

H 1765.





Oprichtgever:  
Rijkswaterstaat  
Dienst Weg- en Waterbouwkunde

## Toelaatbare golfoverslag bij grasdijken

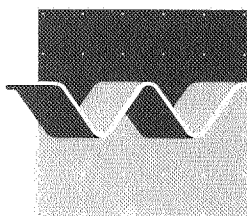
AFGEHANDELD

Oktober 1995

	<b>bibliotheek</b> postbus 177-2800 MH Delft waterloopkundig laboratorium/WL
<b>BB</b>	68212
<b>WL</b>	H1765
<b>EXPL</b>	 R0002990

## Toelaatbare golfoverslag bij grasdijken

J.W. van der Meer



# Inhoud

	blz.
<b>1</b> <b>Uitgangspunten voor de studie</b> .....	1
<b>2</b> <b>Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van golfoverslag</b> .....	3
<b>3</b> <b>Effecten van golfoverslag</b> .....	5
3.1 <b>Karakterisering rivier- en zeedijk</b> .....	5
3.2 <b>Verschillen vanuit hydraulisch oogpunt</b> .....	5
3.3 <b>Effect golfoverslag op erosie</b> .....	6
3.4 <b>Effect golfoverslag op stabiliteit</b> .....	8
3.5 <b>Effect golfoverslag op begaanbaarheid</b> .....	9
<b>4</b> <b>Voorlopige aanbeveling</b> .....	11

## Tabel

## Figuren

# 1 Uitgangspunten voor de studie

Op de laatste TAW-D2 vergadering over de Leidraad Zee- en Meerdijken (8 juni 1995) is besproken dat een nadere studie is gewenst naar de toelaatbaarheid van 10 l/s per m overslag bij zeedijken. Door de DWW is toen mondeling aan WL gevraagd een offerte voor deze korte studie uit te brengen. Onze brief van 14 juni 1995 met kenmerk HK4663/H1765/JvdM/gd beschrijft deze offerte. In de brief van 30 juni 1995 van de DWW met kenmerk 952961 is opdracht voor de studie verleend.

Het uitgangspunt voor de studie is de uitspraak die is gedaan in het GD-verslag CO-335460/27 op pagina 77:

"Voorals bij 10 l/s per m worden er hoge eisen aan de grasmat gesteld. Echter, zeker voor zeedijken moet dit debiet als ontoelaatbaar worden gezien onder andere vanwege de begaanbaarheid van de kruin. Zoals eerder opgemerkt kan het debiet dat in pieken over de dijk slaat bij hogere gemiddelde debieten 100 à 1000 x het gemiddelde bedragen. De hoeveelheid water die dan in één keer over de zeedijk slaat, is dermate groot dat het twijfelachtig is in hoeverre de erosiebestendigheid gegarandeerd is. Omdat nog onvoldoende inzicht bestaat in het erosiemechanisme en de onderzoeken nogal op rivierdijkomstandigheden gericht zijn geweest, wordt aanbevolen voor zeedijken bij een overslagdebiet van 1 l/s per m de eisen voor helling, grondsoort en gras uit de matrix voor 10 l/s per m te ontlenen."

Tijdens de discussie in de genoemde TAW-D2 vergadering kwam naar voren dat er meer punten zijn die een rol spelen dan alleen bovenstaande uitspraak en dat het gewenst was al deze punten zo goed mogelijk kwantitatief in beeld te brengen. Hiervoor is het eerst nodig de verschillen in het fysisch proces kwalitatief te beschrijven (rivier = waterstand bij de kruin, vele kleine overslaande golven; zee = relatief hoge kruin met nu en dan grote overslaande golven) en dan kwantitatief de verschillen aan te tonen.

Als uitgangspunt voor de vergelijking zijn twee situaties genomen, een rivierdijk en een zeedijk. Voor het buitentalud van de rivierdijk is 1:3 genomen, voor de significante golfhoogte 0,5 m en voor de golfsteilheid 0,04. Dit houdt in dat de vrije kruinhoogte ongeveer 0,5 m is. De zeedijk heeft taluds 1:4 met een berm (1:20, 10 m lang) op de waterlijn, een golfhoogte van 2,5 m en een golfsteilheid van 0,04. Dit betekent een vrije kruinhoogte van ongeveer 2,5 m. Bij beide situaties ontstaat een overslag van 10 l/s per m.

