eurocode en Nationale Annex

In de Eurocode en NA worden, evenals in de NEN 6700, drie veiligheidsklassen of betrouwbaarheidsklassen onderscheiden. De vereiste betrouwbaarheidsindices in de NEN 6700 zijn respectievelijk 3,2, 3,4 en 3,6. Dit zijn betrouwbaarheidsindices die betrekking hebben op de geplande levensduur van een constructie, die in beginsel vrij te kiezen is (met minimum van 15 jaar) maar als referentie op 50 jaar wordt gesteld. In de Eurocode en NA is dit systeem hetzelfde gebleven. Echter, de Eurocode hanteert de term 'Gevolgklassen'. De in de Eurocode voorgestelde vereiste betrouwbaarheidindices voor de gevolgklassen zijn sterker gedifferentieerd dan in de NEN 6700. Deze betrouwbaarheidsindices zijn 3,3, 3,8 en 4,3 voor de gevolgklassen CC1, CC2 en CC3 (tabel 2.2). In de Nationale Annex zijn de in de Eurocode voorgestelde betrouwbaarheidsindices verbindend verklaard. Daarmee hebben ze ook een wettelijke basis.

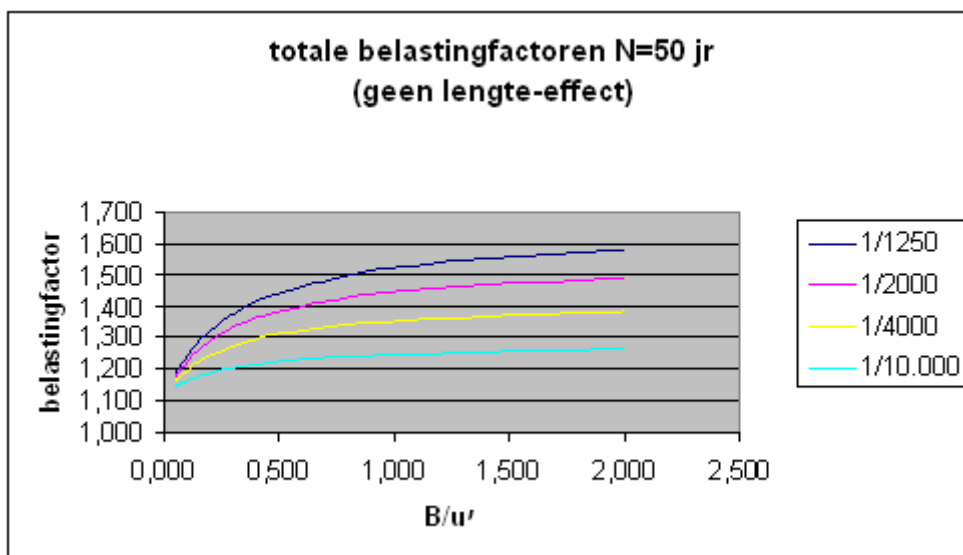
Gevolklasse CC ^{*)}	Omschrijving	Voorbeelden van gebouwen en civieltechnische werken
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of zeer grote economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Tribunes, openbare gebouwen waarbij de gevolgen van het bezwijken groot zijn (bijv. een concertzaal)
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, aanzienlijke economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Woon- en kantoorgebouwen, openbare gebouwen waar de gevolgen van bezwijken beperkt zijn (bijv. een kantoorgebouw)
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, of kleine of verwaarloosbare economische, sociale of gevolgen voor de omgeving	Gebouwen voor de landbouw waar mensen normaal niet verblijven (bijv. opslagschuren, tuinbouwkassen)

Tabel 2.2 Gevolklassen in de Eurocode (tabel B1, Bijlage B bij NEN-EN 1990)

