
Leidraad Kunstwerken in regionale waterkeringen - deel Toetsing

Concept, 11 maart 2011

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Verantwoording

Titel	Leidraad Kunstwerken in regionale waterkeringen - deel Toetsing
Opdrachtgever	STOWA
Projectleider	ir. B. (Bob) van Bree
Auteur(s)	ir. B. (Bob) van Bree, ir. J. (Hans) Niemeijer
Projectnummer	4609864
Aantal pagina's	85 (exclusief bijlagen)
Datum	11 maart 2011
Handtekening	



Colofon

Tauw bv
afdeling Waterbouw
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 69 99 11
Fax (0570) 69 96 66

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom.

De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Inhoud

Verantwoording en colofon	3
1 Inleiding	9
1.1 Doel	9
1.2 Toetsen versus ontwerpen	9
1.3 Uitgangspunten	10
1.4 Ondersteuning tijdens de toetsing	11
1.5 Kennisvragen	11
1.6 Leeswijzer	12
2 Beoordeling van de veiligheid	13
2.1 Wijze van beoordelen	13
2.2 Beoordelingssporen	14
2.3 Beheerdersoordeel	15
2.4 Waardering van de veiligheid	15
2.5 Opzet toetsingsprocedure	15
2.5.1 Algemene opzet en prioritering	15
2.5.2 Vooronderzoek en eenvoudige beoordeling	16
2.5.3 Nader onderzoek en gedetailleerde beoordeling	18
2.5.4 Geavanceerd onderzoek	20
3 Belastingen	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Hydraulische belastingen	21
3.2.1 Waterpeil	21
3.2.2 Binnendijkse waterstanden	21
3.2.3 Windgolven	22
3.3 Overige belastingen	22
4 Faalmechanismen	25
4.1 Algemeen	25
4.2 Overlopen en golfoverslag	25
4.3 Stabiliteit	26
4.4 Constructief falen	26
4.5 Piping en heave	26
4.6 Stabiliteit voorland	27
4.7 Sluiting afsluitmiddelen	27

5	Toetsing	29
5.1	Prioritering voor te toetsen kunstwerken	29
5.1.1	Boezemwaterkeringen	29
5.1.2	Overige typen regionale waterkeringen	30
5.2	Opzet toetsmethodiek	30
5.3	De bruikbaarheid van bewezen sterkte	30
5.4	Boezemwaterkeringen	33
5.4.1	Belastingen	33
5.4.2	Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen ..	33
5.4.3	Kerende hoogte	34
5.4.4	Stabiliteit van constructie en grondlichaam	38
5.4.5	Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen	42
5.4.6	Piping en heave	43
5.4.7	Stabiliteit voorland	47
5.4.8	Betrouwbaarheid sluiting	47
5.5	Keringen langs regionale rivieren	52
5.5.1	Belastingen	52
5.5.2	Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in regionale rivierkeringen	52
5.5.3	Kerende hoogte	54
5.5.4	Stabiliteit van constructie en grondlichaam	58
5.5.5	Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen	59
5.5.6	Piping en heave	60
5.5.7	Stabiliteit voorland	60
5.5.8	Betrouwbaarheid sluiting	60
5.6	Voorlandkeringen en zomerkades	63
5.6.1	Beschrijving functies en kenmerken voorlandkeringen en zomerkades	63
5.6.2	Belastingen	63
5.6.3	Beoordeling waterkerende kunstwerken in voorlandkeringen en zomerkades	63
5.7	Compartimenteringskeringen	64
5.7.1	Belastingen	64
5.7.2	Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen	64
5.7.3	Kerende hoogte	65
5.7.4	Stabiliteit van constructie en grondlichaam	66
5.7.5	Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen	67
5.7.6	Piping en heave	68
5.7.7	Stabiliteit voorland	68
5.7.8	Betrouwbaarheid sluiting	68

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

6	Omgaan met Toetsingsresultaten	71
6.1	Beheerdersoordeel.....	71
6.2	Vaststellen eindresultaat	72
6.2.1	Afweging tussen technische score en beheerdersoordeel.....	72
6.2.2	Veiligheid op gebiedsniveau	73
6.2.3	Status en waardering van de beoordeling van compartimenteringskeringen	73
6.3	Maatregelen op grond van toetsresultaten.....	74
6.4	Rapportage van de veiligheidstoetsing	75
6.4.1	Rapportage aan GS	75
6.4.2	Beoordelingsrapport op kunstwerkniveau	76

Bijlage(n)

1. Grafieken ter bepaling van golfoverslaghoogte

1 Inleiding

1.1 Doel

Dit deel Toetsing beschrijft de systematiek voor de toets op veiligheid van de verschillende soorten waterkerende kunstwerken in alle vier de gedefinieerde typen regionale waterkeringen¹:

- Boezemwaterkeringen
- Waterkeringen langs regionale rivieren
- Droge of compartimenteringskeringen
- Voorlandkeringen

Doel van dit deel Toetsing van de Leidraad Kunstwerken in regionale waterkeringen is te komen tot een landelijk uniforme uitwerking van de toetsing van de actuele veiligheid van de waterkerende kunstwerken in de regionale waterkeringen door de verschillende beheerders. Op basis van dit deel Toetsing kan de veiligheid van de waterkerende kunstwerken in de regionale waterkeringen worden getoetst aan de gestelde veiligheidsnorm. Hiertoe beschrijft dit deel Toetsing de wijze waarop de beoordeling van de veiligheid uitgevoerd dient te worden. Uiteindelijk doel is op eenvoudige wijze op landelijk niveau een volledig en eenduidig beeld te verkrijgen van de veiligheid van de regionale waterkeringen en de bescherming van gebieden tegen overstromen.

Waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen vervullen altijd meerdere functies. Denk hierbij aan de functie in de waterbeheersing, afwikkeling van land- en scheepvaartverkeer, recreatieve functie enzovoort. De toets op veiligheid betreft uitsluitend de waterkerende functie van de regionale waterkering.

1.2 Toetsen versus ontwerpen

Op basis van de veiligheidstoetsing ontstaat de komende jaren een beeld van de veiligheid van de waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen. Voor een aantal kunstwerken zal blijken dat de veiligheid niet voldoet aan de gestelde veiligheidsnorm. Na uitvoering van de toetsing zal gewerkt gaan worden aan de verbetering van de veiligheid van de waterkerende kunstwerken. Met nadruk wordt opgemerkt dat de toetsregels en -criteria in voorliggend deel Toetsing van deze Leidraad specifiek gelden voor het toetsen van de veiligheid van een waterkerend kunstwerk in een regionale waterkering, en dus niet bedoeld zijn voor het ontwerpen van verbeteringen of nieuwbouw van waterkerende kunstwerken. De rekenregels voor het toetsen komen namelijk niet op alle punten overeen met de methoden voor het ontwerpen van waterkerende kunstwerken. De belangrijkste verschillen tussen ontwerpen en toetsen zijn het verschil in tijdshorizon (planperiode 50-100 jaar bij ontwerpen versus eerstvolgende peildatum bij

¹ Visie op regionale waterkeringen [Unie van Waterschappen, 2004]

toetsen²) en het gegeven dat in een toetssituatie de geometrie reeds vastligt waarbij in een ontwerp van meerdere vrijheden kan worden uitgegaan. Voor het ontwerpen van waterkerende kunstwerken wordt verwezen naar het deel Ontwerp van deze Leidraad.

1.3 Uitgangspunten

Het toetsen op veiligheid van de waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen maakt onderdeel uit van de toetsing van de gehele regionale waterkering. Hiervoor is in 2007 de Leidraad Toetsen op veiligheid regionale waterkeringen ontwikkeld [STOWA 2007-02]. Hierin wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van een aantal zaken dat samenhangt met het proces rondom de veiligheidstoetsing van regionale waterkeringen. Het spreekt voor zich dat deze zaken vaak ook van toepassing zijn op de toetsing van de waterkerende kunstwerken in de regionale waterkeringen. Veelal worden deze zaken korthedshalve niet overgenomen in dit deel Toetsing, maar wordt volstaan met een verwijzing naar de Leidraad Toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. De belangrijkste zaken die hierin al omschreven staan zijn:

- Beschrijving afleiding en vaststelling van de benodigde hydraulische randvoorwaarden
- Beschrijving van de vier gedefinieerde typen regionale waterkeringen
- Beschrijving van het proces van aanwijzen en normeren tot beheren en onderhouden

Overige uitgangspunten die zijn gehanteerd bij het opstellen van dit deel Toetsing zijn:

- De veiligheidsnorm, waaraan de regionale waterkeringen moeten voldoen waarin de waterkerende kunstwerken zijn opgenomen, is vastgesteld. Ditzelfde geldt voor de daarbij te hanteren hydraulische randvoorwaarden en andere relevante belastingen. De veiligheidsnorm wordt door de provincie vastgesteld
- Het beheer en onderhoud van de regionale waterkeringen – en hiermee de waterkerende kunstwerken die hierin gelegen zijn – is erop gericht de veiligheidssituatie op een voldoende niveau te houden. Dit is tevens van belang voor het blijven voldoen aan het verkregen toetsresultaat
- Bij de toetsing van waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen wordt onderscheid gemaakt in vier verschillende typen regionale waterkeringen (zie ook paragraaf 1.1). Dit onderscheid is gebaseerd op verschillen in de relevante kenmerken van de hydraulische belasting van deze waterkeringen. Zodoende wordt bij de beoordeling van een waterkerend kunstwerk per type regionale waterkering soms meer of minder aandacht besteed aan een bepaald faalmechanisme. Deze differentiatie vereist dat voorafgaand aan de toetsing het type regionale waterkering, waarin het waterkerend kunstwerk is opgenomen, vaststaat. Uitgangspunt bij de toetsing is dus dat het type regionale waterkering voorafgaand aan de toetsing is vastgesteld in het kader van de normering (door de provincies), en dat de

² De primaire waterkeringen worden iedere zes jaar getoetst, voor regionale waterkeringen is nog geen frequentie van toetsen afgesproken. Het voorstel vanuit de provincies is hiervoor een termijn van 12 jaar te hanteren.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

provincies de typering vastleggen bij de formele aanwijzing van de regionale waterkeringen. Deze Leidraad bevat dan ook geen nadere toelichting omtrent de typering van de verschillende regionale waterkeringen.

Indien een waterkerend kunstwerk niet voldoet aan de gestelde norm zal veelal het initiatief worden genomen om het kunstwerk te verbeteren. Hiervoor wordt verwezen naar het deel Ontwerp van deze Leidraad. Daarbij dient bedacht te worden dat het watersysteem in meer of mindere mate beheersbaar is. Als alternatief voor verbetering van de veiligheid door verbetering van het kunstwerk kan worden overwogen de hydraulische belasting te verlagen door ingrepen in het watersysteem. Bij waterkerende kunstwerken is dit echter zelden efficiënt, omdat de verbetering van een kunstwerk doorgaans met relatief beperkte middelen (ten opzichte van een verbetering van de regionale kering) mogelijk is.

1.4 Ondersteuning tijdens de toetsing

Gedurende de uitvoering van de toetsing kunnen de waterkeringbeheerders of hun adviseurs voor vragen terecht bij de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl of contact@helpdeskwater.nl). Zonodig wordt periodiek informatie verspreid over veelgestelde vragen en de antwoorden of over eventuele onvolkomenheden in de Leidraad.

1.5 Kennisvragen

Onderstaand volgt een kort overzicht van geconstateerde leemten in kennis. Aangaande deze kennisvragen wordt gezien of in het kader van de beoogde ontwikkeling van een definitieve versie van deze Leidraad nader onderzoek zal worden verricht.

- Op dit moment werkt het Rijk voor primaire waterkeringen aan nationaal beleid inzake buitendijkse gebieden. Dit maakt het lastig een eenduidig toetsingskader op te stellen voor voorlandkeringen en zomerkaden. In deze leidraad is de keuze gemaakt om niet op de formele vaststelling van het beleid te wachten en voorlandkeringen en zomerkades vooralsnog op dezelfde wijze te beoordelen als regionale rivierkeringen. Wellicht geven toekomstige beleidsregels aanleiding deze keuze te herzien. Gelet daarop wordt ook geadviseerd om hangende de beleidsontwikkeling, op basis van de toetsing niet zonder meer over te gaan tot de uitvoer van versterkingswerken.
- Voorts ontbreekt het aan landelijke richtlijnen voor de eisen die aan de veiligheid van compartimenteringskeringen worden gesteld. Voor compartimenteringskeringen is sprake van conditionele maatgevende omstandigheden. Toepassing van de normen die bij andere regionale waterkeringen van toepassing zijn, is daarom niet altijd mogelijk. In deze leidraad zijn hiervoor praktische handreikingen gedaan ten aanzien van de stabiliteit en betrouwbaarheid sluiting van waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt in algemene zin ingegaan op de beoordeling van de veiligheid van waterkerende kunstwerken in regionale keringen. Aandacht is er daarbij voor het overzicht van beoordelingssporen, de gefaseerde aanpak van het toetsonderzoek (de invulling van de 'van grof naar fijn' benadering), en de wijze waarop de toetsing en het toetsresultaat kan worden gerapporteerd en gepresenteerd.

In hoofdstuk 3 worden de belastingen behandeld die bij het toetsen van waterkerende kunstwerken in regionale keringen een rol kunnen spelen. De belangrijkste daarbij zijn uiteraard de hydraulische belastingen (waterstanden en golven). Nadrukkelijk wordt stilgestaan bij de situatie waarin de toetsbelasting weinig afwijkt van de dagelijkse belasting, zoals bij boezemwaterkeringen met een lage norm.

Hoofdstuk 4 geeft een overzicht en beschrijving van de faalmechanismen die bij de toetsing van waterkerende kunstwerken een rol spelen.

In hoofdstuk 5 komt de concrete aanpak van de beoordeling van de waterkerende veiligheid van de waterkerende kunstwerken aan de hand van de onderscheiden beoordelingssporen aan de orde. Hierbij wordt dieper ingegaan op specifieke randvoorwaarden en uitgangspunten, gestelde eisen en methoden die voor het betreffende type regionale kering van toepassing zijn.

Hoofdstuk 6 geeft aan op welke wijze het beheerdersoordeel in het eindoordeel van de toetsing moet worden verwerkt. Aansluitend wordt een overzicht gepresenteerd van mogelijke verbetermaatregelen ingeval een onvoldoende toetsresultaat gerapporteerd wordt. Dit wordt gedaan per toetsspoor.

De literatuurlijst en een overzicht van gebruikte begrippen zijn aan helemaal het einde van deze Leidraad opgenomen.

2 Beoordeling van de veiligheid

2.1 Wijze van beoordelen

Het beoordelen van de veiligheid betreft het zo goed mogelijk bepalen van de sterkte van een waterkerend kunstwerk en het vergelijken daarvan met de vereiste sterkte die behoort bij de norm die is gesteld aan de regionale waterkering waarin het kunstwerk is gelegen. Deze beoordeling beschouwt meerdere faalmechanismen. Per faalmechanisme wordt een toetsspoor doorlopen. De toetssporen zijn zodanig opgesteld dat op een zo hoog mogelijk abstractieniveau een oordeel over de veiligheid van het beschouwde faalmechanisme kan worden toegekend.

De uitwerking start met de meest eenvoudige maar ook meest conservatieve beoordeling. Wordt op dat niveau aan de veiligheidsnorm voldaan (score 'goed' of 'voldoende') dan is het waterkerend kunstwerk voor dat toetsspoor veilig. Voor het betreffende spoor is geen verder onderzoek meer nodig. Is het niet mogelijk om op een hoger abstractieniveau een toetsoordeel te vellen, dan wordt de toetsing op een lager abstractieniveau (meer gedetailleerd) voortgezet. De beoordeling gaat dan een stap dieper in op het faalmechanisme, en vergt meer inspanning van de beheerder. In totaal zijn er drie uitwerkingsniveaus:

- Niveau 1: eenvoudige beoordeling
- Niveau 2: gedetailleerde beoordeling
- Niveau 3: geavanceerde beoordeling

De beoordeling start normaliter met een uitwerking op een eenvoudig niveau. Op dit niveau is de beoordeling vaak in eerste instantie gericht op een controle of het betreffende faalmechanisme wel kan optreden, waarna vervolgens de veiligheid kan worden ingeschat op basis van evident veilige kenmerken. Deze controle en inschatting worden uitgevoerd aan de hand van enkele eenvoudig toe te passen criteria. Hieronder valt ook het criterium 'bewezen sterkte', dat met name van toepassing is op waterkerende kunstwerken in een boezemwaterkering met een lage veiligheidsnorm.

Indien op basis van de beoordeling op eenvoudig niveau niet de deelscore 'goed' of 'voldoende' kan worden toegekend, volgt de beoordeling op een lager abstractieniveau. Ook indien de beoordeling op een eenvoudig niveau niet kan worden uitgewerkt, volgt de uitwerking op het volgende niveau. Mogelijk blijkt uit een eenvoudige beoordeling reeds voldoende duidelijk dat ook een meer gedetailleerde uitwerking niet zal resulteren in de deelscore 'voldoende' of 'goed'. In dat geval hoeven niet alle niveaus te worden doorlopen, en kan direct voor het betreffende spoor een eindoordeel worden vastgesteld.

Bij een gedetailleerder uitwerkingsniveau neemt de vereiste (onderzoeks-)inspanning en de hoeveelheid benodigde informatie toe. De geavanceerde beoordeling is bijvoorbeeld vaak een nadere uitwerking van de gedetailleerde beoordeling, bijvoorbeeld na verzameling van aanvullende gegevens en met toepassing van bijzondere rekenmethodes. Deze beoordeling vraagt vaak om uitvoering door deskundigen.

Indien met de beschikbare gegevens niet tot een oordeel kan worden gekomen en verwacht wordt dat het verzamelen van aanvullende gegevens kan leiden tot een score 'voldoende' of 'goed', dan wordt een score 'geen oordeel' gegeven. In de volgende toetsronde moet de beheerder zich richten op het wegnemen van deze score 'geen oordeel'.

Opgemerkt wordt dat er een enorme diversiteit bestaat in soorten, afmetingen en omstandigheden van waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen. Hierdoor is ieder kunstwerk op maat gemaakt en derhalve uniek. Dit betekent dat een toetsspoor alleen op hoofdlijnen kan worden beschreven en dat de invulling per kunstwerk maatwerk is.

Tot slot geldt dat er een enorm aantal waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen aanwezig is. Om de benodigde toetsinspanning te beperken is het belangrijk voorafgaand aan de toetsing vast te stellen welke waterkerende kunstwerken daadwerkelijk in potentie een bijdrage kunnen leveren aan de faalkans van de regionale waterkering waarin het waterkerend kunstwerk is opgenomen en welke niet. Deze laatste categorie kan hiermee buiten de toetsing worden gelaten. In hoofdstuk 5 worden hiervoor handreikingen gedaan.

2.2 Beoordelingssporen

De beoordeling van een waterkerend kunstwerk in een regionale kering verloopt volgens dezelfde beoordelingssporen als een kunstwerk in een primaire waterkering:

- Hoogte (HT) van de constructie, de afsluitmiddelen en het aanliggende grondlichaam
- Stabiliteit en sterkte (ST) van het waterkerend kunstwerk zelf, de waterkerende onderdelen van het waterkerend kunstwerk, de afsluitmiddelen en het aanliggende grondlichaam, onderverdeeld in:
 - Stabiliteit van constructie en grondlichaam (STCG)
 - Sterkte van (waterkerende) constructie-onderdelen (STCO)
 - Piping en heave (STPH)
 - Stabiliteit van het voorland (STVL)
- Betrouwbaarheid sluiting (BS)

De beoordelingssporen resulteren in een (technisch) toetsoordeel, waarbij per beoordelingsspoor wordt vastgesteld of de veiligheid van het waterkerend kunstwerk goed, voldoende of onvoldoende voldoet aan de norm. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is voor een

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

toetsoordeel, kan de aanduiding 'geen oordeel' resulteren. In dergelijke gevallen dient de reden (de ontbrekende informatie) te worden gespecificeerd.

2.3 Beheerdersoordeel

De inschatting van de beheerder van het betreffende waterkerende kunstwerk over de actuele sterkte van het kunstwerk maakt onderdeel uit van de veiligheidstoetsing. Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 2.3 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02].

Hierbij beoordeelt de beheerder de veiligheid van een waterkerend kunstwerk ten aanzien van een faalmechanisme op grond van praktijkervaringen of kennis die niet wordt gebruikt in de toetssporen. Indien het beheerdersoordeel verschilt van het technisch oordeel, is dit in eerste instantie aanleiding voor nader onderzoek. Hoofdstuk 6.2 gaat nader in op de afweging tussen het technisch oordeel en het oordeel van de beheerder.

2.4 Waardering van de veiligheid

De veiligheid van een waterkerend kunstwerk in een regionale waterkering wordt beoordeeld op meerdere faalmechanismen. De beoordeling per faalmechanisme geschiedt op basis van een toetsspoor. Op basis van de scores van alle toetssporen wordt per waterkerend kunstwerk een eindoordeel over de veiligheid opgesteld. Dit eindoordeel betreft de laagste score van een van de toetssporen. Een waterkerend kunstwerk voldoet aan de toetscriteria indien geen van de toetssporen resulteert in de eindscore 'onvoldoende' of 'geen oordeel'. De veiligheid van het waterkerend kunstwerk voldoet dan aan de norm. De veiligheid van het waterkerend kunstwerk voldoet niet of nog niet aantoonbaar aan de norm indien een van de toetssporen, zonodig inclusief het beheerdersoordeel, resulteert in de score 'onvoldoende' of 'geen oordeel'. De veiligheid van een gehele waterkering, bijvoorbeeld de dijkkring om een polder of alle compartimenteringskeringen rondom een compartiment, wordt voldoende geacht indien alle dijkvakken inclusief waterkerende kunstwerken voldoen aan de norm. De veiligheid voldoet niet aan de norm indien een van de vakken of een van de waterkerende kunstwerken niet aan de norm voldoet.

2.5 Opzet toetsingsprocedure**2.5.1 Algemene opzet en prioritering**

Aanbevolen wordt om bij de beoordeling uit te gaan van een gefaseerde werkwijze, bestaande uit de volgende onderdelen:

1. Vooronderzoek, en indien mogelijk al een eenvoudige beoordeling (inclusief controle van gebruikte ontwerpmethodes).
2. Nader onderzoek en gedetailleerde beoordeling.
3. Zonodig en desgewenst een geavanceerd onderzoek en een geavanceerde beoordeling.

De inhoudelijke behandeling van beoordelingsmethoden komt aan de orde in hoofdstuk 5. Voor de beoordeling van de waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen zal het niet altijd nodig zijn om voor ieder waterkerend kunstwerk alle fasen van het onderzoek geheel te doorlopen. Na iedere fase kan worden beschouwd of het zinvol is om een volgende fase te doorlopen.

Bij aanvang van de toetsronde zal meestal om praktische redenen niet direct gestart kunnen worden met de toets van alle waterkerende kunstwerken in het beheersgebied. Bij een gefaseerde uitwerking verdient het aanbeveling te starten met de naar verwachting meest risicovolle kunstwerken, uit oogpunt van zowel doorbraakkans als gevolgschade. Een recept voor het vaststellen van een prioriteitenlijst wordt hier niet gegeven, maar algemeen kan worden gesteld dat belangrijke factoren daarbij zijn:

- De geometrie van de dwarsdoorsnede over het kunstwerk, met name de grootte van het doorstroomoppervlak bij falen van (delen van) het kunstwerk
- Ervaring met het 'gedrag' van het kunstwerk en indruk van de 'staat' van het kunstwerk
- De beschermde waarde achter het kunstwerk (zit verdisconteerd in de norm van de regionale waterkering waarin het kunstwerk is opgenomen)
- Verschillen tussen ontwerpbelastingen (indien voorhanden) en toetsbelastingen

2.5.2 Vooronderzoek en eenvoudige beoordeling

Algemene gegevens

Aanbevolen wordt om bij aanvang van de beoordeling allereerst de volgende gegevens te verzamelen van het waterkerend kunstwerk:

- Aanlegtekeningen (situatietekeningen en doorsneden) van het kunstwerk, waarop de volgende gegevens kunnen worden afgelezen:
 - (ontwerp)waterstanden aan de binnen- en buitendijkse zijde van het kunstwerk
 - aantal, kerende hoogte, aard, materiaalsoort en samenstelling van de afsluitmiddelen en waterkerende constructieonderdelen van het kunstwerk
 - fundatiewijze
 - grondgegevens
 - aanwezigheid, materiaalsoort, wijze van aansluiting op constructie en afmetingen van eventuele onder- en achterloopsheidschermen
 - aard en samenstelling eventuele bodemverdediging
- Waterstanden aan de binnen- en buitendijkse zijde van het kunstwerk (hoge en lage waterstanden, gegevens omtrent peilbeheer)
- Gegevens van eventueel eerder verricht onderzoek (bijvoorbeeld bodemopbouw, grondparameters, onderzoek kwaliteit materialen (beton, wapening, staal, hout, metselwerk))

ConceptKenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

- Resultaten van hoogtemetingen
- De ontstaansgeschiedenis van het kunstwerk, inclusief historische informatie omtrent het eventueel ontwerp, de aanleg en het gedrag van het kunstwerk
- Opbouw omringende grondlichaam (klei-, zand of veen, aanwezigheid van puin) en bodemopbouw
- Eventuele restauratiewerkzaamheden en resultaten van eventuele berekeningen die hiervoor zijn uitgevoerd
- Inspectierapporten van eventueel uitgevoerde inspecties van (delen van) het kunstwerk
- Bedieningsprotocollen voor het openen en sluiten van de afsluitmiddelen
- Calamiteitenplannen
- Algehele onderhoudstoestand van het kunstwerk inclusief afsluitmiddelen en kwelschermen
- Bijzondere omstandigheden/bedreigingen in de omgeving van het kunstwerk (bijvoorbeeld munitieopslag, vandalisme)

Beschikbare gegevens

Bovenstaande gegevens zijn door middel van archiefonderzoek te verzamelen. Er dient tijdens dit archiefonderzoek gezocht te worden naar ontwerpversies, ontwerpversies, ontwerpversies, inspectierapporten, calamiteitenplannen, beheerplannen, bedieningsplannen, bestekken, vergunningen, sluitingsprotocollen en oude toetsrapporten. De ervaring leert dat van waterkerende kunstwerken in primaire en regionale waterkeringen doorgaans in archieven wel tekeningen en bestekken worden aangetroffen, maar dat rapportages waarin onderbouwingen van het ontwerp zijn vastgelegd een zeldzaamheid zijn. Uit de tekeningen kan echter vaak wel worden afgeleid met welke waterstanden ten tijde van het ontwerp rekening is gehouden.

Met name van historische kunstwerken blijken in de praktijk erg weinig gegevens beschikbaar te zijn. De Leidraad Historische Kunstwerken (STOWA 2006-03 [3]) bevat handreikingen om toch tot een eerste inschatting van de opbouw en gebruikte materialen van het kunstwerk te komen. Daarnaast is mogelijkerwijs nog kennis aanwezig bij de beheerder of oud-beheerder(s) van het kunstwerk of bij medewerkers van het waterschap (of één van haar rechtsvoorgangers).

Grondmechanische aspecten

Aanbevolen wordt aan de hand van beschikbaar grondonderzoek de bodemopbouw globaal vast te stellen ter plaatse van de binnen- en buitenzijde en kruin van het waterkerende kunstwerk. Hiermee wordt een eerste indruk van de opbouw van de ondergrond ter plaatse van het kunstwerk verkregen en de daarin voorkomende variaties (geotechnisch dwarsprofiel). Dit is sowieso noodzakelijk voor de beoordeling op onder- en achterloopsheid en de vaststelling van de plaats en de diepte van eventueel te verrichten aanvullend grondonderzoek.

Veldbezoek

Voor het leren kennen van het waterkerend kunstwerk is het nuttig een visuele verkenning van het kunstwerk uit te voeren in aanwezigheid van de dagelijks beheerder van het kunstwerk.

Hierbij kan aandacht worden besteed aan bijvoorbeeld de volgende aspecten:

- Algemene onderhoudstoestand van met name de waterkerende onderdelen van het kunstwerk
- Aard en samenstelling van de afsluitmiddelen en waar deze zijn opgeslagen. Veelal zijn de aard en samenstelling op tekeningen niet vastgelegd. Tevens komt het voor dat niet bekend is waar demontabele afsluitmiddelen zijn opgeslagen.
- Schadebeelden:
 - kwelverschijnselen, bijvoorbeeld zichtbaar uittredend water of welvorming, ontoegankelijk maaiveld aan de binnenzijde
 - kenmerken van instabiliteit, bijvoorbeeld verzakkingen, scheuren in wanden, vloeren, gevels, puin en verhardingen.

Het is aan te bevelen de resultaten van de visuele verkenning vast te leggen, bijvoorbeeld door een algemene beschrijving van de waarnemingen in combinatie met een fotoverslag. Het is nuttig de aantekeningen tevens op een situatietekening aan te geven.

Toetsing

Waterkerende kunstwerken waarvan het evident is dat deze ruim aan de waterstaatkundige eisen voldoen, kunnen op een eenvoudig niveau al als voldoende veilig worden beoordeeld. Deze kunstwerken behoeven verder geen gedetailleerde toetsing op basis van nader onderzoek. Indien op grond van de eenvoudige methode geen score kan worden bereikt of indien het waargenomen gedrag niet in overeenstemming is met het toetsresultaat, dan gaat de beoordeling verder met nader onderzoek en een meer gedetailleerde beoordeling.

Controle van gebruikte ontwerpmethod

Indien van een waterkerend kunstwerk ontwerpgegevens beschikbaar zijn, kan aan de hand van een controle van ontwerpuitgangspunten, belastingen, gehanteerde ontwerprichtlijnen en actuele conditie relatief snel worden vastgesteld of het kunstwerk nog steeds veilig is. Dit zal echter voor slechts een zeer beperkt deel van de waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen het geval zijn. Indien geen ontwerpgegevens beschikbaar zijn, dan wordt de toetsing vervolgd met nader onderzoek en een meer gedetailleerde beoordeling.

2.5.3 Nader onderzoek en gedetailleerde beoordeling

Bij de gedetailleerde beoordeling wordt een herberekening uitgevoerd van de actuele sterkte van het waterkerend kunstwerk conform de huidige vigerende normen en leidraden. Om deze herberekening uit te kunnen voeren moeten bepaalde gegevens beschikbaar zijn over het

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

kunstwerk. Onderstaand worden enkele van de mogelijke aanvullende onderzoeken beschreven die nodig kunnen zijn om een gedetailleerde beoordeling uit te kunnen voeren.

Peilbuiswaarnemingen

Via peilbuiswaarnemingen kan het verloop van de waterspanning in het watervoerend pakket worden vastgesteld. Aan de hand van deze gegevens kan de aanwezigheid en werking van eventuele kwelschermen worden aangetoond. Dit speelt met name bij historische kunstwerken, waar vaak wel een vermoeden bestaat van de aanwezigheid van kwelschermen maar waarvan het functioneren gezien de levensduur beslist niet meer vanzelfsprekend is. De peilbuizen dienen regelmatig te worden afgelezen, speciaal gedurende een periode waarbinnen de maatgevende situaties kunnen worden verwacht (nat najaar/winter). Gelijktijdig met het aflezen van de peilbuizen dient de waterstand en het peil van de teen- of kwelsloot (indien aanwezig) van het betreffende profiel te worden gemeten.

Grondonderzoek

Grondonderzoek dient om de opbouw van het omringende grondlichaam en de ondergrond nader in kaart te brengen. Grondonderzoek bestaat in de praktijk veelal uit handboringen aangevuld met sonderingen waarvan de diepte tenminste tot enkele meters in het watervoerende pakket dient te reiken. Sonderingen (met meting van de kleeft) geven in combinatie met boringen een betrouwbaar inzicht in de aard, ligging en de dikte van verschillende bodemlagen.

De benodigde omvang van het grondonderzoek is afhankelijk van de variatie in dikte en de diepteligging van aanwezige grondlagen en de aanwezigheid van lokale verstoringen. Daarnaast is de intensiteit afhankelijk van de noodzaak om gedetailleerd en nauwkeurig te rekenen. Voor een beoordeling van waterkerende kunstwerken kan veelal worden volstaan met een globale bepaling van de laagopbouw en classificatie van de onderscheiden grondlagen.

Laboratoriumonderzoek

Door middel van laboratoriumonderzoek kunnen de (sterkte-) eigenschappen van onderscheiden grondlagen worden vastgesteld. Dergelijk onderzoek wordt meestal pas uitgevoerd indien een beoordeling op een eenvoudig niveau met conservatieve waarden voor de grondeigenschappen (bijvoorbeeld een regionale proevenverzameling of waarden volgens de NEN) niet een voldoende resultaat opleveren.

Meest voorkomend bij de toetsing van waterkerende kunstwerken is het bepalen van een of meerdere zeefkrommen van het zand in het watervoerend zandpakket. Hiermee kan een adequate inschatting worden gemaakt van de parameters die benodigd zijn voor de toets op onder- en achterloopsheid.

Toetsing

Op basis van de resultaten van het gedetailleerde onderzoek kunnen de benodigde berekeningen volgens het gedetailleerde beoordelingsniveau worden uitgevoerd. Indien - met inachtneming van het waargenomen gedrag - geen positief oordeel kan worden gegeven, kan worden overgegaan tot geavanceerd onderzoek.

2.5.4 Geavanceerd onderzoek

In bijzondere gevallen kan gekozen worden voor een geavanceerd onderzoek. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de voor waterkerende kunstwerken in primaire keringen ontwikkelde methoden. Een voorbeeld hiervan is grondradaronderzoek naar de afmetingen van kwelschermen of materiaalonderzoek naar de kwaliteit van beton-, hout- en metselwerkconstructies. In Technische Rapporten of ontwerprichtlijnen is echter nergens de aard en omvang van eventuele onderzoeken vastgelegd. Dit betekent dat per waterkerend kunstwerk maatwerk geleverd moet worden. Aanbevolen wordt daarom hiervoor specialistische ondersteuning in te schakelen.

Geavanceerd onderzoek kan met hoge kosten gemoeid gaan. Met het oog daarop wordt geadviseerd eerst de doelmatigheid van dergelijk onderzoek af te tasten. Bijvoorbeeld door vergelijking van de kosten die met dergelijk onderzoek gemoeid zijn met de kosten voor aanpassing van het waterkerend kunstwerk.

3 Belastingen

3.1 Inleiding

De te hanteren toetsnorm en -periode voor de regionale waterkeringen worden vastgesteld door de provincie. De uitgangspunten voor wat betreft de te hanteren belastingen, die in meer of mindere mate afhangen van de gehanteerde toetsnorm en toetsperiode, worden bepaald door het waterschap en dienen te worden vastgesteld door de provincie.

In tegenstelling tot de toetsing van de grondlichamen hoeft bij de toetsing van de waterkerende kunstwerken geen rekening te worden gehouden met de belastingsituatie 'droogte', met uitzondering van de toetsing van de stabiliteit van het aanliggende grondlichaam bij boezemwaterkeringen en regionale rivierkeringen. Voor de belastingsituatie droogte wordt verwezen naar de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02] paragraaf 3.2.2, 5.3.6 (boezemkaden) en 6.3.6 (regionale rivierkeringen).

De mogelijke hydraulische en overige belastingen worden uitgebreid besproken in paragraaf 3.3 en 3.5 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. Onderstaand wordt volstaan met het geven van enkele aanvullingen hierop.

3.2 Hydraulische belastingen

3.2.1 Waterpeil

Voor de bepaling van de maatgevende waterstanden zijn recent een aantal hulpmiddelen beschikbaar gekomen. Genoemd worden de programma's PROMOTOR en ProMoVeRa voor de afleiding van de hydraulische randvoorwaarden in respectievelijk boezemsystemen en voor de voorlandkeringen langs de Veluwerandmeren.

Met name bij boezemwaterkeringen met een lage veiligheidsnorm (1/10 en 1/30 per jaar) wijkt de maatgevende waterstand relatief weinig af van de dagelijkse waterstand. Dit biedt nadrukkelijk de gelegenheid gebruik te maken van de 'bewezen sterkte' van het waterkerend kunstwerk. In paragraaf 5.3 wordt hier nader op ingegaan.

3.2.2 Binnendijkse waterstanden

De keuze voor de maatgevende binnenwaterstand wordt bij waterkerende kunstwerken nadrukkelijk bepaald door het betreffende faalmechanisme. Onderstaand wordt per faalmechanisme een voorzet gegeven omtrent de maatgevende binnenwaterstand die in rekening gebracht moet worden. Hierbij geldt nadrukkelijk dat de situatie voor ieder kunstwerk uniek is, zodat voor elk kunstwerk afzonderlijk bepaald moet worden of onderstaande handreiking hierop van toepassing is.

Tabel 3.1 Maatgevende binnenwaterstand per faalmechanisme

Faalmechanisme	Binnenwaterstand
Piping en heave	Streefpeil / gemiddeld peil
Stabiliteit constructie: opdrijven	Hoog polderpeil / hoog peil
Stabiliteit constructie: afschuiven en kantelen	Streefpeil / gemiddeld peil
Stabiliteit constructie: grondlichamen en grondkerende constructie	Zie Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen bijlage 2.1 t/m 2.3
Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen	Streefpeil / gemiddeld peil

3.2.3 Windgolven

Golven vormen een directe belasting op de afsluitmiddelen en waterkerende constructie-onderdelen van een waterkerend kunstwerk. Voorts kunnen golven tijdens hoge waterstanden bij hogere windsnelheden overslag van water veroorzaken over de afsluitmiddelen en aanliggende grondlichamen van een waterkerend kunstwerk. Door overslaand water kan erosie van de kruin of het binnentalud optreden en de freatische lijn worden verhoogd door infiltratie van het water in de kruin en het binnentalud. Overslag over de afsluitmiddelen kan leiden tot erosie van de bodemverdediging van het waterkerend kunstwerk. Beide processen kunnen leiden tot een afname van de stabiliteit. Bij de toetssporen kerende hoogte en sterkte en stabiliteit zijn zodoende de golfrandvoorwaarden inbegrepen.

De benodigde golfrandvoorwaarden dienen per waterkerend kunstwerk te worden bepaald door de waterkeringbeheerder. Deze bepaling kan bijvoorbeeld aan de hand van bijlage 1 of desgewenst met golfgroeiberekeningen, zoals beschreven in bijlage E van het Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied [ENW, 2007].

De grootte van windgolven is vooral afhankelijk van de windsnelheid en windrichting in relatie tot de ligging van het waterkerend kunstwerk, in combinatie met de geometrie van het water (strijklengte en waterdiepte). De verschillende katernen van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02] beschrijven per type regionale waterkering specifieke aanbevelingen inzake de windsnelheid.

3.3 Overige belastingen

Een bijzondere belasting treedt op bij waterkerende kunstwerken in voorlandkeringen en zomerkades met een lage veiligheidsnorm (1/10 en 1/30 per jaar). Deze maken doorgaans onderdeel uit van een regionale waterkering die bij een bepaalde waterstand op het buitenwater in zijn geheel overstroomt. Voor deze kunstwerken kan, afhankelijk van de procedure volgens welke het land achter de voorlandkering of zomerkade wordt geïnundeerd, aanvullend de eis

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

worden gesteld dat het kunstwerk hetzij overstroombaar moet zijn dan wel geopend moet kunnen worden bij een naderende overschrijding van het toetspeil. Dit is echter een ontwerprandvoorwaarde en speelt als zodanig in de toetsing geen rol.

Voor een beschrijving van de overige belastingen die kunnen optreden bij waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen wordt verwezen naar paragraaf 3.2 van het deel Ontwerp van deze Leidraad.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

4 Faalmechanismen

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de relevante faalmechanismen voor waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen beschreven. De faalmechanismen die beschreven worden zijn:

- Overloop en golfoverslag
- Stabiliteitsverlies
 - Afschuiven of kantelen van het gehele kunstwerk
 - Opdrijven van het kunstwerk
 - Geotechnische instabiliteit van het omringende grondlichaam
 - Onvoldoende stabiliteit van grondkerende constructies
- Constructief falen van waterkerende constructie-onderdelen
- Piping en heave
- Sluiting afsluitmiddelen

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze faalmechanismen. In het volgende hoofdstuk wordt besproken hoe het waterkerend kunstwerk wordt getoetst op deze faalmechanismen. Ieder faalmechanisme wordt beoordeeld aan de hand van een toetsspoor, zoals aangegeven in paragraaf 2.2:

- Hoogte (HT) van de constructie, de afsluitmiddelen en het aanliggende grondlichaam
- Stabiliteit en sterkte (ST) van het waterkerend kunstwerk zelf, de waterkerende onderdelen van het waterkerend kunstwerk, de afsluitmiddelen en het aanliggende grondlichaam, onderverdeeld in:
 - Stabiliteit van constructie en grondlichaam (STCG)
 - Sterkte van (waterkerende) constructie-onderdelen (STCO)
 - Piping en heave (STPH)
 - Stabiliteit van het voorland (STVL)
- Betrouwbaarheid sluiting (BS)

4.2 Overlopen en golfoverslag

Bij een te lage hoogte kan overlopen of golfoverslag optreden. Het waterkerend kunstwerk kan hierdoor falen via de volgende mechanismen:

- Erosie van aansluitende grondlichamen
- Erosie van de bodem achter het waterkerende kunstwerk
- Inundatie van het achterliggende gebied
- Eventueel trillingen in afsluitmiddelen ten gevolge van een overstortende straal

Erosie van de bodem of taluds kan instabiliteit van het kunstwerk veroorzaken.