Het fysisch proces van golfoverslag wordt door een aantal parameters beschreven. Voor beide situaties kunnen deze parameters en mogelijk hun betrouwbaarheid worden bepaald. Dit zijn:

- de onzekerheid in de rekenwaarde van 10 l/s per m. Afhankelijk van de condities kan de 95% betrouwbaarheidsband worden gegeven. Deze is niet dezelfde in beide situaties;
- het percentage overslaande golven. Dit zal bij zeedijken kleiner zijn dan rivierdijken en zal invloed kunnen hebben op de infiltratie en erosie;

- de overslagvolumes per golf. Zowel de volumes in de maximale overslaande golf (bijvoorbeeld bij een duur van 3 uur) als de 50%-overschrijdingswaarde en andere waarden kunnen worden bekeken. De globale factor 100 à 1000 wordt daarmee beter vastgelegd in beide situaties;
- de snelheid en de laagdikte van het overslaande water op de kruin. De snelheid geeft een indicatie van de erosiesnelheid van het talud en geeft ook een idee over de begaanbaarheid van de kruin.

Daarnaast kan bij een ophoopercentage van 2% worden gekeken wat in beide gevallen de bijbehorende overslagdebieten zijn. Uiteindelijk werd in eerdere leidraden deze 2% golf-ophoophoogte geaccepteerd en dus ook het bijbehorende overslagdebiet.

Naast de kwantificering van de parameters is het van belang een gevoeligheidsanalyse uit te voeren op de twee gegeven situaties. Dit kan, zoals op de TAW-vergadering is besproken, met een probabilistische aanpak, maar evengoed met een deterministische gevoeligheidsanalyse. De grote verschillen tussen beide situaties zijn de golfhoogte en vrije kruinhoogte (bij rivierdijken beide klein, bij zeedijken beide groot). Het is van belang vooral de invloed te bekijken van deze parameters op de overslagparameters. Te denken valt aan:

- een 10% hogere golfhoogte;
- een onzekerheid in de waterstand, gegeven door een verhoging van 0,10 m (of een plaatselijke verlaging van de kruinhoogte met 0,1 m).

Het eindresultaat is dan ondermeer een tabel met waarden van het gemiddeld debiet, overslagvolumes per golf, overslagpercentages en overslagsnelheden voor de uitgangssituatie en voor de variaties hierop. Hoofdstuk 2 geeft deze tabel met begeleidende tekst. Dit levert een redelijke kwantitatieve omschrijving op van de overslag bij rivier- en zeedijken onder een gegeven overslagdebiet van 10 l/s per m.

Wat betreft de toelaatbaarheid van een bepaald overslagdebiet speelt natuurlijk ook het effect op de stabiliteit. De zaken die hier spelen zijn infiltratie en erosie, zoals genoemd in de Handreiking Constructief Ontwerpen, Bijlage 2. De verschillen in parameters bij rivier- en zeedijken zijn met GD besproken (drs. G.A.M. Kruse, 19 juli 1995 en dr. H. den Adel, 2 oktober 1995) om te komen tot een uitspraak over het effect op de stabiliteit. Daarnaast is ook de begaanbaarheid besproken. Deze zaken zijn in Hoofdstuk 3 beschreven.

## 2 Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van golfoverslag

Uitgangspunt is een rivierdijk met lage golven en een zeedijk met hoge golven die beide evenveel overslag geven (10 l/s per m). Figuur 1 geeft een aardig overzicht waarover we praten. De vrije kruinhoogte bij een rivierdijk is erg beperkt (bij een kleine golfhoogte) en bij een zeedijk veel hoger (maar bij een grote golfhoogte). De golfhoogtes zijn zo gekozen dat er een factor 5 tussen zit. In de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken - deel 2 - benedenrivierengebied wordt bij een hoge rivierafvoer een windsnelheid van 15 m/s aangehouden. Deze windsnelheid zorgt voor een golfhoogte van 0,5 m als de strijklengte minimaal 1,5 tot 2 km is. Het ontstaan van een golfhoogte van 0,5 m bij rivierdijken is dus gekoppeld aan deze minimale strijklengte.

Zowel voor de rivier- als zeedijkomstandigheid is aangenomen dat het golfveld door een Rayleigh-verdeling mag worden beschreven (onregelmatige golven waarbij de hoogste ongeveer tweemaal zo hoog is als de significante waarde van 0,5 m, respectievelijk 2,5 m). Effecten als golfbreking op een vooroever en golfhoogteverandering door stroomrefractie zijn voor de vergelijking niet meegenomen.