2.2.2 Totale belastingfactoren bij keuze CC3 als minimum eis

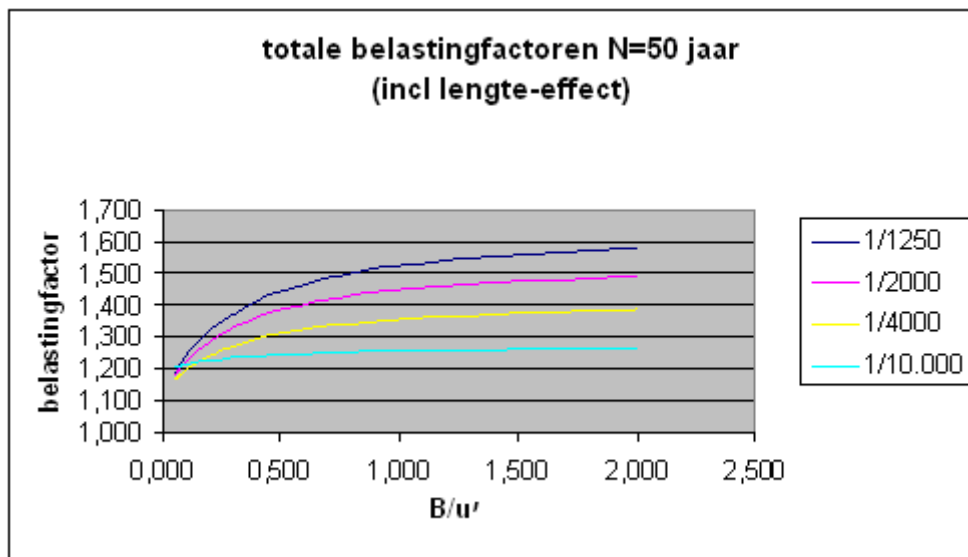
Wanneer, met het van kracht worden van de nieuwe Eurocodes vastgehouden wordt aan het ongeschreven beleid dat tenminste voldaan wordt aan eisen volgens de hoogste veiligheidsklasse, dan heeft dat consequenties voor de belastingfactoren. Immers, de vereiste betrouwbaarheidsindex voor de hoogste veiligheidsklasse in de Eurocode (CC3) is aanzienlijk groter dan in de NEN 6700.

Met deze betrouwbaarheidsindex, gekoppeld aan een referentieperiode van 50 jaar, kunnen we met behulp van de stappen in paragraaf 2.1.4 nieuwe belastingfactoren berekenen. In de figuren 2a en 2b zijn deze weergegeven.



Figuur 2a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan:

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit de Eurocode $\beta_{EC} = 4,3$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar



Figuur 2b: Als figuur 2a, maar inclusief verdiscontering van lengte-effect (dat wil zeggen 10% toeslag op de vereiste betrouwbaarheidsindices β_{50} en β_{10})

In figuur 2a zien we dat, t.o.v. figuur 1a, voor alle normfrequenties 1/1250 tot 1/10000 de belastingfactoren, voor een deel van de B/u' verhoudingen sterk, toenemen, als gevolg van de nieuwe minimeis ($\beta_{50} = 4,3$). In figuur 2b zien we, t.o.v. figuur 1b, hetzelfde, met uitzondering van de kleinste normfrequentie, 1/10000. Dit omdat bij die normfrequentie de eis conform de Waterwet maatgevend blijft, als er lengte-effect verdisconteerd wordt.

Net als in de oude systematiek van de LK, zou ook nu een 'eenvoudige' methode, bestaande uit één algemeen toepasbare belastingfactor, kunnen worden aangehouden. Deze belastingfactor moet dan ca. 1,5 worden (was 1,25).

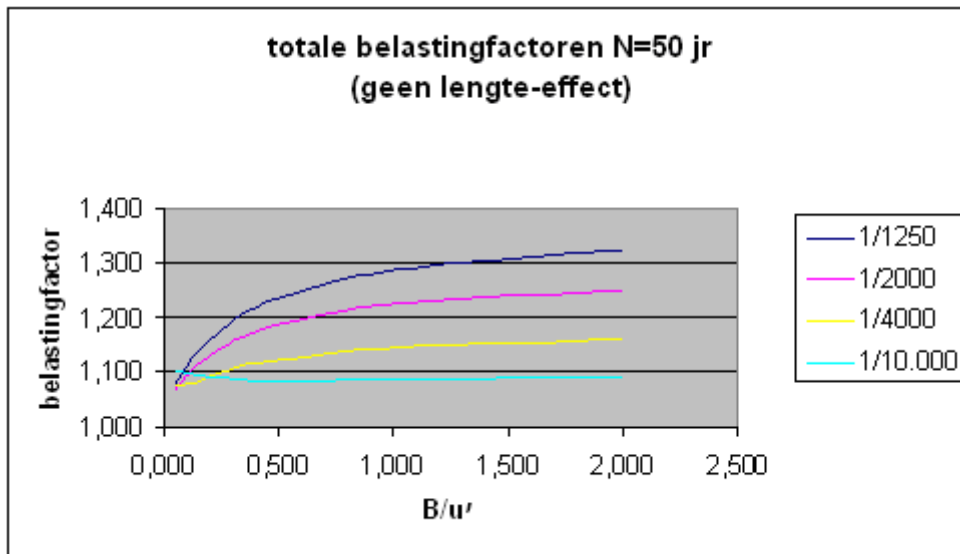
De belastingfactoren moeten worden toegepast op bij de waterstanden met normfrequenties berekende vervalbelastingen en in combinatie met de materiaalfactoren in de Eurocode en Nationale Annex. Deze materiaalfactoren zijn overigens dezelfde als in de NEN 6700⁵.