Bij een grote overstortende straal kunnen trillingen in het afsluitmiddel ontstaan, die tot bezwijken van deze keermiddelen kunnen leiden. Een toetsmethodiek hiervoor ontbreekt echter. Indien uit de toetsing blijkt dat grote overstortende stralen optreden dan moet geavanceerd onderzoek hiernaar uitgevoerd worden.

4.3 Stabiliteit

Verlies van stabiliteit kan optreden middels een aantal mechanismen.

Horizontaal evenwicht en kantelevenwicht

Het verschil in waterstand en een mogelijk verschil in bodem- of maaiveldniveaus aan weerszijden van het waterkerend kunstwerk resulteert in een horizontale kracht op het kunstwerk. Dit kan aanleiding zijn tot horizontaal verplaatsen of kantelen van het waterkerend kunstwerk.

Opdrijven

Indien de opwaartse kracht van het grondwater groter is dan het gewicht van het waterkerend kunstwerk treedt opdrijven op. Het kunstwerk kan in zijn geheel opdrijven of kantelen.

Grondlichaam - overall stabiliteit

De grond onder en/of achter het waterkerend kunstwerk kan bezwijken middels een glijvlak (cirkelvormig of anderszins). Het kunstwerk kan met de grond mee afschuiven, of ernstig ondermijnd raken.

Onvoldoende stabiliteit van grondkerende constructies

Door een hogere grondwaterstand in het omringende grondlichaam kunnen grondkerende constructies zoals damwanden en keermuren onder maatgevende omstandigheden bezwijken. Dit kan weer leiden tot een grondmechanische instabiliteit van het omringende grondlichaam. Het kunstwerk (of een deel hiervan) kan hierdoor met de grond mee afschuiven of het kunstwerk kan ernstig ondermijnd raken.

4.4 Constructief falen

De verschillende onderdelen van het waterkerend kunstwerk worden belast door grond, water en andere belastingen. Indien de sterkte van een onderdeel onvoldoende is, zal dit bezwijken, met mogelijk falen van het waterkerend kunstwerk als gevolg.

4.5 Piping en heave

Door het waterstandsverschil aan de binnen- en buitendijkse zijde zal een grondwaterstroming rondom het waterkerend kunstwerk op gaan treden. Afhankelijk van de grondopbouw kan dit het uittreden van water aan de lage zijde tot gevolg hebben. Indien dit water met een relatief grote snelheid uittreedt, kan grond worden meegespoeld waardoor onder of naast het kunstwerk holle

ConceptKenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

ruimten ontstaan. Deze erosie kan leiden tot instabiliteit van het waterkerende kunstwerk en in het uiterste geval resulteren in een bres in de waterkering. Het waterstandsverschil kan ook tot verlies van grondspanning aan de lage zijde leiden, wat instabiliteit van het kunstwerk tot gevolg kan hebben.

4.6 Stabiliteit voorland

Een grondmechanische instabiliteit in het voorland (afschuiving, zettingsvloeiing) kan leiden tot een ondermijning of afschuiving van (delen van) het kunstwerk.

4.7 Sluiting afsluitmiddelen

De afsluitmiddelen van het waterkerend kunstwerk moeten vanzelfsprekend tijdig gesloten worden. De sluiting kan falen door een aantal oorzaken (zie ook bijlage B3 van de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]):

- Falende signalering van een naderend hoogwater
- Mobilisatie van personeel mislukt
- Het sluiten van de afsluitmiddelen zelf mislukt door fouten in de bedieningsprocedure
- Het sluiten van de afsluitmiddelen zelf mislukt door onvoldoende bedrijfszekerheid van de afsluitmiddelen

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

5 Toetsing

5.1 Prioritering voor te toetsen kunstwerken

In de naar schatting 14.000 kilometer regionale waterkeringen die ons land rijk is [STOWA 2002], zijn naar verwachting vele duizenden waterkerende kunstwerken aanwezig van diverse aard en omvang. Om de benodigde toetsinspanning te beperken is het belangrijk voorafgaand aan de toetsing vast te stellen welke waterkerende kunstwerken daadwerkelijk in potentie een significante bijdrage kunnen leveren aan de faalkans van de regionale waterkering waarin het waterkerend kunstwerk is opgenomen en welke niet. Deze laatste categorie kan hiermee om redenen van beperking van de benodigde toetsinspanning vooralsnog buiten de toetsing worden gelaten. In overleg met de provincie kan de beheerder een prioritering opstellen op basis van de geschatte bijdrage aan de faalkans van de totale kadering.

5.1.1 Boezemwaterkeringen

Alle waterkerende kunstwerken met alleen een in- of uitlaatfunctie en een leidingdiameter kleiner dan 0,30 m kunnen zonder inhoudelijke beoordeling als 'voldoende' beoordeeld worden. Hierbij geldt als randvoorwaarde dat uit het dagelijks beheer moet zijn gebleken dat de algehele onderhoudstoestand van het waterkerend kunstwerk goed is en ook het beheerdersoordeel goed is. Probleem hierbij is dat aantal en plaats van veel van dit soort 'kleine' waterkerende kunstwerken niet in voldoende mate bij de beheerder bekend is. Het is uiteraard de taak van de beheerder ook deze kunstwerken in kaart te brengen.

Gedachte is dat bij kleine in- en uitlaatwerken voor alle toetssporen de kans op falen van de waterkering door falen van het waterkerend kunstwerk acceptabel klein is. De hoogte bij deze waterkerende kunstwerken wordt bepaald door de hoogte van de waterkering waarin het waterkerend kunstwerk is opgenomen. Voorts is de kans op constructief falen van het afsluitmiddel en de leiding zelf klein, omdat de belasting onder extreme (hoogwater)omstandigheden relatief weinig afwijkt van de dagelijkse omstandigheden. Bovendien is sterkte van dit soort kleine afsluitmiddelen uit praktisch oogpunt meestal overgedimensioneerd. Verder is de kans op een bres in de waterkering als gevolg van een falend afsluitmiddel of falende sluiting klein, omdat vanwege de in- of uitlaatfunctie een uitstroombak, betonwerk (gemaal) of bodembescherming aan de binnenzijde aanwezig is. Deze bodembescherming is naar verwachting ook overgedimensioneerd. Omdat de belasting onder extreme (hoogwater)omstandigheden relatief weinig afwijkt van de dagelijkse omstandigheden (doordat het verval over het waterkerend kunstwerk relatief maar weinig groter is en de belasting met de wortel uit het verval toeneemt) mag verwacht worden dat de bodemverdediging intact blijft. Er is dus een aanvaardbaar kleine kans op bezwijken van het waterkerend kunstwerk als de sluiting van het afsluitmiddel of het afsluitmiddel zelf faalt. Hierdoor zijn de gevolgen beperkt, lokaal kan enige overlast ontstaan maar instroming door de geopende leiding zal niet leiden tot grote

instromende hoeveelheden water in de polder. Ook onder- en achterloopsheid leidt niet snel tot falen van de boezemwaterkering, omdat door de geringe dimensies van de leiding het ontstaan van een grote doorgaande 'pipe' fysiek niet mogelijk is. Tot slot wordt opgemerkt dat herstel bij dit soort kleine waterkerende kunstwerken eenvoudig mogelijk is bij geconstateerd falen.

Overigens is de gekozen diameter van 0,30 meter arbitrair. Bij deze keuze is aangesloten bij de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, waarin voor de niet-waterkerende objecten wordt aanbevolen eerst te beginnen met leidingen met een diameter groter dan 0,30 meter. Ook hier wordt de grens dus gelegd bij 0,30 m, zij het dan voor niet-waterkerende leidingen.

5.1.2 Overige typen regionale waterkeringen

Voor de overige typen regionale waterkering geldt bovenstaande redenering in principe niet, omdat het verval over het waterkerend kunstwerk onder dagelijkse omstandigheden vele malen kleiner kan zijn dan het verval onder maatgevende omstandigheden. In principe moeten bij de overige typen regionale waterkeringen alle waterkerende kunstwerken worden getoetst die in de waterkering zijn opgenomen, tenzij in specifieke situaties geldt dat het verval onder maatgevende omstandigheden in dezelfde orde van grootte ligt als het verval onder dagelijkse omstandigheden.

5.2 Opzet toetsmethodiek

Vanwege de verschillende aard van de vier typen regionale waterkeringen die zijn gedefinieerd, wordt de toetsing begonnen met de vaststelling tot welk type regionale waterkering het waterkerend kunstwerk behoort. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar boezemwaterkeringen, regionale rivieren, voorlandkeringen en compartimenteringskeringen. Per type regionale waterkering worden in onderstaande paragrafen de toetssporen behandeld. Hierbij wordt per toetsspoor onderscheid gemaakt naar de veiligheidsklasse van de betreffende regionale waterkering.

5.3 De bruikbaarheid van bewezen sterkte

In paragraaf 5.3.1 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [1] wordt aangetoond dat toepassing van de methode bewezen sterkte voor de toetsing van grondlichamen de nodige haken en ogen heeft. Voor waterkerende kunstwerken is de methode beter toepasbaar. Waterkerende kunstwerken zijn namelijk in zettingsgevoelig gebied veelal op palen gefundeerd, waardoor zettingen in de praktijk geen rol spelen. Dit in tegenstelling tot grondlichamen. Voorts wordt de standzekerheid van het waterkerend kunstwerk, veel minder dan bij grondlichamen, bepaald door andere belastingen dan de waterstand, zoals de waterspanningen in de watervoerende laag onder het waterkerend kunstwerk. Ook de mogelijke variatie van de sterkte in de loop der tijd, bijvoorbeeld door bodemdaling en periodieke kruinverhoging, speelt veel minder een rol dan bij grondlichamen. Hierdoor is bewezen sterkte bij

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

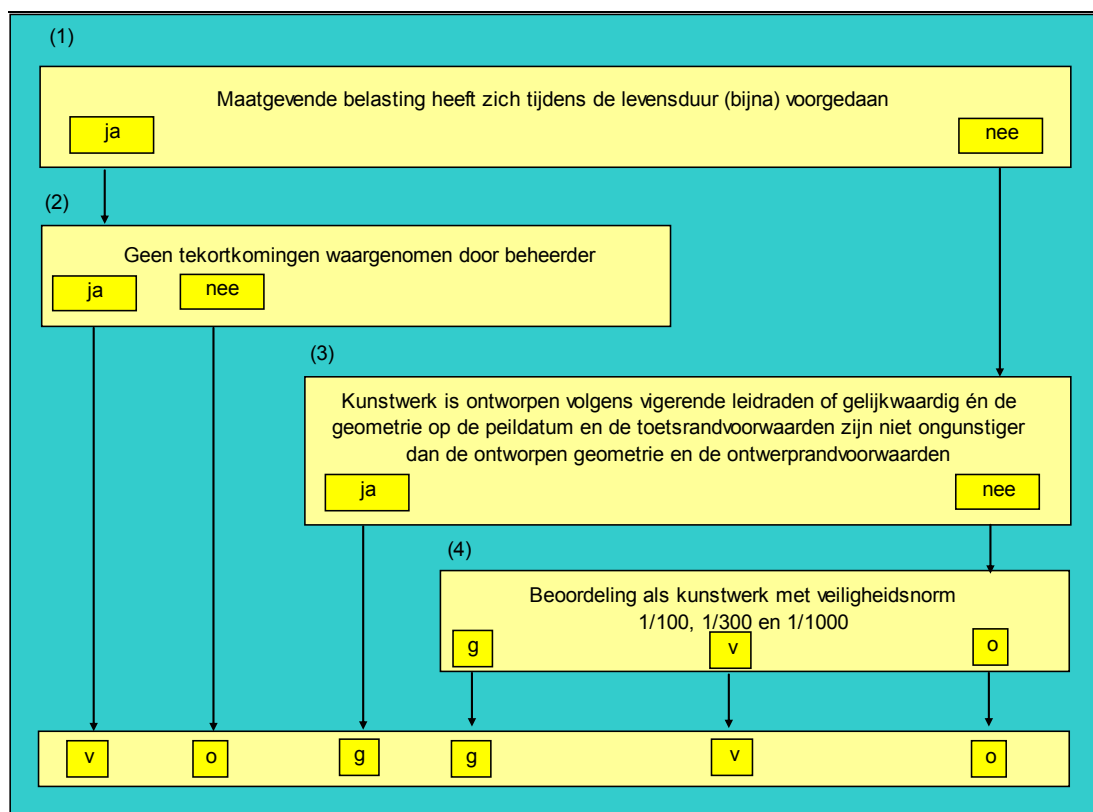
het toetsen van waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen goed bruikbaar. Dit geldt overigens niet voor het merendeel van de compartimenteringskeringen, omdat bij dit type regionale waterkering er veelal geen ervaring is met het gedrag onder een bepaalde belasting. Voor nadere informatie wordt verwezen naar paragraaf 7.3 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02].

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

Dit leidt ertoe dat waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/10 en 1/30 per jaar voor de toetssporen kerende hoogte en stabiliteit en sterkte worden beoordeeld op basis van de waargenomen tekortkomingen. De gedachte hierachter is dat de maatgevende hydraulische belasting zich gedurende de levensduur van het waterkerend kunstwerk reeds één of meerdere malen (bijna) heeft voorgedaan. Er is hierdoor praktijkervaring beschikbaar op basis waarvan beoordeeld kan worden of de kerende hoogte en stabiliteit van het waterkerend kunstwerk onder maatgevende omstandigheden voldoende is. Als bij de beheerder geen gevallen bekend zijn van opgetreden schade aan het waterkerend kunstwerk of een ontoelaatbaar grote instroming door overlopen en/of overslag van het waterkerend kunstwerk dan krijgt het kunstwerk op basis van de waarnemingen van de beheerder de score 'voldoende'. Hierbij dient uiteraard gecontroleerd te worden of de belasting niet is toegenomen of de sterkte niet is afgenomen, bijvoorbeeld door factoren als polderpeilverlaging, maaiveld daling of sterkte degradatie van de keermiddelen. Indien door de beheerder wel schade of ontoelaatbare instroming is geconstateerd krijgt het waterkerend kunstwerk direct de score 'onvoldoende'.

Voor waterkerende kunstwerken die recent zijn aangelegd kan het zijn dat er een te beperkte ervaring omtrent het gedrag beschikbaar is om op basis hiervan het waterkerend kunstwerk goed- of af te keuren. Voor deze kunstwerken geldt echter dat ze in principe zijn ontworpen volgens de vigerende normen en ontwerpvoorschriften en dat te verwachten valt dat de hydraulische randvoorwaarden nog steeds (nagenoeg) dezelfde zullen zijn. Dit moet dan gecontroleerd worden. Toch blijkt in de praktijk dat niet altijd conform de vigerende voorschriften is ontworpen. In voorkomende gevallen dient de beheerder aan te tonen dat de toegepaste ontwerpregels tenminste gelijkwaardig zijn aan de vigerende ontwerpregels. Kan de beheerder dit niet aantonen dan dient de toetsing te worden uitgevoerd conform de toetsing van de kunstwerken met een veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000.

Hiermee ziet het stroomschema voor waterkerende kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/10 en 1/30 per jaar er voor de toetssporen kerende hoogte en sterkte en stabiliteit als volgt uit:



Figuur 5.1 Beoordelingsschema voor de hoogte en stabiliteit (HT en ST) van waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen met een veiligheid van 1/10 en 1/30 per jaar

Waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar mogen niet worden beoordeeld op basis van de al dan niet waargenomen tekortkomingen. Deze kunstwerken worden beoordeeld volgens de stroomschema's in de volgende paragrafen.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

5.4 Boezemwaterkeringen

5.4.1 Belastingen

De hydraulische belastingen kunnen worden bepaald volgens paragraaf 3.1 en 3.2. Voor specifieke aspecten voor het bepalen van de maatgevende waterstanden in boezems wordt verwezen naar paragraaf 5.2.1 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02].

5.4.2 Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen

De belangrijkste te volgen beoordelingssporen bij het toetsen van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen zijn verzameld in tabel 5.1. Voor al deze beoordelingssporen geldt dat ze alleen voor de hoogwatersituatie moeten worden uitgewerkt, behalve voor de beoordeling van de stabiliteit van het aanliggende grondlichaam. De belastingsituatie extreme droogte speelt bij de toetsing van waterkerende kunstwerken verder geen rol.

Tabel 5.1 Overzicht beoordelingssporen boezemwaterkeringen

Beoordelingsspoor	Veiligheids- klasse	Beoordelingsmethode		
		Eenvoudig	Gedetailleerd	Geavanceerd
Hoogte (HT)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode STOWA (paragraaf 5.4.3)	Vereenvoudigde methode VTV 2007 (katern 7-4.1)	n.v.t.
-Stabiliteit constructie en grondlichaam (STCG)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
-Sterkte (waterkerende) constructie-onderdelen (STCO)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
-Piping en heave (STPH)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Bewezen sterkte	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.4)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)

Beoordelingsspoor	Veiligheids- klasse	Beoordelingsmethode		
		Eenvoudig	Gedetailleerd	Geavanceerd
-Stabiliteit voorland (STVL)	1/10 – 1/1000	methode VTV 2007 (katern 9)	Methode VTV 2007 (katern 9)	Methode VTV 2007 (katern 9)
Betrouwbaarheid sluiting (BS)	1/10 – 1/30	Draaiboek of automatische sluiting	Methode VTV 2007 (katern 7-4.3)	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode STOWA (paragraaf 5.4.7)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)

De beoordelingssporen resulteren in een (technisch) toetsoordeel, waarbij per faalmechanisme wordt vastgesteld of de veiligheid van het waterkerende kunstwerk voldoet of niet voldoet aan de norm. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is voor een toetsoordeel, kan de aanduiding 'geen oordeel' resulteren. In dergelijke gevallen dient de reden (de ontbrekende informatie) te worden gespecificeerd.

5.4.3 Kerende hoogte

Voor een beschrijving van het faalmechanisme overlopen/overslag wordt verwezen naar paragraaf 4.2. De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerende kunstwerk door het optreden van overlopen en/of overslag dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar) of figuur 5.2 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar).

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

Als bij de beheerder geen gevallen bekend zijn van opgetreden schade aan het waterkerende kunstwerk of een ontoelaatbaar grote instroming door overlopen en/of overslag van het waterkerende kunstwerk dan krijgt het kunstwerk op basis van de waarnemingen van de beheerder de score 'voldoende'. Indien door de beheerder wel schade of ontoelaatbare instroming is geconstateerd krijgt het waterkerende kunstwerk direct de score 'onvoldoende'.

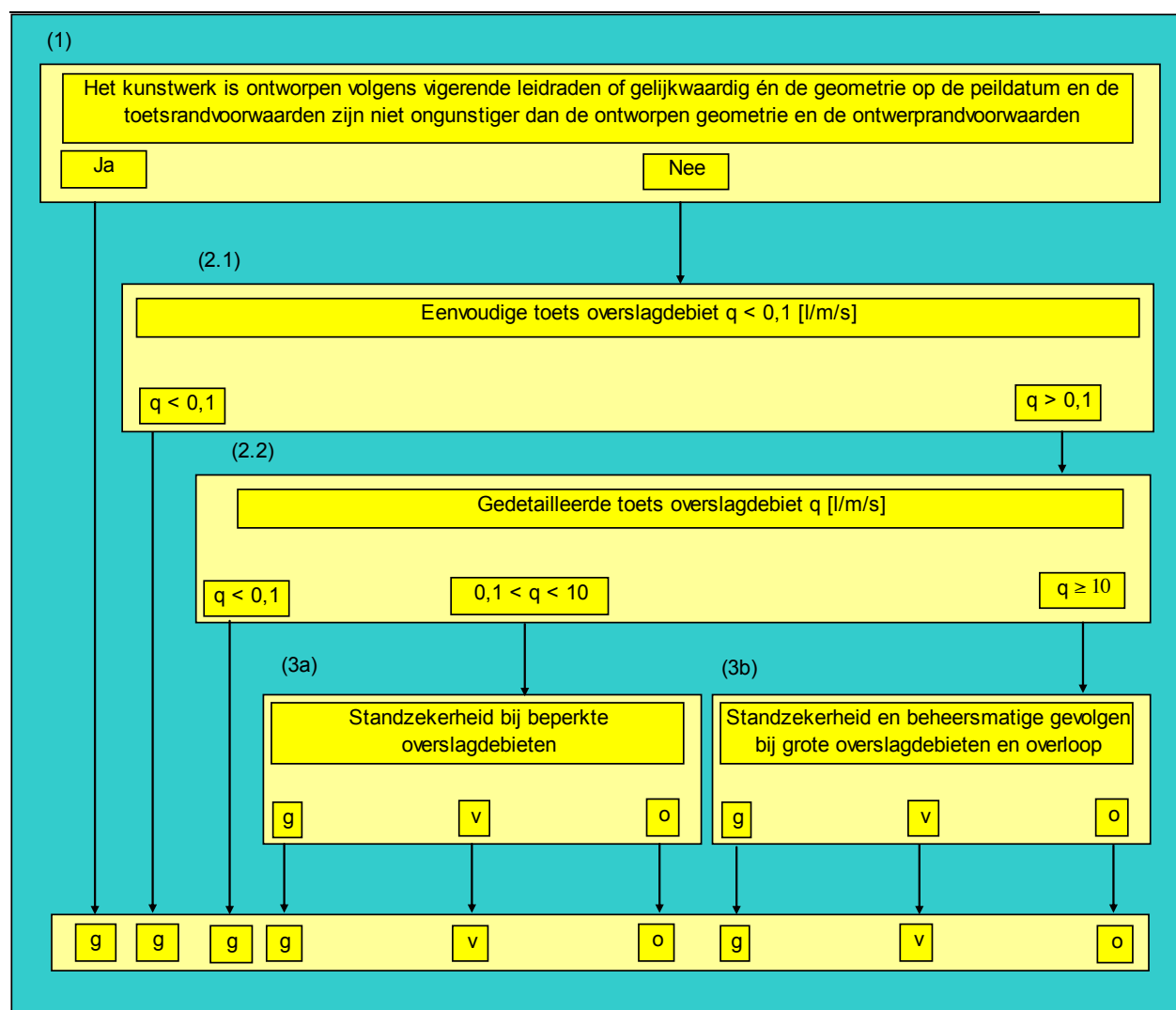
Voor waterkerende kunstwerken die recent zijn aangelegd geldt dat moet worden getoetst of ze zijn ontworpen volgens de vigerende normen en ontwerpvoorschriften en of de hydraulische randvoorwaarden nog steeds (nagenoeg) dezelfde zijn. Als dit niet het geval is dan kan de toetsing worden uitgevoerd conform de toetsing van waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

De hoogte van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale boezemwaterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.2.



Figuur 5.2 Beoordelingsschema voor de hoogte (HT) van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Stap 1 Beoordeling ontwerp

Als een waterkerend kunstwerk is ontworpen volgens de vigerende ontwerpleidraden of gelijkwaardig én zowel geometrie als randvoorwaarden zijn niet verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie dan kan de score 'goed' worden toegekend. In de praktijk betekent dit dat aan de volgende voorwaarden moet zijn voldaan:

- Het kunstwerk is ontworpen volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]; indien een kunstwerk is ontworpen volgens oudere ontwerprapporten (zoals het Basisrapport Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies [TAW, 1997]) moet de beheerder de gelijkwaardigheid daarvan aantonen
- De hydraulische randvoorwaarden (Toetspeil + toeslagen, golfhoogte en –periode) en de geometrie (helling buitentalud, kruinhoogte inclusief zettingen) mogen niet zijn verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie
- Het toelaatbare overslagdebiet uit het oogpunt van stabiliteit van het kunstwerk, de bekleding van aanliggende grondlichamen en beheersaspecten mag niet kleiner zijn dan de ontwerpwaarde

Voor een inschatting van de zetting van de kruinhoogte van het waterkerende kunstwerk en afsluitmiddelen tot aan de peildatum moet een actuele kruinhoogte worden bepaald. Uit revisietekeningen van het waterkerende kunstwerk kan vervolgens de opgetreden zetting in de periode na aanleg bepaald worden. Hieruit kan een prognose voor de zetting tot aan de peildatum worden afgeleid.

Voor kunstwerken die stap 1 niet met een positief resultaat doorlopen wordt de toetsing vervolgd met stap 2.

Stap 2.1 Eenvoudige toetsing overslagdebiet

Bij de uitwerking op het eenvoudige niveau wordt het optredende golfoverslagdebiet q dat behoort bij de kruinhoogte h_{kr} voor waterkerende kunstwerken met een verticale wand afgeleid van de grafieken in bijlage 1. Deze methode verwaarloost enkele gunstige aspecten, en is daarmee conservatief.

Bij complexe geometrie (samengesteld talud met verticale delen door aanwezigheid van een waterkerend kunstwerk) moeten eerst de hydraulische belastingen worden bepaald conform paragraaf 3.1 en 3.2, waarna met het programma PC-OVERSLAG het overslagdebiet berekend kan worden. Feitelijk valt dit buiten het bestek van de eenvoudige toetsing.

De kruinhoogte op peildatum (h_{kr}) voor deze stap kan worden bepaald door een actuele kruinhoogte te vergelijken met eerdere kruinhoogtemetingen dan wel aanleghoogte zoals afgeleid uit revisietekeningen. Aan de hand van de maatgevende windsnelheid (deze wordt

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

normafhankelijk vastgesteld door de provincie; een handreiking is te vinden in bijlage 5 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]) en de breedte van de boezem kan de benodigde golfoverslaghoogte worden afgelezen bij een overslagdebiet van 0,1 l/s/m. De beoordeling bestaat uit het toetsen aan de eis of de kruinhoogte op peildatum h_{kr} groter is dan de aanwezige kruinhoogte + lokale toeslagen + de golfoverslaghoogte die hoort bij een overslagdebiet van 0,1 l/m/s ($h_{kr} > h_{toets} + \Delta h_{lok} + \Delta h_{golf;0,1}$).

Indien de eenvoudige methode resulteert in een overslagdebiet dat kleiner is dan 0,1 l/s/m dan volgt direct de score 'goed'. Is dit niet het geval dan kan een gedetailleerde toetsing worden uitgevoerd (stap 2.2).

Opgemerkt wordt dat de toetsing op kruinhoogtemarge, zoals deze voor waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen wel is opgenomen, voor boezemwaterkeringen achterwege blijft. Dit komt doordat in een boezemwatersysteem het waterpeil veel meer beheerst is dan in de watersystemen bij primaire waterkeringen het geval is. Hierdoor is de onzekerheid in de waterstandsvoorspelling veel kleiner, en is het niet noodzakelijk een minimale kruinhoogtemarge te eisen.

Stap 2.2 Gedetailleerde toetsing overslagdebiet

Het gedetailleerde niveau vergt berekening van de golfrandvoorwaarden, waarbij nauwkeurig rekening kan worden gehouden met specifieke kenmerken van de locatie. Mogelijkheden voor het inbrengen van meer gedetailleerde en meer op de specifieke situatie toegespitste gegevens zijn:

- Gedetailleerde bepaling van de verwachte kruindaling
- Gedetailleerde berekening van de golfoverslaghoogte, door het in rekening brengen van:
 - De verdeling van de wind over de verschillende windrichtingen, in combinatie met de ligging van het waterkerend kunstwerk ten opzichte van de wind
 - Eventueel aanwezige gunstige kenmerken, zoals een vooroeverconstructie of een ruwe bekleding van het buitentalud
- Gedetailleerd vaststellen van de maatgevende windsnelheid, door rekening te houden met de lokale ruwheid van het landschap

Dit toetsspoor veronderstelt het samenvallen van een maatgevend hoogwaterpeil met een extreem hoge windsnelheid. Een hoog peil wordt overwegend ook bepaald door de hoge windsnelheid en windrichting, aangezien de belangrijkste oorzaak van een toename van het toetspeil bij hogere veiligheidsniveaus de toename van de scheefstand van de boezem door opwaaiing is. Het is denkbaar dat het optreden van het Maatgevend Boezempeil minder sterk gecorreleerd is met de windsnelheid / windrichting. In dat geval kan worden overwogen de belastingsituatie te splitsen in:

- Een situatie met toetspeil en met een lagere windsnelheid

- Een situatie met een maatgevende windsnelheid en met een 'gemiddeld' hoog boezempeil

De toetsing dient dan beide situaties te bevatten. De specifieke randvoorwaarden die bij de toetsing voor beide situaties gehanteerd worden (combinatie waterstand en windsnelheid / windrichting) dienen met de provincie te worden overlegd.

De beoordeling voor de gedetailleerde toets is gelijk aan de eenvoudige toets en bestaat uit het toetsen aan de eis of het optredende overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/m/s. Is dit zo dan volgt de score 'goed'. Is dit niet zo, dan moet beoordeeld worden of het optredende overslagdebiet kleiner of groter is dan 10 l/s/m.

Stap 3a Standzekerheid bij beperkte overslagdebieten

Bij een overslagdebiet tussen 0,1 en 10 l/m/s wordt alleen de standzekerheid van het waterkerend kunstwerk ten gevolg van golfoverslag getoetst. Hierbij geldt als aanvullende voorwaarde dat het kunstwerk (kruin en binnentalud) als voldoende erosiebestendig moet zijn beoordeeld. Specifiek aandachtspunt bij 'droge' waterkerende kunstwerken (zoals coupures en keermuren) is dat de gevolgen van afstromend water voor aanliggende grondlichamen moeten worden beoordeeld (stabiliteit bekleding). Voor de beoordeling van de bekleding wordt verwezen naar katern 8 van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007].

Stap 3b Standzekerheid en beheersmatige gevolgen bij grote overslag- en overloopdebieten

Bij grote overslag- en overloopdebieten moet niet alleen de standzekerheid van het waterkerend kunstwerk worden beoordeeld, maar ook of:

- Geen onaanvaardbare wateroverlast ontstaat in de polder
- Het kunstwerk en de directe omgeving hiervan voldoende begaanbaar is, indien deze voorwaarde (lokaal) vereist is

Hierbij moet bedacht worden dat onder maatgevende omstandigheden op de boezem het poldersysteem doorgaans ook volledig gevuld is en dat onder deze omstandigheden de ruimte om extra water te bergen vaak niet groot is.

Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.1 stap 3.2 en 3.3. Hierbij wordt de veiligheidsmarge van 0,3 m zoals die in stap 3.3 wordt gehanteerd buiten beschouwing gelaten.

5.4.4 Stabiliteit van constructie en grondlichaam

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer stabiliteit van constructie en grondlichaam wordt verwezen naar paragraaf 4.3. De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door instabiliteit van constructie en grondlichaam

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar) of figuur 5.3 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar).

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

Als bij de beheerder geen gevallen bekend zijn van opgetreden schades die kunnen duiden op een onvoldoende stabiliteit van constructie en grondlichaam (bijvoorbeeld verzakkingen, vervormingen van damwanden, significante scheurvorming in vloeren, muren en plafonds, afschuivingen van (delen van) het grondlichaam) en ook anderszins de beheerervaring zonder voorbehoud goed is dan krijgt het waterkerend kunstwerk op basis van de waarnemingen van de beheerder de score 'voldoende'. Indien door de beheerder wel schade is geconstateerd krijgt het waterkerend kunstwerk direct de score 'onvoldoende'.

Voor waterkerende kunstwerken die recent zijn aangelegd geldt dat moet worden getoetst of ze zijn ontworpen volgens de vigerende normen en ontwerpvoorschriften (NEN-normen, Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] of gelijkwaardig) en of de hydraulische randvoorwaarden nog steeds (nagenoeg) dezelfde zijn. Als dit het geval is dan is de score 'goed'. Als dit niet het geval is dan kan de toetsing worden uitgevoerd conform de toetsing van waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar.

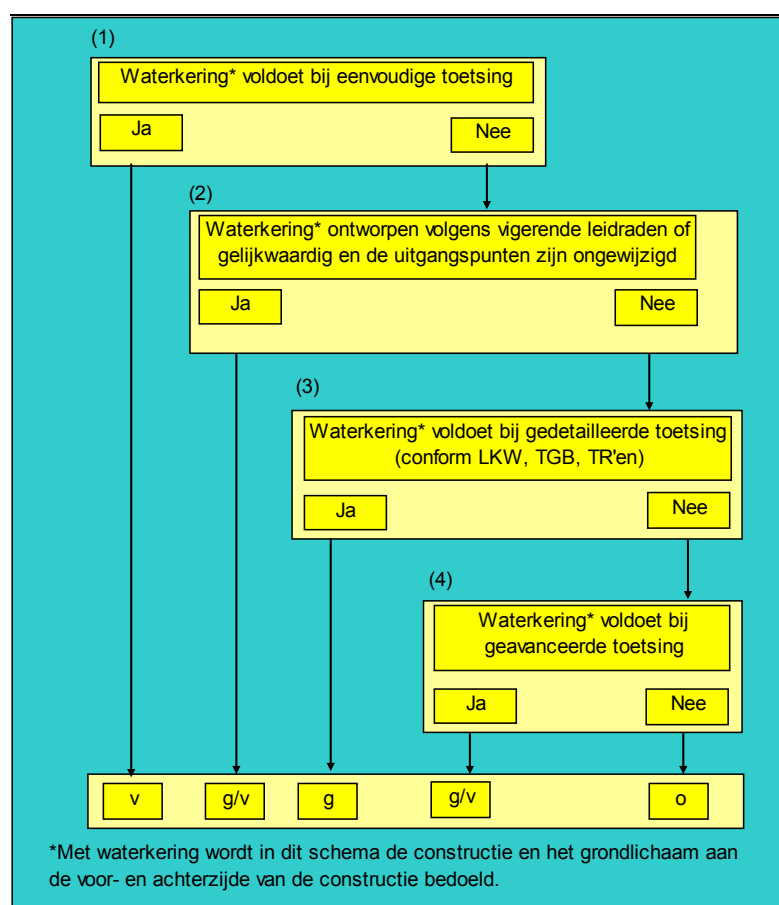
Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor stabiliteit van constructie en grondlichaam van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.3.

Het gaat in dit spoor om de weerstand tegen beweging en vervorming van het waterkerende kunstwerk (inclusief het grondlichaam dat het waterkerende kunstwerk omsluit) als geheel. De aparte onderdelen worden beoordeeld in toetsspoor Sterke van (waterkerende) constructieonderdelen. Te toetsen aspecten en daaruit volgende faalmechanismen kunnen zijn:

- Draagvermogen van de fundering (opdrijven, kantelen, horizontaal afschuiven)
- Stabiliteit van grondkerende constructies zoals damwanden en keermuren, voor zover deze significant worden beïnvloed door de waterstand in het grondlichaam dat zij moeten keren
- Macrostabiliteit van het grondlichaam aansluitend op het waterkerende kunstwerk of het grondlichaam inclusief het waterkerende kunstwerk. Hiervoor kan de beoordeling op de sporen Macrostabiliteit binnenwaarts en Macrostabiliteit buitenwaarts volgens de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02] paragraaf 5.3.6 en 5.3.7 worden gevolgd, met dien verstande dat ook belastingen in rekening moeten worden gebracht die via of vanuit het waterkerende kunstwerk op het grondlichaam worden afgedragen

- Instabiliteit van het voorland. Voor de beoordeling van dit onderdeel wordt verwezen naar toetsspoor Voorland in paragraaf 5.3.10 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]
- Erosie van bekleding. Voor de beoordeling van dit onderdeel wordt verwezen naar Katern 8 van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], waarin de toetsing per bekledingstype wordt behandeld



Figuur 5.3 Beoordelingsschema voor stabiliteit van constructie en grondlichaam (STCG) en waterkerende constructieonderdelen (STCO) van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Stap 1 Eenvoudige toetsing, beoordeling 'bewezen sterkte'

Voor een uitgebreide beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.1 stap 1.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Opgemerkt wordt dat - in tegenstelling tot het mechanisme piping en heave - constructief bezwijken van onderdelen wel een progressief proces is. Een beperkte overschrijding van een 'overleefde' waargenomen belasting kan dus beslist niet worden toegestaan. Als het gaat om 'bewezen sterkte' dan gaat het vooral om onderhouds- of operationele omstandigheden die tot de maatgevende belasting leiden voor een bepaald deelspoor. Zo zal bij waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen de maatgevende belastingssituatie voor het faalmechanisme horizontaal afschuiven bij een kunstwerk dat op staal is gefundeerd veelal bepaald worden door de situatie waarbij het waterkerend kunstwerk droogstaat en niet door de maatgevende hoogwatersituatie. Ditzelfde geldt voor het faalmechanisme opdrijven van het waterkerende kunstwerk.

Stap 2 Beoordeling ontwerp

Voor een beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.1 stap 2. Indien deze stap niet met een positief antwoord doorlopen kan worden, moet in de volgende stappen nader onderzoek worden uitgevoerd. De toetsing wordt dan vervolgd met stap 3.

Stap 3 Gedetailleerde toetsing

In deze stap wordt een herberekening uitgevoerd conform de rekenregels en methodes in de vigerende leidraden en normen. Zie hiervoor met name de NEN-normen (TGB), de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] en het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [TAW, 2001]. Indien de onderhoudstoestand en de actuele conditie van de constructie slecht is of onbekend, dient van veilige aannamen op dit punt te worden uitgegaan, en is het soms weinig zinvol de toetsing voort te zetten. In dat geval dient eerst de conditie nader te worden onderzocht. Dit geldt met name voor historische kunstwerken, waarbij doorgaans alleen van de zichtbare constructieonderdelen de actuele conditie bekend is.

Voorts geldt dat waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen in het verleden zijn ontworpen volgens veiligheidsklasse 3 van de TGB (de hoogste veiligheidsklasse) of volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003], die een nog strengere norm stelt aan de betrouwbaarheidsindex β . Deze norm kan, bij gebrek aan beter, ook zijn overgenomen bij het ontwerp voor waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen. Voor waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen met een lage norm kan echter met een lagere betrouwbaarheidsindex β worden volstaan, zie ook het deel Ontwerp paragraaf 5.2. Dit betekent dat voor waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen met een lagere veiligheidsklasse volstaan kan worden. Het ontbreekt echter aan vastgesteld beleid op dit gebied. Daarom wordt voorgesteld dat bij herberekening van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen de veiligheidsklassen uit paragraaf 5.2 van het deel Ontwerp gehanteerd kunnen worden. Dit betekent dat er voor waterkerende kunstwerken met een normfrequentie van 1/100 die zijn ontworpen volgens veiligheidsklasse 3 uit de TGB of volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW,

2003] er ruimte is om enige achteruitgang in sterkte of verzwaring van de hydraulische randvoorwaarden ten opzichte van de ontwerpwaarden op te vangen. Dit geldt bij gebruik van de NEN6700-serie. Bij gebruik van de Eurocode geldt dit niet.

Stap 4 Geavanceerde toetsing

In deze stap worden specialistische analyses uitgevoerd die zijn toegespitst op de specifieke situatie van het betreffende waterkerend kunstwerk. Voor dit spoor kan bijvoorbeeld worden gedacht aan probabilistische berekeningen of (mits beargumenteerd) een andere verdeling van de faalkansruimte tussen de toetssporen worden toegepast dan in de Leidraad Kunstwerken. Opgemerkt wordt dat bij boezemwaterkeringen het uitvoeren van niet-stationaire grondwaterstromingsberekeningen op voorhand al niet zinvol wordt geacht gezien de stationaire belastingsituatie.

5.4.5 Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer sterkte van waterkerende constructieonderdelen wordt verwezen naar paragraaf 4.4. De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerende kunstwerk door constructief bezwijken of aanvaring van waterkerende constructieonderdelen dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar) of figuur 5.3 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar).

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

Als bij de beheerder geen gevallen bekend zijn van opgetreden schades die kunnen duiden op een onvoldoende stabiliteit van waterkerende constructie-onderdelen (bijvoorbeeld aanvaringen, doorgeroeste beplating of constructiedelen, verrotte beplanking of andere houten constructiedelen, significante vervormingen door vervalbelasting) en ook anderszins de beheerervaring zonder voorbehoud goed is dan krijgt het waterkerende kunstwerk op basis van de waarnemingen van de beheerder de score 'voldoende'. Indien door de beheerder wel schade is geconstateerd krijgt het waterkerend kunstwerk direct de score 'onvoldoende'.

Voor waterkerende kunstwerken die recent zijn aangelegd geldt dat moet worden getoetst of ze zijn ontworpen volgens de vigerende normen en ontwerpvoorschriften (NEN-normen, Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] of gelijkwaardig) en of de hydraulische randvoorwaarden nog steeds (nagenoeg) dezelfde zijn. Als dit het geval is dan is de score 'goed'. Als dit niet het geval is dan kan de toetsing worden uitgevoerd conform de toetsing van waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor sterkte van waterkerende constructieonderdelen van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.3. Voor een uitgebreide beschrijving van de stappen wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.1 en paragraaf 5.4.4 van deze Leidraad. Hierbij wordt opgemerkt dat voor waterkerende kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/100 wellicht nog ruimte kan worden gevonden in de toegepaste betrouwbaarheidsindex. Hiervoor wordt verwezen naar het gestelde in paragraaf 5.4.4.

Het merendeel van de waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen kenmerkt zich door de aanwezigheid van een permanent verval over het waterkerend kunstwerk. In deze situatie zijn de risico's van aanvaren onder hoogwateromstandigheden weinig anders dan onder dagelijkse omstandigheden. De beoordeling van het aanvaarrisico hoort hiermee in feite onderdeel te zijn van het dagelijks beheer van het waterkerend kunstwerk.