De formules voor de berekeningen komen allemaal uit "Golfoploop en golfoverslag bij dijken. Samenvatting. WL-verslag H 638, April 1993" en worden hier niet herhaald. De uitkomst van de berekeningen zijn samengevat in Tabel 1. Deze tabel geeft de uitkomst voor zowel de rivier- als zeedijk, en ook een vergelijkingsfactor die gedefinieerd is als de verhouding zeedijk/rivierdijk.

Gegeven de doorsneden van de dijken en de golfrandvoorwaarden is voor de rivierdijk een vrije kruinhoogte nodig van 0,52 m en voor de zeedijk van 2,48 m. Dit is bijna een factor 5. De dimensieloze kruinhoogte  $R_b$  verschilt ook, deze is kleiner voor de rivierdijk, zie Figuur 2. Dit wordt veroorzaakt door de berm van de zeedijk.

Om tot een toelaatbare overslag van 1 l/s per m te komen moet de rivierdijk 0,41 m worden verhoogd, de zeedijk 1,09 m. De 95%-betrouwbaarheidsband rondom de 10 l/s per m is ongeveer 4-14 l/s per m voor de rivierdijk en 2-19 l/s per m voor de zeedijk. Deze verschillen zijn redelijk beperkt. De getallen zijn grafisch in Figuur 2 samengevat.

Een groot verschil tussen rivierdijk en zeedijk is dat bij de rivierdijk veel meer golven overslaan: 55% tegen 15%. Bij een rivierdijk één op de twee golven, bij een zeedijk één op de zeven golven. Bij eenzelfde stormduur slaan er zeven maal meer golven over de rivierdijk dan over de zeedijk. Dit komt deels doordat bij rivierdijken de golfperiode tweemaal zo kort is. Gemiddeld slaat er elke 5 seconden een golf over de rivierdijk, bij de zeedijk is dit ongeveer iedere halve minuut. Overigens komen golven veelal in groepen voor, zodat het bij rivierdijken mogelijk is dat 3-7 golven achterelkaar over de kruin slaan met dan een korte tijd geen overslag. Bij zeedijken kunnen 2-3 golven achterelkaar over de kruin slaan met soms een minuut geen overslag.

De volumes in de overslaande golven zijn bij een zeedijk natuurlijk hoger. Bij vergelijkbare percentages is dit een factor 8,1. Als we de 20 hoogste golven bekijken dan is de factor

echter 3,9 (doordat er bij een zeedijk minder golven overheen slaan). Als wordt verondersteld dat de stormduur bij rivierdijken (constant waterpeil) langer is dan bij een zeedijk (getij), dan worden bovenstaande verschillen kleiner. De hoogste volumes bij een rivierdijk liggen in de orde grootte van 250-500 l per m, die bij een zeedijk 1-3 m<sup>3</sup> per m.

Overslagvolumes zijn van belang voor erosie en infiltratie van het binnentalud, maar nog meer bepalend (voor erosie) zijn de hiervan afgeleide watersnelheden over de kruin en binnentalud. Dit wordt verderop beschreven.

In eerdere leidraden is uitgegaan van een benodigde kruinhoogte gelijk aan de 2%-golfoploop. Om hieraan te kunnen voldoen moet de rivierdijk met 0,81 m worden verhoogd en de zeedijk met 1,09 m. Dit is bijna dezelfde verhoging ondanks het grote verschil in golfhoogte! De bijbehorende overslag is 0,1 l/s per m voor de rivierdijk en 1 l/s per m voor de zeedijk. Deze verschillen waren al bekend en waren aanleiding om bij rivierdijken eerder de golfoverslag te beschouwen dan de golfoploop. Als echter de uitspraak van GD (CO-335460/27 pag. 77) met betrekking tot toelaatbare overslag tegen de vroegere leidraad wordt afgezet ontstaat de volgende conclusie: het is toelaatbaar om de overslag bij rivierdijken met een factor 100 te verhogen, terwijl de overslag bij zeedijken in het geheel niet mag worden verhoogd. Overigens mag 10 l/s per m bij rivierdijken alleen worden toegestaan onder strenge constructieve voorwaarden. Bij mogelijke verruiming van 1 l/s per m bij zeedijken moeten natuurlijk ook de constructieve voorwaarden worden beschouwd.