Ook hier kan aangetoond worden dat de keuze van de planperiode, 50 of 100 jaar, geen invloed heeft op de berekende totale belastingfactoren. Vergelijking van de figuren 2a en 2b laat tevens zien dat verdiscontering van het lengte-effect nu nauwelijks een rol speelt. Dit komt doordat de (minimaal vereiste) betrouwbaarheidsindex uit de Eurocode (van 4,3) voor het overgrote deel maatgevend is en hierbij speelt lengte-effect geen enkele rol.

2.2.3 Totale belastingfactoren bij keuze voor CC2 als minimeis

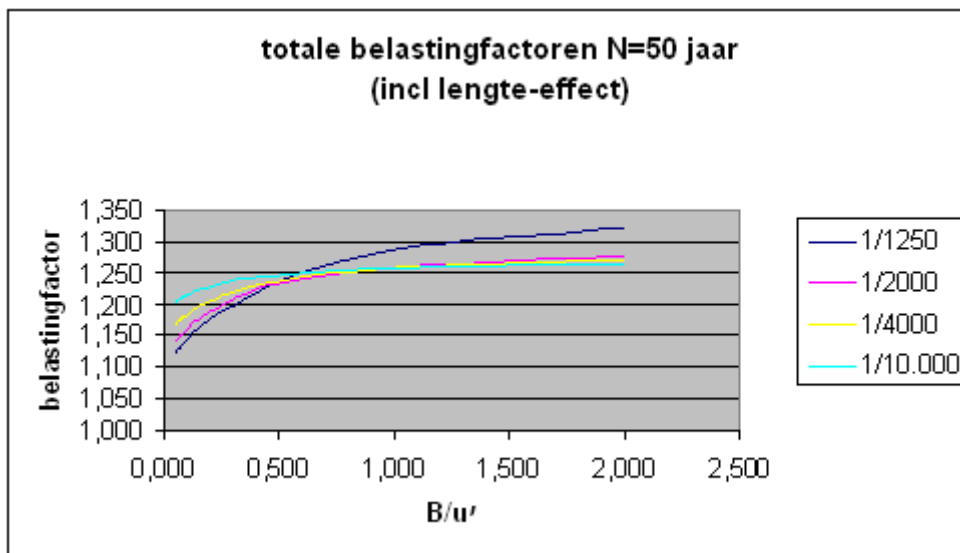
Bij deze keuze is de minimeis aan de betrouwbaarheidsindex $\beta = 3,8$ (zie tabel 2.1). In de figuren 3a en 3b zijn de daarbij behorende belastingfactoren weergegeven.

⁵ De hogere betrouwbaarheidsindex (CC3 van de Eurocode) ten opzichte van de NEN wordt in de Nationale Annex bij benadering verdisconteerd door een toeslag van 10% op de theoretisch benodigde belastingfactoren. In de analyse hier wordt die toeslag (theoretisch correct) meegenomen m.b.v. de (exponentiële) correctieterm in vergelijking (4)



Figuur 3a: Belastingfactoren op vervalbelastingen conform de LK, uitgaande van de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{50} bij een referentieperiode van 50 jaar met als randvoorwaarden dat de belastingfactor niet kleiner is dan

- 1) de belastingfactor die volgt uit de vereiste betrouwbaarheidsindex β_{10} bij een referentieperiode van 10 jaar en
- 2) de belastingfactor die volgt uit de Eurocode $\beta_{EC} = 3,8$ in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar



Figuur 3b: Als figuur 3a, maar inclusief verdiscontering van lengte-effect (dat wil zeggen 10 % toeslag op de vereiste betrouwbaarheidsindices β_{50} en β_{10})

De belastingfactoren in de figuren 3a en 3b zijn, met name voor de 1/1250^e normfrequentie enigszins groter dan in de figuren 1a en 1b. Voor de 'eenvoudige methode' neemt de belastingfactor ten opzichte van de NEN 6700 iets toe, namelijk tot 1,30. De toename van de belastingfactoren is aanzienlijk minder dan bij toepassen van CC3 uit de Eurocode als minimumeis.

Om die reden zou overwogen kunnen worden, om bij het stellen van de nevenvoorwaarde niet, of niet in alle gevallen, uit te gaan van de CC3 in de Eurocode, maar van CC2.

Die keuze zou een wijziging van het (ongeschreven) beleid zijn. De rechtvaardiging zou moeten voortkomen uit de vraag of de nieuwe eis in de Eurocode het 'rechtzetten' van algemeen te lage veiligheidseisen in de NEN 6700 betreft, of het toevoegen van een nieuwe klasse, speciaal voor constructies, waarvan het bezwijken zeer grote maatschappelijke en/of materiële consequenties met zich meebrengt. Kijkend naar tabel 2.1 lijkt dit laatste het geval te zijn. Een aanzienlijk deel van de constructies, waarvoor vroeger een betrouwbaarheidsindex van 3,6 werd vereist, zit nu in CC2 van de Eurocode. De meeste, zo niet alle, waterkerende kunstwerken zullen normaliter onder die veiligheidsklasse vallen.