5.4.6 Piping en heave

Voor een beschrijving van het faalmechanisme piping en heave wordt verwezen naar paragraaf 4.5. De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door het optreden van piping en heave dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar) of figuur 5.4 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar).

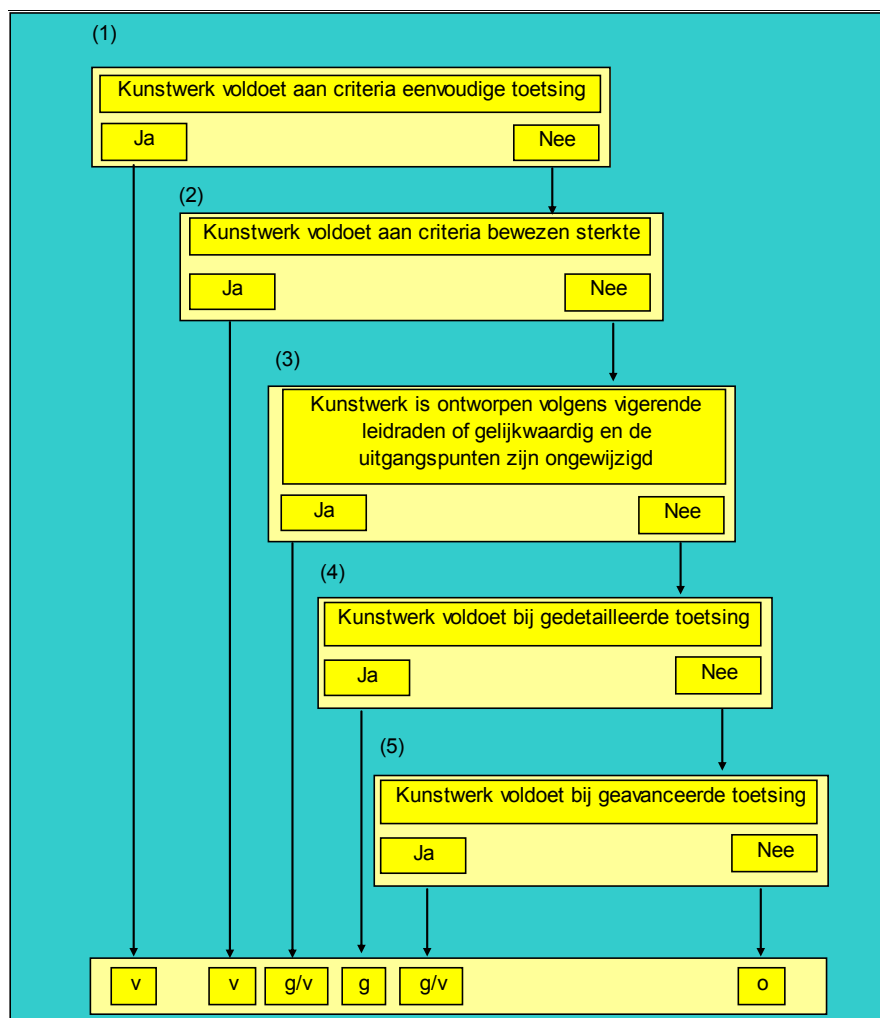
Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

Als bij de beheerder geen gevallen bekend zijn van schades die kunnen duiden op een onvoldoende weerstand tegen piping (bijvoorbeeld opgetreden verzakkingen aan de uitstroomzijde van het waterkerend kunstwerk of welvorming is geconstateerd) en ook anderszins de beheerervaring zonder voorbehoud goed is dan krijgt het waterkerend kunstwerk op basis van de waarnemingen van de beheerder de score 'voldoende'. Hierbij dient de beheerder wel te verifiëren of het polderpeil niet significant is verlaagd ten opzichte van het moment dat de 'maatgevende omstandigheid' voor het laatst is opgetreden. Indien door de beheerder wel schade of welvorming is geconstateerd krijgt het waterkerende kunstwerk direct de score 'onvoldoende'.

Voor waterkerende kunstwerken die recent zijn aangelegd geldt dat moet worden getoetst of ze zijn ontworpen volgens de vigerende normen en ontwerpvoorschriften (Leidraad Zandmeevoerende Wellen [TAW, 1999], Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] of gelijkwaardig) en of de hydraulische randvoorwaarden nog steeds (nagenoeg) dezelfde zijn. Als dit het geval is dan is de score 'goed'. Als dit niet het geval is dan kan de toetsing worden uitgevoerd conform de toetsing van waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor piping en heave van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.4.



Figuur 5.4 Beoordelingsschema voor piping en heave (STPH) van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Stap 1 Eenvoudige toetsing piping en heave

Voor het toetsspoor piping en heave is een eenvoudige toetsing beschikbaar. Hiervoor wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.4 stap 1.

Stap 2 Beoordeling 'bewezen sterkte'

Het merendeel van de waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen kenmerkt zich door een permanent verval over het waterkerend kunstwerk. In deze situatie kan gebruik worden gemaakt van het principe van bewezen sterkte. Bij deze waterkerende kunstwerken staat in ieder geval vast dat er een bepaalde weerstand tegen piping aanwezig is. Aangezien piping geen proces is dat progressief reageert op een overschrijding van een bepaalde drempelwaarde kan worden gesteld dat in uitzonderlijke gevallen een beperkte overschrijding van een drempelwaarde kan worden toegestaan. De uitstroom van zanddeeltjes leidt namelijk tot het ontstaan van holle ruimtes onder het waterkerend kunstwerk. Dit heeft een reducerende werking op het erosieproces, doordat stromingsgradiënten afnemen waardoor de terugschrijdende erosie tot stilstand komt. Hierdoor kan gesteld worden dat een beperkt hogere waarde dan een reeds opgetreden belasting – waarvan met zekerheid is geconstateerd dat geen piping is opgetreden – niet zal leiden tot een dusdanige mate van piping dat het waterkerend kunstwerk hierdoor instabiel wordt. Aangenomen is dat een overschrijdingspercentage van 10 % van het maximaal opgetreden verval geen significante invloed heeft op de stabiliteit van het waterkerend kunstwerk met betrekking tot piping.

In deze stap moet dus het maatgevende verval over het waterkerend kunstwerk worden nagegaan dat min of meer recent (afgelopen 10 jaar) is opgetreden en waarbij met zekerheid is geconstateerd dat geen piping is opgetreden. Hierbij moet dus gekeken worden naar de maatgevende combinatie van boezem- en polderwaterstand. Vervolgens moet worden vergeleken of het verval onder toetsomstandigheden minder dan 10 % afwijkt van het opgetreden verval. Is dit het geval én de onderhoudstoestand van het waterkerend kunstwerk is goed dan krijgt het waterkerend kunstwerk de score 'voldoende', anders wordt de toetsing voortgezet met stap 3.

Stap 3 Beoordeling ontwerp

Als een waterkerend kunstwerk is ontworpen volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] en/of het Technisch rapport Zandmeevoerende Wellen [TAW, 1999] of gelijkwaardige ontwerpvoorschriften, én zowel geometrie als randvoorwaarden zijn niet verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie dan kan de score 'goed' worden toegekend. In de praktijk betekent dit dat aan de volgende voorwaarden moet zijn voldaan:

- Het kunstwerk is ontworpen volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] en/of de Technisch rapport Zandmeevoerende Wellen [TAW, 1999]; indien een kunstwerk is

ontworpen volgens oudere ontwerprapporten (zoals het Basisrapport Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies [TAW, 1997]) moet de beheerder de gelijkwaardigheid aantonen

- De hydraulische randvoorwaarden (Toetspeil + toeslagen, maatgevende binnenwaterstand) zijn niet verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie

Het overgrote deel van de waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen is ontworpen en aangelegd voor 1999. Indien hiervan een ontwerprapport beschikbaar is, kan worden nagegaan of de gehanteerde ontwerpmethodiek voldoende overeenkomt met de methodiek zoals in bovengenoemde rapporten is verwoord. Is dit niet het geval dan wordt de toetsing vervolgd met stap 4.

Stap 4 Gedetailleerde toetsing piping en heave

In deze stap wordt een herberekening uitgevoerd conform de rekenregels en methodes in de vigerende leidraden en normen. Zie hiervoor met name de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] en het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen [TAW, 1999]. Indien de onderhoudstoestand en de actuele conditie van het waterkerende kunstwerk niet goed of onbekend is, dient van veilige aannamen op dit punt te worden uitgegaan. In dat geval is het veelal efficiënt eerst de conditie van het waterkerende kunstwerk nader te onderzoeken alvorens de toetsing voort te zetten. Dit geldt met name voor historische kunstwerken, waarbij de afmetingen en functioneren van kwelschermen vaak niet goed bekend is.

Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.4 stap 3.

Stap 5 Geavanceerde toetsing piping en heave

In deze stap worden specialistische analyses uitgevoerd die zijn toegespitst op de specifieke situatie van het betreffende waterkerend kunstwerk. Voor dit spoor kan bijvoorbeeld worden gedacht aan probabilistische berekeningen of (mits beargumenteerd) een andere verdeling van de faalkansruimte tussen de toetssporen worden toegepast dan in de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]. Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.4 stap 4. Opgemerkt wordt dat bij boezemwaterkeringen het uitvoeren van niet-stationaire grondwaterstromingsberekeningen op voorhand al niet zinvol wordt geacht gezien de stationaire belastingsituatie.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

5.4.7 Stabiliteit voorland

Het beoordelingsspoor 'Stabiliteit voorland' is bij boezemwaterkeringen zelden een relevant beoordelingsspoor, eenvoudigweg omdat:

- De breedte en diepte van de boezem beperkte afmetingen hebben
- Geen diepe geul of ontgraving aanwezig is

Op voorhand kan de relevantie van dit faalmechanisme echter niet worden uitgesloten. Zo kan lokaal bijvoorbeeld een diepe zandwininput aanwezig zijn. Zodoende is dit faalmechanisme toch een onderdeel van de toets op veiligheid. In veel gevallen zal voor de beoordeling met een korte opmerking over de afwezigheid van geulen kunnen worden volstaan. Uitsluitend indien een geul aanwezig is met een diepte die groter is dan 9 m dient de stabiliteit van het voorland te worden getoetst. Voor de beoordeling van het mechanisme stabiliteit voorland wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 9.

5.4.8 Betrouwbaarheid sluiting

Voor een beschrijving van het faalmechanisme betrouwbaarheid sluiting wordt verwezen naar paragraaf 4.7. De beoordeling van de betrouwbaarheid van de sluiting dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.5 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar) of figuur 5.6 (voor waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar).

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

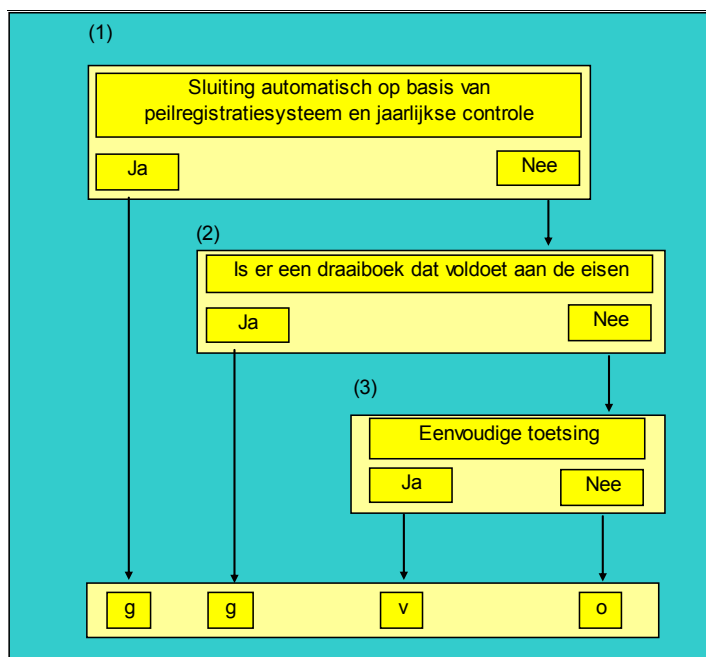
Aan waterkerende kunstwerken met een lage veiligheidsnorm die normaliter gesloten zijn en alleen in 'bediende tijd' worden geopend kan direct de score 'voldoende' worden toegekend. De beoordeling van de overige waterkerende kunstwerken met een lage veiligheidsnorm vindt plaats aan de hand van het eenvoudige criterium of de sluitingsprocedure automatisch gebeurt of is vastgelegd in een draaiboek. Indien de hoogwatersluiting automatisch gebeurt op basis van een peilregistratiesysteem dan kan direct de score 'voldoende' worden toegekend onder voorwaarde dat tenminste jaarlijks wordt gecontroleerd of het automatische systeem nog werkt en of het afsluitmiddel nog functioneert. Is dit niet het geval dan moet voor het betreffende waterkerend kunstwerk een draaiboek aanwezig zijn. In dit draaiboek moet worden vastgelegd wanneer, door wie en op welke wijze het waterkerend kunstwerk gesloten wordt. Hierbij moet worden voldaan aan de eisen A2, B1 tot en met B6, C1 tot en met C5 en D3 tot en met D4 van de eenvoudige methode uit bijlage B3.3 van de Leidraad Kunstwerken. Hierbij gelden de volgende opmerkingen:

- Onderdeel B2: volstaan kan worden met alleen een terugmeldingssysteem
- Onderdeel C6: verlichting van het waterkerend kunstwerk hoeft niet permanent aanwezig te zijn, als gebruik van hulpmiddelen noodzakelijk is moet dit wel zijn vastgelegd in de procedure voor sluiting

- Onderdeel D4: gezien de aard van het watersysteem maakt de beoordeling van het aanvaarrisico onderdeel uit van het dagelijks beheer van het waterkerend kunstwerk
- Gezien de aard van de gevolgen van een calamiteit (beperkte overlast) wordt een tweede onafhankelijke set afsluitmiddelen niet noodzakelijk geacht

Indien hieraan niet wordt voldaan dan kan de toetsing worden vervolgd met een eenvoudige toetsing van het type afsluitmiddel en het verschil in het verval tussen maatgevende en dagelijkse omstandigheden. Deze verloopt analoog aan de eenvoudige toetsing in stap 0 voor waterkerende kunstwerken met een hogere veiligheidsnorm. Levert deze eenvoudige toets geen score 'voldoende' op dan wordt de toetsing vervolgd conform stap 1 t/m 5 van figuur 5.6.

Hiermee ziet het stroomschema voor waterkerende kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/10 en 1/30 per jaar er voor het toetsspoor betrouwbaarheid sluiting als volgt uit:



Figuur 5.5 Beoordelingsschema voor de betrouwbaarheid van de sluiting (BS) van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen met een veiligheid van 1/10 en 1/30 per jaar

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor de betrouwbaarheid van de sluiting van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.6. Het schema

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

.....

begint met een eenvoudige toetsing van het type afsluitmiddel en het verschil in het verval tussen maatgevende en dagelijkse omstandigheden. Levert dit geen score 'voldoende' dan worden de standzekerheid en beheersmatige gevolgen getoetst. Indien de eenvoudige toetsing geen oordeel 'voldoende' oplevert dan wordt de toetsing uitgevoerd conform het beoordelingsschema voor betrouwbaarheid sluiting uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007]. Voor een uitgebreide beschrijving van de bijbehorende stappen wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.3. Onderstaand wordt volstaan met een aanvulling op deze stappen.

Stap 0 Eenvoudige toetsing

Het merendeel van de waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen kenmerkt zich door de aanwezigheid van een permanent verval over het waterkerend kunstwerk. Hierdoor zijn de afsluitmiddelen van het waterkerend kunstwerk in beginsel gesloten, behalve bij waterkerende kunstwerken met een functie als waterinlaat zoals stuwen en inlaatduikers. Bij deze waterkerende kunstwerken zal de opening van het waterkerend kunstwerk veelal beperkt zijn. Voor deze kunstwerken is een score 'voldoende' mogelijk in twee gevallen.

Stap 0.1 Toetsing op verschil in verval en type waterkerend kunstwerk

Voor waterkerende kunstwerken met een onderlaat neemt het instromende debiet toe met de wortel uit het verval over het waterkerend kunstwerk. Hierdoor zijn de gevolgen van een beperkte toename van het verval op de achterliggende constructieonderdelen en het achterliggende watersysteem gering. Daarom kan veilig gesteld worden dat het kunstwerk voldoet als sprake is van:

- Een kunstwerk met een onderlaat
- Een verschil in maatgevend verval tussen dagelijkse omstandigheden en hoogwateromstandigheden van maximaal 10 %. Hierbij moet dus gekeken worden naar de maatgevende combinatie van boezem- en polderwaterstand. Vervolgens moet worden vergeleken of het verval onder toetsomstandigheden minder dan 10 % afwijkt van het opgetreden verval.

Voor waterkerende kunstwerken met een overlaat (stuwconstructies) geldt deze redenering niet, omdat het debiet dan ruwweg lineair toeneemt met het verval over het kunstwerk. Voor deze kunstwerken gaat de eenvoudige toetsregel niet op!

Voldoet het waterkerend kunstwerk niet aan de bovenstaande eisen dan wordt de toetsing vervolgd met stap 0.2.

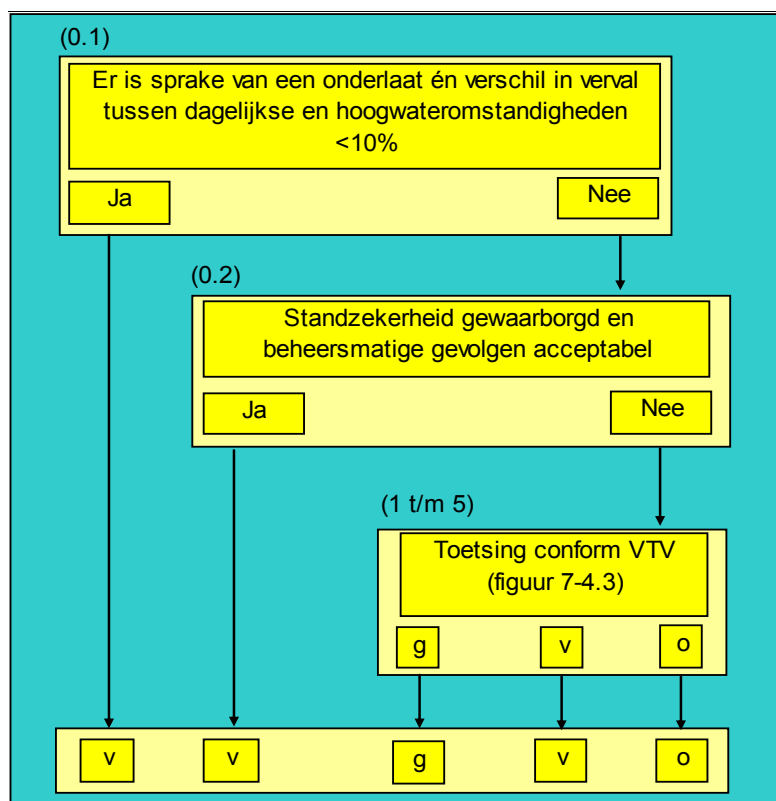
Stap 0.2 Toetsing op standzekerheid en beheersmatige gevolgen niet-sluiten

In deze stap wordt beoordeeld of het instromende debiet door het geopende kunstwerk niet leidt tot onaanvaardbare gevolgen voor de stabiliteit van het waterkerend kunstwerk en het waterbezwaar in de achterliggende polder. De toetsing op stabiliteit van het kunstwerk bevat in hoofdzaak een toetsing of de achterliggende bodemverdediging nog steeds stabiel is onder de optredende belasting. Voorts moet beoordeeld worden of het instromende debiet gedurende de periode dat de hoge waterstand optreedt in het achterliggende poldersysteem kan worden geborgen zonder dat dit leidt tot onaanvaardbare wateroverlast. Hierbij moet bedacht worden dat onder maatgevende omstandigheden op de boezem het poldersysteem doorgaans ook volledig gevuld is en dat onder deze omstandigheden de ruimte om extra water te bergen vaak niet groot is.

Als zowel de standzekerheid is gewaarborgd en het instromende water niet leidt tot een onacceptabele beheerssituatie, kan de score 'voldoende' worden toegekend. Is dit niet het geval dan wordt de toetsing vervolgd conform de toetsing van primaire waterkeringen. Hiervoor wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], figuur 7-4.3.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05



Figuur 5.6 Beoordelingsschema voor de betrouwbaarheid van de sluiting (BS) van waterkerende kunstwerken in boezemwaterkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

5.5 Keringen langs regionale rivieren

5.5.1 Belastingen

De hydraulische belastingen kunnen worden bepaald volgens paragraaf 3.1 en 3.2. Voor specifieke aspecten voor het bepalen van de maatgevende waterstanden bij regionale rivierkeringen wordt verwezen naar paragraaf 6.2 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. Twee elementen worden hieruit naar voren gehaald.

Regionale rivierkeringen hoeven in beginsel niet te worden getoetst ten aanzien van de situatie tijdens langdurige droge omstandigheden. Een eerste reden hiervoor is het naar verwachting weinig voorkomen van regionale rivierkeringen die voor een belangrijk deel uit veen bestaan. Een tweede reden is de in het algemeen sterke samenhang tussen het optreden van hoogwater en het optreden van veel neerslag, waarmee het gelijktijdig optreden van hoogwater en het uitgedroogd zijn van de regionale rivierkering weinig waarschijnlijk is.

Voorts moet bij de bepaling van de maatgevende windsnelheden rekening worden gehouden met het gestelde in paragraaf 6.2.2 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. Kortweg komt het hierop neer dat de maatgevende windsnelheid varieert over de verschillende windrichtingen tussen 12 en 15 m/s als de waterstand wordt gedomineerd door de afvoer.

5.5.2 Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in regionale rivierkeringen

De belangrijkste te volgen beoordelingssporen bij het toetsen van waterkerende kunstwerken in regionale rivierkeringen zijn verzameld in tabel 5.2. Voor al deze beoordelingssporen geldt dat ze in beginsel alleen voor de hoogwatersituatie moeten worden uitgewerkt.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Tabel 5.2 Overzicht beoordelingssporen regionale rivieren

Beoordelingsspoor	Veiligheids- klasse	Beoordelingsmethode		
		Eenvoudig	Gedetailleerd	Geavanceerd
Hoogte (HT)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode STOWA (paragraaf 5.5.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.1)	n.v.t.
Stabiliteit constructie en grondlichaam (STCG)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2), STOWA 2007-02 (paragraaf 6.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2), STOWA 2007-02 (paragraaf 6.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
Sterkte (waterkerende) constructie-onderdelen (STCO)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
Piping en heave (STPH)	1/10 – 1/30	Bewezen sterkte	n.v.t.	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	methode VTV 2007 (katern 7-4.2.4)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.4)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
-Stabiliteit voorland (STVL)	1/10 – 1/1000	methode VTV 2007 (katern 9)	Methode VTV 2007 (katern 9)	Methode VTV 2007 (katern 9)
Betrouwbaarheid sluïting (BS)	1/10 – 1/30	Draaiboek of automatische sluiting	Methode VTV 2007 (katern 7-4.3)	n.v.t.
	1/100 – 1/1000	Methode STOWA (paragraaf 5.5.7)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)

De beoordelingssporen resulteren in een (technisch) toetsoordeel, waarbij per faalmechanisme wordt vastgesteld of de veiligheid van het waterkerende kunstwerk voldoet of niet voldoet aan de norm. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is voor een toetsoordeel, kan de aanduiding 'geen oordeel' resulteren. In dergelijke gevallen dient de reden (de ontbrekende informatie) te worden gespecificeerd.

5.5.3 Kerende hoogte

Voor een beschrijving van het faalmechanisme overlopen/overslag wordt verwezen naar paragraaf 4.2.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

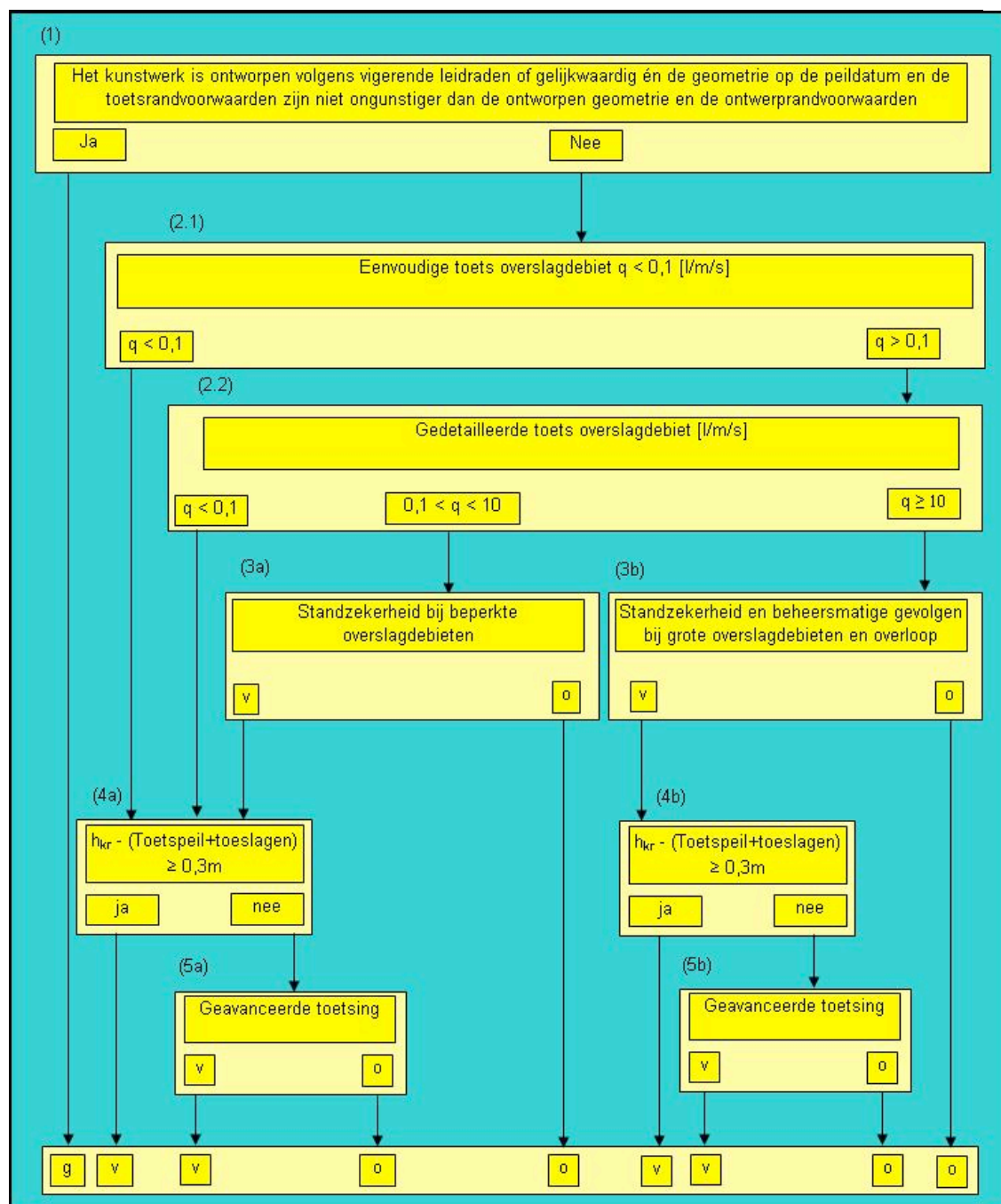
De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door het optreden van overlopen en/of overslag is voor regionale rivierkeringen hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. De beoordeling dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 en de bijbehorende beschrijving in paragraaf 5.4.3.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

De hoogte van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.7.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05



Figuur 5.7 Beoordelingsschema voor de hoogte (HT) van waterkerende kunstwerken in regionale rivierkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Stap 1 Beoordeling ontwerp

Als een waterkerend kunstwerk is ontworpen volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] of gelijkwaardig, én zowel geometrie als randvoorwaarden zijn niet verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie dan kan de score 'goed' worden toegekend. In de praktijk betekent dit dat aan de volgende voorwaarden moet zijn voldaan:

- Het kunstwerk is ontworpen volgens de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]; indien een kunstwerk is ontworpen volgens oudere ontwerprapporten (zoals het Basisrapport Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies [TAW, 1997]) dan moet de beheerder de gelijkwaardigheid aantonen
- De hydraulische randvoorwaarden (Toetspeil + toeslagen, golfhoogte en –periode) en de geometrie (helling buitentalud, kruinhoogte inclusief zettingen) mogen niet zijn verslechterd ten opzichte van de ontwerpsituatie
- Het toelaatbare overslagdebiet uit het oogpunt van stabiliteit van het kunstwerk, de bekleding van aanliggende grondlichamen en beheersaspecten mag niet kleiner zijn dan de ontwerpwaarde

Voor een inschatting van de zetting van de kruinhoogte van constructie en afsluitmiddelen tot aan de peildatum moet een actuele kruinhoogte worden bepaald. Uit revisietekeningen van het waterkerende kunstwerk kan vervolgens de opgetreden zetting in de periode na aanleg bepaald kan worden. Hieruit kan een prognose voor de zetting tot aan de peildatum worden afgeleid.

Voor kunstwerken die stap 1 niet met een positief resultaat doorlopen wordt de toetsing vervolgd met stap 2.

Stap 2.1 Eenvoudige toetsing overslagdebiet

Bij de uitwerking op het eenvoudige niveau wordt het optredende golfoverslagdebiet q dat behoort bij de kruinhoogte h_{kr} voor waterkerende kunstwerken met een verticale wand afgeleid van de grafieken in bijlage 1. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een maatgevende windsnelheid van 16 m/s, onder voorwaarde dat de waterstand wordt gedomineerd door de afvoer. Indien niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, dient de windsnelheid met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de norm van de waterkering te worden gebruikt. Tevens wordt voor de strijklengte de grootst mogelijke waarde aangehouden die binnen het spectrum tussen $+42^\circ$ en -42° op de normaal over het waterkerend kunstwerk aanwezig is. Deze methode verwaarloost enkele gunstige aspecten, en is daarmee conservatief.

Bij complexe geometrie (samengesteld talud met verticale delen door aanwezigheid van een waterkerend kunstwerk) moeten eerst de hydraulische belastingen worden bepaald conform paragraaf 3.1 en 3.2, waarna met het programma PC-OVERSLAG het overslagdebiet berekend kan worden.

ConceptKenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

De kruinhoogte op peildatum (h_{kr}) voor deze stap kan worden bepaald door een actuele kruinhoogte te vergelijken met eerdere kruinhoogtemetingen dan wel aanleghoogte zoals afgeleid uit revisietekeningen. De beoordeling bestaat uit het toetsen aan de eis of het optredende overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/m/s.

Indien de eenvoudige methode resulteert in een overslagdebiet dat kleiner is dan 0,1 l/s/m dan wordt de toetsing voortgezet met een toetsing op de aanwezige kruinhoogtemarge (stap 4). Is dit niet het geval dan kan een gedetailleerde toets worden uitgevoerd (stap 2.2).

Stap 2.2 Gedetailleerde toetsing overslagdebiet

Het gedetailleerde niveau vergt berekening van de golfrandvoorwaarden, waarbij nauwkeurig rekening kan worden gehouden met specifieke kenmerken van de locatie. Mogelijkheden voor het inbrengen van meer gedetailleerde en meer op de specifieke situatie toegespitste gegevens zijn:

- Gedetailleerde bepaling van de verwachte kruindaling
- Gedetailleerde berekening van de golfoverslaghoogte, door het in rekening brengen van:
 - Nadere bepaling van de maatgevende windrichting (kan leiden tot een daling van de maatgevende windsnelheid)
 - Nadere bepaling van de strijklengte
 - Eventueel aanwezige gunstige kenmerken, zoals een vooroeverconstructie of een ruwe bekleding van het buitentalud

De beoordeling voor de gedetailleerde toets is gelijk aan de eenvoudige toets en bestaat uit het toetsen aan de eis of het optredende overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/m/s. Is dit zo dan volgt de score 'goed'. Is dit niet zo, dan moet beoordeeld worden of het optredende overslagdebiet kleiner of groter is dan 10 l/s/m.

Stap 3a Standzekerheid bij beperkte overslagdebieten

Bij een overslagdebiet tussen 0,1 en 10 l/m/s wordt alleen de standzekerheid van het waterkerende kunstwerk ten gevolg van golfoverslag getoetst. Hierbij geldt als aanvullende voorwaarde dat het waterkerende kunstwerk (kruin en binnentalud) als voldoende erosiebestendig moet zijn beoordeeld. Specifiek aandachtspunt bij 'droge' waterkerende kunstwerken (coupures en keermuren) is dat de gevolgen van afstromend water voor aanliggende grondlichamen moeten worden beoordeeld (stabiliteit bekleding). Voor de beoordeling van de bekleding wordt verwezen naar katern 8 van de VTV.

Stap 3b Standzekerheid en beheersmatige gevolgen bij grote overslag- en overloopdebieten

Bij grote overslag- en overloopdebieten moet niet alleen de standzekerheid van het waterkerend kunstwerk worden beoordeeld, maar ook of:

- Geen onaanvaardbare wateroverlast ontstaat in de polder
- Het kunstwerk en de directe omgeving hiervan voldoende begaanbaar is, indien deze voorwaarde (lokaal) vereist is

Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze stap wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.1 stap 3.2 en 3.3.

Stap 4 Toetsing aanwezige kruinhoogtemarge

In deze stap wordt berekend hoe groot de marge tussen Toetspeil + toeslagen en de kruinhoogte op de peildatum is. Als de marge tussen kruinhoogte en waterstand groter of gelijk aan 0,3 m is dan volgt de score 'voldoende'. Als de marge kleiner dan 0,3 m, is er mogelijk sprake van overgangssituatie tussen de faalmechanismen overloop en overslag. Het mechanisme overloop is veel gevaarlijker voor de veiligheid dan het mechanisme overslag en het overloop debiet is zeer gevoelig voor onnauwkeurigheden in de maatgevende waterstand. In die situatie is daarom zowel in geval 4a als 4b geavanceerde toetsing nodig om aan te tonen dat de veiligheid niet in gevaar wordt gebracht door de kans op overloop (stap 5a en 5b).

Stap 5: Geavanceerde beoordeling

Als er sprake is van een overgangssituatie tussen de faalmechanismen overloop en overslag, is geavanceerde toetsing nodig. Daarbij moet worden beschouwd in hoeverre de onzekerheden in de maatgevende waterstand worden afgedekt door de marge tussen kruinhoogte en Toetspeil + toeslagen. Indien uit de geavanceerde beoordeling volgt dat de veiligheid bedreigd wordt, is de score 'onvoldoende'.

5.5.4 Stabiliteit van constructie en grondlichaam

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer stabiliteit van constructie en grondlichaam wordt verwezen naar paragraaf 4.3.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door instabiliteit van constructie en grondlichaam is voor regionale rivierkeringen hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. De beoordeling dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 en de bijbehorende beschrijving in paragraaf 5.4.4.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor stabiliteit van constructie en grondlichaam van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale rivierkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar is niet anders dan de beoordeling voor stabiliteit van constructie en grondlichaam bij waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen. Daarom wordt volstaan met een verwijzing naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.2. Hierbij wordt opgemerkt dat voor waterkerende kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/100 wellicht nog ruimte kan worden gevonden in de toegepaste veiligheidsfactor. Hiervoor wordt verwezen naar het gestelde in paragraaf 5.4.4.

De beoordeling van de macrostabiliteit van het grondlichaam aansluitend op de constructie of het grondlichaam inclusief de constructie kan benodigd zijn. Hiervoor kan de beoordeling op de sporen Macrostabiliteit binnenwaarts en Macrostabiliteit buitenwaarts volgens de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02] paragraaf 6.3.6 en 6.3.7 worden gevolgd, met dien verstande dat ook belastingen in rekening moeten worden gebracht die via of vanuit de constructie op het grondlichaam worden afgedragen.

5.5.5 Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer sterkte van waterkerende constructieonderdelen wordt verwezen naar paragraaf 4.4.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door instabiliteit van waterkerende constructieonderdelen is voor regionale rivierkeringen hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. De beoordeling dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 en de bijbehorende beschrijving in paragraaf 5.4.5.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor stabiliteit van waterkerende constructieonderdelen van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale rivierkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar is niet anders dan de beoordeling voor stabiliteit van waterkerende constructieonderdelen bij waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen. Daarom wordt volstaan met een verwijzing naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.3. Hierbij wordt opgemerkt dat voor waterkerende kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/100 wellicht nog ruimte kan worden gevonden in de toegepaste betrouwbaarheidsindex. Hiervoor wordt verwezen naar het gestelde in paragraaf 5.4.5.

5.5.6 Piping en heave

Voor een beschrijving van het faalmechanisme piping en heave wordt verwezen naar paragraaf 4.5.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

De beoordeling van de kans op het bezwijken van het waterkerend kunstwerk door piping is voor regionale rivierkeringen hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. De beoordeling dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.1 en de bijbehorende beschrijving in paragraaf 5.4.6.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor piping en heave van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale rivierkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar is niet anders dan de beoordeling van piping en heave bij waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen. Daarom wordt volstaan met een verwijzing naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.4.

5.5.7 Stabiliteit voorland

Net als bij boezemwaterkeringen is bij waterkeringen langs regionale rivieren het beoordelingsspoor 'Stabiliteit voorland' zelden een relevant beoordelingsspoor. Voor de beoordeling van de stabiliteit van het voorland geldt voor waterkeringen langs regionale rivieren hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. Volstaan wordt daarom met een verwijzing naar paragraaf 5.4.7.

5.5.8 Betrouwbaarheid sluiting

Voor een beschrijving van het faalmechanisme betrouwbaarheid sluiting wordt verwezen naar paragraaf 4.7.

Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/10 en 1/30 per jaar

De beoordeling van de betrouwbaarheid van de sluiting dient te worden uitgevoerd conform het stroomschema in figuur 5.5. Hierbij wordt alleen de opmerking gemaakt dat in stap 2 van de toetsing de beoordeling van het aanvaarrisico hier wel onderdeel uitmaakt van de toetsing, dit in tegenstelling tot bij boezemwaterkeringen.

Indien hieraan niet wordt voldaan dan kan de toetsing worden vervolgd met een eenvoudige toetsing. Hiervoor wordt verwezen naar de eenvoudige toetsing in stap 0 voor waterkerende kunstwerken met een hogere veiligheidsnorm.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

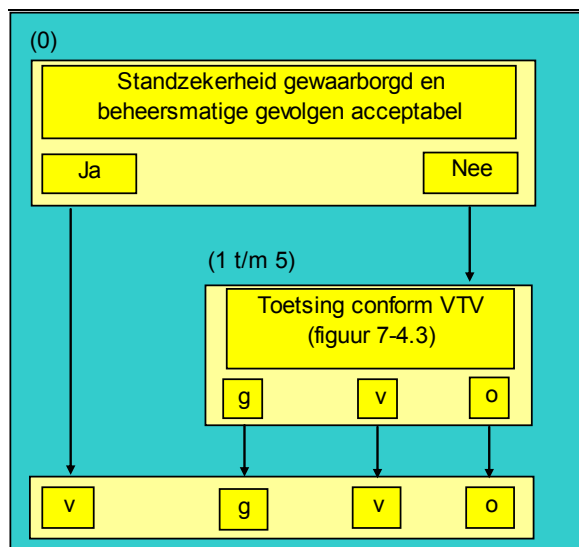
Beoordeling waterkerende kunstwerken met veiligheidsnorm 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

Het beoordelingsspoor voor de betrouwbaarheid van de sluiting van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een regionale waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar wordt beoordeeld volgens het stroomschema in figuur 5.8. Het schema begint met een eenvoudige toetsing van de standzekerheid en beheersmatige gevolgen van instroming bij waterkerende kunstwerken met een kleine doorlaatopening. Indien de eenvoudige toetsing geen oordeel 'voldoende' oplevert dan wordt de toetsing uitgevoerd conform het beoordelingsschema voor betrouwbaarheid sluiting uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007]. Voor een uitgebreide beschrijving van de bijbehorende stappen wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.3.

Stap 0 Toetsing op standzekerheid en beheersmatige gevolgen niet-sluiten

In deze stap wordt beoordeeld of het instromende debiet door het geopende waterkerende kunstwerk niet leidt tot onaanvaardbare gevolgen voor de stabiliteit van het waterkerende kunstwerk en het waterbezwaar in het achterliggende gebied. De toetsing op stabiliteit van het waterkerende kunstwerk bevat in hoofdzaak een toetsing of de achterliggende bodemverdediging nog steeds stabiel is onder de optredende belasting. Voorts moet beoordeeld worden of het instromende debiet gedurende de periode dat de hoge waterstand optreedt in het achterliggende watersysteem kan worden geborgen zonder dat dit leidt tot onaanvaardbare wateroverlast. Hierbij moet bedacht worden dat onder maatgevende omstandigheden op de rivier het achterliggende watersysteem doorgaans ook volledig gevuld is en dat onder deze omstandigheden de ruimte om extra water te bergen vaak niet groot is. Praktisch gezien betekent dit dat deze stap alleen mogelijkheden biedt als sprake is van een onderlaat met een zeer beperkte doorstroomopening.