De gevoeligheid van de 10 l/s per m overslag kan worden afgeschat door de twee belangrijkste parameters te variëren. Dit zijn de golfhoogte en de vrije kruinhoogte (en daarmee de waterstand of de variatie in de kruinhoogte). Bij een 10% verhoging van de golfhoogte wordt de overslag een factor 1,5 (rivierdijk) tot 1,8 (zeedijk) hoger. Beide getallen vallen binnen de 95%-betrouwbaarheidsband. Bij een verhoging van 0,1 m van de waterstand (zowel bij een stormvloed als bij een hoge rivierafvoer, of een variatie in kruinhoogte, lijken dit geen irreële waarden) gaat de overslag bij rivierdijken naar 22 l/s per m, terwijl de zeedijk dichtbij de oorspronkelijke overslag van 10 l/s blijft met 12 l/s per m. De rivierdijk is dus zeer gevoelig voor de waterstand, terwijl de zeedijk dit veel minder is.

Uit de resultaten van de modelproeven die voor de Afsluitdijk zijn gedaan (verslag H 24, 1987) kunnen laagdiktes en watersnelheden op de kruin worden gehaald die gelden voor de rivier- en zeedijk. Figuren 3 en 4 geven de geschaalde resultaten voor de watersnelheden, zoals die gelden bij een golfoverslag van 10 l/s per m. Globaal liggen de grootste laagdiktes bij een rivierdijk tussen 7-12 cm met snelheden tussen 2,3-4,5 m/s. Bij zeedijken is dit ongeveer 20-30 cm met snelheden van 4-7 m/s. De laagdiktes zijn bij een zeedijk 2,5 maal zo dik, de watersnelheden minder dan tweemaal zo groot. Vooral het verschil in watersnelheid is van belang bij mogelijke oppervlakte erosie. De gegeven waarden gelden voor de hoogste 20% van de overslagen. Voor rivierdijken zijn dit, bij de aangenomen duur van 3 uur, ongeveer 400 golfoverslagen, voor zeedijken echter maar 60. De 60 hoogste golfoverslagen bij rivierdijken hebben dan watersnelheden tussen 3,2-4,5 m/s. Samengevat:

rivierdijken:	400 golfoverslagen met watersnelheden 2,3-4,5 m/s
	60 golfoverslagen met watersnelheden 3,2-4,5 m/s
zeedijken :	60 golfoverslagen met watersnelheden 4-7 m/s

## 3 Effecten van golfoverslag

### 3.1 Karakterisering rivier- en zeedijk

De bouw, het gebruik en het onderhoud en beheer van rivier- en zeedijken verschillen. Vaak ligt op de rivierdijk een weg. Dit betekent ook dat het bovenste deel van de dijk vaak uit zand bestaat (als fundering voor de weg). Zand slaat veel eerder weg dan een kleilaag. Bij de recente hoog waters is soms schade aan de bovenkant van de dijk geconstateerd doordat een slechte kwaliteit buitentalud aanwezig bleek, voornamelijk bestaande uit zand. In goede ontwerpen (zie Handreiking Constructief Ontwerpen) is altijd klei naast de weg aanwezig. Bij de revisie van de rivierdijken voor 2000 moeten de dijken hieraan voldoen. De plaatsen waar de schade is geconstateerd is voornamelijk op de oude stukken dijk die nog niet zijn verbeterd.

Binnentaluds van rivierdijken zijn over het algemeen steiler dan die van zeedijken (eerder 1:2,5 dan 1:3). De stabiliteit van een 1:3 talud is groter dan van een 1:2,5 talud. Een rivierdijk, zeker in het benedenstroomse gebied, heeft een veel intensiever gebruik dan een zeedijk. Er ligt vaker een weg op, er zijn meer op- en afritten, lokale verbredingen, bebouwing. De kans op een slecht stuk is bij een rivierdijk daardoor behoorlijk groter dan bij een zeedijk. Zeedijken zijn veel systematischer en grootschaliger aangelegd. Overigens, als er op het binnentalud van een rivierdijk huizen of bomen staan wordt een overslagdebiet van 0,1 l/s per m geëist. Bij een hoger overslagdebiet moet een harde bekleding aan de binnenzijde of een erosiescherm worden aangebracht, zie Handreiking Constructief Ontwerpen.

De kwaliteit van de graszode is van belang voor de veiligheid bij overslag. Als deze bij een zeedijk slecht is komt dit voornamelijk door een systematische beheer- of aanlegfout. Bij een rivierdijk zal dit vooral komen door verschillen in lokale situatie ten aanzien van aanleg en wijze van beheer; de variatie langs de dijk is groot.

Samengevat: de onzekerheid omtrent de kwaliteit van een rivierdijk is groter dan die van een zeedijk, alhoewel de verschillen kleiner worden als de dijken volgens de huidige leidraden zijn ontworpen.