Een nadere consequentieanalyse, namelijk het doorrekenen van praktijkvoorbeelden, zoals bedoeld in activiteit 4, kan mogelijk nog wel aanleiding zijn om af te zien van zo'n beleidswijziging, als zou blijken dat de hogere veiligheidseis een aanvaardbare toename van kosten met zich meebrengt.

2.2.4 Minimale belastingfactoren i.v.m. onzekerheden rekenmodellen belastingeffecten

De Eurocode schrijft in beginsel het gebruik van een belastingfactor voor, die ook onzekerheden in het rekenmodel voor de berekening van belastingeffecten verdisconteert; zie het rapport betreffende activiteit 2, genoemd in voetnoot 2 bij paragraaf 1.3. Doorgaans is bij vervalbelastingen bij extreme buitenwaterstanden de verdisconteerde onzekerheid over deze belastingen, via de ontwerpwaarden, zo groot dat combineren met nog eens een rekenmodelonzekerheid praktisch weinig verschil maakt. Alleen wanneer onzekerheden ten aanzien belastingen door buitenwaterstand of golven klein zijn is een benodigde additionele verdiscontering van rekenmodelonzekerheden van belang.

In het rapport betreffende activiteit 3, zie voetnoot 3 in paragraaf 1.3, is aangetoond dat hieraan voldaan kan worden door bij het aflezen van de grafieken in de figuren 2a, 2b, 3a en 3b uit te gaan van een minimale waarde van B/u' van 0,10.

3 Conclusies, aanbevelingen en aandachtspunten bij herziening LK

3.1 Conclusies

Eisen voor constructieve veiligheid van waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen zijn vastgelegd in de Leidraad Kunstwerken. Deze eisen zijn gerelateerd aan veiligheidsniveaus in de Waterwet. Rijkswaterstaat hanteert als neveneis dat daarbij ook ten minste voldaan moet worden aan de eisen van de hoogste veiligheidsklasse in de algemene regelgeving voor veiligheid van bouwconstructies. Dit is ongeschreven beleid.

Tot vóór het van kracht worden van de Eurocode (en de Nationale Annex) was de algemene regelgeving vastgelegd in de NEN 6700. Eisen aan constructieve betrouwbaarheid van waterkerende kunstwerken die voortkomen uit de Waterwet bij alle veiligheidsniveaus waren, uitgezonderd het 1/250^e niveau voor de Maaskaden en het 1/500^e niveau voor dijkkring 40, strenger dan in de NEN 6700. Met het van kracht worden van de Eurocode is dat echter niet meer het geval. In de Eurocode is een hoogste veiligheidsklasse ingevoerd, waarin de eis voor constructieve veiligheid beduidend hoger is dan in de NEN 6700.

De strengere eisen die voortkwamen uit de Waterwet, ten opzichte van de NEN 6700, zijn in de TAW Leidraad Kunstwerken vertaald in een extra belastingfactor op de (effecten van) hydraulische belastingen onder maatgevende omstandigheden. Belastingeffecten bij het optreden van maatgevende hydraulische belastingen, vermenigvuldigd met die belastingfactoren kunnen dan als rekenbelastingen worden opgevat, die, in combinatie met materiaalfactoren (op de constructiesterkte) in de NEN 6700, een ontwerp leveren, dat minimaal de vereiste constructieveiligheid heeft.

Ten behoeve van een later uit te voeren inventarisatie van de consequentie van het van kracht worden van Eurocode is onderzocht hoe de belastingfactoren veranderen. De materiaalfactoren in de Nationale Annex bij de Eurocode zijn ongewijzigd gebleven ten opzichte van de NEN 6700. De conclusies van dit onderzoek zijn als volgt.

Wanneer uitgegaan wordt van het (ongeschreven) beleid dat ten minste voldaan moet worden aan de hoogste veiligheidsklasse (Gevolgklasse CC3), dan impliceert de Eurocode dat de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken aanzienlijk moeten worden verhoogd.

Dit geldt voor waterkerende kunstwerken in dijkringen met alle normfrequenties, uitgezonderd 1/10.000, wanneer lengte-effect verdisconteerd moet worden. De figuren 1a en 1b in dit rapport geven de oude belastingfactoren en de figuren 2a en 2b de nieuwe (1a en 2a zonder lengte-effect, 1b en 2b met lengte-effect). Naast de normfrequentie en het al dan niet behoeven verdisconteren van lengte-effect, zijn de belastingfactoren afhankelijk van een statistische parameter, die de variatie van vervalbelasting karakteriseert (B/u' , waarbij u de liggingparameter is van de Gumbel verdeling en B de decimeringhoogte).