Als zowel de standzekerheid is gewaarborgd en het instromende water niet leidt tot een onacceptabele beheerssituatie dan kan de score voldoende worden toegekend. Is dit niet het geval dan wordt de toetsing vervolgd conform de toetsing van primaire waterkeringen. Hiervoor wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], figuur 7-4.3.



Figuur 5.8 Beoordelingsschema voor de betrouwbaarheid van de sluiting (BS) van waterkerende kunstwerken in regionale rivierkeringen met een veiligheid van 1/100, 1/300 en 1/1000 per jaar

5.6 Voorlandkeringen en zomerkades

5.6.1 Beschrijving functies en kenmerken voorlandkeringen en zomerkades

Voorlandkeringen en zomerkades zijn waterkeringen die buitenwater keren, maar geen primaire waterkering zijn. Deze regionale waterkeringen bieden bescherming aan gebieden die zich buiten een dijkkringgebied bevinden. Buitendijkse gebieden komen in alle watersystemen voor, dus zowel langs de grote rivieren als het IJsselmeer/Markermeer en in het kustgebied van de Noord- en Waddenzee. Op dit moment werkt het Rijk aan nationaal beleid inzake deze buitendijkse gebieden. Dit maakt het lastig een eenduidig toetsingskader op te stellen.

5.6.2 Belastingen

De hydraulische belastingen kunnen worden bepaald volgens paragraaf 3.1, 3.2 en 3.3.

Ook voorlandkeringen en zomerkades hoeven in beginsel niet te worden getoetst ten aanzien van de situatie tijdens langdurige droge omstandigheden om dezelfde redenen als bij regionale rivierkeringen:

- Naar verwachting komen voorlandkeringen en zomerkades die voor een belangrijk deel uit veen bestaan weinig voor
- De samenhang tussen het optreden van hoogwater en het optreden van veel neerslag is in het algemeen sterk, waarmee het gelijktijdig optreden van hoogwater en het uitgedroogd zijn van de voorlandkering of zomerkade weinig waarschijnlijk is

Voorts moet bij de bepaling van de maatgevende windsnelheden rekening worden gehouden met het gestelde in paragraaf 6.2.2 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. Kortweg komt het hierop neer dat de maatgevende windsnelheid varieert tussen 12 en 15 m/s (afhankelijk van de windrichting) als de waterstand wordt gedomineerd door de afvoer. Indien niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, dan moet de windsnelheid met een overschrijdingsfrequentie gelijk aan de norm van de waterkering worden gebruikt.

5.6.3 Beoordeling waterkerende kunstwerken in voorlandkeringen en zomerkades

Omdat de aard van de belasting op voorlandkeringen en zomerkades hetzelfde is als op waterkeringen langs regionale rivieren wordt de beoordeling op dezelfde wijze uitgevoerd als bij regionale rivierkeringen. Voor een overzicht van de belangrijkste te volgen beoordelingssporen bij het toetsen van waterkerende kunstwerken in voorlandkeringen en zomerkades wordt daarom verwezen naar tabel 5.2. Voor de beoordeling zelf wordt verwezen naar paragraaf 5.5.3 tot en met 5.5.8.

5.7 Compartimenteringskeringen

5.7.1 Belastingen

De hydraulische belastingen kunnen worden bepaald volgens paragraaf 3.1, 3.2 en 3.3. Voor specifieke aspecten voor het bepalen van de maatgevende waterstanden voor compartimenteringskeringen wordt verwezen naar paragraaf 7.2 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02]. Twee elementen worden hieruit naar voren gehaald.

Ook compartimenteringskeringen hoeven niet te worden getoetst ten aanzien van de situatie tijdens langdurige droge omstandigheden. Een compartimenteringskering treedt in werking na het bezwijken van een primaire waterkering. Het lijkt uitgesloten dat een primaire waterkering bezwijkt ten gevolge van een periode met langdurige droogte. Voorts moet bij de bepaling van de maatgevende windsnelheden rekening worden gehouden met het gestelde in paragraaf 7.2.2 van de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02].

Tot slot geldt voor het merendeel van de compartimenteringskeringen dat er geen gebruik kan worden gemaakt van het concept van bewezen sterkte, omdat bij dit type regionale waterkering meestal geen ervaring is met het gedrag onder een bepaalde belasting. Daarom vervalt in de toetsing het onderscheid tussen de verschillende veiligheidsklassen van de compartimenteringskering waarin het waterkerend kunstwerk is opgenomen.

5.7.2 Overzicht beoordelingssporen waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen

De belangrijkste te volgen beoordelingssporen bij het toetsen van waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen zijn verzameld in tabel 5.3. Voor al deze beoordelingssporen geldt dat ze in beginsel alleen voor de hoogwatersituatie moeten worden uitgewerkt.

Tabel 5.3 Overzicht beoordelingssporen compartimenteringskeringen

Beoordelingsspoor	Veiligheids- klasse	Beoordelingsmethode		
		Eenvoudig	Gedetailleerd	Geavanceerd
Hoogte (HT)	1/10 – 1/1000	Methode STOWA (paragraaf 5.7.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.1)	n.v.t.
Stabiliteit constructie en grondlichaam (STCG)	1/10 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2), STOWA 2007-02 (paragraaf 6.3)	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.2) met nuancering veiligheidsklasse, STOWA 2007-02 (paragraaf 6.3)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Beoordelingsspoor	Veiligheids- klasse	Beoordelingsmethode		
		Eenvoudig	Gedetailleerd	Geavanceerd
Sterkte (waterkerende constructie-onderdelen (STCO))	1/10 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3)	methode VTV 2007 (katern 7-4.2.3) met nuancering veiligheidsklasse	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
Piping en heave (STPH)	1/10 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 7-4.2.4)	methode VTV 2007 (katern 7-4.2.4)	State of the art kennis (niet gedefinieerd)
Stabiliteit voorland (STVL)	1/10 – 1/1000	Methode VTV 2007 (katern 9)	methode VTV 2007 (katern 9)	Methode VTV 2007 (katern 9)
Betrouwbaarheid sluiting (BS)	1/10 – 1/1000	Draaiboek of automatische sluiting	Standzekerheid	n.v.t.

De beoordelingssporen resulteren in een (technisch) toetsoordeel, waarbij per faalmechanisme wordt vastgesteld of de veiligheid van het waterkerende kunstwerk voldoet of niet voldoet aan de norm. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is voor een toetsoordeel, kan de aanduiding 'geen oordeel' resulteren. In dergelijke gevallen dient de reden (de ontbrekende informatie) te worden gespecificeerd.

Opgemerkt wordt dat er nog geen vastgestelde richtlijn bestaat voor de toetsing van compartimenteringskeringen, en dat het naar verwachting nog tenminste enkele jaren duurt voordat een definitieve, gevalideerde methodiek hiervoor is vastgesteld. In paragraaf 6.2.3 wordt aangegeven wat dit mogelijk kan betekenen voor het vaststellen van het eindresultaat van de toetsing op basis van de methodiek die in onderstaande paragrafen wordt gepresenteerd.

5.7.3 Kerende hoogte

Voor een beschrijving van het faalmechanisme overlopen/overslag wordt verwezen naar paragraaf 4.2.

De hoogte van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een compartimenteringskering wordt op dezelfde wijze beoordeeld als een waterkerend kunstwerk in een regionale rivierkering met een veiligheid van 1/100 tot en met 1/1000 per jaar. De beoordeling volgt het stroomschema in figuur 5.7. Voor een beschrijving van de te nemen stappen wordt verwezen naar paragraaf 5.5.3. Onderstaand wordt, indien de te nemen stap daar aanleiding toe geeft, volstaan met het geven van een enkele aanvulling betreffende de te hanteren windsnelheid.

Stap 2.1 Eenvoudige toetsing overslagdebiet

Bij de uitwerking op het eenvoudige niveau wordt het optredende golfoverslagdebiet q dat behoort bij de kruinhoogte h_{kr} voor waterkerende kunstwerken met een verticale wand afgeleid

van de grafieken in bijlage 1. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de volgende maatgevende windsnelheid:

- Indien de normering gebaseerd is op een overstroming door een hoogwatersituatie die gecorreleerd is aan het optreden van een storm (met name keringen in het kust-, benedenrivieren- en grote merengebied), dan dient voor de maatgevend hoge windsnelheid te worden uitgegaan van:
 - Een windsnelheid overeenkomend met de normfrequentie van de voorliggende primaire waterkering, indien in het compartiment binnen een korte tijd (< 18 uur) de maatgevende waterstand ontstaat
 - Een maatgevende windsnelheid overeenkomend met de normfrequentie van de compartimenteringskering, indien in het compartiment niet binnen een korte tijd (dus na 18 uur) de maatgevende waterstand ontstaat
- Indien de normering niet is gebaseerd op een overstroming door een hoogwatersituatie die gecorreleerd is aan het optreden van een storm, dan dient te worden uitgegaan van een windsnelheid behorende bij normfrequentie van de compartimenteringskering

5.7.4 Stabiliteit van constructie en grondlichaam

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer stabiliteit van constructie en grondlichaam wordt verwezen naar paragraaf 4.3.

Het beoordelingsspoor voor stabiliteit van constructie en grondlichaam van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een compartimenteringskering volgt de beoordeling voor stabiliteit van constructie en grondlichaam bij waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen. Voor een beschrijving van de te nemen stappen wordt verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.1 en 4.2.2. Onderstaand worden per stap uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007] enkele nuanceringen gegeven.

Stap 1 Eenvoudige toetsing, beoordeling 'bewezen sterkte'

Opgemerkt wordt dat – zoals reeds eerder gesteld – het principe van bewezen sterkte bij compartimenteringskeringen niet of nauwelijks toepasbaar is. Operationele of onderhoudsomstandigheden zullen zelden of nooit leiden tot een maatgevende belastingsituatie.

Stap 2 Beoordeling ontwerp

In deze stap wordt nagegaan of de constructie op basis van vigerende leidraden en technische rapporten (met name NEN-normen (TGB), Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]) of gelijkwaardig is ontworpen en uitgevoerd en bovendien randvoorwaarden en condities niet zijn verslechterd.

ConceptKenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Indien deze stap niet met een positief antwoord doorlopen kan worden, moet in de volgende stappen nader onderzoek worden uitgevoerd. De toetsing wordt dan vervolgd met stap 3.

Stap 3 Gedetailleerde toetsing

In deze stap wordt een herberekening uitgevoerd conform de rekenregels en methodes in de vigerende leidraden en normen. Zie hiervoor met name de NEN-normen (TGB), de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003] en het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [TAW, 2001]. Indien de onderhoudstoestand en de actuele conditie van de constructie niet goed of onbekend is, dient van veilige aannamen op dit punt te worden uitgegaan, en is het soms weinig zinvol de toetsing voort te zetten. In dat geval dient eerst de conditie nader te worden onderzocht. Dit geldt met name voor historische kunstwerken, waarbij doorgaans alleen van de zichtbare constructieonderdelen de actuele conditie bekend is.

Ook bij waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen geldt dat voor kunstwerken met een veiligheidsnorm van 1/10, 1/30 en 1/100 wellicht nog ruimte kan worden gevonden in de toegepaste betrouwbaarheidsindex. Hiervoor wordt verwezen naar het gestelde in paragraaf 5.4.4.

De beoordeling van de macrostabiliteit van het grondlichaam aansluitend op het waterkerende kunstwerk of het grondlichaam inclusief het waterkerende kunstwerk kan benodigd zijn. Hiervoor kan de beoordeling op de sporen Macrostabiliteit binnenwaarts en Macrostabiliteit buitenwaarts volgens de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen [STOWA 2007-02] paragraaf 7.4.6 en 7.4.7 worden gevolgd, met dien verstande dat ook belastingen in rekening moeten worden gebracht die via of vanuit het waterkerende kunstwerk op het grondlichaam worden afgedragen.

Stap 4 Geavanceerde toetsing

In deze stap worden specialistische analyses uitgevoerd die zijn toegespitst op de specifieke situatie van het betreffende kunstwerk. Voor dit spoor kan bijvoorbeeld worden gedacht aan probabilistische berekeningen of (mits beargumenteerd) een andere verdeling van de faalkansruimte tussen de toetssporen worden toegepast dan in de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003].

5.7.5 Sterkte van waterkerende constructie-onderdelen

Voor een beschrijving van relevante faalmechanismen die vallen onder de noemer sterkte van waterkerende constructieonderdelen wordt verwezen naar paragraaf 4.4.

Het beoordelingsspoor voor stabiliteit van waterkerende constructieonderdelen van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een compartimenteringskering is niet anders dan de beoordeling voor stabiliteit van waterkerende constructieonderdelen bij waterkerende

kunstwerken in primaire waterkeringen. Daarom wordt volstaan met een verwijzing naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.3. Ook hierbij geldt de opmerking dat bij herberekening mogelijk een lagere veiligheidsklasse gehanteerd kan worden.

5.7.6 Piping en heave

Voor een beschrijving van het faalmechanisme piping en heave wordt verwezen naar paragraaf 4.5.

Het beoordelingsspoor piping en heave van waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van een compartimenteringskering is niet anders dan de beoordeling van piping en heave bij waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen. Daarom wordt volstaan met een verwijzing naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], katern 7 paragraaf 4.2.4.

5.7.7 Stabiliteit voorland

Bij droge compartimenteringskeringen is het beoordelingsspoor 'Stabiliteit voorland' geen relevant beoordelingsspoor. Voor de beoordeling van de stabiliteit van het voorland bij 'natte' compartimenteringskeringen geldt hetzelfde als voor boezemwaterkeringen. Volstaan wordt daarom met een verwijzing naar paragraaf 5.4.7.

5.7.8 Betrouwbaarheid sluiting

Voor een beschrijving van het faalmechanisme betrouwbaarheid sluiting wordt verwezen naar paragraaf 4.7.

Bij compartimenteringskeringen speelt de bijzondere situatie dat, als beoordeeld wordt conform de richtlijnen uit de Leidraad Kunstwerken, er veelal in het geheel geen eisen aan de betrouwbaarheid van de sluiting worden gesteld. Immers, de vereiste betrouwbaarheid bedraagt 0,1 maal de norm van de regionale waterkering. Bij compartimenteringskeringen met een norm van 1/10, 1/30 en 1/100 voldoet het waterkerend kunstwerk hier altijd aan, omdat het open keerpeil alleen wordt overschreden bij falen van de primaire waterkering. De overschrijdingsfrequentie van het open keerpeil is dus tenminste 1/1.250 of lager (bij primaire waterkeringen met een hogere veiligheidsnorm of een hoger gelegen open keerpeil) en hiermee in de meeste gevallen kleiner dan 0,1 maal de norm van de compartimenteringskering.

Daarom wordt voor compartimenteringskeringen een andere benadering voorgesteld, waarbij een voorwaardelijke betrouwbaarheid van de sluiting wordt geëist van 0,1 gegeven de noodzaak tot sluiting. Gezien het incidentele karakter van de sluiting worden eisen gesteld aan alle vier aspecten van de eenvoudige methode. De beoordeling volgt het stroomschema in figuur 5.9.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Stap 1 en 2

De beoordeling vindt plaats aan de hand van het eenvoudige criterium of de sluitingsprocedure automatisch gebeurt (stap 1) of is vastgelegd in een draaiboek (stap 2). Indien de hoogwatersluiting automatisch gebeurt (denk bijvoorbeeld aan opdrijfbare afsluitmiddelen) dan kan direct de score 'voldoende' worden toegekend onder voorwaarde dat tenminste jaarlijks wordt gecontroleerd of het automatische systeem nog werkt en of het afsluitmiddel nog functioneert. Is dit niet het geval dan moet voor het betreffende waterkerend kunstwerk een draaiboek aanwezig zijn. In dit draaiboek moet worden vastgelegd wanneer, door wie en op welke wijze het waterkerend kunstwerk gesloten wordt. Hierbij moet worden voldaan aan de eisen A2, B1 tot en met B6, C1 tot en met C8 en D3 tot en met D4 van de eenvoudige methode uit bijlage B3.3 van de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003]. Hierbij gelden de volgende opmerkingen:

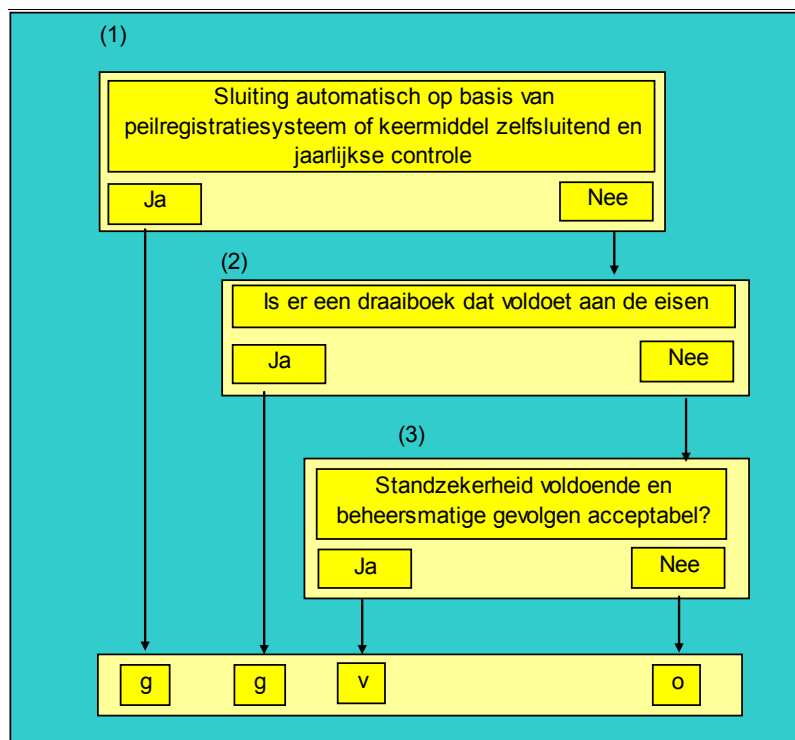
- Onderdeel B2: volstaan kan worden met alleen een terugmeldingssysteem
- Onderdeel C6: verlichting van het kunstwerk hoeft niet permanent aanwezig te zijn, als gebruik van hulpmiddelen noodzakelijk is moet dit wel zijn vastgelegd in de procedure voor sluiting
- Onderdeel D4: beoordeling van het aanvaarrisico speelt bij droge compartimenteringskeringen geen rol
- Gezien het zeer incidentele karakter van de belasting wordt een tweede onafhankelijke set afsluitmiddelen niet noodzakelijk geacht

Stap 3 Toetsing op standzekerheid en beheersmatige gevolgen niet-sluiten

In deze stap wordt beoordeeld of het instromende debiet door het geopende waterkerend kunstwerk niet leidt tot onaanvaardbare gevolgen voor de stabiliteit van het kunstwerk en het waterbezwaar in het achterliggende gebied. Als zowel de standzekerheid is gewaarborgd en het instromende water leidt niet tot een onacceptabele beheerssituatie dan kan de score voldoende worden toegekend. Is dit niet het geval dan volgt de score 'onvoldoende'.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05



Figuur 5.9 Beoordelingsschema voor de betrouwbaarheid van de sluiting (BS) van waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen

6 Omgaan met Toetsingsresultaten

6.1 Beheerdersoordeel

Naast het (technische) toetsspoor maakt het beheerdersoordeel over de veiligheid van het waterkerende kunstwerk deel uit van de veiligheidstoetsing. Hierbij beoordeelt de beheerder de veiligheid van een waterkerend kunstwerk ten aanzien van een faalmechanisme op grond van praktijkervaringen of kennis die niet wordt gebruikt in de toetssporen. Belangrijk aandachtspunt ten aanzien van praktijkervaringen is dat de waarnemingen zoveel mogelijk moeten zijn opgedaan tijdens extreme omstandigheden. Het spreekt voor zich dat dit voor waterkerende kunstwerken in boezemkaden met een lage veiligheidsnorm eenvoudiger is dan voor compartimenteringskeringen.

In beginsel dient de beheerder voor ieder waterkerend kunstwerk een oordeel op te stellen ten aanzien van elk faalmechanisme. Indien de beheerder instemt met het technische oordeel, kan eenvoudig worden volstaan met de vastlegging van deze constatering. Het is ook mogelijk dat de beheerder niet instemt met de technische score, bijvoorbeeld doordat:

1. Het waargenomen gedrag van het waterkerende kunstwerk niet overeenstemt met de technische score
2. Nieuwe inzichten of kennis ten aanzien de faalmechanismen en uitwerking van de beoordelingssporen zijn ontwikkeld

Ad.1: indien het gedrag niet overeenstemt, is dit in eerste instantie aanleiding voor nader onderzoek. Dit geldt zowel indien de beheerder de veiligheid gunstiger als ongunstiger dan de technische score beoordeelt. Als ook na nader onderzoek verschil bestaat tussen de technische score en het oordeel van de beheerder, dient het beheerdersoordeel goed te worden onderbouwd. Onderbouwing kan bijvoorbeeld door beschrijving van:

- De vermoedelijke oorzaak van het verschil
- Zo kwantitatief als redelijkerwijs mogelijk de waarneming waarop het oordeel is gebaseerd, inclusief een indicatie van de omvang van de belastingsituatie waarbij de waarneming is gedaan.

Ad.2: In een situatie met nieuw ontwikkelde kennis of inzichten dient de resulterende score te zijn gerapporteerd als beheerdersoordeel, ook als de beoordeling is uitgevoerd na aanpassing (door de beheerder of ingeschakelde adviseur) van het beoordelingsspoor op basis van de nieuwe kennis of inzichten. Een situatie met nieuw ontwikkelde kennis is met name denkbaar ten aanzien van de beoordeling van waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen.

Tenslotte is het denkbaar dat op basis van een toetsspoor niet tot een technische score kan worden gekomen, bijvoorbeeld doordat onvoldoende informatie aanwezig is en/of het beoordelingsspoor onvoldoende aansluit op de betreffende situatie. In een dergelijke situatie is het nuttig te beschikken over een beheerdersoordeel.

Opgemerkt wordt dat het opstellen van een beheerdersoordeel primair de verantwoordelijkheid van de beheerder zelf is. Het staat de beheerder dan ook vrij dit oordeel naar eigen inzicht op te stellen met een goede onderbouwing van het gekozen oordeel. De eisen aan de wijze van onderbouwing van het beheerdersoordeel dient de beheerder in overleg met de provincie vast te stellen. Hierbij kan het document 'Nadere uitwerking beheerdersoordeel' (aanvulling op het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 [TAW, 2007], te vinden op www.helpdeskwater.nl) als richtlijn dienen.

Belangrijk nut van het beheerdersoordeel is tenslotte het opsporen van mogelijke tekortkomingen in de verschillende beoordelingssporen, zowel ten aanzien van de toepasbaarheid als de uitkomsten.

6.2 Vaststellen eindresultaat

6.2.1 Afweging tussen technische score en beheerdersoordeel

De beoordeling van de veiligheid van het waterkerende kunstwerk resulteert per faalmechanisme in een technische score en het oordeel van de beheerder. De eindscore wordt opgesteld door een combinatie van beide oordelen. Hierbij zijn de volgende situaties denkbaar:

1. Een technische score is niet toegekend
2. De oordelen komen overeen
3. De oordelen komen niet overeen

Ad.1: indien op basis van een toetsspoor niet tot een technische score kan worden gekomen doordat onvoldoende informatie aanwezig is (de technische score 'geen oordeel') wordt de eindscore opgesteld op basis van het beheerdersoordeel.

Ad.2: idealiter komen de oordelen overeen, zonodig nadat eerst nader onderzoek is uitgevoerd vanwege een aanvankelijk verschil tussen beide oordelen. De eindscore is dan gelijk aan het gezamenlijke oordeel.

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Ad.3: indien de oordelen niet overeenkomen dient een afweging te worden gemaakt. Deze afweging is complex. Uitgangspunt bij de afweging is een voorzichtige benadering, dit houdt in dat in eerste instantie:

- De technische score als eindoordeel wordt toegekend indien geen onvolkomenheden in het toetsspoor worden aangetoond
- Het beheerdersoordeel als eindoordeel wordt toegekend indien waarnemingen, nieuwe inzichten of ontwikkelde kennis duiden op een ongunstiger beeld van de veiligheid dan de technische score

Indien het beheerdersoordeel een betere score kent dan de technische score, is toekenning van het beheerdersoordeel als eindscore niet onmogelijk. Dit kan bijvoorbeeld indien het gunstiger oordeel op basis van waarnemingen, nieuwe inzichten of ontwikkelde kennis kan worden onderbouwd. Overigens, ook als het beheerdersoordeel een minder gunstige score kent dan het technische oordeel dient het beheerdersoordeel onderbouwd te worden.

De afweging wordt uitgevoerd door de waterkeringbeheerder zelf. Bij keuze voor een gunstiger beheerdersoordeel is het van belang dat de oorzaak van het verschil en de afweging voldoende worden onderbouwd en inzichtelijk worden gerapporteerd. Als onderdeel van de integrale beoordeling van de rapportage van de toets op veiligheid beoordeelt de provincie tevens deze afweging. Het staat de provincie daarbij vrij, al of niet na overleg, een afwijkende conclusie te trekken.

6.2.2 Veiligheid op gebiedsniveau

Op basis van de scores van alle toetssporen wordt per waterkerend kunstwerk een eindoordeel over de veiligheid opgesteld. Dit eindoordeel betreft de laagste score van een van de toetssporen. Een waterkerend kunstwerk voldoet aan de toetscriteria indien geen van de toetssporen resulteert in de eindscore 'onvoldoende' of 'geen oordeel'. De veiligheid van het waterkerende kunstwerk voldoet dan aan de norm. Indien een van de toetssporen, zonedig inclusief het beheerdersoordeel, resulteert in de score 'onvoldoende' of 'geen oordeel', dan voldoet de veiligheid van het waterkerende kunstwerk niet of nog niet aantoonbaar aan de norm.

De veiligheid van een gebied (bijvoorbeeld een polder of een compartiment) voldoet geheel aan de norm indien alle dijkvakken rondom het gebied (= alle boezemkaden of alle compartimenteringskeringen) inclusief alle waterkerende kunstwerken die in de betreffende dijkvakken liggen voldoen aan de norm. De veiligheid van het gebied voldoet niet aan de norm indien een van de dijkvakken of een van de waterkerende kunstwerken niet aan de norm voldoet.

6.2.3 Status en waardering van de beoordeling van compartimenteringskeringen

Zoals eerder al aangegeven zijn de gepresenteerde uitgangspunten voor de toetsingsmethode voor de faalmechanismen stabiliteit (van constructie en grondlichaam en waterkerende

constructieonderdelen) alsmede betrouwbaarheid sluiting gebaseerd op een pragmatische benadering. Er bestaat nog geen vastgestelde richtlijn voor de toetsing van deze mechanismen bij compartimenteringskeringen. Het duurt naar verwachting tenminste enkele jaren voordat een definitieve, gevalideerde methodiek of rekenregel voor de beoordeling van compartimenteringskeringen is vastgesteld. Om toch een (voorlopig) beeld te verkrijgen over de veiligheid van compartimenteringskeringen is besloten de toetsing hiervan wel in deze versie van de Leidraad op te nemen. Hierbij geldt het bereikte toetsoordeel als een 'voorlopig' oordeel. Indien de nog vast te stellen richtlijnen uiteindelijk afwijken van de hier gepresenteerde pragmatische benadering dan resulteert een toekomstige toetsing mogelijk in een verandering van het oordeel. Hierbij is het dus niet uitgesloten dat een waterkerend kunstwerk in een compartimenteringskering waarvan de veiligheid volgens het voorlopige toetsoordeel wel voldoet aan de norm, uiteindelijk niet aan de norm kan blijken te voldoen.

6.3 Maatregelen op grond van toetsresultaten

In geval van een 'onvoldoende' toetsresultaat moet de beheerder verbetermaatregelen treffen om de veiligheid van het betreffende waterkerend kunstwerk weer op het vereiste niveau te brengen. Deze verbetermaatregelen kunnen bestaan uit fysieke ingrepen om de sterkte van het waterkerend kunstwerk te vergroten, maar ook uit maatregelen om de belasting te verlagen.

Ten aanzien van de fysieke verbetermaatregelen kan gedacht worden aan:

- Kerende hoogte:
 - Verhogen van de afsluitmiddelen
 - Vergroten van het toelaatbaar overslag- of overloopdebiet, bijvoorbeeld door verzwaren van bodemverdediging of versterken van taludbekleding
- Piping en heave:
 - Vergroten van de horizontale kwelweg, bijvoorbeeld door het aanbrengen van een gesloten bodemverdediging of betonvloer aansluitend op het waterkerend kunstwerk
 - Vergroten van de verticale kwelweg door het aanbrengen van erosieschermen
 - Gecontroleerde uitstroom door het aanbrengen van een filterconstructie aan de benedenstroomse zijde van het waterkerende kunstwerk
- Stabiliteit constructie en grondlichaam:
 - Reparatie en constructief herstel van dragende delen
 - Vervanging/verlenging van damwanden
- Sterkte van waterkerende constructieonderdelen:
 - Versterken of vervangen van afsluitmiddelen en/of waterkerende constructiedelen

ConceptKenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

- Betrouwbaarheid sluiting:
 - Vastleggen processen in procedures
 - Aanscherpen van reeds bestaande procedures
 - Automatisering van sluitingsproces
 - Realiseren extra aandrijfmiddel
 - Aanbrengen extra afsluitmiddel

Voor het ontwerp van fysieke verbetermaatregelen wordt verwezen naar het deel Ontwerp van deze leidraad.

In het geval van waterkerende kunstwerken in regionale waterkeringen van de typen boezemwaterkeringen en (soms) regionale rivierkeringen kan een verbetermaatregel ook worden ingevuld door het verlagen van de maatgevende belasting. De hydraulische belasting kan worden verlaagd door ingrepen in het watersysteem, zoals:

- Compartimentering van de boezem
- Het afleiden of overlaten van afvoergolven
- Een wijziging van het peil van de maalstop
- Het vergroten van de bergingscapaciteit
- Het vergroten van de bemalingscapaciteit

Bij individuele kunstwerken is dit echter zelden een haalbare oplossing, omdat de verbetering van een waterkerend kunstwerk doorgaans met relatief beperkte middelen (ten opzichte van een verbetering van de regionale waterkering) mogelijk is. De haalbaarheid van een ingreep in het watersysteem neemt toe als op deze wijze voorkomen kan worden dat meerdere kunstwerken moeten worden verbeterd.

Bij waterkerende kunstwerken in compartimenteringskeringen, zomerkaden en voorlandkeringen wordt de belasting bepaald door de belasting door buitenwater. Een verlaging van de belasting door een ingreep in het watersysteem is hierdoor niet mogelijk.

6.4 Rapportage van de veiligheidstoetsing

6.4.1 Rapportage aan GS

De waterkeringbeheerder dient de resultaten van de veiligheidstoetsing van de regionale keringen, op basis van de Leidraad voor het Toetsen van de Veiligheid van regionale keringen [STOWA 2007-02], te rapporteren aan Gedeputeerde Staten van de provincie. In de Leidraad voor het Toetsen van de Veiligheid van regionale keringen [STOWA 2007-02] is hiervoor een format opgenomen, waarin tevens de presentatie van de resultaten van de veiligheidstoetsing van de inliggende waterkerende kunstwerken is opgenomen. Gedeputeerde Staten bepalen voor

de verschillende regionale waterkeringen het tijdstip waarop het rapport over de veiligheid moet worden ingediend.

De algemene doelstelling van het rapport is het bieden van inzicht in de veiligheid van de regionale waterkeringen en de planning van groot onderhoud en eventuele verbeteringsmaatregelen. De toetsing van de waterkerende kunstwerken dient onderdeel te zijn van deze rapportage. Indien de beoordeling van de veiligheid daartoe aanleiding geeft, dient het verslag tevens een omschrijving te bevatten van de verbeteringen die nodig worden geacht, inclusief een termijn waarop deze verbeteringen getroffen zullen zijn. Om de rapportage door de verschillende waterkeringbeheerders te uniformeren, zijn onderstaand enkele wensen ten aanzien van de inhoud van dit rapport geformuleerd:

- a) Kaarten met het toetsresultaat per waterkerend kunstwerk en vermelding van het (de) kritieke faalmechanisme (n)
- b) Tabel met de kunstwerken (nummer en/of naam), het toetsresultaat en toetsjaar, en zonodig de planning van het groot onderhoud, eventuele verbeteringswerken of reden waarom niet tot een eindoordeel is gekomen
- c) Voor kunstwerken met de technische eindscore 'geen oordeel' geeft de beheerder aan om welke redenen niet tot een oordeel kan worden gekomen, en welk onderzoek wordt uitgevoerd om de veiligheid alsnog te kunnen toetsen
- d) Het beheerdersoordeel dient goed te zijn onderbouwd, speciaal wanneer dit afwijkt van de technische score
- e) Toelichtende tekst

Een belangrijke meerwaarde van de kaarten is dat een geografisch inzicht wordt verkregen in de veiligheid van de waterkerende kunstwerken in de regionale waterkeringen en het kritieke faalmechanisme voor een specifiek waterkerend kunstwerk. Deze meerwaarde geldt tevens voor de (reguliere) inspectie van de kunstwerken, dankzij dit inzicht in kritieke faalmechanismen kan gericht op de bijbehorende faalverschijnselen worden geïnspecteerd.

6.4.2 Beoordelingsrapport op kunstwerkniveau

Aanbevolen wordt per waterkerend kunstwerk een document op te stellen waarin het toetsoordeel wordt onderbouwd. Uiteraard kunnen deze documenten op dijkvak- of dijkkringniveau worden gebundeld (zie paragraaf 6.4.1). Om de rapportage door de verschillende waterkeringbeheerders te uniformeren, zijn onderstaand enkele wensen ten aanzien van de inhoud van dit rapport geformuleerd:

- a) Algemene beschrijving van het waterkerend kunstwerk, met hierin tenminste opgenomen de volgende items:
 - Beschrijving van de functies van het waterkerend kunstwerk
 - Kaart waarop de ligging van het waterkerend kunstwerk te zien is

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

-
- Dwarsdoorsnede over het waterkerend kunstwerk
 - Beschrijving van de kerende middelen
 - Omschrijving van het gebruik en de bediening van met name de kerende middelen van het waterkerend kunstwerk
 - Beschrijving van de maatgevende belastingsituatie per faalmechanisme en het kritieke faalmechanisme
 - Beschrijving van de ondergrond ter plaatse van het waterkerend kunstwerk
 - Beschrijving van de ervaringen met het gebruik en de bediening van het waterkerend kunstwerk
- b) Onderbouwing van de toetsscores per toetsspoor
- c) Samenvattende tabel met het toetsresultaat en toetsjaar, en zonodig de planning van het groot onderhoud, eventuele verbeteringswerken of reden waarom niet tot een eindoordeel is gekomen
- d) Voor toetssporen met de technische eindscore 'geen oordeel' geeft de beheerder aan om welke redenen niet tot een oordeel kan worden gekomen, en welk onderzoek wordt uitgevoerd om de veiligheid alsnog te kunnen toetsen
- e) Het beheerdersoordeel dient goed te zijn onderbouwd, speciaal wanneer dit afwijkt van de technische score

De onderdelen c, d en e worden zodanig opgesteld dat ze kunnen worden overgenomen in het samenvattende toetsrapport dat aan Gedeputeerde Staten van de provincie wordt aangeboden.

Voorts wordt aanbevolen de informatie die gaandeweg de toetsing wordt verzameld en gebruikt te ordenen en op te slaan als een achtergronddocument bij het toetsrapport. Tevens dient de informatie te worden verwerkt in het beheerregister. Dit voorkomt dat bij een volgende toetsing opnieuw de zoektocht naar beschikbare informatie moet worden opgestart en reduceert de toetsinspanning aanzienlijk.

Literatuur

- [1] Leidraad Kunstwerken, TAW, 2003
- [2] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen, STOWA 2007-02
- [3] Voorschrift Toetsen op veiligheid Primaire Waterkeringen, ENW, 2007
- [4] Visie op regionale waterkeringen, Unie van Waterschappen, 2004
- [5] Normering Keringen langs regionale rivieren, STOWA 2008-04
- [6] Normeren Compartimenteringskeringen, STOWA 2007-03
- [7] IPO-richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden, IPO, 1999
- [8] Historische Kunstwerken, STOWA 2006-03
- [9] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, STOWA 2009-06
- [10] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Waterkeringen langs regionale rivieren, STOWA 2009-07
- [11] Handleidingen voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen, STOWA 2000-06
- [12] Handleidingen voor beplanting op en nabij boezemkaden, STOWA 2000-05
- [13] Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondrapport, STOWA 2000-04
- [14] Aanvullingen op de rapportages beplanting op en nabij waterkeringen, STOWA 2002-20
- [15] Toepassing handreikingen beplanting op en nabij waterkeringen, STOWA 2002-19
- [16] Leidraad Rivieren, ENW, 2007
- [17] Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied, ENW, 2007
- [18] Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies, TAW, 2001

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

- [19] Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, TAW, 1999
- [20] Basisrapport Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies, TAW, 1997
- [21] The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), CUR/CIRIA, 2007
- [22] Handboek Ontwerp van Schutsluizen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2000
- [23] CUR-publicatie 201 Natuurvriendelijke oevers: Belasting en sterkte, stichting CUR, 1999
- [24] CUR-publicatie 197 Breuksteen in de Praktijk – Deel 2: dimensionering van constructies in binnenwateren, stichting CUR, 2000
- [25] UAV-GC 2005, CROW, februari 2005
- [26] Het Geïntegreerd Samenwerkingsconcept gezien vanuit het contractueel kader, CROW, december 2004
- [27] UAVgc: ruim baan voor innovatieve contracten, CROW, november 2004

Begrippenlijst

Aanleghoogte	Kerende hoogte van de constructie onmiddellijk na het gereedkomen ervan
Beheer	Het geheel van activiteiten dat noodzakelijk is om te waarborgen dat de functies van de waterkering blijven voldoen aan de daarvoor vastgestelde eisen en normen
Beheersregister	Documenten waarin de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie en de feitelijke toestand van de (primaire) waterkering nader zijn omschreven
Betrouwbaarheid	Het vermogen een functie te vervullen in een bepaalde omgeving gedurende een van tevoren bepaalde periode, belastingswisselingen of gebeurtenissen
Bevoegd gezag	De overheidsinstantie die bevoegd is het MER-plichtige besluit te nemen (bij dijkversterking de provincie)
Bezwijken	Het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen van een constructie zodanig dat de samenhang daarvan verloren gaat
Bezwijkmechanisme	De wijze waarop een constructie bezwijkt (bijvoorbeeld breuk, piping)
Bijzondere waterkerende constructie	Waterkerende constructie die niet geheel of geheel niet uit grond is opgebouwd zoals dijkmuur, kistdammen en damwanden
Commissie MER	Onafhankelijke commissie die het bevoegd gezag adviseert over de richtlijnen voor een op te stellen MER en die een opgesteld MER toetst op juistheid en volledigheid
Coupure	Onderbreking in de waterkering voor de doorgang naar de stad of veerpont of de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge standen afsluitbaar is
Dijkkringgebied	Gebied dat door een stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, beveiligd moet zijn tegen overstroming, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoog oppervlaktewater van een van de grote rivieren, bij hoogwater van het IJsselmeer of een combinatie daarvan

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Dijktafelhoogte	De minimaal vereiste kruinhoogte van de (gesloten) kerende constructie tijdens de planperiode
Falen	Het niet meer vervullen van de functie, ofwel het overschrijden van een grenstoestand. Onderscheid wordt gemaakt in uiterste grenstoestanden (leidend tot overstroming) en bruikbaarheidsgrenstoestanden (leidend tot overlast en schade, maar nog niet tot overstroming)
Golfoverslag	Hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseenheid over de waterkering slaat
Kerende Hoogte	De daadwerkelijke, momentane hoogte van het gesloten kunstwerk. De minimaal vereiste kerende hoogte is gelijk aan het MHW vermeerderd met de op dat moment minimaal vereiste waakhoogte
Kruin	Het hoogste punt van de waterkerende constructie
Kwel	Het uittreden van grondwater onder invloed van een waterstandsverschil over een kering
Legger	Document waarin is omschreven waaraan de waterkering moet voldoen naar richting, vorm, afmeting en constructie en waarin de keurbegrenzings worden weergegeven
MER	Milieueffectrapport
Maatgevende Hoogwaterstand	(MHW) Ontwerppeil volgens de norm van art. 3.2 van de Wet op de waterkering c.q. de waterstand die als uitgangspunt wordt genomen voor het ontwerpen van primaire waterkeringen
NAP	Normaal Amsterdams Peil. Hoogte ten opzichte van het 'Amsterdams Peil', de gemiddelde zomervloedstand van het IJ voor Amsterdam toen dit nog in vrije verbinding stond met de Zuiderzee
Normfrequentie of norm	Overschrijdingsfrequentie van Maatgevend Hoogwater. Deze is per dijkkring vastgelegd in de Wet op de waterkering (per december 2009 Waterwet)

Onderhoud	Het geheel van activiteiten die tot doel hebben een object in een technische staat te houden of terug te brengen, die nodig wordt geacht voor de door het object te vervullen functie(s)
Open keerhoogte	De kerende hoogte van een waterkering met beweegbare afsluitmiddelen bij open afsluitmiddel, danwel de kerende hoogte van de kaden langs het achterliggende (binnen)watersysteem wanneer dit bij open afsluitmiddel in directe verbinding staat met het buitenwater
Open keerpeil	Buitenwaterstand welke bij open afsluitmiddel nog juist niet tot een ontoelaatbaar instromend volume buitenwater leidt
Overbelasting	Treedt op als het geldende overslagcriterium (maximaal toelaatbaar debiet over de kering) wordt overschreden
Overlopen	Het verschijnsel waarbij water over de kruin van het kunstwerk het achterland in loopt omdat de waterstand in de rivier hoger is dan de kruin
Overschrijdings-frequentie	Gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt en overschrijdt
Piping	Het verschijnsel dat onder een waterkering een holle pijpvormige ruimte ontstaat doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt
Planperiode	Periode (voor waterkerende constructies meestal 100 jaar) waarvoor de voorziene wijzigingen in omstandigheden worden meegenomen in het ontwerp van een waterkering
Primaire waterkering	Waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkkringgebied omsluit, ofwel voor een dijkkringgebied is gelegen
Significante golfhoogte	Gemiddelde van de hoogste 33 % van de golven in een golfveld
Waakhoogte	De actuele hoogte van een kruin van een waterkering boven het MHW

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

**Waterkerende
kunstwerken**

Kunstwerken, die onderdeel uitmaken van een waterkering of de waterkering vervangen, maar worden gemaakt ten behoeve van een andere (utilitaire) functie, die de waterkering kruist (zoals schutten en spuien)

Zetting

Daling van het maaiveld, hoofdzakelijk ten gevolge van een bovenbelasting

Concept

Kenmerk R003-4609864BVB-mdg-V05

Bijlage

1

Grafieken ter bepaling van golfoverslaghoogte

Introductie

Ten behoeve van de toetsing is een aantal grafieken ontwikkeld waaruit de benodigde golfoverslaghoogte voor een waterkerend kunstwerk met een verticale wand eenvoudig kan worden afgeleid. De grafieken zijn samengesteld voor een aantal realistische combinaties van de relevante kenmerken, zoals weergegeven in onderstaande tabel. Deze bijlage presenteert de grafieken, evenals de gehanteerde uitgangspunten bij de samenstelling en enkele voorwaarden bij het gebruik daarvan.