### 3.2 Verschillen vanuit hydraulisch oogpunt

De grootste verschillen tussen een rivier- en zeedijk vanuit hydraulisch oogpunt kunnen uit Hoofdstuk 2 worden samengevat:

- Een rivierdijk heeft (bij 10 l/s per m overslag) voortdurend overslaande golven; de hoeveelheden per golf en de watersnelheden liggen lager dan bij een zeedijk. De hoogste overslagvolumes zijn 250-500 l per m (zeedijk 1-3 m<sup>3</sup> per m), de laagdiktes 7-12 cm (zeedijk 20-30 cm) en de watersnelheden 2,3-4,5 m/s bij 400 golfoverslagen of 3,2-4,5 m/s bij 60 golfoverslagen (zeedijk 4-7 m/s bij 60 golfoverslagen).
- Ten opzichte van het oude 2%-oelopcriterium wordt bij een rivierdijk bij 10 l/s per m een 100 maal hoger overslagdebiet toegelaten. Bij een zeedijk is dit een factor 10 of minder. De 10 l/s per m is geen uitgangspunt, maar kan als een uitzondering worden gezien onder bepaalde (strengere) voorwaarden.



- De overslag bij een rivierdijk is zeer gevoelig voor de vrije kruinhoogte. De onzekerheid in de vrije kruinhoogte wordt zowel door de onzekerheid in de waterstand veroorzaakt als door de variatie in kruinhoogte.