Deze veiligheidsklasse in de Eurocode geldt voor bouwconstructies, waarbij bij bezwijken grote aantallen slachtoffers zouden kunnen vallen en/of de economische schade zeer groot is. Wanneer het genoemde beleid zou worden versoepeld en gekozen kan worden voor Gevolgklasse CC2 in de Eurocode, dan nemen de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken iets toe. In de figuren 3a en 3b zijn de nieuw belastingfactoren weergegeven.

Deze veiligheidsklasse komt, qua eis aan de constructieveiligheid bijna overeen met de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700.

In de Leidraad Kunstwerken is een eenvoudige methode ingevoerd, waarbij één belastingfactor voor hydraulische belastingen is vastgesteld voor alle normfrequenties, waarbij wel of geen lengte-effect verdisconteerd hoeft te worden en die onafhankelijk is van de verhouding B/u' . Deze factor is nu 1,25. Wil men in de nieuwe situatie ook zo'n eenvoudige benadering, dan moet die factor verhoogd worden tot 1,5, als gevolgklasse CC3 van de Eurocode van toepassing is. Wordt gekozen voor gevolgklasse CC2, dan is de toename kleiner; dan wordt deze belastingfactor maximaal 1,30.

Deze belastingfactoren worden gebruikt in combinatie met materiaalfactoren in de Nationale Annex bij de Eurocode. Deze materiaalfactoren zijn gelijk aan die in de NEN 6700.

Voor bestaande waterkerende kunstwerken heeft een eventuele verhoging van de belastingfactoren in de Leidraad Kunstwerken geen gevolg. Voor de periodieke toetsing op (water)veiligheid, conform de Waterwet, zijn alleen de uit de Waterwet voortkomende eisen voor constructieveiligheid van toepassing. De algemene regelgeving (zowel NEN 6700 als Eurocode) vereist (normaliter) geen toetsing van bestaande bouwconstructies. Voor toetsing van bestaande bouwconstructies is echter wel regelgeving in voorbereiding.

3.2 Aanbevelingen / advies

De primaire vraag voor de voorliggende studie was (zie paragraaf 1.1), hoe uitgaande van de (opzet in de) bestaande LK, een aansluiting aan de Eurocode kan worden gerealiseerd, vergelijkbaar met de aansluiting aan de NEN 6700 die er nu is.

Wanneer vastgehouden wordt aan het beleid dat voor (primaire) waterkerende kunstwerken minimaal de hoogste veiligheidsklasse van de algemene regelgeving geldt, dan wordt die aansluiting gerealiseerd door gebruik te maken van de paragraaf 2.2.2. afgeleide belastingfactoren: in de figuren 2a en 2b, of de 'eenvoudige' belastingfactor van 1,5.

Aanbevolen wordt om dit beleid te evalueren. De hoge betrouwbaarheidseis in de Eurocode komt niet voort uit inzicht dat de betrouwbaarheidseisen in de NEN 6700 'overall' te laag waren, maar is toegevoegd als extra veiligheidsklasse voor bouwconstructies waarvan het bezwijken zeer grote maatschappelijke impact heeft. Overwogen moet worden of wel alle waterkerende kunstwerken in die veiligheidsklasse moeten vallen. Temeer omdat de eisen die uit de Waterwet normen worden afgeleid vaak minder streng zijn, terwijl bij het vaststellen van die normen de maatschappelijke impact is meegewogen.

Aanbevolen wordt ook om de materiële consequenties van aanpassing van de belastingfactoren nader te inventariseren aan de hand van doorrekenen van praktijkcases. Aan de hand van zo'n inventarisatie kan mede beoordeeld worden of het wenselijk is het huidige beleid te handhaven, dan wel te herzien.

3.3 Andere aandachtspunten bij herziening van de Leidraad Kunstwerken

Lopende activiteit 1 van deze korte studie zijn aandachtspunten naar voren gekomen, die niet direct bij de huidige vraagstelling passen, maar wel relevant zijn bij de beoogde herziening van de Leidraad Kunstwerken in 2012. Dit betreft:

1. Nagegaan moet worden of, en hoeveel, correctie op de afgeleide belastingfactoren nodig is, ingeval de belastingeffecten sterk niet-lineair evenredig zijn met

het verval. Dit pleit overigens voor een werkwijze waarbij niet met belastingfactoren wordt gewerkt die toegepast worden op berekende belastingen of belastingeffecten bij de 'norm' waterstand, maar direct met 'ontwerp' waterstanden. Dit komt bij activiteit 3 van de onderhavige studie aan de orde.