Tabel Parameters voor bepaling van de overslaghoogte

Variabele	Symbool	Beschouwde variatie
Het overslagdebiet	Q	0,1 en 10 l/m/s
De maatgevende windsnelheid	u	12 t/m 16, 22, 24, 26, 28, 30 en 32 m/s
De waterdiepte	D	2, 3, 4, 5, 7,5 en 10 m
De breedte van de boezem	B	variërend van 10 tot 5000 m

Iedere grafiek presenteert steeds de golfoverslaghoogte voor een combinatie van een overslagdebiet van 0,1 l/m/s of 10 l/m/s en een maatgevende windsnelheid. Aldus zijn in totaal 22 grafieken samengesteld. In de grafiek is de benodigde golfoverslaghoogte uitgezet tegen de breedte van de boezem, voor verschillende combinaties van de waterdiepte. De verschillende lijnen in de grafiek betreffen de waterdiepte (D2, D3, enzovoorts).

Uitgangspunten

Bij de ontwikkeling van de grafieken zijn ten aanzien van de beschouwde variabelen de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

Overslagdebiet

Beschouwd is een toelaatbaar overslagdebiet van 0,1 en 10 l/m/s. Voor een groter overslagdebiet is een geavanceerde beoordeling benodigd, waarbij rekening wordt gehouden met de standzekerheid van het waterkerend kunstwerk, stabiliteit van eventuele achterliggende bodembescherming, eventuele toegankelijkheid van het kunstwerk voor (nood-) maatregelen en de overlast voor de polder. Het overslagdebiet is berekend volgens de formules in bijlage B2.4 van de Leidraad Kunstwerken [TAW, 2003].

Windsnelheid

De grafieken houden geen rekening met de ligging van de kade ten opzichte van de windrichtingen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een maatgevende windsnelheid, die waait vanuit alle windrichtingen. Met de specifieke verdeling van de maatgevende windsnelheden over de verschillende windrichtingen is geen rekening gehouden.

Waterdiepte

De waterdiepte betreft de waterdiepte, zoals die tijdens de toetssituatie optreedt. Met totale waterdiepte wordt bedoeld het verschil tussen de waterbodem en het toetspeil, dus inclusief de lokale toeslagen. De waterdiepte is aangegeven met een hoofdletter D aan de rechterzijde van de grafieken, het getal geeft de waterdiepte aan (dus D2 = waterdiepte 2 meter).

Strijklengte en breedte van het water

Bij de berekeningen is een breedte van het water beschouwd variërend van 10 tot 5000 meter. De bijbehorende strijklengte vanuit verschillende invalshoeken is berekend op basis van het uitgangspunt van een rechte boezem, kanaal of regionale rivier, waarbij de keringen evenwijdig aan elkaar lopen. De strijklengte is berekend volgens bijlage E van het Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied [ENW, 2007].

Invloed scheve golfaanval

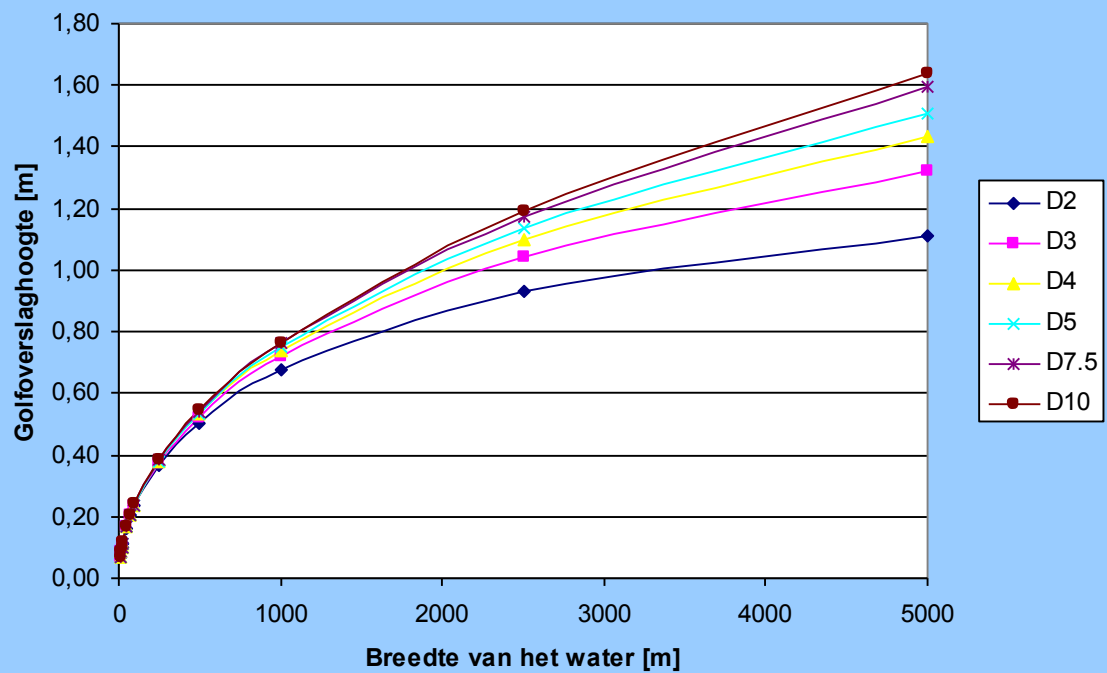
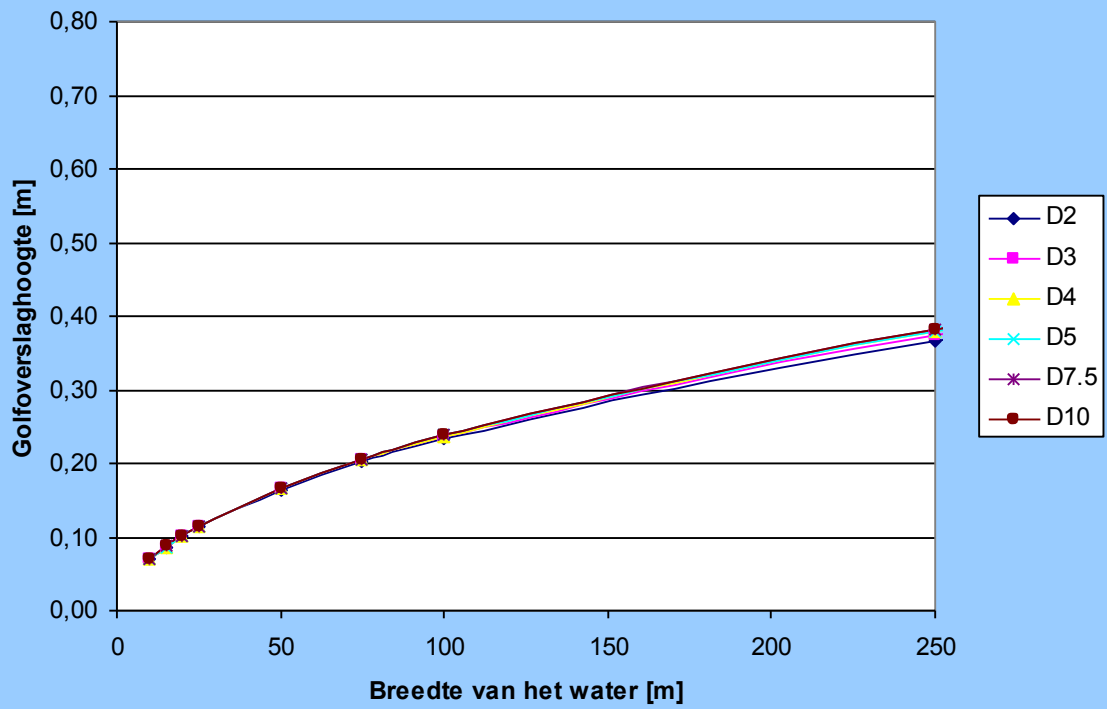
De grootste golfaanval wordt gevonden bij loodrechte golfaanval. Het is echter mogelijk dat de maatgevende situatie golven oplevert die onder een scheve hoek de constructie aanvallen. Hier is bij het opstellen van de grafieken geen rekening mee gehouden. De Leidraad Kunstwerken geeft richtlijnen voor situaties waar scheve golfaanval maatgevend is.

Reductie golfoverslaghoogte door neusconstructie

Een kunstwerk met een neus kan de golfoverslag aanzienlijk reduceren. Uitgangspunt bij het opstellen van de grafieken is dat er geen neus aanwezig is. De Leidraad Kunstwerken geeft richtlijnen voor situaties waar wel een neus aanwezig is.

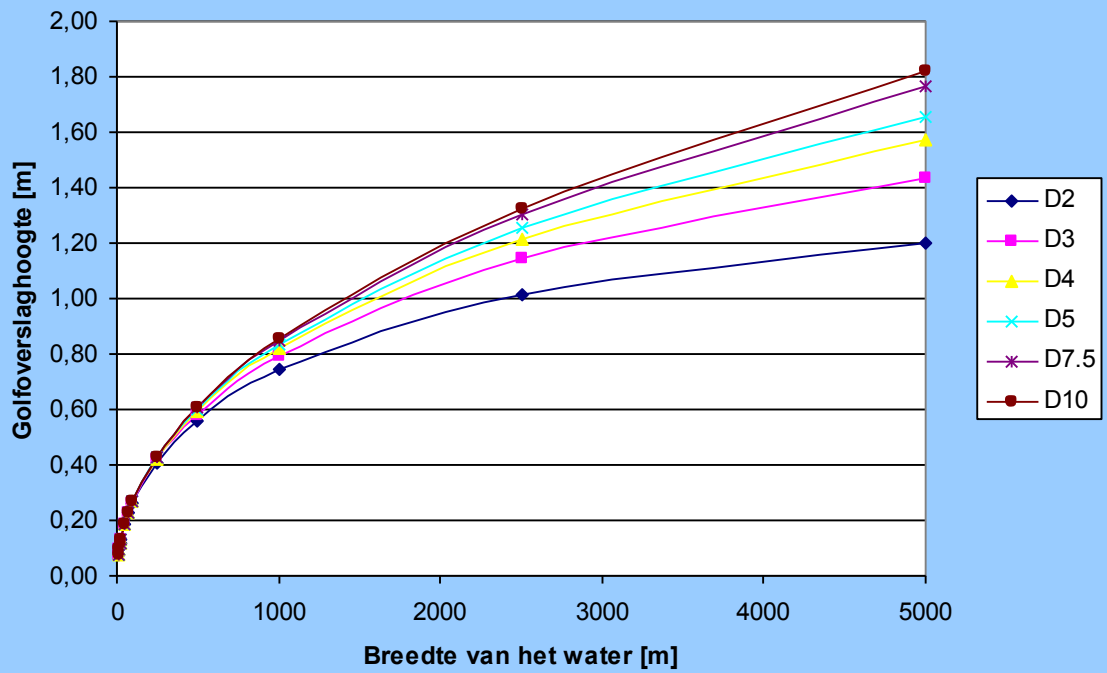
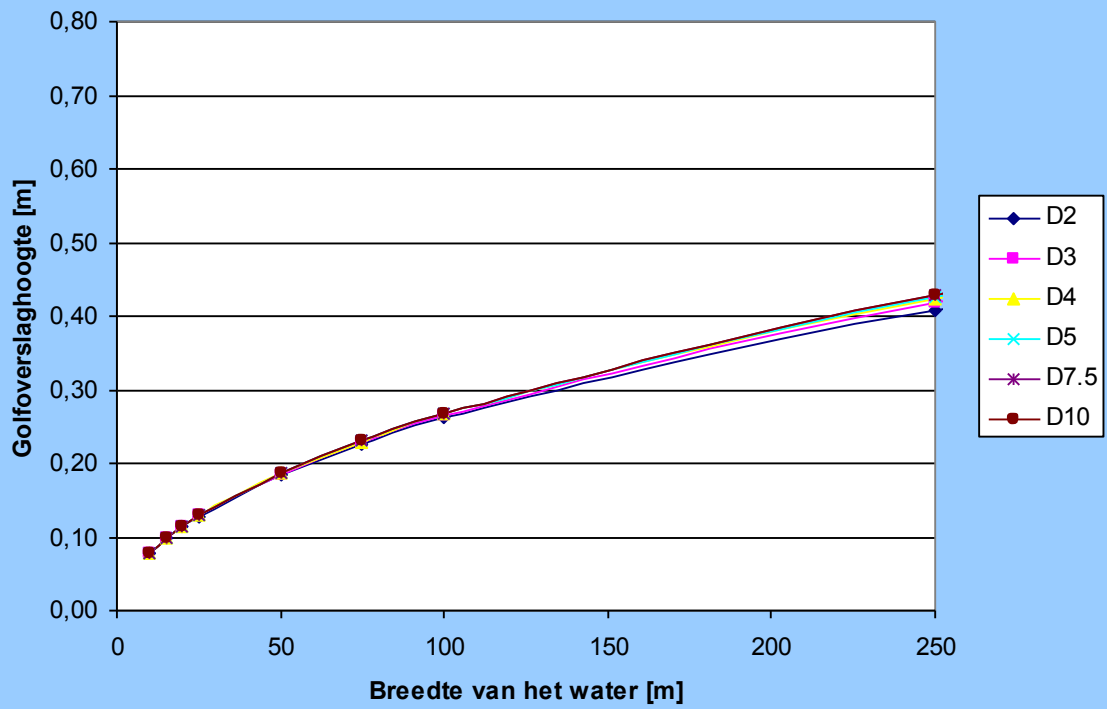
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=12 \text{ m/s}$



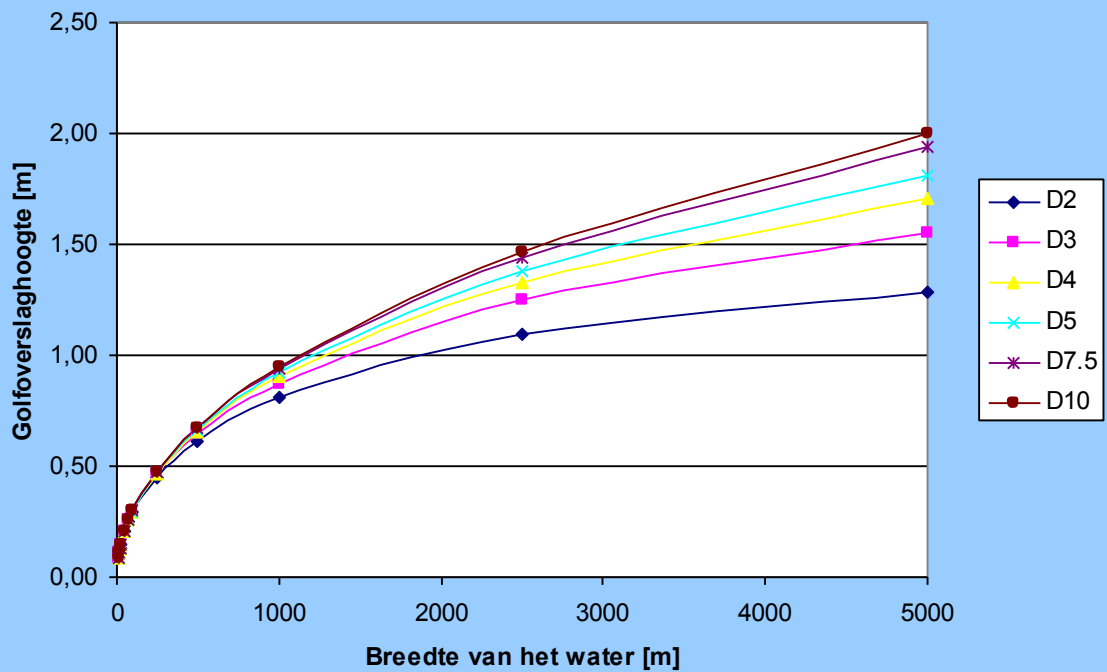
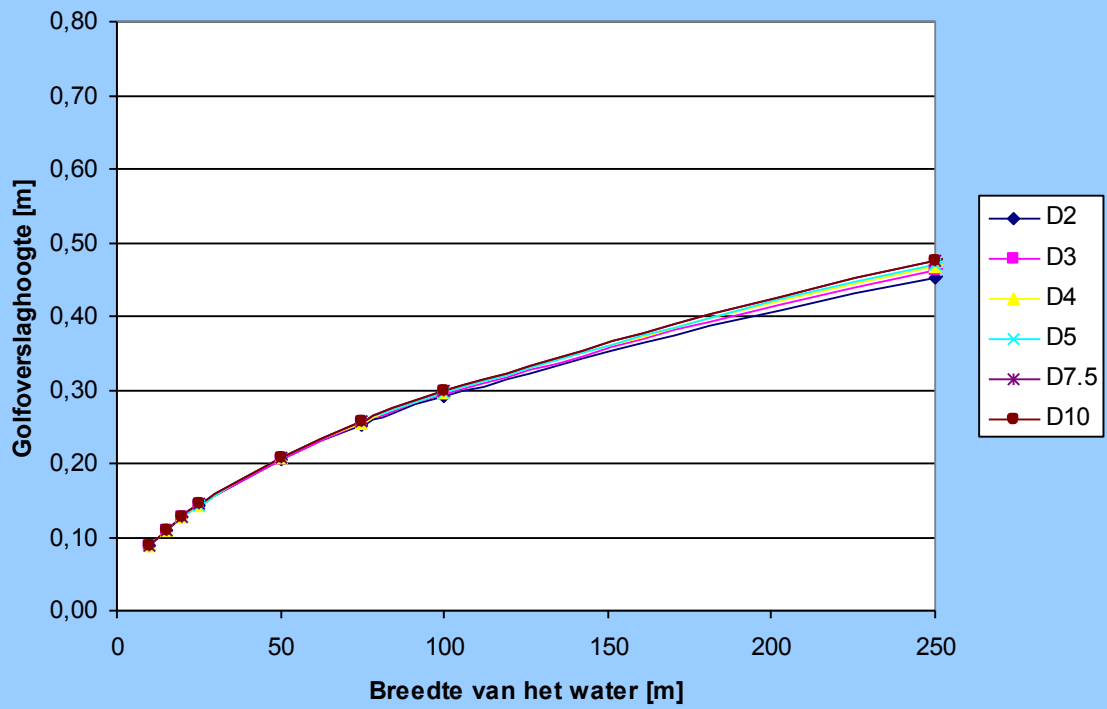
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=13 \text{ m/s}$



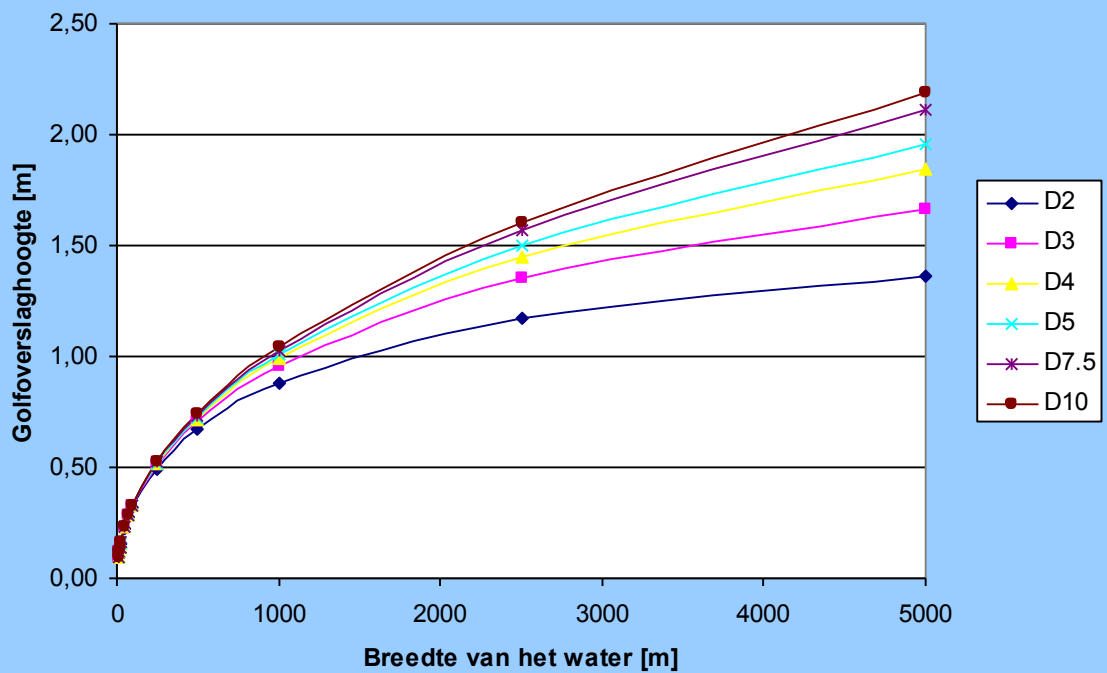
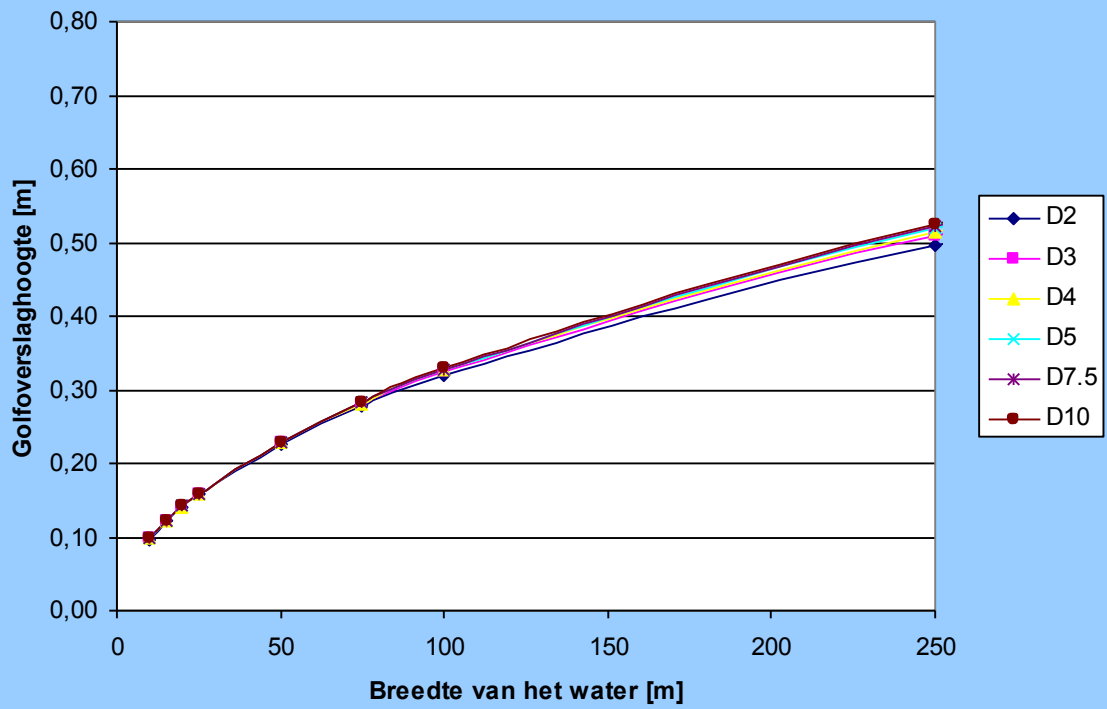
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=14 \text{ m/s}$



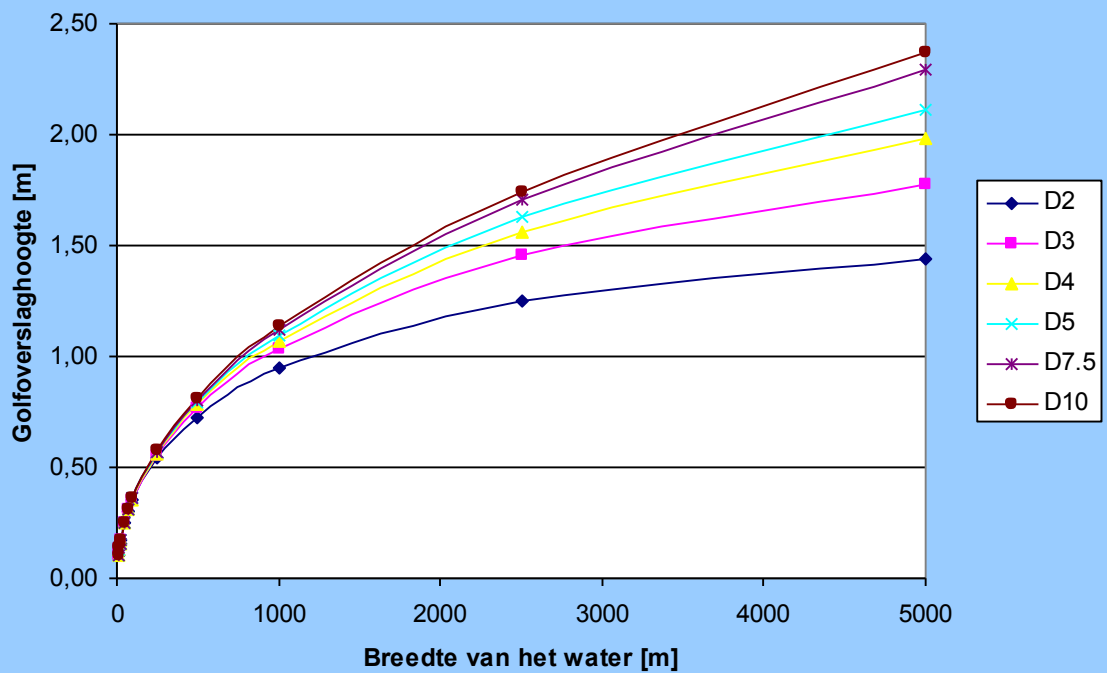
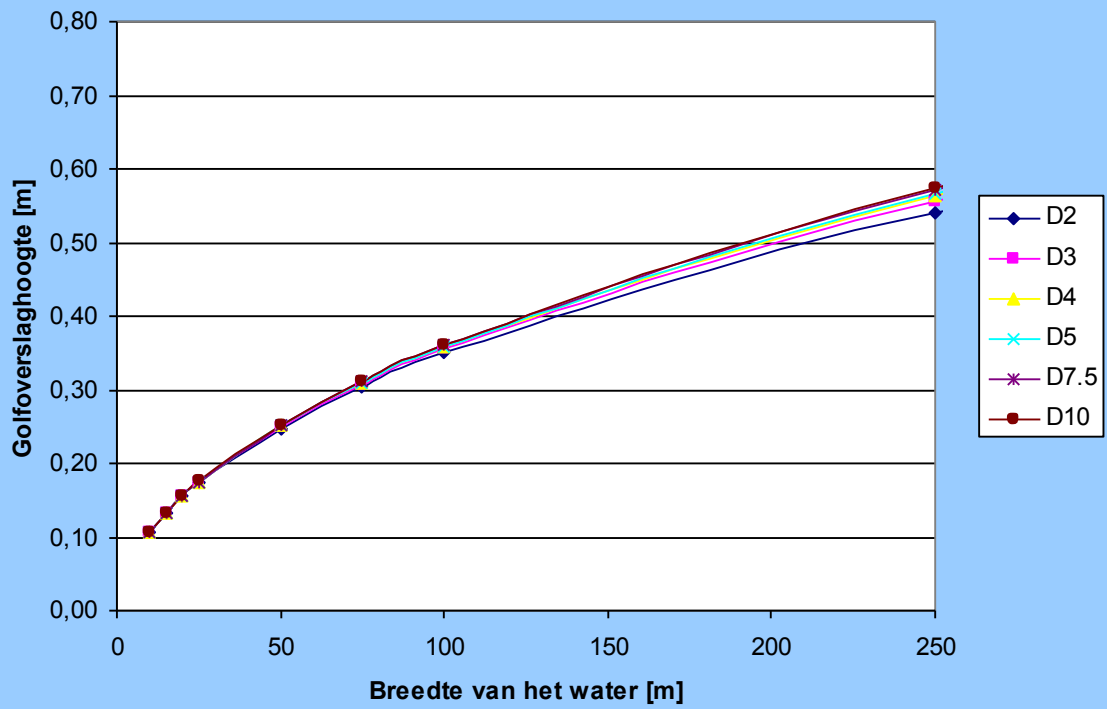
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=15 \text{ m/s}$



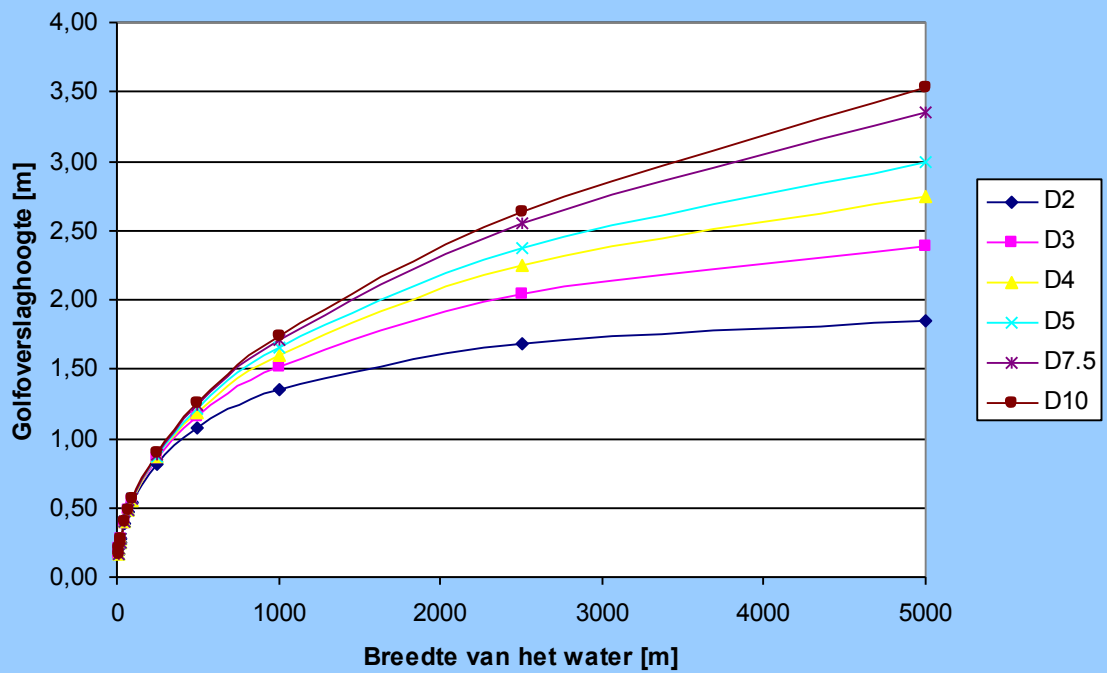
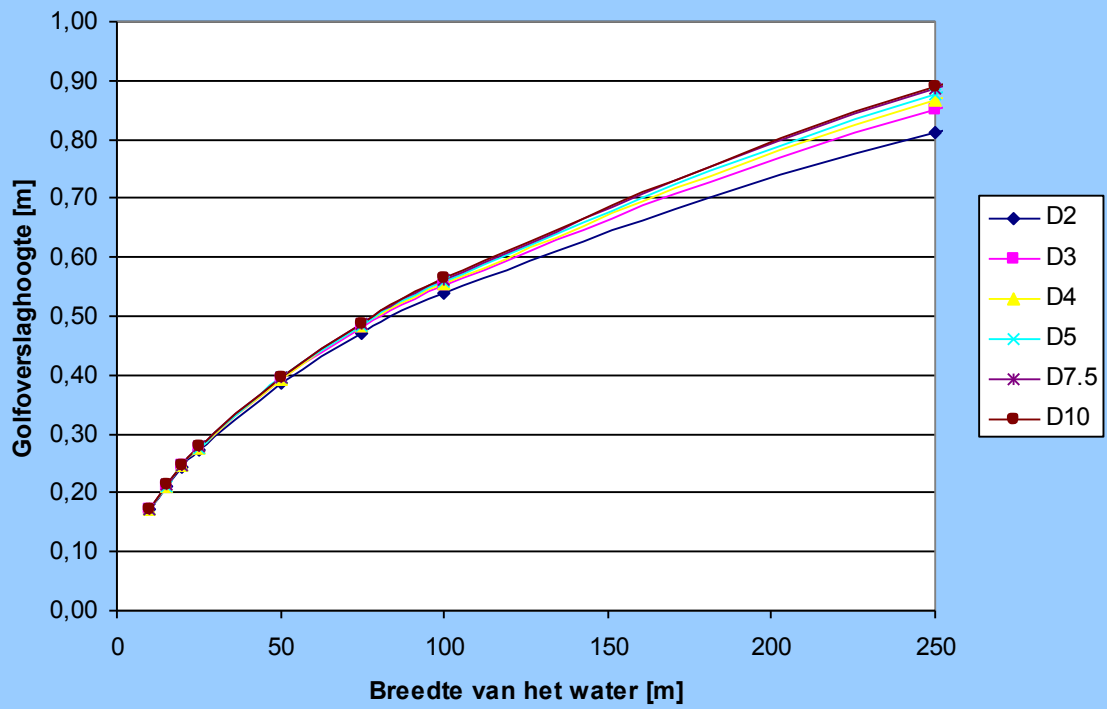
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=16 \text{ m/s}$



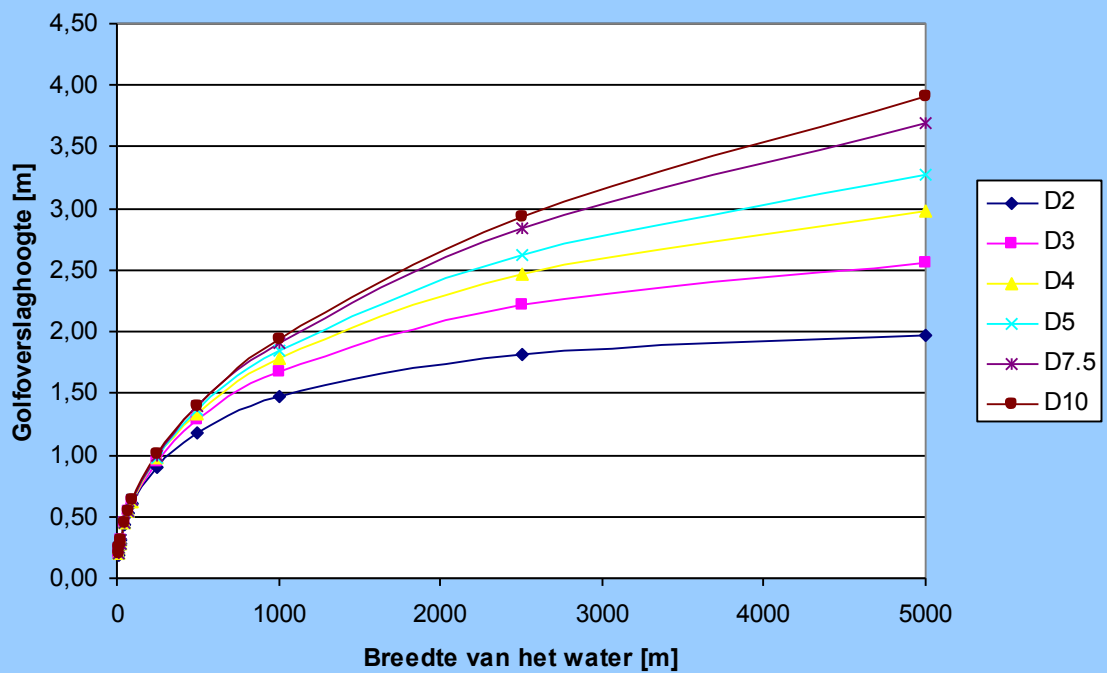
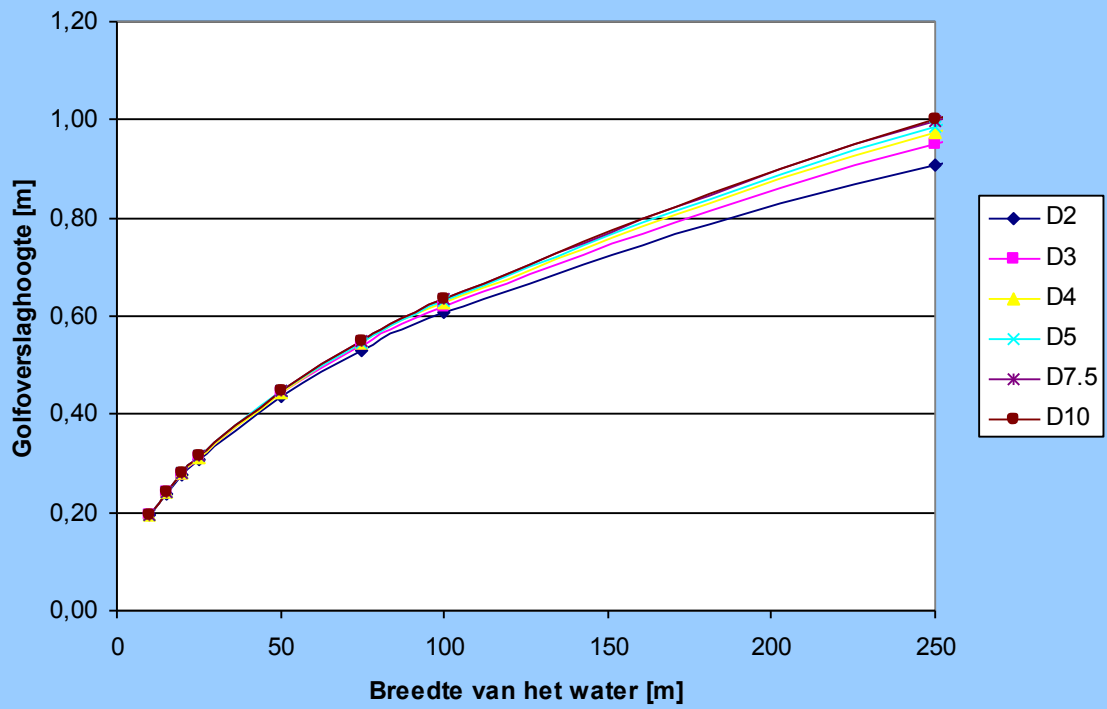
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=22 \text{ m/s}$