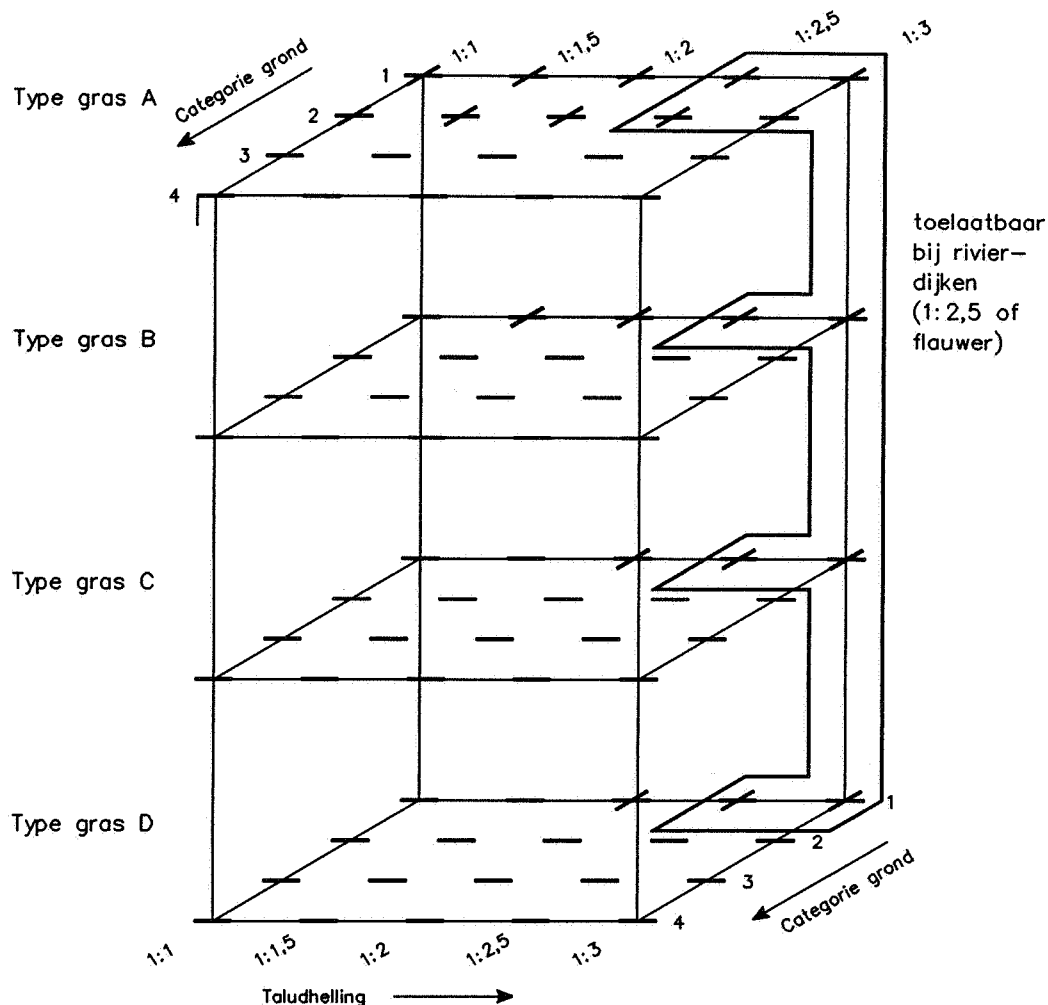
### 3.3 Effect golfoverslag op erosie

Hoge watersnelheden kunnen erosie van klei veroorzaken. Erosie zou een van de faalmechanismen van het binnentalud kunnen zijn. De sterkte van het binnentalud wordt uitgedrukt in de mate van erosiegevoeligheid van de bekleding van het binnentalud. Er is niet zoveel ervaring op het gebied van hoge overslagdebieten en erosie op het binnentalud. Er zijn golfoploopprouwen te Lith uitgevoerd, de praktijkervaring op de Wilpse kleidijk, het TAW Deltagoot onderzoek en spin-off van de overslagproef te Wissenkerke.

De Wilpse kleidijk is een zomerkade, die regelmatig overloopt. Bij deze dijk is na het overstromen in 1995 geen enkele schade geconstateerd. Het overloopdebiet is vele malen groter dan bij de overslagproef te Wissenkerke; het wordt visueel op meer dan 10 l/s per m geschat. De kade is echter laag in vergelijking met een zeedijk. De kleine lengte van het binnentalud heeft een positieve invloed op de stabiliteit bij infiltratie. Bij de laatste Deltagootproeven zijn watersnelheden in de olopzone gemeten van 8 m/s. Bij deze snelheden werd geen of nauwelijks erosie gemeten aan een kale kleilaag en ook niet aan een kleilaag met gras. Dit gebeurde wel in de golfklap-zone, maar niet in de olopzone. Deze proeven zijn voor kruin en binnentalud dus relevant. De watersnelheden op het binnentalud bij 10 l/s per m golfoverslag zullen niet of nauwelijks de 8 m/s overschrijden (zie ook Figuren 3 en 4). Bij de overslagproef in Zeeland (Wissenkerke) werd een debiet aangebracht van 1-2 l/s per m. Het binnentalud was echter zeer steil (1:1,5) en bestond uit verzadigde grond (zandige klei) met een matige grasmat. Ook hier ontstond geen erosie, het water zakte in de dijk en leidde tot afschuiving of interne erosie. Bij zandige grond met een slecht wortelsysteem ontstaat bij centrifugeproeven (GD) zeker erosie bij snelheden boven 4 m/s. De werkelijke grenswaarde wordt geacht nog lager te liggen. Deze snelheden komen soms voor bij rivierdijken, zeker bij zeedijken.

De grootte van de stroomsnelheid van het water bij overslag is voor bepaalde vormen van erosie een maat voor de hoeveelheid erosie die optreedt. Als de watersnelheid een kritieke grens heeft overschreden neemt de erosie exponentieel toe. De watersnelheden bij een zeedijk zijn groter dan bij een rivierdijk. Zandige binnentaluds mogen dan ook niet bij 10 l/s per m overslag worden toegestaan, niet bij rivierdijken en ook niet bij zeedijken. Voor goede klei, zeker bij een flauw binnentalud ligt dit anders (vooral gezien de resultaten van de Deltagootproeven).