2. In dit rapport is uitgegaan van de ISO gestandaardiseerde invloedscoëfficiënten voor belasting en sterkte. Dit is conform de werkwijze in de LK nu. Maar niet zeker is of dat onder alle omstandigheden voldoende veilige belastingfactoren, of ontwerpwaarden van waterstanden, levert. In het kader van activiteit 3 zal hier ook nog naar gekeken worden, voor zover de budgettaire projectruimte dit toestaat, maar mogelijk is een uitgebreider studie nodig.
3. In de LK is als opzet voor een dijkvakbenadering gekozen. Gezien het streven om te komen tot een overstromingskans gestuurd ontwerp- en toetsinstrumentarium, is het zeer wenselijk om bij een herziening van de LK de ringbenadering als uitgangspunt te kiezen. Hierbij hoort een opdeling van de faalkansruimte per kunstwerk over aan de faalkans bijdragende mechanismen (faalkansbegroting) en relateren van faalkansruimte per kunstwerk aan de toelaatbare overstromingskans per dijkkring of dijkkringdeel.

A Achtergrondinformatie

A.1 Veiligheidsfilosofie NEN 6700 serie (TGB)

In de NEN 6700 en de Eurocode worden veiligheidseisen op generiek niveau geformuleerd in termen van de na te streven betrouwbaarheidsindex. In beginsel is die onafhankelijk is van de ontwerplevensduur (referentieperiode). Voor veiligheidsklasse 3 is de betrouwbaarheidsindex dus altijd 3,6, ongeacht of de referentieperiode 20, 50 of 100 jaar is. Bij een "betrouwbaarheidsindex ongeacht de referentieperiode" zijn de faalkansen op jaarbasis kleiner voor grotere referentieperioden en groter naarmate de referentieperiode kleiner is. Dit is bij benadering optimaal vanuit een economisch perspectief. De standaardreferentieperiode is 50 jaar, daar zijn de belasting- en materiaalfactoren op uitgelijnd.

In de praktijk werkt de constructeur niet met betrouwbaarheidsindices maar partiële factoren en karakteristieke belastingen. Omdat de betrouwbaarheidsindices onafhankelijk zijn van de levensduur zijn ook de partiële factoren onafhankelijk van de referentieperiode. Het verschil komt tot uiting in de keuze van de karakteristieke waarden voor de variabele belasting. Uitgegaan wordt van de waarde die gemiddeld eenmaal in de ontwerplevensduur wordt overschreden. Die wordt dus hoger bij grotere referentieperioden en daarmee ontstaan voor grotere referentieperioden zwaardere gedimensioneerde constructies.

Voor hele korte referentieperioden kan dit leiden tot onveilige constructies in verband met de menselijke veiligheid. In NEN6700 is ervoor gekozen dit niet te laten resulteren in een grotere betrouwbaarheidsindex voor kleine referentieperioden, maar in de eis dat voor de veiligheidsklassen 2 en 3 de referentieperiode niet kleiner mag worden gekozen dan 15 jaar.

A.2 Eisen volgens de Waterwet en neerslag in de LK

De benadering bij waterkeringen is dat toelaatbare faalkansen worden geformuleerd als kans per jaar, gerelateerd aan het beveiligingsniveau volgens de Waterwet (en daarvóór de Wet op de Waterkering). Over de grootte van toelaatbare faalkansen in relatie tot het beveiligingsniveau is door de jaren heen veel discussie geweest (dijkvak- of dijkkringfilosofie). Voor de eenvoud gaan we hier uit van de keuze, die in de Leidraad Kunstwerken is gemaakt, namelijk dat de toelaatbare faalkans per jaar voor (korte) kunstwerken $1/100^{\text{ste}}$ van de beveiligingsnorm is ($1/1250$, ..., $1/10000$) is. Bij 'lange kunstwerken' (lengte > 100 m), moet wel met lengte-effect rekening gehouden worden. Het gaat daarbij doorgaans om dijken met harde constructies, zoals kistdammen of diepwanden. Lengte-effect wordt hierbij verdisconteerd door de vereiste betrouwbaarheidsindex voor korte kunstwerken met 10 % te vergroten.

Deze toelaatbare faalkansen per jaar leiden tot hoge vereiste betrouwbaarheidsindices. Worden die vertaald in partiële factoren voor belasting en sterkte (materiaalfactoren), dan leidt dat tot overdreven veilige constructies. De faalkans voor een willekeurig jaar komt dan wel overeen met de toelaatbare faalkans per jaar. Maar bezien over een langere periode, zeg de planperiode van 50 jaar, is de faalkans veel kleiner dan 50 keer de toelaatbare faalkans per jaar. Dat komt omdat de sterkte van de constructie (in tegenstelling tot de belasting) over die 50 jaar bijna volledig gecorreleerd is.