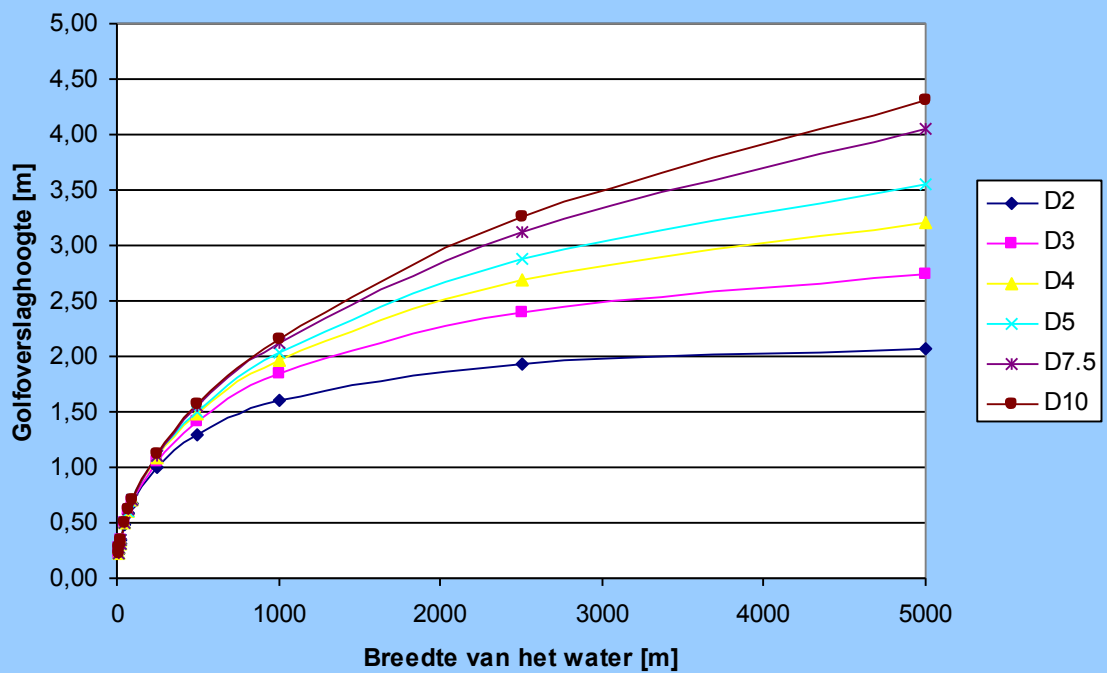
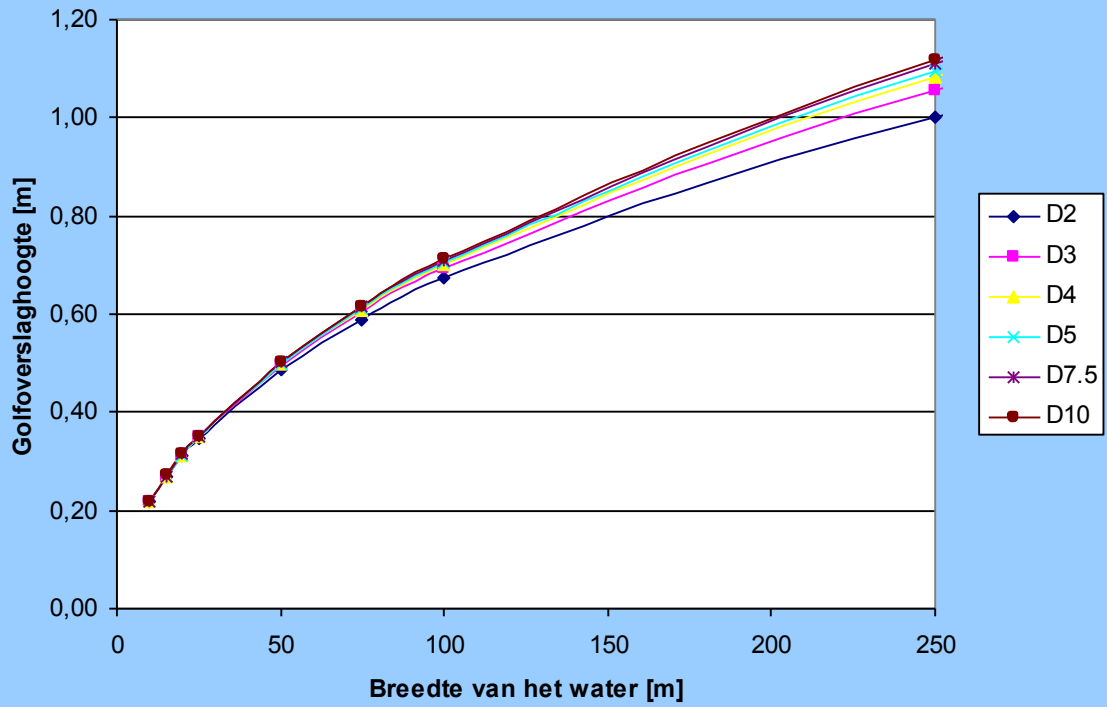
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=24 \text{ m/s}$



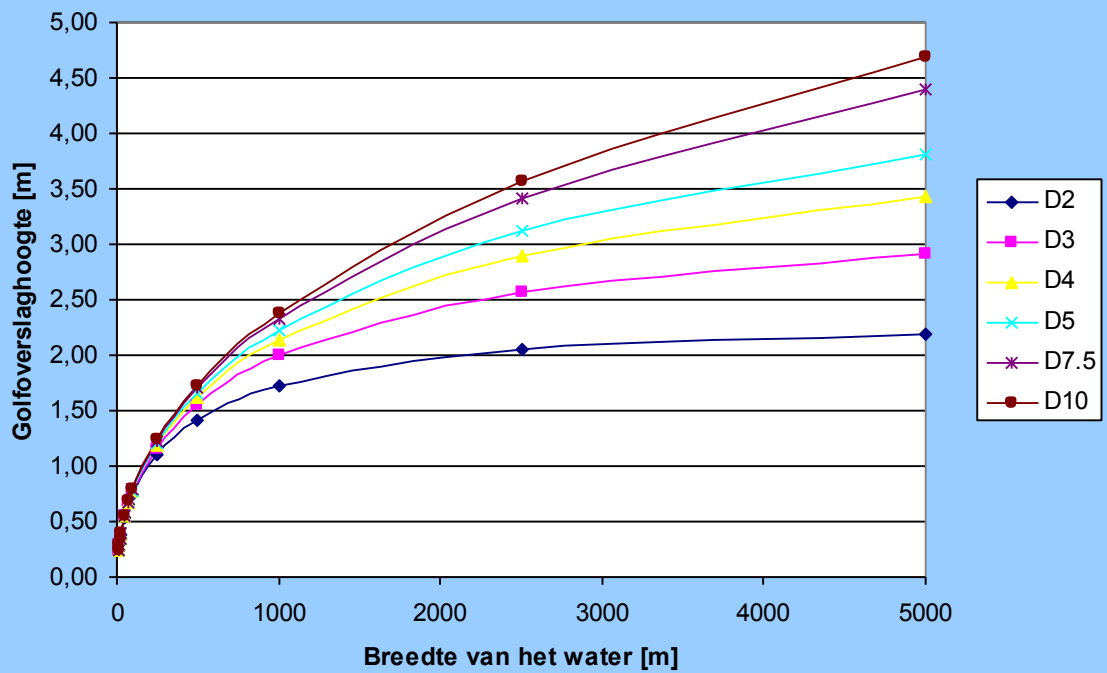
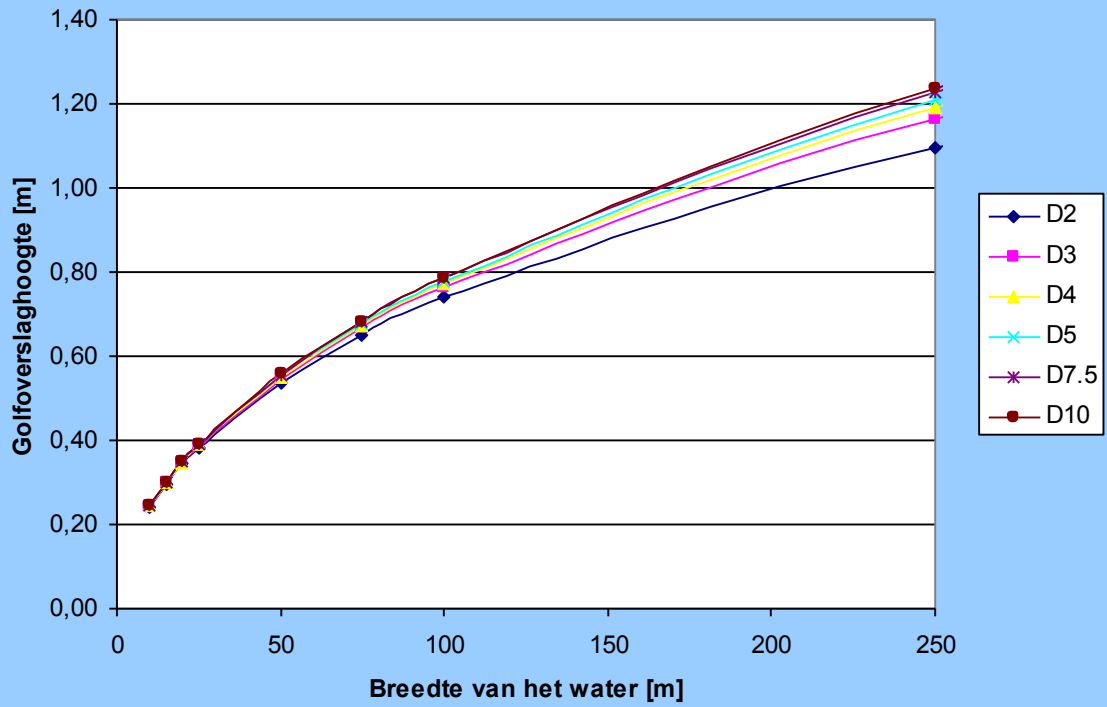
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=26 \text{ m/s}$



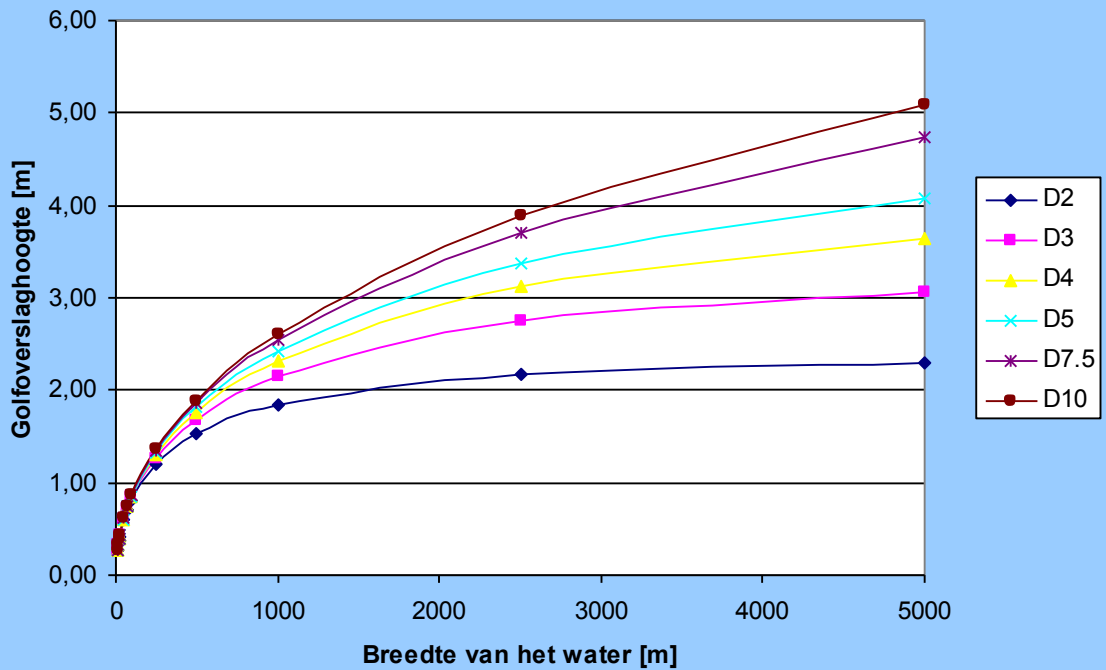
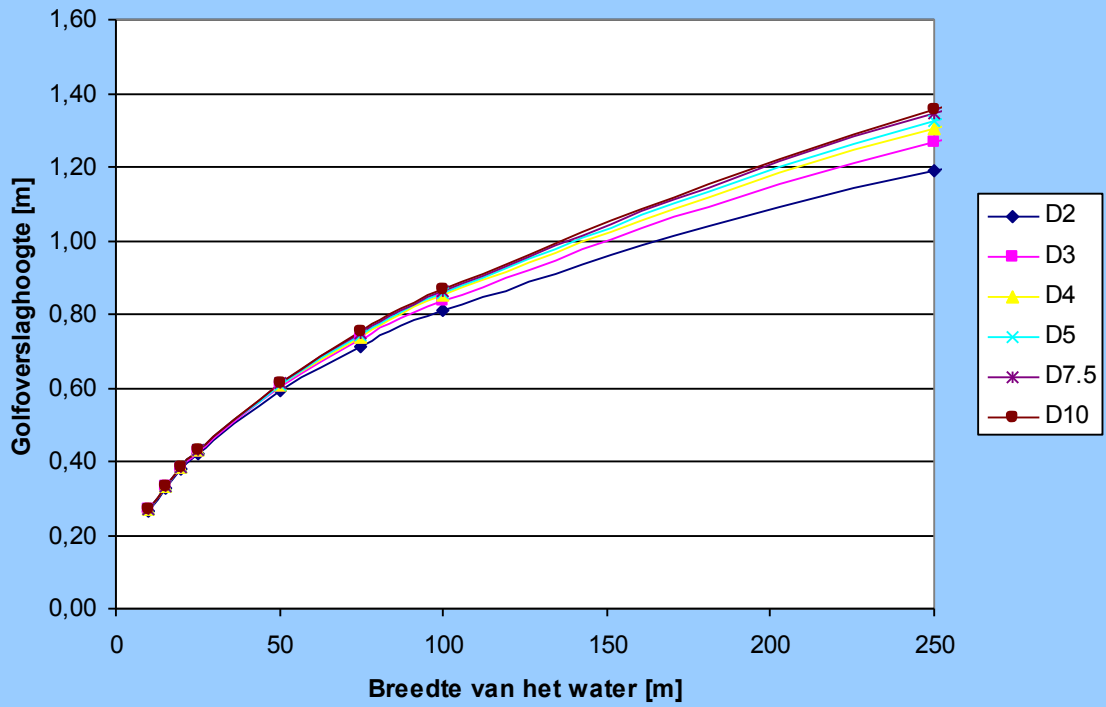
Golfoverslaghoogte

$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=28 \text{ m/s}$



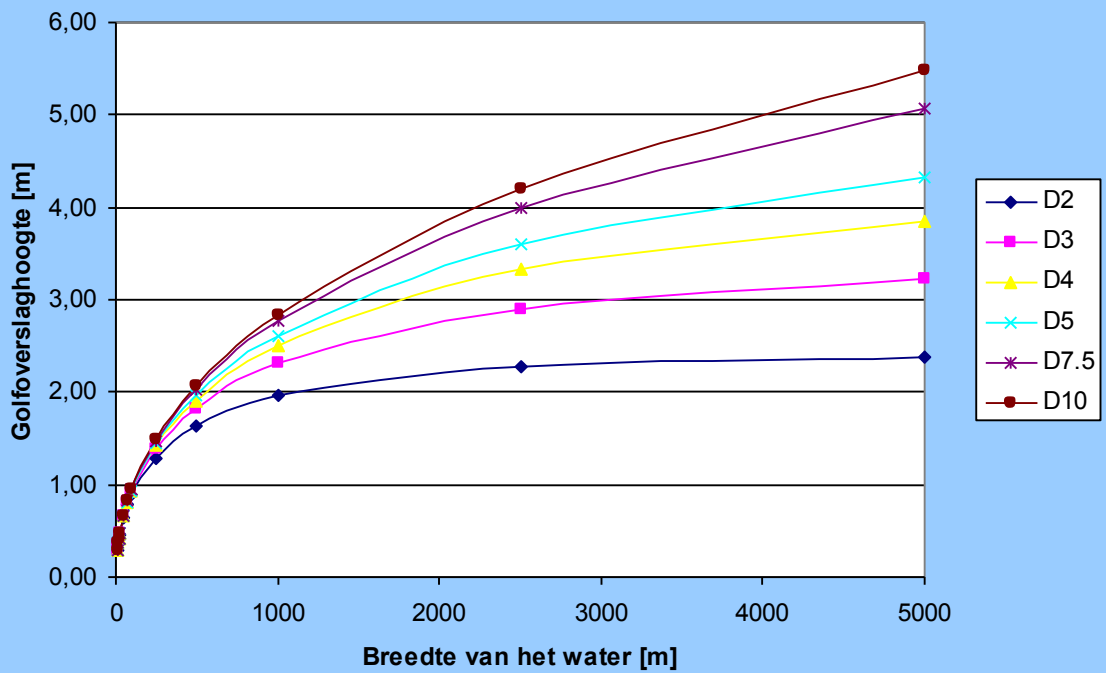
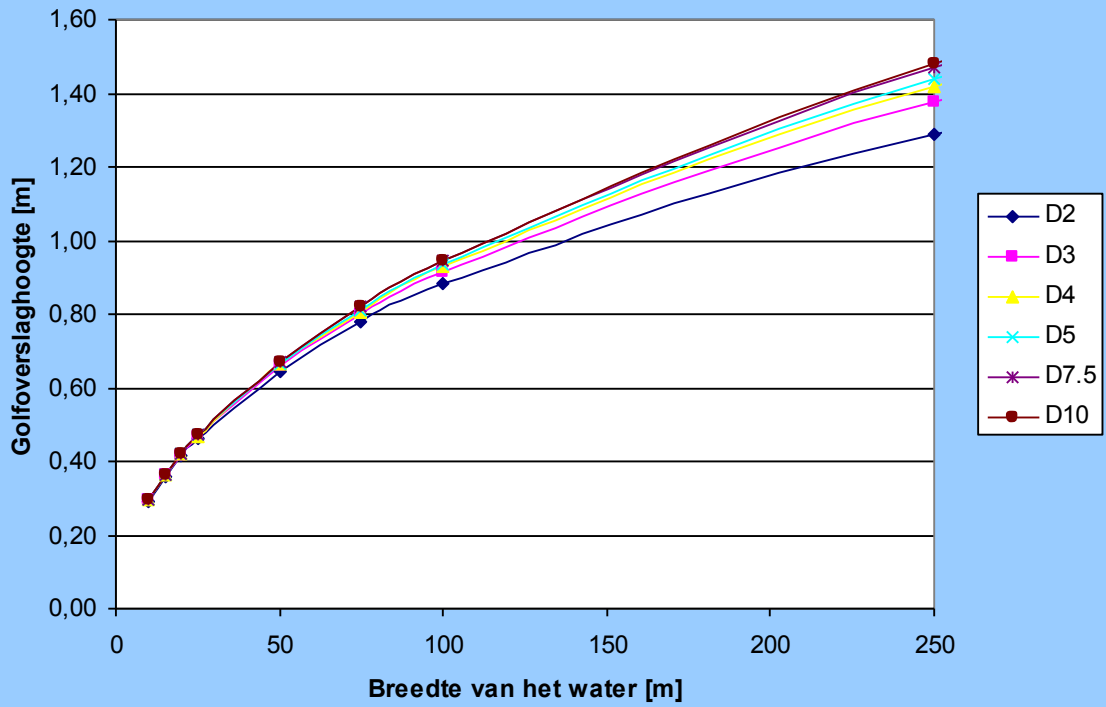
Golfoverslaghoogte

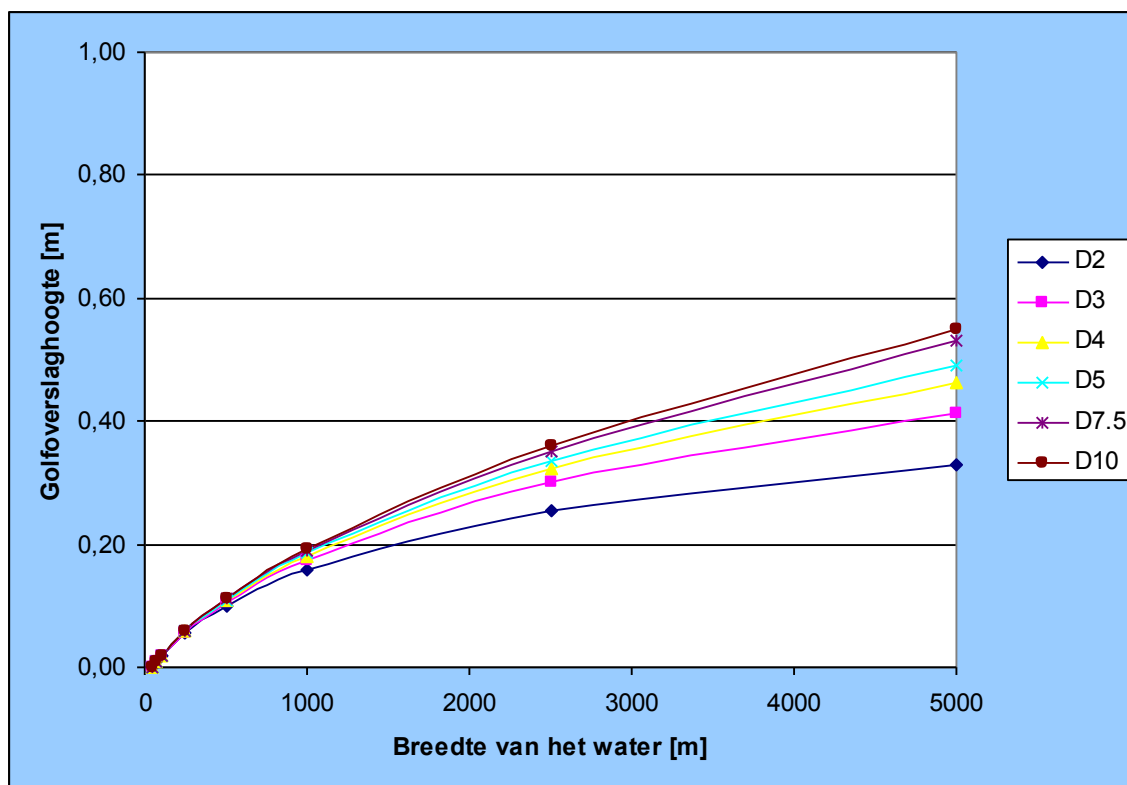
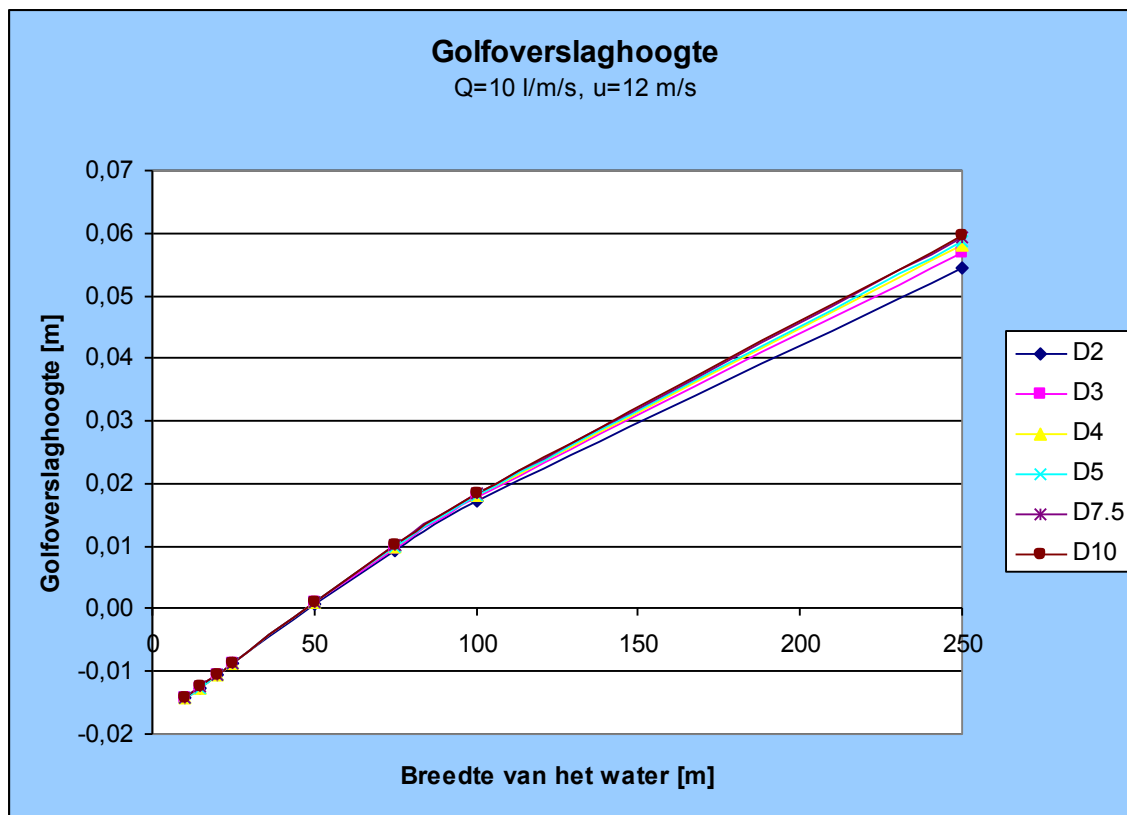
$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=30 \text{ m/s}$

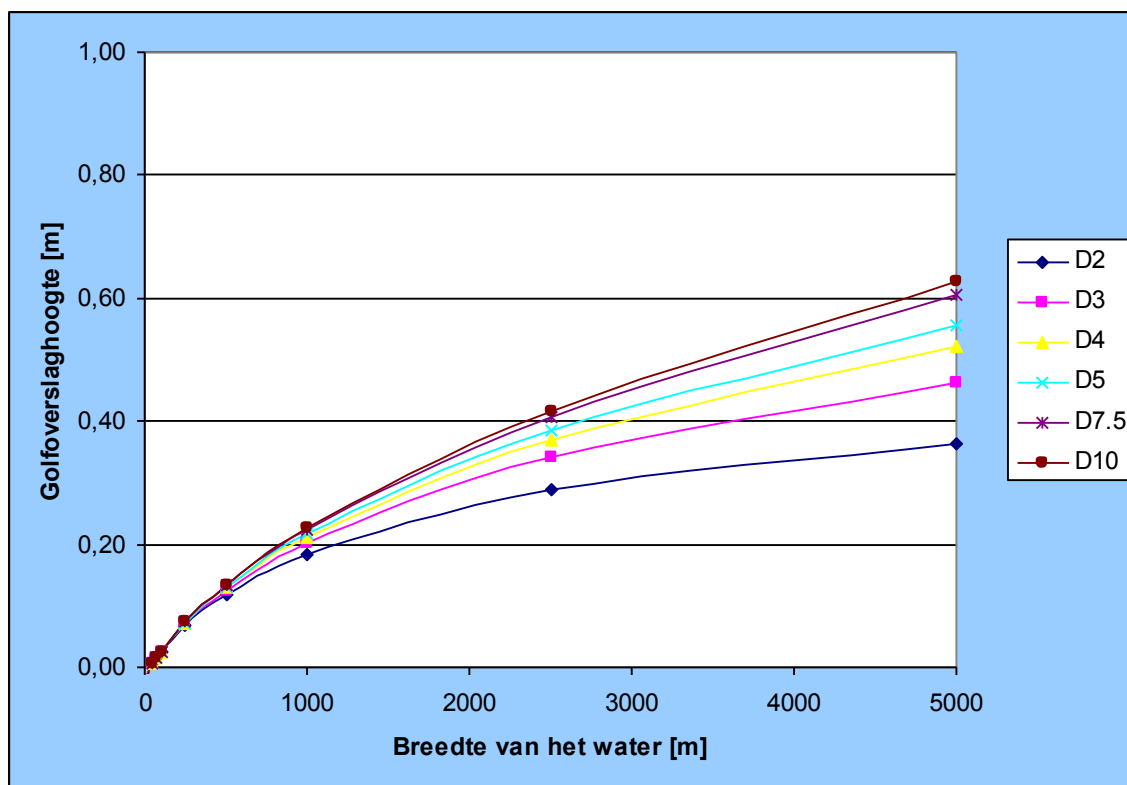
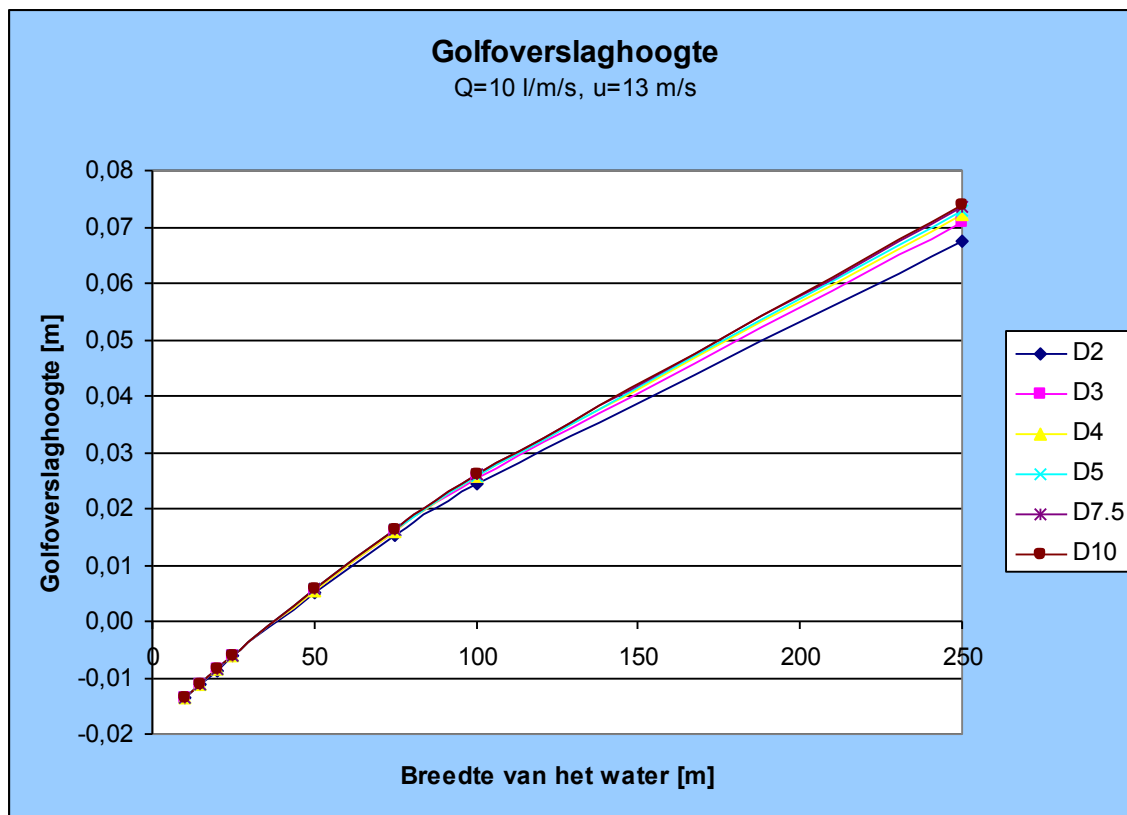


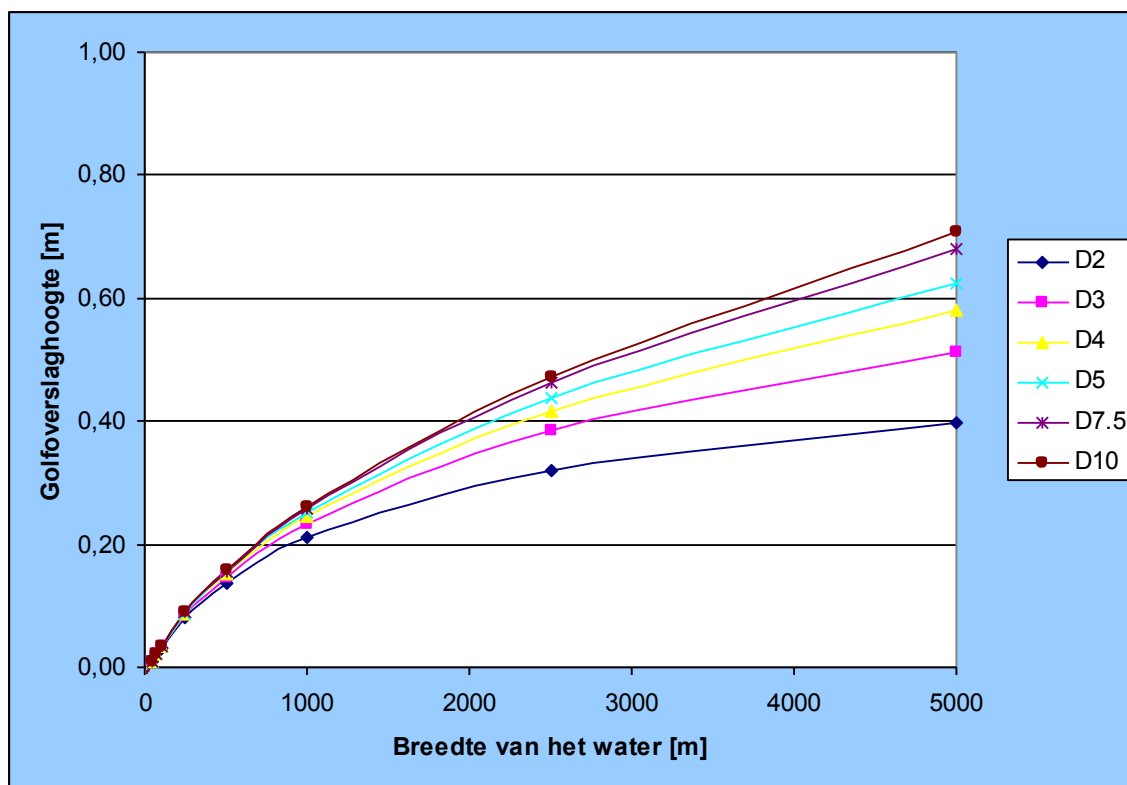
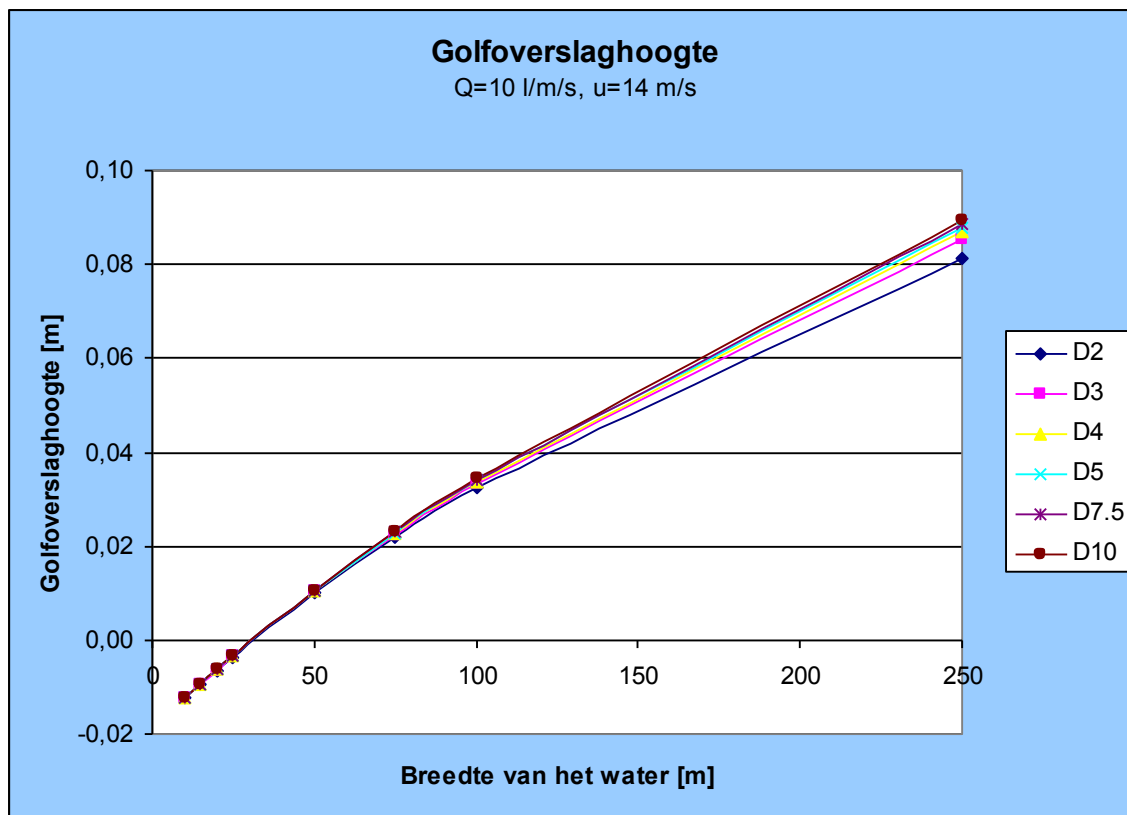
Golfoverslaghoogte

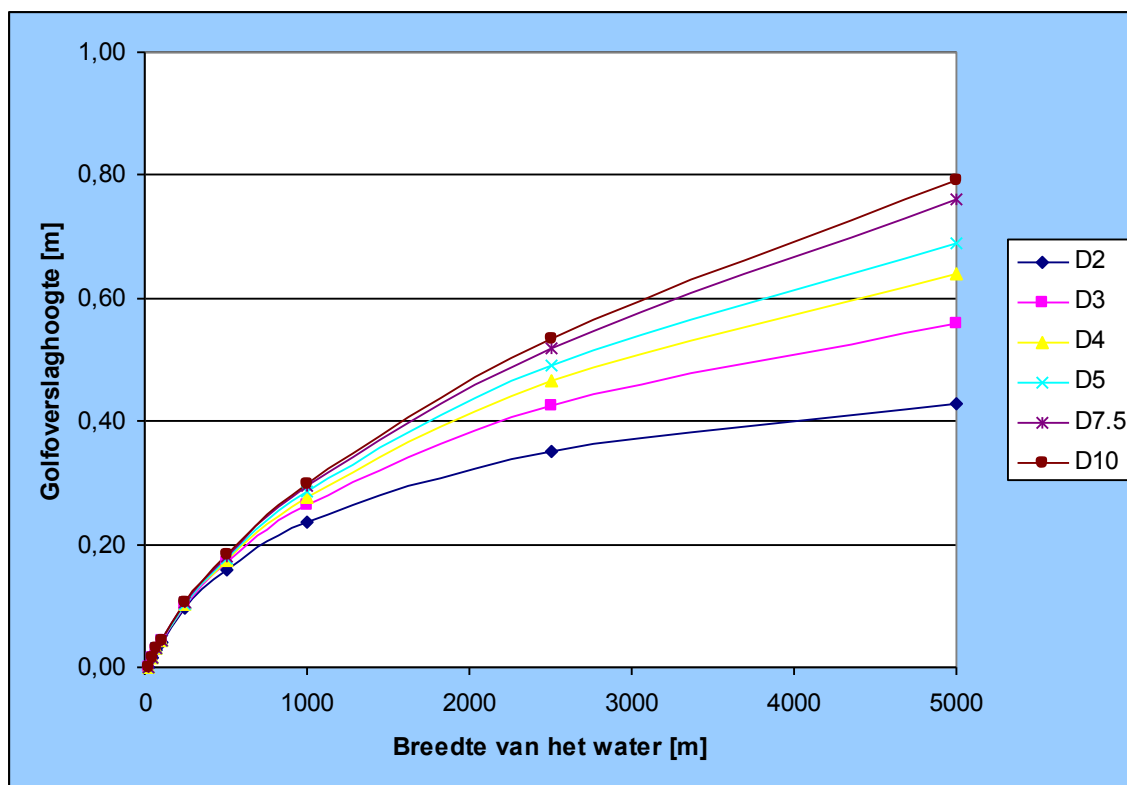
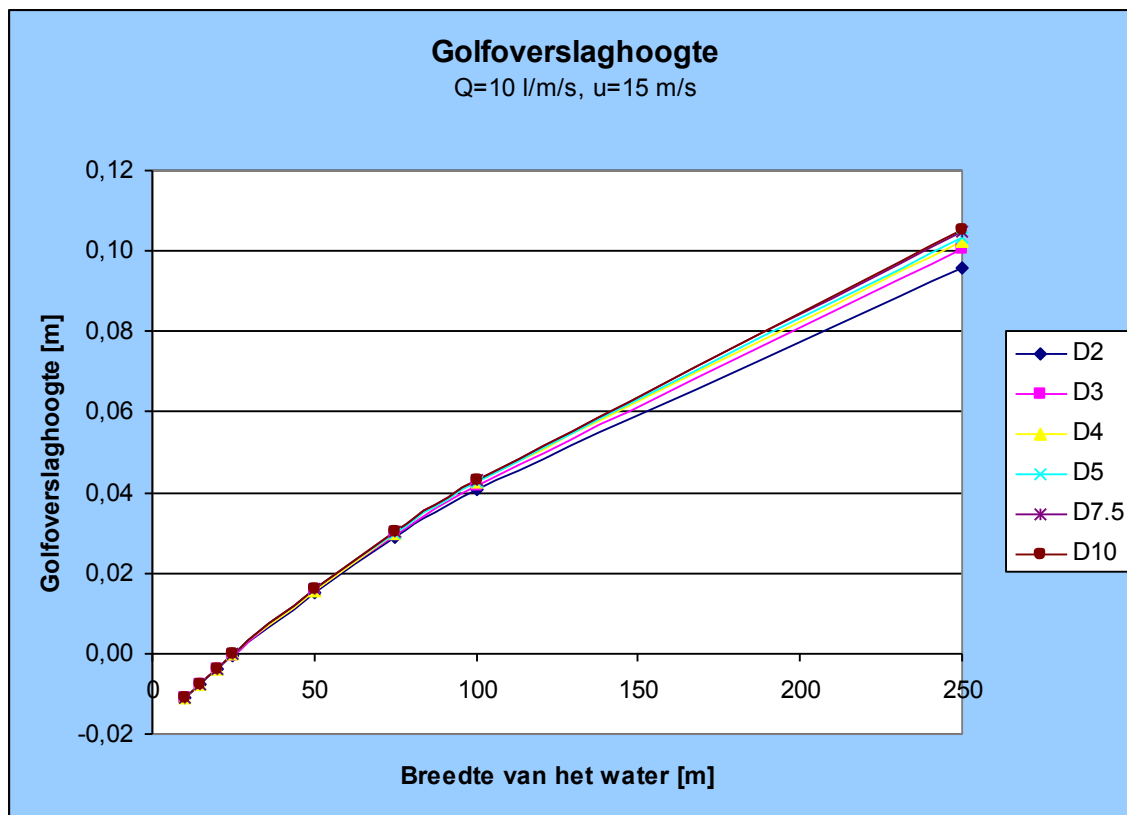
$Q=0,1 \text{ l/m/s}$, $u=32 \text{ m/s}$