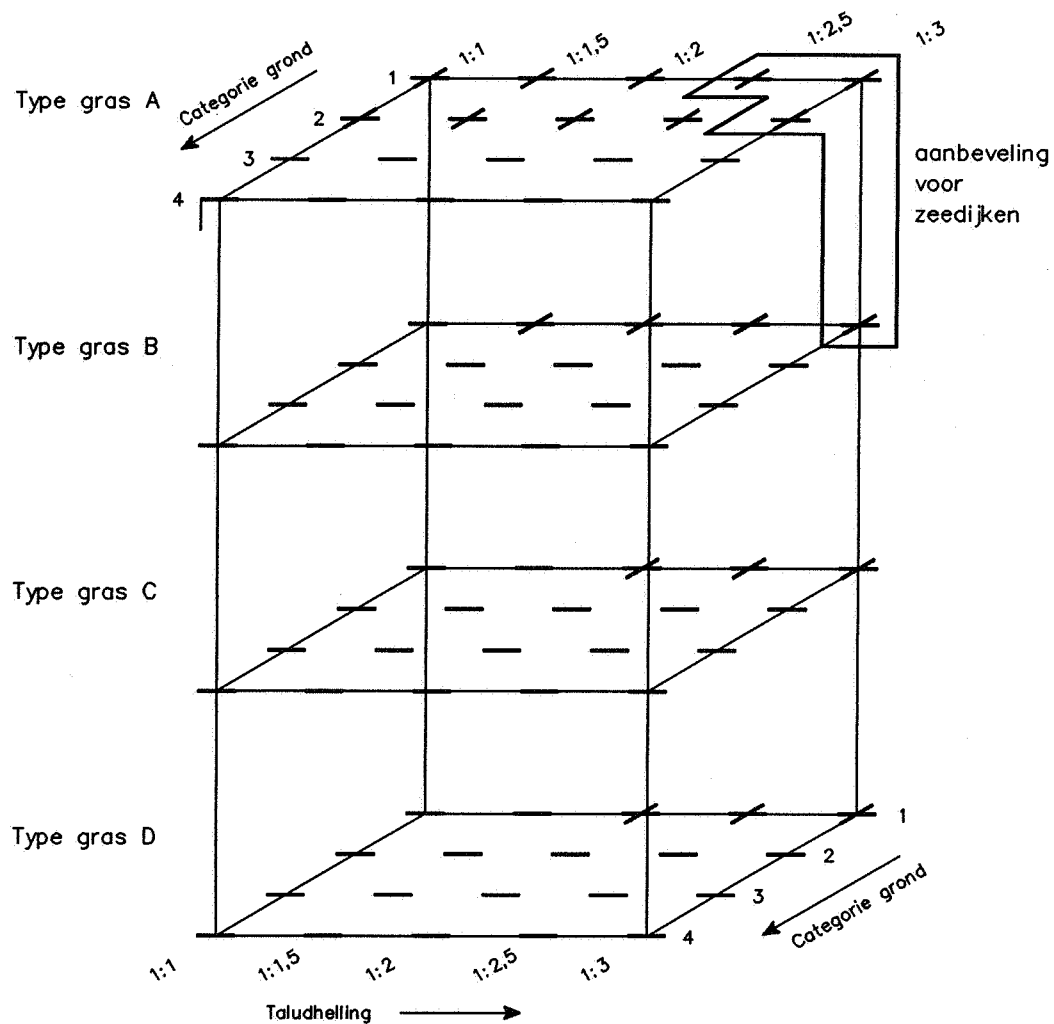
In onderstaande figuur is de combinatie van taludhelling, grondsoort en gras bij overslagdebieten van 10 l/s per m gegeven zoals die aanbevolen wordt voor rivierdijken. De figuur wordt in het GD-verslag CO-335460/27 gegeven en in de Handreiking Constructief Ontwerpen (Figuur 2.F.4). De plussen zijn combinaties met aanvaardbaar weinig erosie. Categorie grond 1 is "zwarte klei", categorie 2 "matig zwarte klei" en categorie 3 "heel lichte klei". Type gras A is een goede grasmat met een homogene bedekking en een goede doorworteling. Categorieën B en C hebben een mindere homogene bedekking en minder goede doorworteling. Categorie D is zonder gras. Zie voor een meer gedetailleerde omschrijving de Handreiking.



Uit de figuur volgt dat bij een binnentalud 1:2,5 of flauwer met zware klei *altijd* een overslagdebiet van 10 l/s per m mag worden toegepast ongeacht de grasmat (zelfs kale klei is toegestaan). Bij matig zware klei (categorie 2) mag dit alleen als een goede grasmat (type A) aanwezig is.

Waarschijnlijk kan zware klei de hogere watersnelheden bij een zeedijk ook wel aan, maar deze snelheden zitten dicht bij de "kritieke erosie-snelheid" dan die bij rivierdijken. Verder is meer onderzoek verricht naar rivier- dan zeedijkomstandigheden. Beide constatering geven aan dat voor zeedijken een (iets) grotere veiligheid moet worden aangenomen dan voor rivierdijken, voor wat betreft het toelaten van overslag bij erosie.

Aanbevolen wordt, met betrekking tot erosie bij zeedijken, 10 l/s per m toe te laten voor taluds 1:2,5 met alleen zware klei en een goede grasmat, en voor taluds 1:3 of flauwer zware en matig zware klei met een goede grasmat en ook zware klei met een redelijk goede grasmat (type B). Bij zeedijken speelt de kwaliteit van de grasmat dus wel een rol, terwijl dit bij rivierdijken minder het geval is. Onderstaande figuur geeft de aanbeveling voor zeedijken.