In de jaren negentig is, naar aanleiding van op stapel staande dure ontwerpen van kistdammen en diepwanden in dijken (o.a. bij Hardinxveld) besloten om voor harde constructies over te gaan op een langere referentieperiode dan één jaar. Bij een toelaatbare faalkans per jaar van $P_{f, \text{toel}}$ zou de toelaatbare faalkans in N jaar gelijk zijn aan $N P_{f, \text{toel}}$. Immers, de toelaatbare faalkans per jaar is faalkansruimte, die gerelateerd is aan toelaatbare overschrijdingskansen (toelaatbare overstromingskansen) per jaar, en bij beschouwing van een langere periode speelt correlatie van de sterkte geen rol. Die redenering zou er echter toe leiden dat, naarmate de referentieperiode langer gekozen wordt, de eis aan constructieveiligheid af zou nemen. En ook dat de faalkans in het eerste jaar van de levensduur van de constructie veel groter wordt dan aan de beveiligingsnorm gerelateerde toelaatbare faalkans per jaar. Om die discrepantie te beperken is door TAW-E (nu ENW-Veiligheid) als aanvullende eis geformuleerd dat de faalkans, betrokken op 10 opvolgende jaren binnen de levensduur, niet groter mag zijn dan 10 keer de aan de beveiligingsnorm gerelateerde toelaatbare faalkans per jaar.

In de (eerste versie van) de LK (1999) is de afstemming tussen de NEN 6700 en de uit de Waterwet voortkomende eisen nader uitgewerkt. Daarbij is de levensduurfactor geïntroduceerd. Dit is de bedoelde periode van 10 jaar, hoewel in de LK in beginsel de mogelijkheid wordt gegeven om hiervoor een kortere periode te kiezen. Vergelijking (4) in de hoofdtekst komt uit de LK en is bedoeld om bij de vereiste betrouwbaarheidsindices en de bijbehorende referentieperiode de benodigde belastingfactor te berekenen die in combinatie met vervalbelastingen bij MHW worden berekend. Tevens is hierin ook een correctie op de materiaalfactoren meegenomen, die nodig is als de vereiste betrouwbaarheidsindex groter is dan 3,6.

Uitgangspunt in de LK is dat de berekende vereiste betrouwbaarheidsindex in combinatie met de bijbehorende referentieperiode (via de levensduurfactor) niet tot een onveilig ontwerp mag leiden dan volgens de hoogste veiligheidsklasse in de NEN 6700. Voor die veiligheidsklasse geldt een vereiste betrouwbaarheidsindex van 3,6 in combinatie met een referentieperiode van 50 jaar. Hierbij wordt geen lengte-effect verdisconteerd, omdat hiervan in de NEN 6700 geen sprake is.

Onw. 14/10/84

Centrum voor Technisch Onderzoek
Concordiastraat 67, 3551 EM UTRECHT

CTO/3/L/10.314/254
7 augustus 1984

Meting oppervlakte hardheid van verzinkte voorspanbouten

Inleiding

Een hoge hardheid kan bij verzinkte voorspanbouten aanleiding geven tot breuk door waterstofbrosheid. Deze breuk kan optreden wanneer een bout een hoge hardheid heeft over de gehele doorsnede, maar ook bij een hoge hardheid aan de buitenrand bijvoorbeeld wanneer het materiaal is opgekoold. De zone met een hoge hardheid aan de buitenrand kan zeer dun zijn. Om niet door de dunne laag heen te prikken moet gemeten worden met een lage belasting. Om een hardheidsmeting met een lage belasting nauwkeurig te kunnen uitvoeren is een voorbereiding (slijpen, schuren, polijsten) van het te meten materiaal vereist. Door deze voorbereiding is het mogelijk dat de harde oppervlakte-laag of een deel daarvan verwijderd wordt.

Om dit te voorkomen wordt het te meten proefstuk op een bepaalde manier voorbereid.

Dit rapport geeft een beschrijving van de voorbereiding van het proefstuk en de bepaling van de oppervlakte hardheid.

Vorbewerking van de te meten bouten

Uit de boutsteel wordt op een afstand van ca 5 mm van de boutkop een proefstuk geslepen met een lengte van ca 30 mm.

Met behulp van een vlakslijpbank wordt het proefstuk van een vlakke kant voorzien met een breedte van ca 10 mm.

Het proefstuk wordt met de vlakke kant op een spie gelegd, die een helling heeft van 1:10, waarna de andere zijde wordt vlakgeslepen over een lengte van ca 25 mm, waarbij het resterend niet vlakgeslepen gedeelte (lengte ca 5 mm) moet liggen buiten het schroefdraadgedeelte (indien aanwezig).

Foto 1 op bijlage 1 geeft een beeld van een proefstuk dat gereed is voor een hardheidsmeting.

Hardheidsmeting

De hardheid wordt bepaald met de Vickers micro-hardheidsmeter. De belasting waarbij gemeten wordt bedraagt 2,94N (300 g).

Nadat het proefstuk op de spie is gelegd (proefstuk niet inklemmen) wordt de hardheid gemeten op een afstand van 0,1 mm van de zinklaaggegrens ongeveer

ter plaatse van de denkbeeldige hartlijn van het proefstuk.