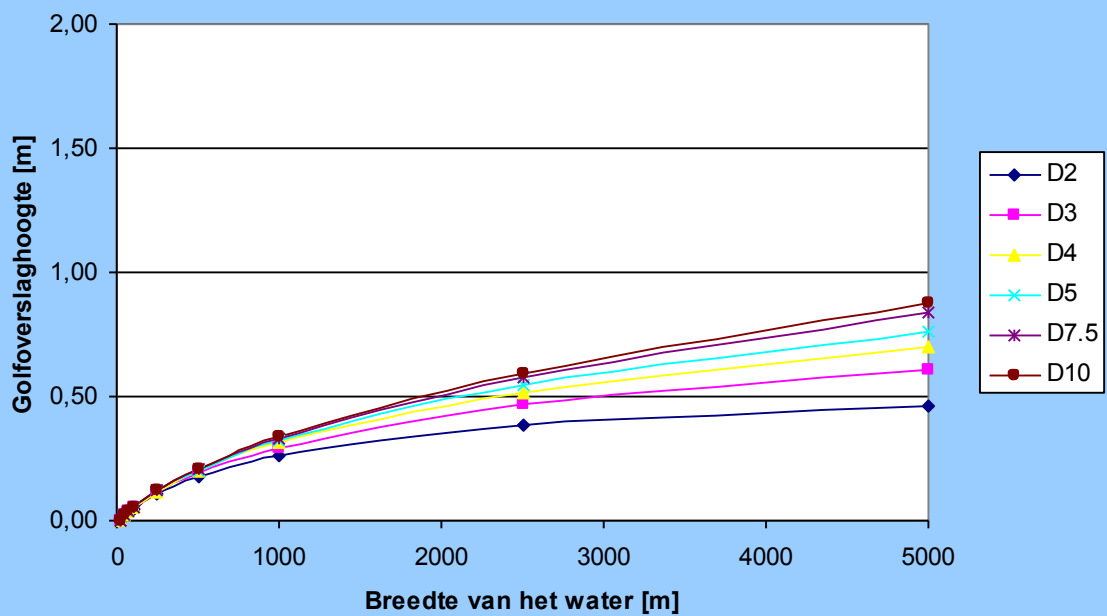
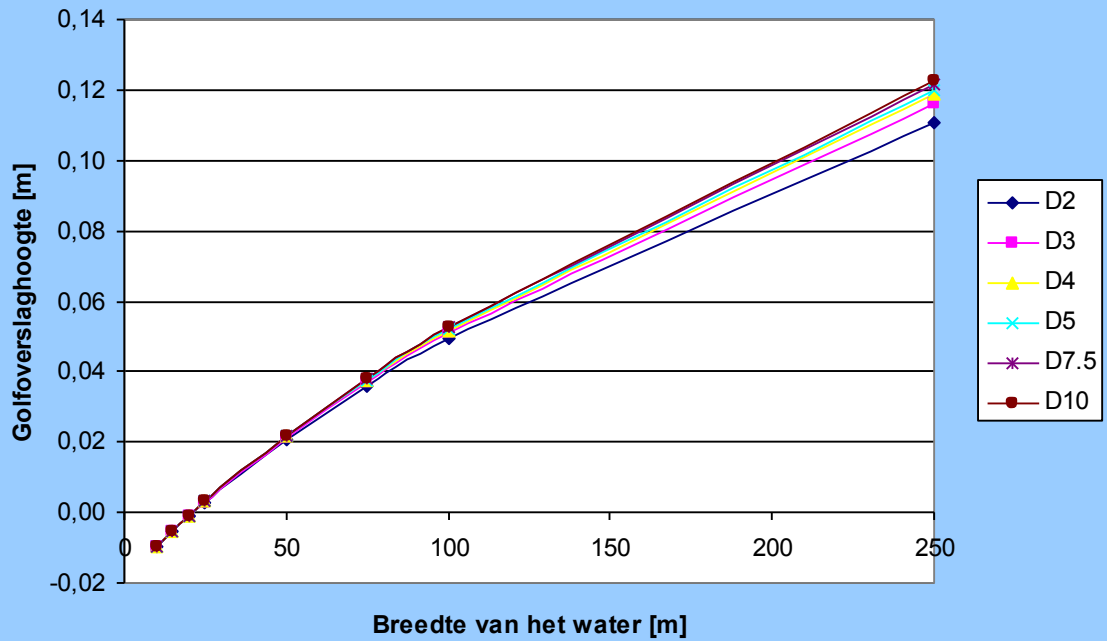


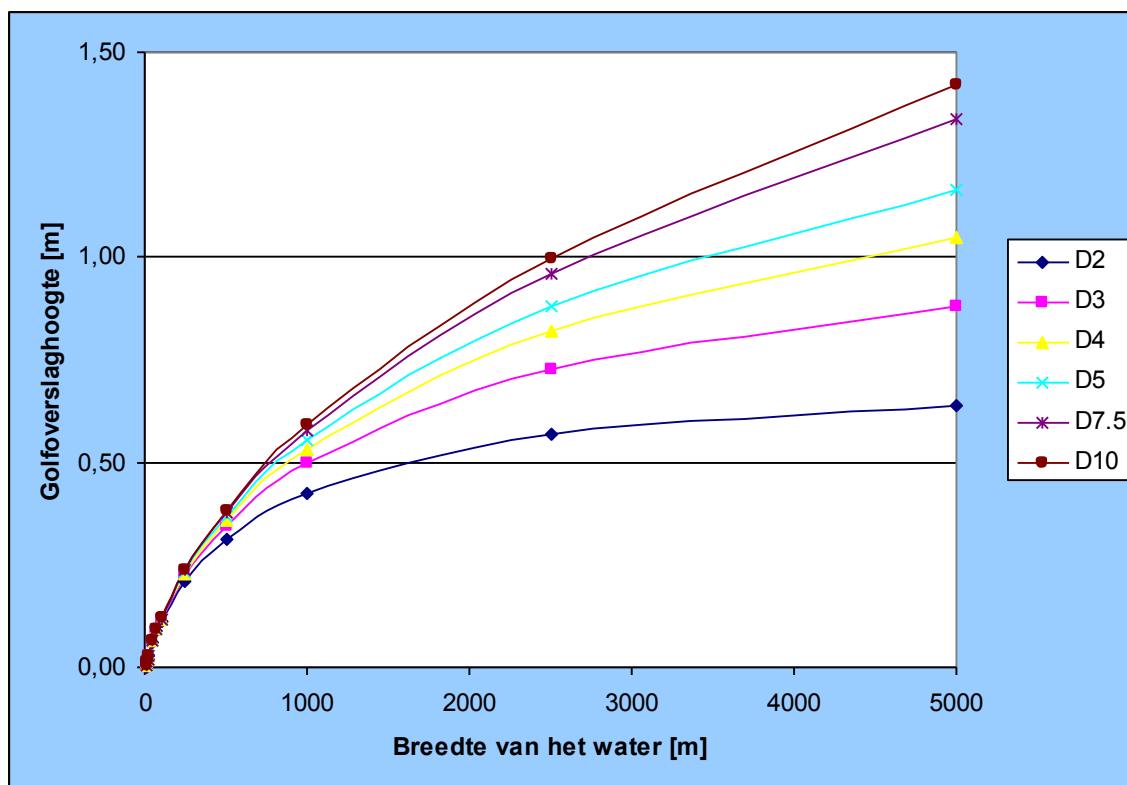
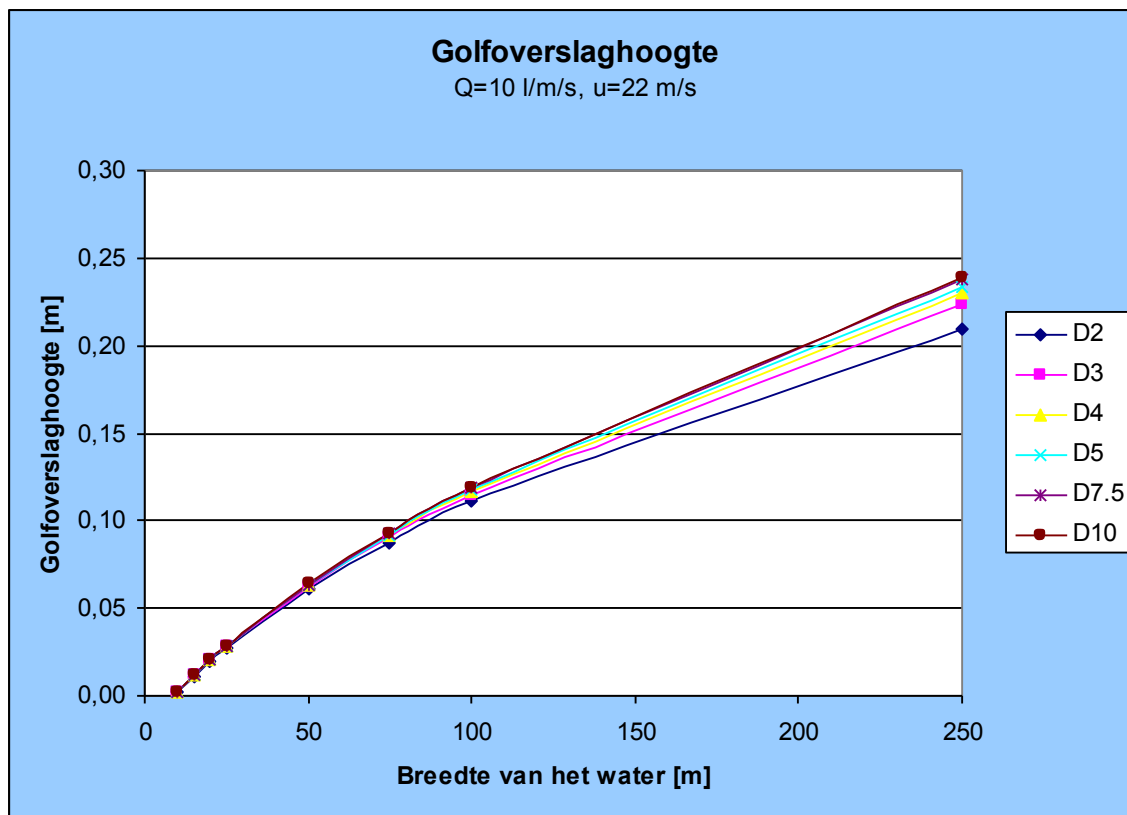


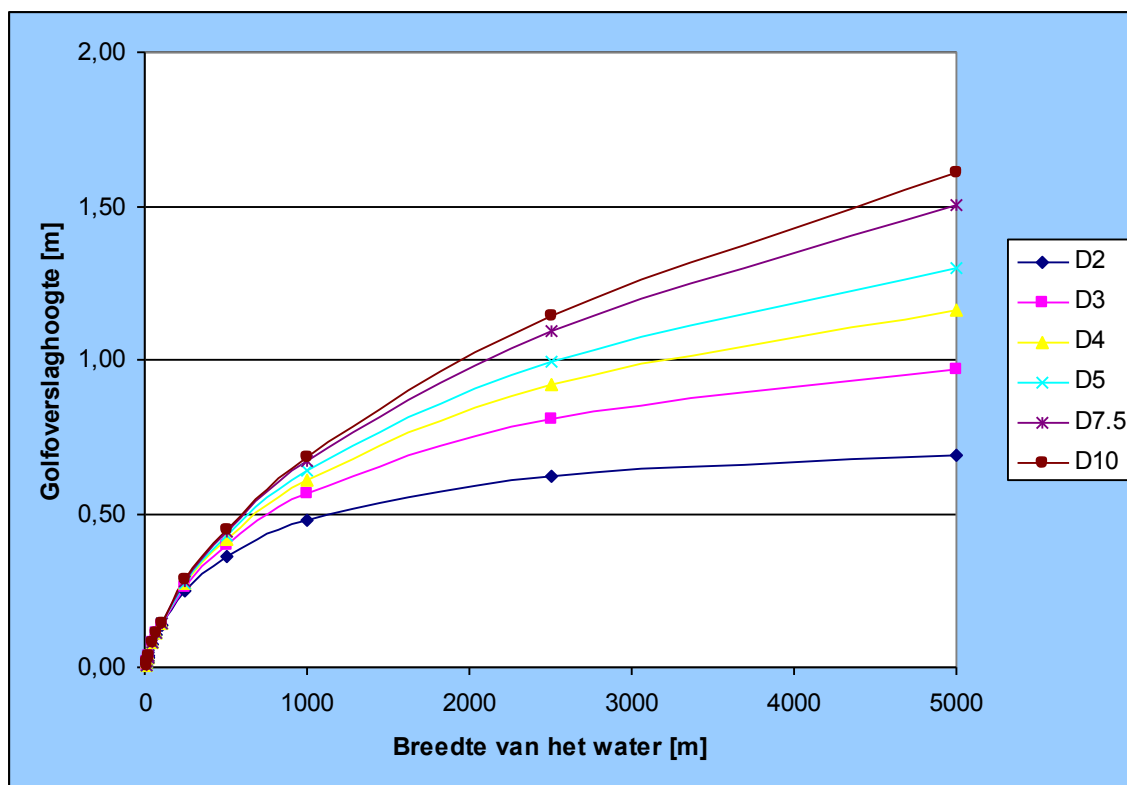
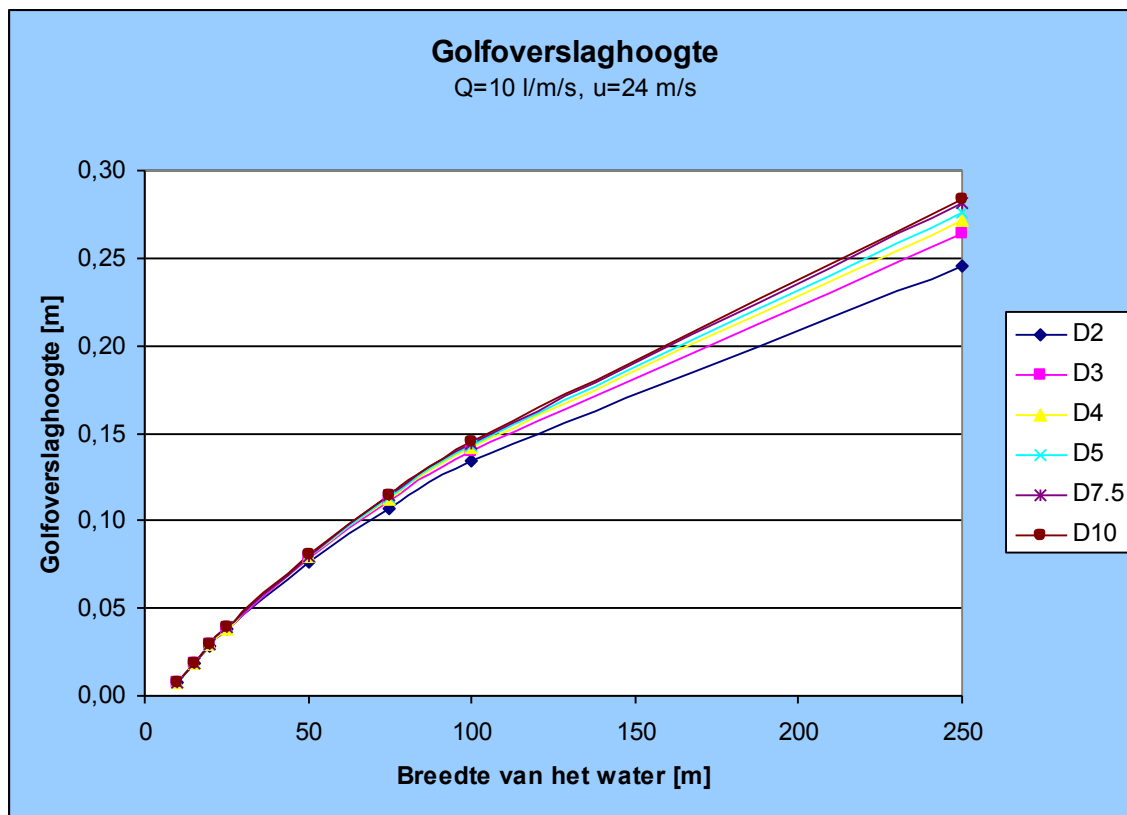


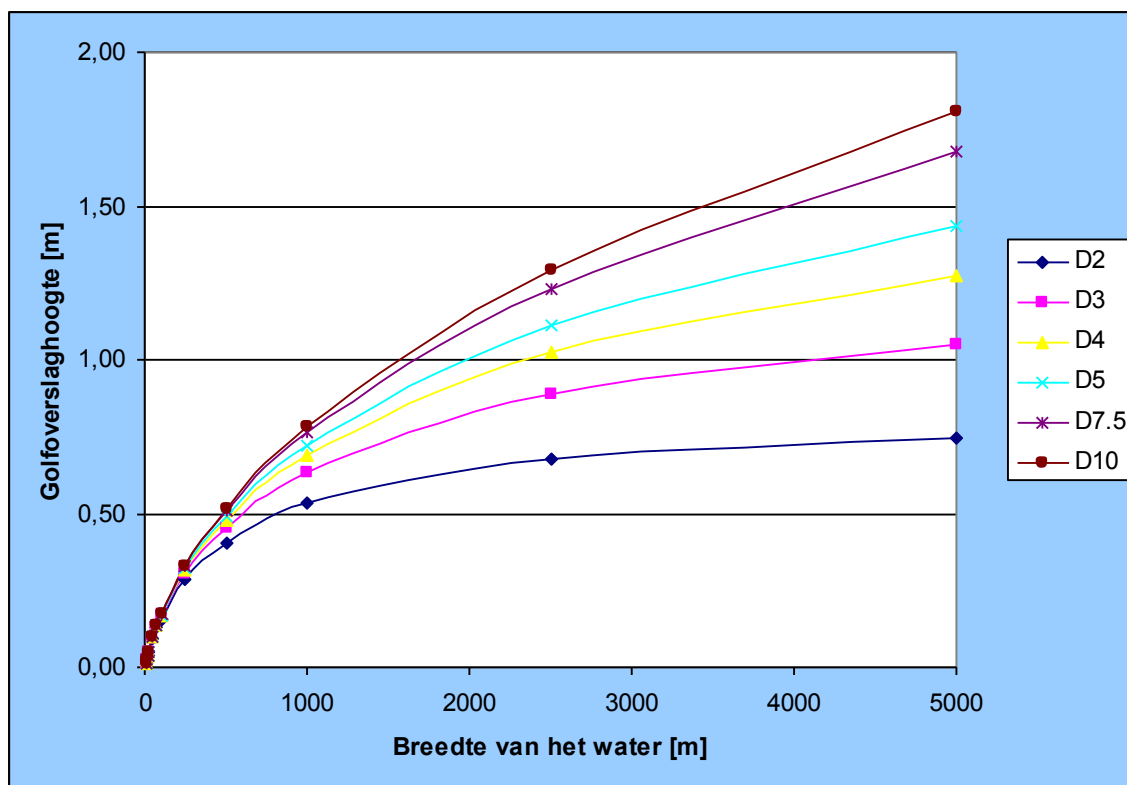
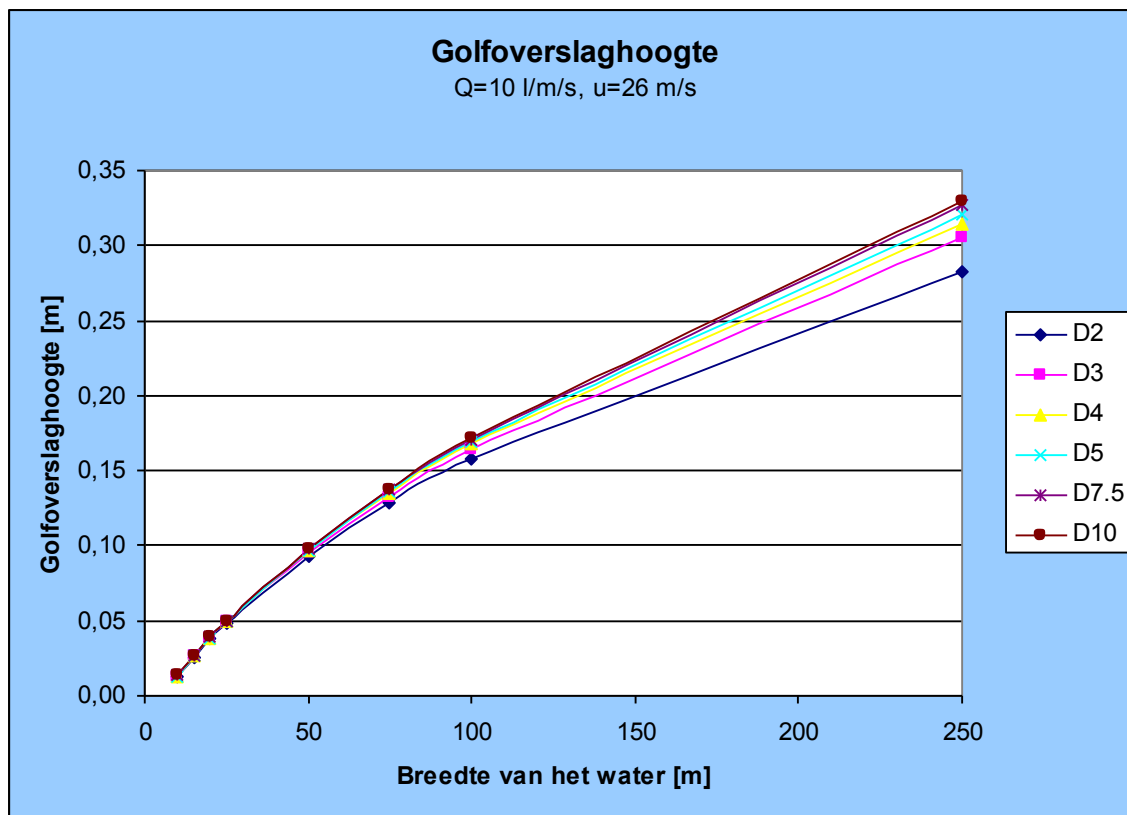
Golfoverslaghoogte

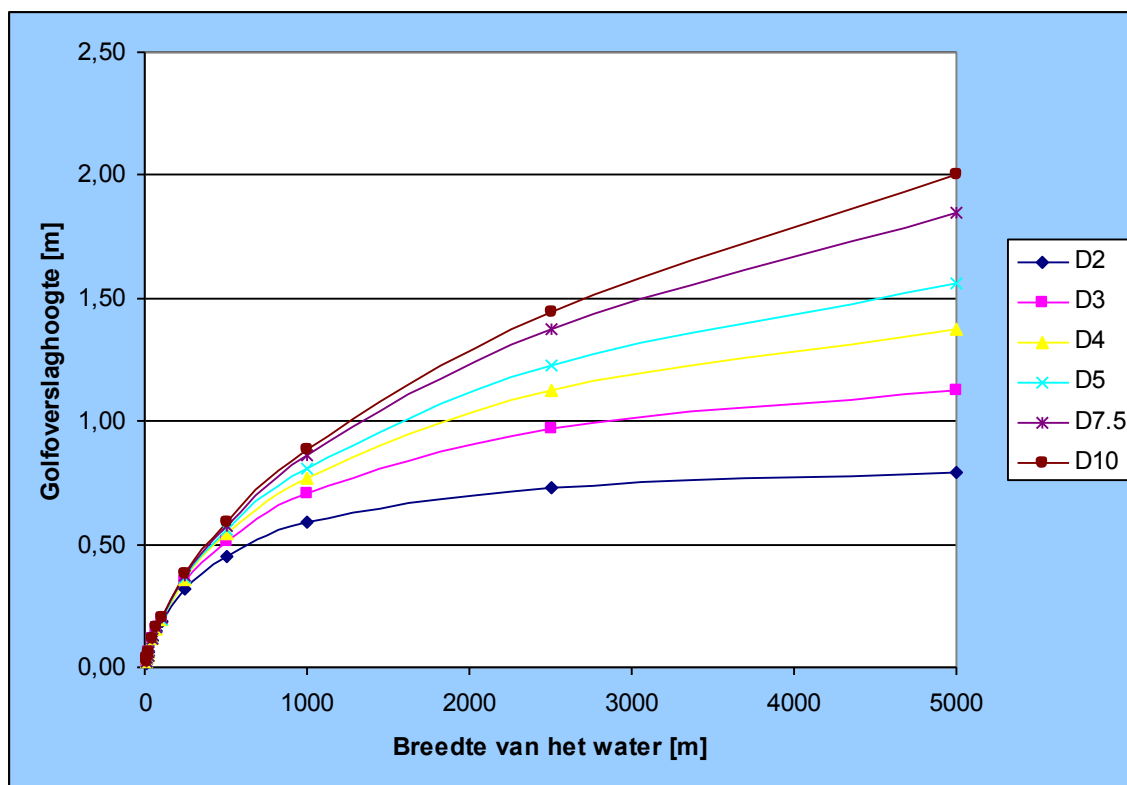
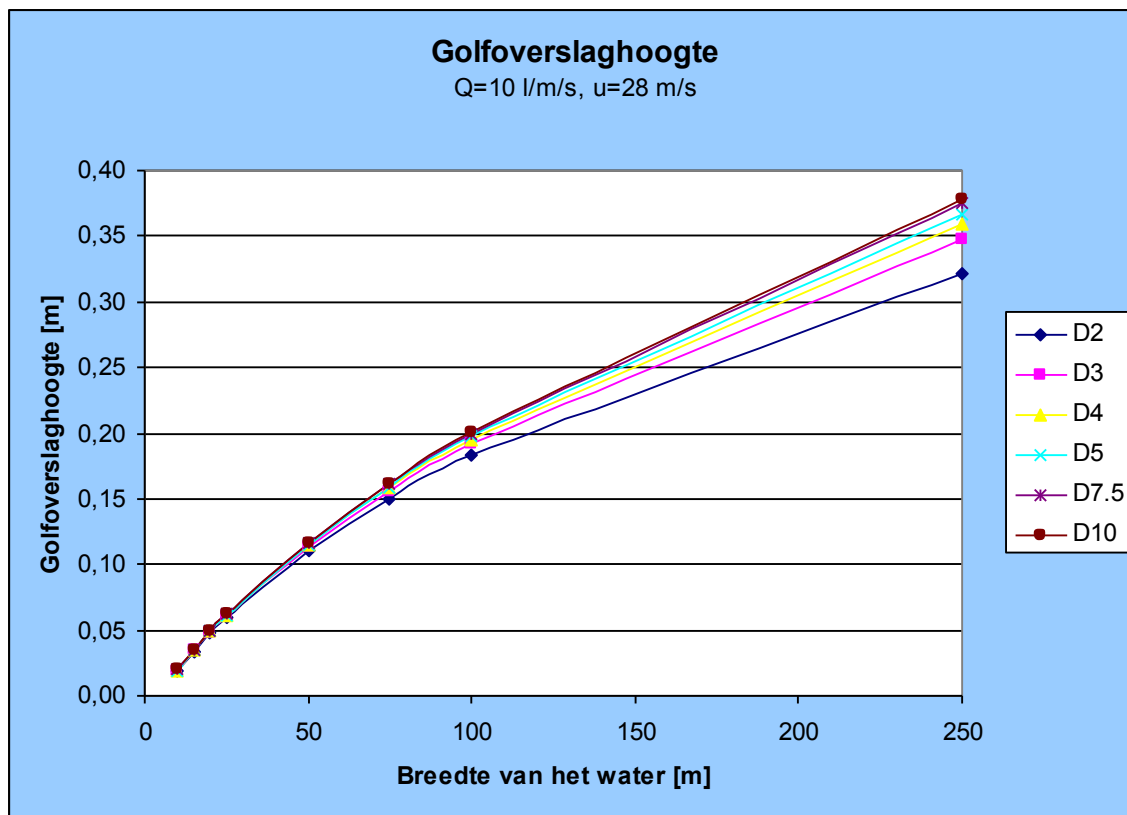
$Q=1 \text{ l/m/s}$, $u=16 \text{ m/s}$

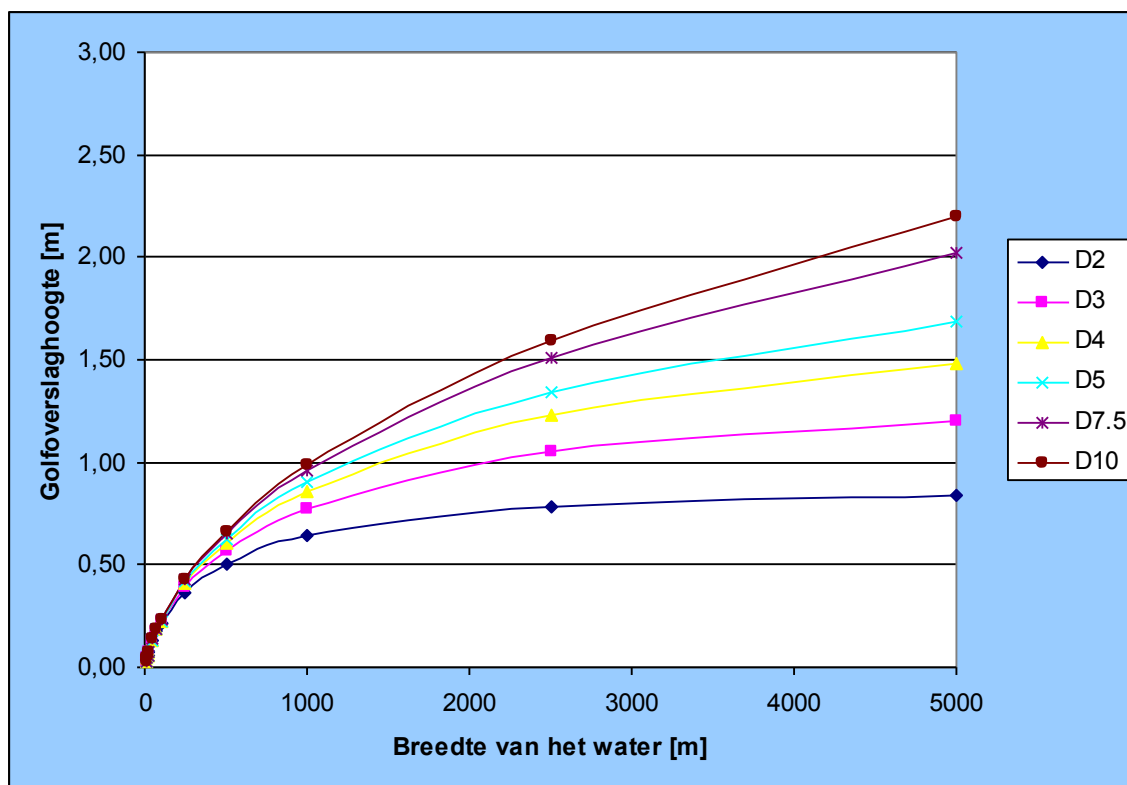
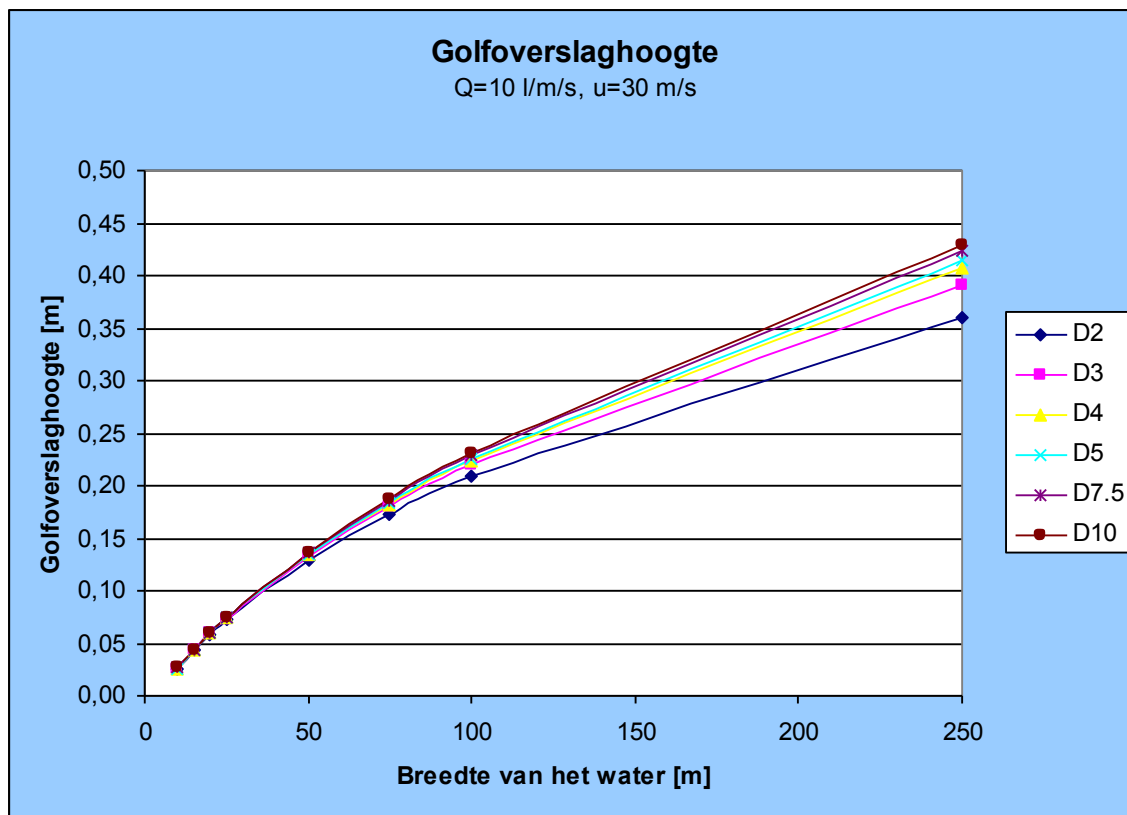


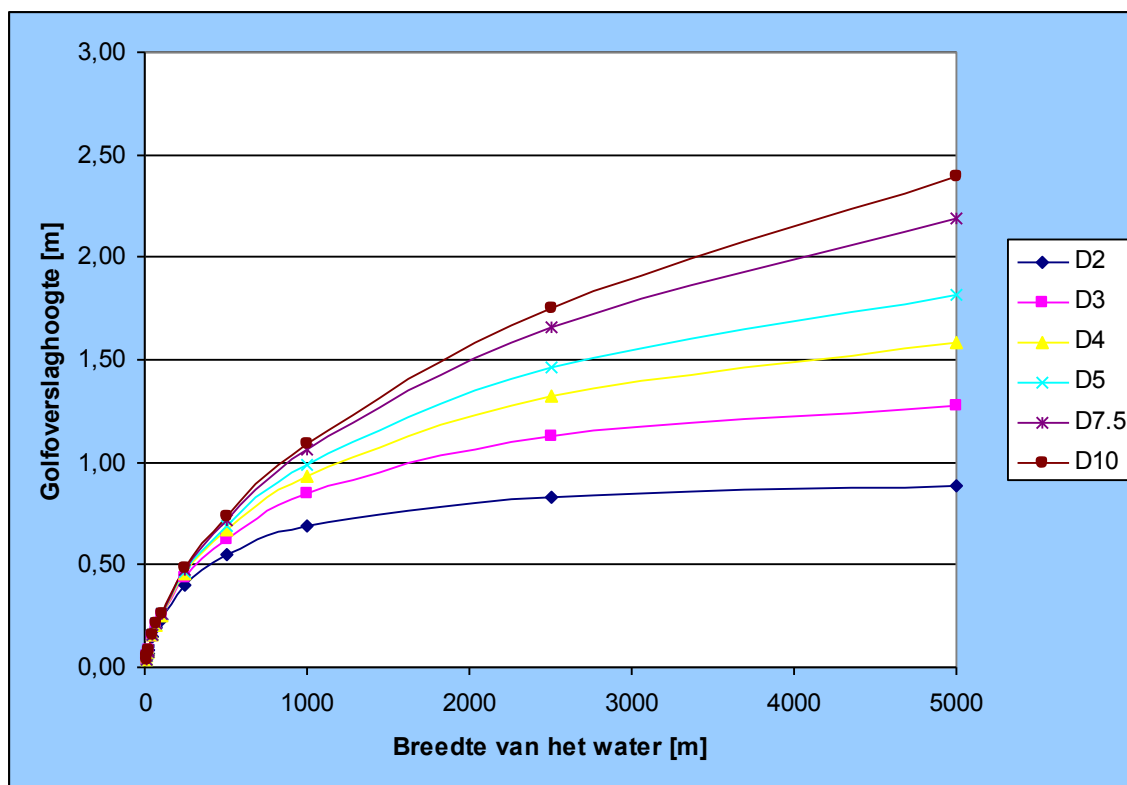
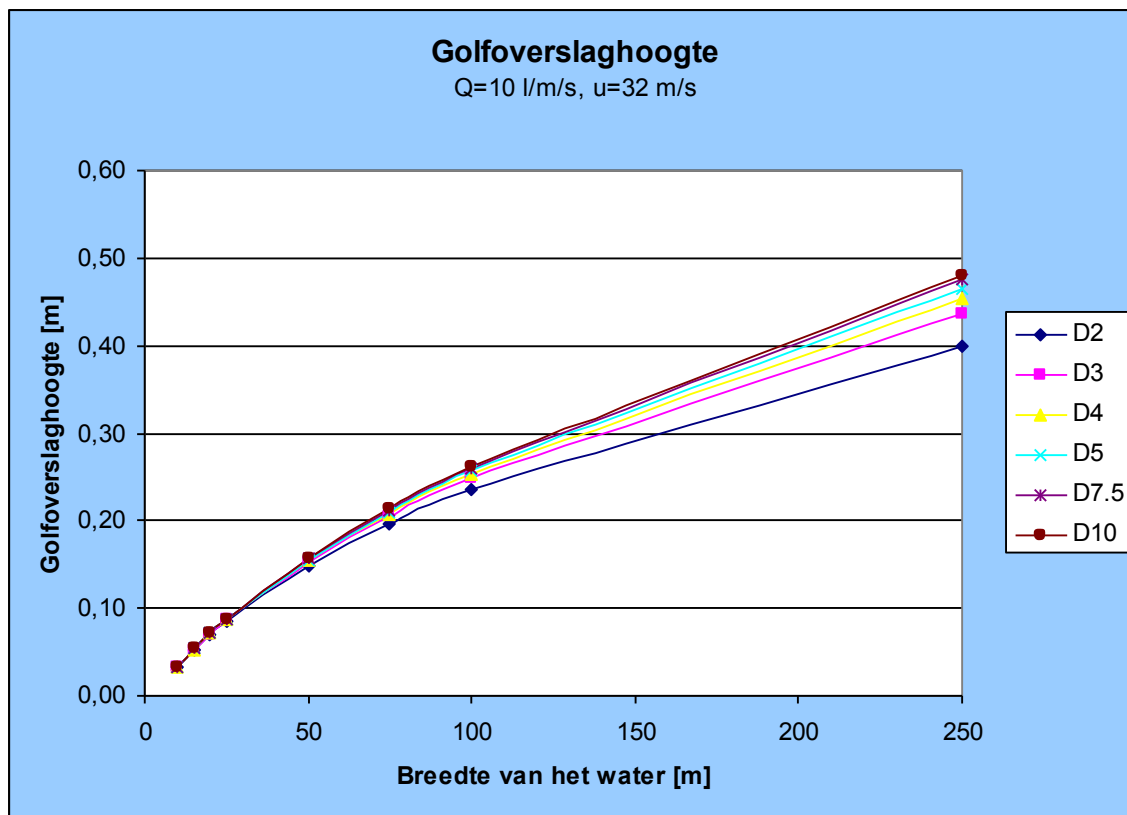












Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
32	2	10	0,14	1,04	0,29	0,03
32	2	15	0,16	1,14	0,36	0,05
32	2	20	0,18	1,22	0,41	0,07
32	2	25	0,20	1,29	0,46	0,08
32	2	50	0,26	1,52	0,64	0,15
32	2	75	0,31	1,66	0,78	0,20
32	2	100	0,34	1,78	0,88	0,24
32	2	250	0,47	2,17	1,29	0,40
32	2	500	0,57	2,50	1,63	0,55
32	2	1000	0,67	2,85	1,96	0,69
32	2	2500	0,76	3,32	2,27	0,83
32	2	5000	0,79	3,65	2,39	0,88
32	3	10	0,14	1,04	0,29	0,03
32	3	15	0,16	1,15	0,36	0,05
32	3	20	0,18	1,23	0,42	0,07
32	3	25	0,20	1,30	0,47	0,09
32	3	50	0,27	1,53	0,66	0,15
32	3	75	0,31	1,68	0,80	0,20
32	3	100	0,35	1,80	0,91	0,25
32	3	250	0,49	2,21	1,38	0,44
32	3	500	0,63	2,57	1,82	0,63
32	3	1000	0,77	2,96	2,31	0,85
32	3	2500	0,94	3,50	2,91	1,13
32	3	5000	1,02	3,90	3,22	1,28
32	4	10	0,14	1,04	0,29	0,03
32	4	15	0,16	1,15	0,36	0,05
32	4	20	0,18	1,23	0,42	0,07
32	4	25	0,20	1,30	0,47	0,09
32	4	50	0,27	1,54	0,66	0,15
32	4	75	0,32	1,69	0,81	0,21
32	4	100	0,35	1,81	0,93	0,25
32	4	250	0,51	2,24	1,42	0,45
32	4	500	0,65	2,61	1,91	0,67
32	4	1000	0,82	3,02	2,50	0,94
32	4	2500	1,05	3,61	3,32	1,32
32	4	5000	1,19	4,06	3,85	1,58
32	5	10	0,14	1,04	0,30	0,03
32	5	15	0,16	1,15	0,36	0,05
32	5	20	0,18	1,24	0,42	0,07
32	5	25	0,20	1,31	0,47	0,09
32	5	50	0,27	1,54	0,67	0,16
32	5	75	0,32	1,70	0,81	0,21
32	5	100	0,36	1,82	0,93	0,26
32	5	250	0,51	2,26	1,44	0,46
32	5	500	0,67	2,64	1,97	0,69
32	5	1000	0,86	3,06	2,62	0,99
32	5	2500	1,13	3,68	3,60	1,46
32	5	5000	1,32	4,17	4,33	1,82

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
32	7,5	10	0,14	1,05	0,30	0,03
32	7,5	15	0,16	1,16	0,36	0,05
32	7,5	20	0,18	1,24	0,42	0,07
32	7,5	25	0,20	1,31	0,47	0,09
32	7,5	50	0,27	1,55	0,67	0,16
32	7,5	75	0,32	1,71	0,82	0,21
32	7,5	100	0,36	1,83	0,94	0,26
32	7,5	250	0,52	2,28	1,47	0,48
32	7,5	500	0,69	2,67	2,03	0,72
32	7,5	1000	0,90	3,12	2,76	1,06
32	7,5	2500	1,23	3,79	4,00	1,66
32	7,5	5000	1,52	4,34	5,07	2,19
32	10	10	0,14	1,05	0,30	0,03
32	10	15	0,16	1,16	0,36	0,05
32	10	20	0,18	1,24	0,42	0,07
32	10	25	0,20	1,31	0,47	0,09
32	10	50	0,27	1,56	0,67	0,16
32	10	75	0,32	1,72	0,82	0,21
32	10	100	0,36	1,84	0,95	0,26
32	10	250	0,53	2,29	1,48	0,48
32	10	500	0,70	2,70	2,06	0,73
32	10	1000	0,92	3,16	2,83	1,09
32	10	2500	1,29	3,86	4,20	1,75
32	10	5000	1,62	4,45	5,47	2,39
30	2	10	0,13	1,00	0,27	0,03
30	2	15	0,15	1,11	0,33	0,04
30	2	20	0,17	1,18	0,38	0,06
30	2	25	0,18	1,25	0,42	0,07
30	2	50	0,24	1,47	0,59	0,13
30	2	75	0,28	1,61	0,71	0,17
30	2	100	0,32	1,72	0,81	0,21
30	2	250	0,44	2,11	1,19	0,36
30	2	500	0,54	2,43	1,52	0,50
30	2	1000	0,63	2,77	1,84	0,64
30	2	2500	0,73	3,23	2,16	0,78
30	2	5000	0,76	3,56	2,29	0,84
30	3	10	0,13	1,01	0,27	0,03
30	3	15	0,15	1,11	0,33	0,04
30	3	20	0,17	1,19	0,38	0,06
30	3	25	0,19	1,26	0,43	0,07
30	3	50	0,25	1,48	0,60	0,13
30	3	75	0,29	1,63	0,73	0,18
30	3	100	0,33	1,74	0,84	0,22
30	3	250	0,46	2,15	1,27	0,39
30	3	500	0,59	2,49	1,68	0,57
30	3	1000	0,72	2,87	2,15	0,78
30	3	2500	0,89	3,40	2,74	1,05
30	3	5000	0,98	3,80	3,07	1,20

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
30	4	10	0,13	1,01	0,27	0,03
30	4	15	0,15	1,11	0,33	0,04
30	4	20	0,17	1,20	0,38	0,06
30	4	25	0,19	1,26	0,43	0,07
30	4	50	0,25	1,49	0,61	0,13
30	4	75	0,29	1,64	0,74	0,18
30	4	100	0,33	1,76	0,85	0,22
30	4	250	0,47	2,17	1,30	0,41
30	4	500	0,61	2,53	1,76	0,60
30	4	1000	0,77	2,93	2,32	0,85
30	4	2500	0,99	3,50	3,12	1,23
30	4	5000	1,14	3,95	3,65	1,48
30	5	10	0,13	1,01	0,27	0,03
30	5	15	0,15	1,12	0,33	0,04
30	5	20	0,17	1,20	0,38	0,06
30	5	25	0,19	1,27	0,43	0,07
30	5	50	0,25	1,50	0,61	0,13
30	5	75	0,29	1,65	0,74	0,18
30	5	100	0,33	1,77	0,86	0,23
30	5	250	0,48	2,19	1,32	0,41
30	5	500	0,62	2,56	1,81	0,62
30	5	1000	0,80	2,97	2,42	0,90
30	5	2500	1,06	3,57	3,36	1,34
30	5	5000	1,25	4,06	4,07	1,69
30	7,5	10	0,13	1,01	0,27	0,03
30	7,5	15	0,15	1,12	0,33	0,04
30	7,5	20	0,17	1,20	0,38	0,06
30	7,5	25	0,19	1,27	0,43	0,07
30	7,5	50	0,25	1,50	0,61	0,14
30	7,5	75	0,30	1,66	0,75	0,19
30	7,5	100	0,33	1,78	0,86	0,23
30	7,5	250	0,49	2,21	1,35	0,42
30	7,5	500	0,64	2,59	1,87	0,65
30	7,5	1000	0,84	3,03	2,55	0,96
30	7,5	2500	1,16	3,68	3,71	1,51
30	7,5	5000	1,43	4,22	4,73	2,02
30	10	10	0,13	1,01	0,27	0,03
30	10	15	0,15	1,12	0,33	0,04
30	10	20	0,17	1,20	0,39	0,06
30	10	25	0,19	1,27	0,43	0,07
30	10	50	0,25	1,51	0,61	0,14
30	10	75	0,30	1,66	0,75	0,19
30	10	100	0,33	1,78	0,87	0,23
30	10	250	0,49	2,22	1,36	0,43
30	10	500	0,65	2,61	1,89	0,66
30	10	1000	0,85	3,06	2,61	0,99
30	10	2500	1,20	3,74	3,88	1,60
30	10	5000	1,52	4,32	5,09	2,20

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
28	2	10	0,12	0,97	0,24	0,02
28	2	15	0,14	1,07	0,30	0,03
28	2	20	0,16	1,15	0,34	0,05
28	2	25	0,17	1,21	0,38	0,06
28	2	50	0,23	1,42	0,54	0,11
28	2	75	0,26	1,56	0,65	0,15
28	2	100	0,29	1,67	0,74	0,18
28	2	250	0,41	2,04	1,10	0,32
28	2	500	0,50	2,35	1,41	0,45
28	2	1000	0,60	2,69	1,73	0,59
28	2	2500	0,69	3,14	2,05	0,73
28	2	5000	0,73	3,47	2,19	0,79
28	3	10	0,12	0,97	0,24	0,02
28	3	15	0,14	1,07	0,30	0,03
28	3	20	0,16	1,15	0,35	0,05
28	3	25	0,17	1,22	0,39	0,06
28	3	50	0,23	1,43	0,55	0,11
28	3	75	0,27	1,58	0,67	0,16
28	3	100	0,30	1,69	0,76	0,19
28	3	250	0,43	2,08	1,16	0,35
28	3	500	0,55	2,41	1,55	0,51
28	3	1000	0,68	2,78	2,00	0,71
28	3	2500	0,84	3,30	2,57	0,97
28	3	5000	0,94	3,70	2,91	1,13
28	4	10	0,12	0,98	0,24	0,02
28	4	15	0,14	1,08	0,30	0,03
28	4	20	0,16	1,16	0,35	0,05
28	4	25	0,17	1,22	0,39	0,06
28	4	50	0,23	1,44	0,55	0,11
28	4	75	0,27	1,59	0,67	0,16
28	4	100	0,30	1,70	0,77	0,20
28	4	250	0,44	2,10	1,19	0,36
28	4	500	0,57	2,45	1,62	0,54
28	4	1000	0,72	2,84	2,14	0,77
28	4	2500	0,94	3,40	2,90	1,13
28	4	5000	1,08	3,84	3,43	1,38
28	5	10	0,12	0,98	0,24	0,02
28	5	15	0,14	1,08	0,30	0,04
28	5	20	0,16	1,16	0,35	0,05
28	5	25	0,17	1,22	0,39	0,06
28	5	50	0,23	1,45	0,55	0,12
28	5	75	0,27	1,59	0,68	0,16
28	5	100	0,31	1,71	0,78	0,20
28	5	250	0,44	2,11	1,21	0,37
28	5	500	0,58	2,47	1,66	0,56
28	5	1000	0,74	2,88	2,23	0,81
28	5	2500	1,00	3,46	3,12	1,23
28	5	5000	1,18	3,94	3,81	1,56

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
28	7,5	10	0,12	0,98	0,24	0,02
28	7,5	15	0,14	1,08	0,30	0,04
28	7,5	20	0,16	1,16	0,35	0,05
28	7,5	25	0,17	1,23	0,39	0,06
28	7,5	50	0,23	1,45	0,56	0,12
28	7,5	75	0,27	1,60	0,68	0,16
28	7,5	100	0,31	1,72	0,79	0,20
28	7,5	250	0,45	2,14	1,23	0,37
28	7,5	500	0,59	2,51	1,70	0,58
28	7,5	1000	0,78	2,93	2,33	0,86
28	7,5	2500	1,08	3,56	3,42	1,37
28	7,5	5000	1,34	4,09	4,39	1,85
28	10	10	0,12	0,98	0,24	0,02
28	10	15	0,14	1,08	0,30	0,04
28	10	20	0,16	1,16	0,35	0,05
28	10	25	0,17	1,23	0,39	0,06
28	10	50	0,23	1,46	0,56	0,12
28	10	75	0,27	1,61	0,68	0,16
28	10	100	0,31	1,72	0,79	0,20
28	10	250	0,45	2,15	1,24	0,38
28	10	500	0,60	2,53	1,73	0,59
28	10	1000	0,79	2,96	2,38	0,88
28	10	2500	1,12	3,62	3,56	1,44
28	10	5000	1,42	4,18	4,70	2,00
26	2	10	0,11	0,93	0,22	0,01
26	2	15	0,13	1,03	0,27	0,03
26	2	20	0,14	1,10	0,31	0,04
26	2	25	0,16	1,16	0,35	0,05
26	2	50	0,21	1,37	0,49	0,09
26	2	75	0,24	1,51	0,59	0,13
26	2	100	0,27	1,61	0,67	0,16
26	2	250	0,38	1,97	1,00	0,28
26	2	500	0,47	2,27	1,30	0,40
26	2	1000	0,56	2,60	1,60	0,53
26	2	2500	0,66	3,05	1,93	0,68
26	2	5000	0,70	3,37	2,08	0,74
26	3	10	0,11	0,94	0,22	0,01
26	3	15	0,13	1,04	0,27	0,03
26	3	20	0,14	1,11	0,31	0,04
26	3	25	0,16	1,17	0,35	0,05
26	3	50	0,21	1,38	0,49	0,10
26	3	75	0,25	1,52	0,60	0,13
26	3	100	0,28	1,63	0,69	0,16
26	3	250	0,40	2,01	1,06	0,30
26	3	500	0,51	2,33	1,42	0,45
26	3	1000	0,63	2,69	1,84	0,64
26	3	2500	0,79	3,20	2,40	0,89
26	3	5000	0,89	3,58	2,74	1,05

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
26	4	10	0,11	0,94	0,22	0,01
26	4	15	0,13	1,04	0,27	0,03
26	4	20	0,14	1,11	0,31	0,04
26	4	25	0,16	1,18	0,35	0,05
26	4	50	0,21	1,39	0,50	0,10
26	4	75	0,25	1,53	0,61	0,13
26	4	100	0,28	1,64	0,70	0,17
26	4	250	0,40	2,03	1,08	0,31
26	4	500	0,52	2,37	1,47	0,48
26	4	1000	0,67	2,74	1,96	0,69
26	4	2500	0,88	3,29	2,69	1,02
26	4	5000	1,02	3,72	3,21	1,27
26	5	10	0,11	0,94	0,22	0,01
26	5	15	0,13	1,04	0,27	0,03
26	5	20	0,14	1,12	0,31	0,04
26	5	25	0,16	1,18	0,35	0,05
26	5	50	0,21	1,39	0,50	0,10
26	5	75	0,25	1,54	0,61	0,14
26	5	100	0,28	1,65	0,70	0,17
26	5	250	0,41	2,04	1,10	0,32
26	5	500	0,53	2,39	1,51	0,49
26	5	1000	0,69	2,78	2,03	0,72
26	5	2500	0,93	3,35	2,88	1,11
26	5	5000	1,11	3,81	3,55	1,43
26	7,5	10	0,11	0,94	0,22	0,01
26	7,5	15	0,13	1,04	0,27	0,03
26	7,5	20	0,14	1,12	0,31	0,04
26	7,5	25	0,16	1,18	0,35	0,05
26	7,5	50	0,21	1,40	0,50	0,10
26	7,5	75	0,25	1,55	0,61	0,14
26	7,5	100	0,28	1,66	0,71	0,17
26	7,5	250	0,41	2,06	1,11	0,33
26	7,5	500	0,55	2,42	1,55	0,51
26	7,5	1000	0,71	2,83	2,12	0,76
26	7,5	2500	1,00	3,44	3,13	1,23
26	7,5	5000	1,25	3,95	4,04	1,68
26	10	10	0,11	0,94	0,22	0,01
26	10	15	0,13	1,04	0,27	0,03
26	10	20	0,14	1,12	0,31	0,04
26	10	25	0,16	1,18	0,35	0,05
26	10	50	0,21	1,40	0,50	0,10
26	10	75	0,25	1,55	0,62	0,14
26	10	100	0,28	1,66	0,71	0,17
26	10	250	0,41	2,07	1,12	0,33
26	10	500	0,55	2,44	1,56	0,52
26	10	1000	0,73	2,86	2,16	0,78
26	10	2500	1,03	3,50	3,25	1,29
26	10	5000	1,31	4,04	4,30	1,80

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
24	2	10	0,10	0,90	0,19	0,01
24	2	15	0,12	0,99	0,24	0,02
24	2	20	0,13	1,06	0,28	0,03
24	2	25	0,14	1,12	0,31	0,04
24	2	50	0,19	1,32	0,44	0,08
24	2	75	0,22	1,45	0,53	0,11
24	2	100	0,25	1,55	0,61	0,13
24	2	250	0,35	1,90	0,91	0,25
24	2	500	0,44	2,19	1,19	0,36
24	2	1000	0,53	2,51	1,48	0,48
24	2	2500	0,62	2,94	1,81	0,62
24	2	5000	0,67	3,26	1,96	0,69
24	3	10	0,10	0,90	0,19	0,01
24	3	15	0,12	1,00	0,24	0,02
24	3	20	0,13	1,07	0,28	0,03
24	3	25	0,14	1,13	0,31	0,04
24	3	50	0,19	1,33	0,44	0,08
24	3	75	0,23	1,46	0,54	0,11
24	3	100	0,25	1,57	0,62	0,14
24	3	250	0,36	1,93	0,95	0,26
24	3	500	0,47	2,25	1,28	0,40
24	3	1000	0,58	2,59	1,68	0,57
24	3	2500	0,74	3,09	2,22	0,81
24	3	5000	0,84	3,47	2,57	0,97
24	4	10	0,10	0,90	0,19	0,01
24	4	15	0,12	1,00	0,24	0,02
24	4	20	0,13	1,07	0,28	0,03
24	4	25	0,14	1,13	0,31	0,04
24	4	50	0,19	1,34	0,44	0,08
24	4	75	0,23	1,47	0,54	0,11
24	4	100	0,26	1,58	0,63	0,14
24	4	250	0,37	1,95	0,97	0,27
24	4	500	0,48	2,28	1,33	0,42
24	4	1000	0,62	2,64	1,78	0,61
24	4	2500	0,81	3,17	2,47	0,92
24	4	5000	0,96	3,59	2,98	1,16
24	5	10	0,10	0,91	0,20	0,01
24	5	15	0,12	1,00	0,24	0,02
24	5	20	0,13	1,07	0,28	0,03
24	5	25	0,14	1,13	0,31	0,04
24	5	50	0,19	1,34	0,45	0,08
24	5	75	0,23	1,48	0,55	0,11
24	5	100	0,26	1,58	0,63	0,14
24	5	250	0,37	1,96	0,98	0,28
24	5	500	0,49	2,30	1,36	0,43
24	5	1000	0,63	2,67	1,84	0,64
24	5	2500	0,86	3,23	2,63	1,00
24	5	5000	1,04	3,68	3,27	1,30

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
24	7,5	10	0,10	0,91	0,20	0,01
24	7,5	15	0,12	1,00	0,24	0,02
24	7,5	20	0,13	1,08	0,28	0,03
24	7,5	25	0,14	1,14	0,31	0,04
24	7,5	50	0,19	1,35	0,45	0,08
24	7,5	75	0,23	1,49	0,55	0,11
24	7,5	100	0,26	1,59	0,63	0,14
24	7,5	250	0,38	1,98	1,00	0,28
24	7,5	500	0,50	2,33	1,39	0,44
24	7,5	1000	0,65	2,72	1,91	0,67
24	7,5	2500	0,92	3,32	2,84	1,09
24	7,5	5000	1,15	3,81	3,70	1,51
24	10	10	0,10	0,91	0,20	0,01
24	10	15	0,12	1,00	0,24	0,02
24	10	20	0,13	1,08	0,28	0,03
24	10	25	0,14	1,14	0,31	0,04
24	10	50	0,19	1,35	0,45	0,08
24	10	75	0,23	1,49	0,55	0,11
24	10	100	0,26	1,60	0,64	0,14
24	10	250	0,38	1,99	1,00	0,28
24	10	500	0,50	2,34	1,40	0,45
24	10	1000	0,66	2,75	1,95	0,68
24	10	2500	0,95	3,37	2,94	1,14
24	10	5000	1,21	3,89	3,91	1,61
22	2	10	0,09	0,86	0,17	0,00
22	2	15	0,10	0,95	0,21	0,01
22	2	20	0,12	1,02	0,24	0,02
22	2	25	0,13	1,07	0,27	0,03
22	2	50	0,17	1,26	0,39	0,06
22	2	75	0,20	1,39	0,47	0,09
22	2	100	0,23	1,48	0,54	0,11
22	2	250	0,32	1,82	0,81	0,21
22	2	500	0,40	2,11	1,07	0,31
22	2	1000	0,49	2,42	1,35	0,43
22	2	2500	0,59	2,84	1,68	0,57
22	2	5000	0,63	3,15	1,84	0,64
22	3	10	0,09	0,86	0,17	0,00
22	3	15	0,11	0,95	0,21	0,01
22	3	20	0,12	1,02	0,25	0,02
22	3	25	0,13	1,08	0,28	0,03
22	3	50	0,17	1,27	0,39	0,06
22	3	75	0,20	1,40	0,48	0,09
22	3	100	0,23	1,50	0,55	0,11
22	3	250	0,33	1,85	0,85	0,22
22	3	500	0,43	2,16	1,15	0,34
22	3	1000	0,54	2,49	1,52	0,50
22	3	2500	0,69	2,97	2,04	0,72
22	3	5000	0,79	3,34	2,38	0,88

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
22	4	10	0,09	0,87	0,17	0,00
22	4	15	0,11	0,96	0,21	0,01
22	4	20	0,12	1,03	0,25	0,02
22	4	25	0,13	1,08	0,28	0,03
22	4	50	0,17	1,28	0,39	0,06
22	4	75	0,21	1,41	0,48	0,09
22	4	100	0,23	1,51	0,56	0,12
22	4	250	0,33	1,87	0,87	0,23
22	4	500	0,44	2,19	1,19	0,36
22	4	1000	0,56	2,54	1,60	0,53
22	4	2500	0,75	3,05	2,25	0,82
22	4	5000	0,89	3,46	2,74	1,05
22	5	10	0,09	0,87	0,17	0,00
22	5	15	0,11	0,96	0,21	0,01
22	5	20	0,12	1,03	0,25	0,02
22	5	25	0,13	1,09	0,28	0,03
22	5	50	0,17	1,28	0,40	0,06
22	5	75	0,21	1,42	0,48	0,09
22	5	100	0,23	1,52	0,56	0,12
22	5	250	0,34	1,88	0,88	0,23
22	5	500	0,44	2,20	1,21	0,37
22	5	1000	0,58	2,57	1,65	0,55
22	5	2500	0,79	3,10	2,38	0,88
22	5	5000	0,96	3,54	2,99	1,17
22	7,5	10	0,09	0,87	0,17	0,00
22	7,5	15	0,11	0,96	0,21	0,01
22	7,5	20	0,12	1,03	0,25	0,02
22	7,5	25	0,13	1,09	0,28	0,03
22	7,5	50	0,17	1,29	0,40	0,06
22	7,5	75	0,21	1,42	0,49	0,09
22	7,5	100	0,23	1,53	0,56	0,12
22	7,5	250	0,34	1,90	0,89	0,24
22	7,5	500	0,45	2,23	1,24	0,38
22	7,5	1000	0,59	2,61	1,71	0,58
22	7,5	2500	0,84	3,18	2,55	0,96
22	7,5	5000	1,06	3,66	3,35	1,34
22	10	10	0,09	0,87	0,17	0,00
22	10	15	0,11	0,96	0,21	0,01
22	10	20	0,12	1,03	0,25	0,02
22	10	25	0,13	1,09	0,28	0,03
22	10	50	0,18	1,29	0,40	0,06
22	10	75	0,21	1,43	0,49	0,09
22	10	100	0,23	1,53	0,56	0,12
22	10	250	0,34	1,91	0,89	0,24
22	10	500	0,46	2,25	1,25	0,38
22	10	1000	0,60	2,64	1,74	0,59
22	10	2500	0,86	3,23	2,63	1,00
22	10	5000	1,11	3,73	3,52	1,42

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
16	2	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	2	15	0,07	0,81	0,13	-0,01
16	2	20	0,08	0,87	0,15	0,00
16	2	25	0,09	0,92	0,17	0,00
16	2	50	0,12	1,08	0,25	0,02
16	2	75	0,14	1,19	0,30	0,04
16	2	100	0,16	1,27	0,35	0,05
16	2	250	0,23	1,57	0,54	0,11
16	2	500	0,29	1,82	0,73	0,18
16	2	1000	0,36	2,09	0,95	0,26
16	2	2500	0,46	2,48	1,25	0,38
16	2	5000	0,51	2,77	1,44	0,46
16	3	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	3	15	0,07	0,81	0,13	-0,01
16	3	20	0,08	0,87	0,16	0,00
16	3	25	0,09	0,92	0,17	0,00
16	3	50	0,12	1,09	0,25	0,02
16	3	75	0,14	1,20	0,31	0,04
16	3	100	0,16	1,29	0,36	0,05
16	3	250	0,23	1,59	0,56	0,12
16	3	500	0,30	1,85	0,77	0,19
16	3	1000	0,39	2,15	1,03	0,30
16	3	2500	0,52	2,58	1,45	0,47
16	3	5000	0,61	2,91	1,77	0,61
16	4	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	4	15	0,07	0,82	0,13	-0,01
16	4	20	0,08	0,88	0,16	0,00
16	4	25	0,09	0,93	0,17	0,00
16	4	50	0,12	1,09	0,25	0,02
16	4	75	0,14	1,21	0,31	0,04
16	4	100	0,16	1,29	0,36	0,05
16	4	250	0,23	1,60	0,56	0,12
16	4	500	0,31	1,88	0,78	0,20
16	4	1000	0,40	2,18	1,07	0,31
16	4	2500	0,55	2,64	1,56	0,52
16	4	5000	0,67	3,00	1,98	0,70
16	5	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	5	15	0,07	0,82	0,13	-0,01
16	5	20	0,08	0,88	0,16	0,00
16	5	25	0,09	0,93	0,18	0,00
16	5	50	0,12	1,10	0,25	0,02
16	5	75	0,14	1,21	0,31	0,04
16	5	100	0,16	1,30	0,36	0,05
16	5	250	0,23	1,61	0,57	0,12
16	5	500	0,31	1,89	0,79	0,20
16	5	1000	0,41	2,21	1,10	0,32
16	5	2500	0,57	2,68	1,63	0,54
16	5	5000	0,71	3,06	2,11	0,76

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
16	7,5	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	7,5	15	0,07	0,82	0,13	-0,01
16	7,5	20	0,08	0,88	0,16	0,00
16	7,5	25	0,09	0,93	0,18	0,00
16	7,5	50	0,12	1,10	0,25	0,02
16	7,5	75	0,14	1,22	0,31	0,04
16	7,5	100	0,16	1,30	0,36	0,05
16	7,5	250	0,24	1,62	0,57	0,12
16	7,5	500	0,31	1,91	0,80	0,21
16	7,5	1000	0,42	2,24	1,12	0,33
16	7,5	2500	0,59	2,74	1,71	0,58
16	7,5	5000	0,76	3,16	2,29	0,84
16	10	10	0,06	0,74	0,11	-0,01
16	10	15	0,07	0,82	0,13	-0,01
16	10	20	0,08	0,88	0,16	0,00
16	10	25	0,09	0,93	0,18	0,00
16	10	50	0,12	1,10	0,25	0,02
16	10	75	0,14	1,22	0,31	0,04
16	10	100	0,16	1,31	0,36	0,05
16	10	250	0,24	1,63	0,57	0,12
16	10	500	0,32	1,92	0,81	0,21
16	10	1000	0,42	2,26	1,13	0,34
16	10	2500	0,60	2,77	1,74	0,59
16	10	5000	0,79	3,21	2,37	0,88
15	2	10	0,06	0,71	0,10	-0,01
15	2	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	2	20	0,08	0,84	0,14	0,00
15	2	25	0,08	0,89	0,16	0,00
15	2	50	0,11	1,05	0,23	0,02
15	2	75	0,13	1,15	0,28	0,03
15	2	100	0,15	1,23	0,32	0,04
15	2	250	0,21	1,52	0,50	0,10
15	2	500	0,27	1,76	0,67	0,16
15	2	1000	0,34	2,03	0,88	0,24
15	2	2500	0,43	2,41	1,17	0,35
15	2	5000	0,49	2,69	1,36	0,43
15	3	10	0,06	0,71	0,10	-0,01
15	3	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	3	20	0,08	0,85	0,14	0,00
15	3	25	0,08	0,89	0,16	0,00
15	3	50	0,11	1,06	0,23	0,02
15	3	75	0,13	1,16	0,28	0,03
15	3	100	0,15	1,25	0,32	0,04
15	3	250	0,21	1,54	0,51	0,10
15	3	500	0,28	1,80	0,70	0,17
15	3	1000	0,36	2,09	0,95	0,26
15	3	2500	0,49	2,50	1,35	0,43
15	3	5000	0,58	2,83	1,66	0,56

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
15	4	10	0,06	0,72	0,10	-0,01
15	4	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	4	20	0,08	0,85	0,14	0,00
15	4	25	0,08	0,90	0,16	0,00
15	4	50	0,11	1,06	0,23	0,02
15	4	75	0,13	1,17	0,28	0,03
15	4	100	0,15	1,25	0,33	0,04
15	4	250	0,22	1,55	0,52	0,10
15	4	500	0,29	1,82	0,72	0,17
15	4	1000	0,37	2,12	0,99	0,28
15	4	2500	0,52	2,56	1,45	0,47
15	4	5000	0,63	2,92	1,85	0,64
15	5	10	0,06	0,72	0,10	-0,01
15	5	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	5	20	0,08	0,85	0,14	0,00
15	5	25	0,08	0,90	0,16	0,00
15	5	50	0,11	1,06	0,23	0,02
15	5	75	0,13	1,17	0,28	0,03
15	5	100	0,15	1,26	0,33	0,04
15	5	250	0,22	1,56	0,52	0,10
15	5	500	0,29	1,83	0,73	0,18
15	5	1000	0,38	2,14	1,01	0,28
15	5	2500	0,53	2,60	1,50	0,49
15	5	5000	0,67	2,97	1,96	0,69
15	7,5	10	0,06	0,72	0,10	-0,01
15	7,5	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	7,5	20	0,08	0,85	0,14	0,00
15	7,5	25	0,08	0,90	0,16	0,00
15	7,5	50	0,11	1,07	0,23	0,02
15	7,5	75	0,13	1,18	0,28	0,03
15	7,5	100	0,15	1,26	0,33	0,04
15	7,5	250	0,22	1,57	0,52	0,10
15	7,5	500	0,29	1,85	0,74	0,18
15	7,5	1000	0,39	2,17	1,03	0,29
15	7,5	2500	0,55	2,65	1,57	0,52
15	7,5	5000	0,71	3,06	2,11	0,76
15	10	10	0,06	0,72	0,10	-0,01
15	10	15	0,07	0,79	0,12	-0,01
15	10	20	0,08	0,85	0,14	0,00
15	10	25	0,08	0,90	0,16	0,00
15	10	50	0,11	1,07	0,23	0,02
15	10	75	0,13	1,18	0,28	0,03
15	10	100	0,15	1,27	0,33	0,04
15	10	250	0,22	1,58	0,52	0,11
15	10	500	0,29	1,86	0,74	0,18
15	10	1000	0,39	2,19	1,04	0,30
15	10	2500	0,56	2,68	1,60	0,53
15	10	5000	0,73	3,11	2,19	0,79

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
14	2	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	2	15	0,06	0,76	0,11	-0,01
14	2	20	0,07	0,81	0,13	-0,01
14	2	25	0,08	0,86	0,14	0,00
14	2	50	0,10	1,01	0,21	0,01
14	2	75	0,12	1,12	0,25	0,02
14	2	100	0,14	1,19	0,29	0,03
14	2	250	0,19	1,47	0,45	0,08
14	2	500	0,25	1,71	0,62	0,14
14	2	1000	0,32	1,97	0,81	0,21
14	2	2500	0,41	2,33	1,09	0,32
14	2	5000	0,46	2,61	1,28	0,40
14	3	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	3	15	0,06	0,76	0,11	-0,01
14	3	20	0,07	0,82	0,13	-0,01
14	3	25	0,08	0,86	0,14	0,00
14	3	50	0,10	1,02	0,21	0,01
14	3	75	0,12	1,12	0,25	0,02
14	3	100	0,14	1,20	0,29	0,03
14	3	250	0,20	1,49	0,46	0,09
14	3	500	0,26	1,74	0,64	0,15
14	3	1000	0,34	2,02	0,87	0,23
14	3	2500	0,46	2,42	1,25	0,38
14	3	5000	0,55	2,75	1,55	0,51
14	4	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	4	15	0,06	0,76	0,11	-0,01
14	4	20	0,07	0,82	0,13	-0,01
14	4	25	0,08	0,87	0,14	0,00
14	4	50	0,10	1,02	0,21	0,01
14	4	75	0,12	1,13	0,26	0,02
14	4	100	0,14	1,21	0,30	0,03
14	4	250	0,20	1,50	0,47	0,09
14	4	500	0,26	1,76	0,66	0,15
14	4	1000	0,35	2,05	0,90	0,24
14	4	2500	0,48	2,48	1,33	0,42
14	4	5000	0,59	2,83	1,71	0,58
14	5	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	5	15	0,06	0,77	0,11	-0,01
14	5	20	0,07	0,82	0,13	-0,01
14	5	25	0,08	0,87	0,14	0,00
14	5	50	0,10	1,03	0,21	0,01
14	5	75	0,12	1,13	0,26	0,02
14	5	100	0,14	1,21	0,30	0,03
14	5	250	0,20	1,51	0,47	0,09
14	5	500	0,27	1,77	0,66	0,15
14	5	1000	0,35	2,07	0,92	0,25
14	5	2500	0,49	2,51	1,38	0,44
14	5	5000	0,62	2,88	1,81	0,62

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
14	7,5	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	7,5	15	0,06	0,77	0,11	-0,01
14	7,5	20	0,07	0,82	0,13	-0,01
14	7,5	25	0,08	0,87	0,14	0,00
14	7,5	50	0,10	1,03	0,21	0,01
14	7,5	75	0,12	1,14	0,26	0,02
14	7,5	100	0,14	1,22	0,30	0,03
14	7,5	250	0,20	1,52	0,47	0,09
14	7,5	500	0,27	1,79	0,67	0,16
14	7,5	1000	0,36	2,10	0,94	0,26
14	7,5	2500	0,51	2,57	1,44	0,46
14	7,5	5000	0,66	2,96	1,94	0,68
14	10	10	0,05	0,69	0,09	-0,01
14	10	15	0,06	0,77	0,11	-0,01
14	10	20	0,07	0,82	0,13	-0,01
14	10	25	0,08	0,87	0,14	0,00
14	10	50	0,10	1,03	0,21	0,01
14	10	75	0,12	1,14	0,26	0,02
14	10	100	0,14	1,22	0,30	0,03
14	10	250	0,20	1,53	0,48	0,09
14	10	500	0,27	1,80	0,67	0,16
14	10	1000	0,36	2,11	0,95	0,26
14	10	2500	0,52	2,59	1,46	0,47
14	10	5000	0,68	3,01	2,00	0,71
13	2	10	0,05	0,66	0,08	-0,01
13	2	15	0,06	0,73	0,10	-0,01
13	2	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	2	25	0,07	0,83	0,13	-0,01
13	2	50	0,09	0,98	0,18	0,01
13	2	75	0,11	1,08	0,23	0,02
13	2	100	0,12	1,15	0,26	0,02
13	2	250	0,18	1,42	0,41	0,07
13	2	500	0,23	1,65	0,56	0,12
13	2	1000	0,29	1,90	0,74	0,18
13	2	2500	0,38	2,26	1,01	0,29
13	2	5000	0,44	2,53	1,20	0,36
13	3	10	0,05	0,67	0,08	-0,01
13	3	15	0,06	0,74	0,10	-0,01
13	3	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	3	25	0,07	0,83	0,13	-0,01
13	3	50	0,09	0,98	0,19	0,01
13	3	75	0,11	1,08	0,23	0,02
13	3	100	0,13	1,16	0,27	0,03
13	3	250	0,18	1,44	0,42	0,07
13	3	500	0,24	1,68	0,58	0,13
13	3	1000	0,31	1,95	0,80	0,20
13	3	2500	0,42	2,34	1,15	0,34
13	3	5000	0,51	2,66	1,44	0,46

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
13	4	10	0,05	0,67	0,08	-0,01
13	4	15	0,06	0,74	0,10	-0,01
13	4	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	4	25	0,07	0,83	0,13	-0,01
13	4	50	0,09	0,99	0,19	0,01
13	4	75	0,11	1,09	0,23	0,02
13	4	100	0,13	1,17	0,27	0,03
13	4	250	0,18	1,45	0,42	0,07
13	4	500	0,24	1,70	0,59	0,13
13	4	1000	0,32	1,98	0,82	0,21
13	4	2500	0,44	2,39	1,22	0,37
13	4	5000	0,55	2,73	1,57	0,52
13	5	10	0,05	0,67	0,08	-0,01
13	5	15	0,06	0,74	0,10	-0,01
13	5	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	5	25	0,07	0,84	0,13	-0,01
13	5	50	0,10	0,99	0,19	0,01
13	5	75	0,11	1,09	0,23	0,02
13	5	100	0,13	1,17	0,27	0,03
13	5	250	0,19	1,45	0,43	0,07
13	5	500	0,25	1,71	0,60	0,13
13	5	1000	0,32	2,00	0,83	0,22
13	5	2500	0,46	2,43	1,25	0,39
13	5	5000	0,58	2,78	1,66	0,56
13	7,5	10	0,05	0,67	0,08	-0,01
13	7,5	15	0,06	0,74	0,10	-0,01
13	7,5	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	7,5	25	0,07	0,84	0,13	-0,01
13	7,5	50	0,10	0,99	0,19	0,01
13	7,5	75	0,11	1,10	0,23	0,02
13	7,5	100	0,13	1,18	0,27	0,03
13	7,5	250	0,19	1,46	0,43	0,07
13	7,5	500	0,25	1,72	0,60	0,13
13	7,5	1000	0,33	2,02	0,85	0,22
13	7,5	2500	0,47	2,47	1,30	0,41
13	7,5	5000	0,61	2,86	1,77	0,61
13	10	10	0,05	0,67	0,08	-0,01
13	10	15	0,06	0,74	0,10	-0,01
13	10	20	0,06	0,79	0,11	-0,01
13	10	25	0,07	0,84	0,13	-0,01
13	10	50	0,10	0,99	0,19	0,01
13	10	75	0,11	1,10	0,23	0,02
13	10	100	0,13	1,18	0,27	0,03
13	10	250	0,19	1,47	0,43	0,07
13	10	500	0,25	1,73	0,61	0,13
13	10	1000	0,33	2,04	0,86	0,23
13	10	2500	0,48	2,50	1,33	0,42
13	10	5000	0,63	2,90	1,82	0,63

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
12	2	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	2	15	0,05	0,70	0,09	-0,01
12	2	20	0,06	0,75	0,10	-0,01
12	2	25	0,06	0,80	0,11	-0,01
12	2	50	0,09	0,94	0,16	0,00
12	2	75	0,10	1,04	0,20	0,01
12	2	100	0,11	1,11	0,23	0,02
12	2	250	0,16	1,36	0,37	0,05
12	2	500	0,21	1,59	0,50	0,10
12	2	1000	0,27	1,83	0,67	0,16
12	2	2500	0,36	2,18	0,93	0,26
12	2	5000	0,41	2,45	1,11	0,33
12	3	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	3	15	0,05	0,71	0,09	-0,01
12	3	20	0,06	0,76	0,10	-0,01
12	3	25	0,06	0,80	0,11	-0,01
12	3	50	0,09	0,95	0,17	0,00
12	3	75	0,10	1,04	0,20	0,01
12	3	100	0,12	1,12	0,24	0,02
12	3	250	0,17	1,38	0,37	0,06
12	3	500	0,22	1,62	0,52	0,11
12	3	1000	0,29	1,88	0,72	0,17
12	3	2500	0,39	2,26	1,04	0,30
12	3	5000	0,48	2,56	1,32	0,41
12	4	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	4	15	0,05	0,71	0,09	-0,01
12	4	20	0,06	0,76	0,10	-0,01
12	4	25	0,06	0,80	0,11	-0,01
12	4	50	0,09	0,95	0,17	0,00
12	4	75	0,10	1,05	0,20	0,01
12	4	100	0,12	1,12	0,24	0,02
12	4	250	0,17	1,39	0,38	0,06
12	4	500	0,22	1,63	0,53	0,11
12	4	1000	0,29	1,90	0,74	0,18
12	4	2500	0,41	2,30	1,10	0,32
12	4	5000	0,51	2,63	1,44	0,46
12	5	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	5	15	0,05	0,71	0,09	-0,01
12	5	20	0,06	0,76	0,10	-0,01
12	5	25	0,06	0,80	0,11	-0,01
12	5	50	0,09	0,95	0,17	0,00
12	5	75	0,10	1,05	0,21	0,01
12	5	100	0,12	1,12	0,24	0,02
12	5	250	0,17	1,40	0,38	0,06
12	5	500	0,22	1,64	0,54	0,11
12	5	1000	0,30	1,92	0,75	0,19
12	5	2500	0,42	2,33	1,13	0,34
12	5	5000	0,53	2,68	1,51	0,49

Wind snelheid	Water diepte	Breedte water	Golfhoogte bij kunstwerk	Golf periode	Overslag hoogte Q = 0,1l	Overslag hoogte Q = 10l
[m/s]	[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[m]
12	7,5	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	7,5	15	0,05	0,71	0,09	-0,01
12	7,5	20	0,06	0,76	0,10	-0,01
12	7,5	25	0,06	0,80	0,11	-0,01
12	7,5	50	0,09	0,95	0,17	0,00
12	7,5	75	0,10	1,05	0,21	0,01
12	7,5	100	0,12	1,13	0,24	0,02
12	7,5	250	0,17	1,41	0,38	0,06
12	7,5	500	0,23	1,66	0,54	0,11
12	7,5	1000	0,30	1,94	0,76	0,19
12	7,5	2500	0,43	2,38	1,17	0,35
12	7,5	5000	0,56	2,75	1,60	0,53
12	10	10	0,04	0,64	0,07	-0,01
12	10	15	0,05	0,71	0,09	-0,01
12	10	20	0,06	0,76	0,10	-0,01
12	10	25	0,06	0,81	0,11	-0,01
12	10	50	0,09	0,96	0,17	0,00
12	10	75	0,10	1,06	0,21	0,01
12	10	100	0,12	1,13	0,24	0,02
12	10	250	0,17	1,41	0,38	0,06
12	10	500	0,23	1,67	0,54	0,11
12	10	1000	0,30	1,96	0,77	0,19
12	10	2500	0,44	2,41	1,19	0,36
12	10	5000	0,57	2,79	1,64	0,55