De zinklaaggrens is door kleurverschil van het staal te onderscheiden, zie foto 2 op bijlage 1.

Als hardheidswaarde wordt aangehouden het gemiddelde van minimaal 3 metingen, waarbij de eis van een maximale hardheid van 370 HV wordt gehanteerd.

ing L.P. van der Sloot

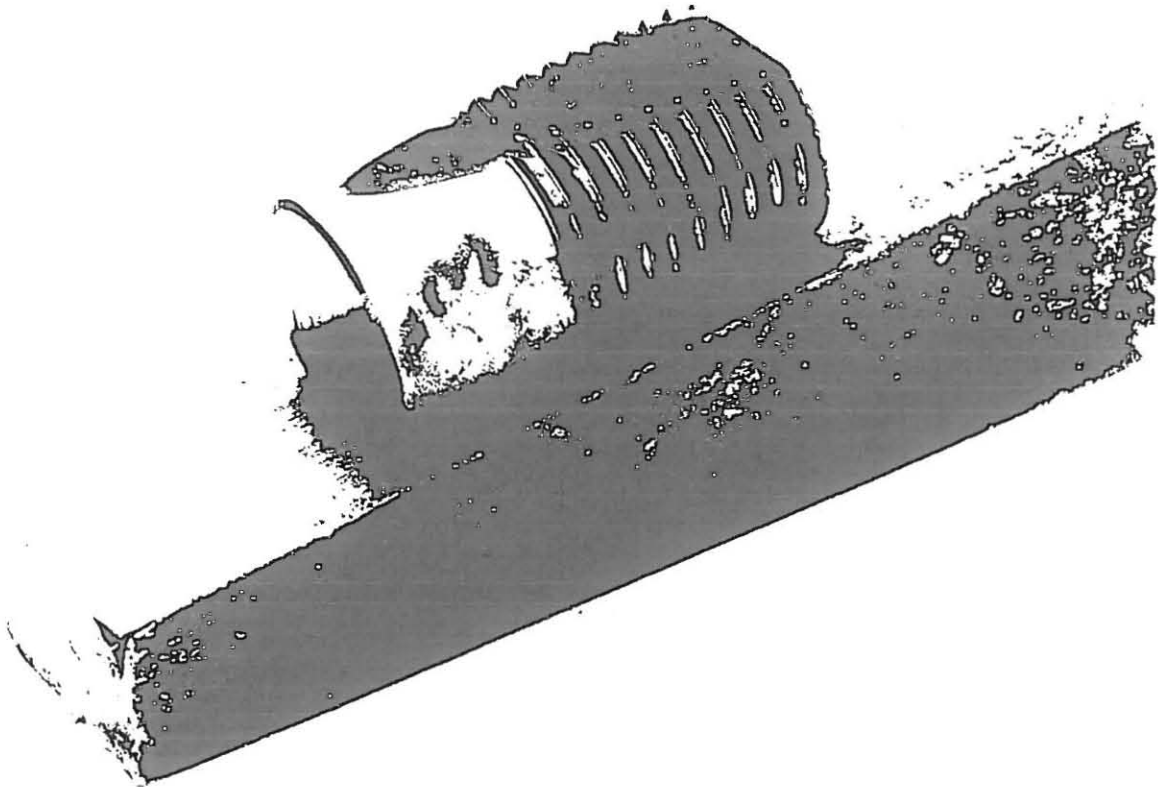
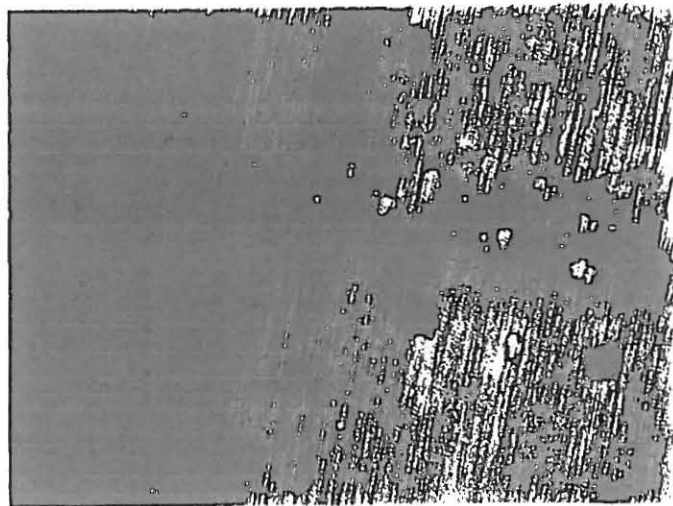


Foto 1 Proefstuk gereed voor de hardheidsmetingen

V = 1,5

Foto 2 Micro-hardheidsmetingen op 0,1 mm
van de zinklaaggrens. V = 100