### 3.4 Effect golfoverslag op stabiliteit

De stabiliteit van een dijk gaat verloren als het binnentalud afschuift. Stabiliteit van het binnentalud heeft te maken met infiltratie van water. Bij overslagdebieten van 1-10 l/s per m zit er verschil in infiltratie, boven de 10 l/s per m komt er zoveel water over de dijk dat er altijd maximale infiltratie optreedt. Er is wat dat betreft geen verschil tussen een rivier- of zeedijk.

Het kan voorkomen dat een scheur aanwezig is of ontstaat aan de bovenkant van het binnentalud door het deels uitzakken van dit talud. Water zal door deze spleet in de onderlaag dringen, vooral bij een zandkern. Bij een rivierdijk is er ongeveer elke 5 seconden een overslaande golf, bij een zeedijk is dit ongeveer 30 seconden. De ervaring is dat zo'n spleet in ongeveer 10 seconden leegloopt. Bij een rivierdijk zal (als een scheur aanwezig is) er dan meer water in de dijk lopen dan bij een zeedijk. Vanuit dit oogpunt is een rivierdijk ongunstiger.

Grote hoeveelheden overslag hebben, zeker bij een 1:3 binnentalud, niet of nauwelijks invloed op de stabiliteit als er een goede kleilaag van voldoende dikte aanwezig is.

### 3.5 Effect golfoverslag op begaanbaarheid

Uit de Deltagootproeven op een grasmat is komen vast te staan dat overslagdebieten van meer dan 10 l/s per m bij significante golfhoogtes groter dan 1 tot 1,5 m de kruin niet meer te voet begaanbaar is. Door de hoge watersnelheden wordt men van de dijk geslagen. In werkelijkheid zal men zich waarschijnlijk bij lagere overslagdebieten ook al niet meer op de dijk begeven, omdat het overslaan van drijvend materiaal (drijfhout e.d.) een andere bedreiging is. Deze omstandigheden gelden vooral bij een zeedijk en niet of nauwelijks bij een rivierdijk. Het toelaten van 10 l/s per m overslag bij zeedijken betekent dat onder deze maatgevende omstandigheid de dijk te voet niet meer begaanbaar is. Overigens kan men zich afvragen of dit bij 1 l/s per m wel zo is (overslaand wrakhout).

Zeedijken zijn niet ontworpen voor (zwaar) vervoer over de kruin. Het is dan ook de vraag of de dijk bij genoemde overslag wel op een bepaalde manier begaanbaar is. De watersnelheden kunnen in de orde van 4-7 m/s zijn, wat waarschijnlijk ook te veel is om eventueel geplaatste zandzakken op hun plaats te houden.

Geconcludeerd kan worden dat bij 10 l/s per m overslag een zeedijk niet of nauwelijks begaanbaar is en men dus ook weinig kan doen als deze gebeurtenis optreedt. De grote vraag is of het wel nodig is dat de dijk onder deze omstandigheden begaanbaar is. Bij rivierdijken stelt men wel deze eis. In de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied wordt gesteld als een belangrijke functie van de waakhoogte:

"het begaanbaar houden van de kruin van de dijk, ook onder ontwerpomstandigheden. Dit is van belang voor de inspectie van de dijk, voor het opruimen van drijfhout en andere drijvende voorwerpen die de dijk kunnen beschadigen, en voor de aanvoer van materialen bij een dreigende doorbraak." (par. 8.1).

Verder wordt in paragraaf 12.1.2 gesteld:

"Tijdens hoogwater moet de dijk goed bereikbaar en redelijk begaanbaar zijn, met het oog op eventuele noodmaatregelen. Bij een dijk zonder openbare weg dient altijd ten minste een eenvoudige verharding aanwezig te zijn als inspectieweg.

In dezelfde Leidraad, maar dan deel 2-benedenrivierengebied, wordt niet op de begaanbaarheid ingegaan. In de Handreiking Constructief Ontwerpen, Bijlage 3, paragraaf 3.A.1 wordt bovenstaande paragraaf 12.1.2 geciteerd. Duidelijk is dat rivierdijken onder ontwerpomstandigheden redelijk begaanbaar moeten zijn met het oog op eventuele noodmaatregelen.

Bij een rivierdijk slaan kleinere golven over de dijk. Ervaring met overslag bij de Wilpse dijk leert dat bij grote hoeveelheden overslag de dijk nog steeds te voet begaanbaar is. Hoogstwaarschijnlijk waren deze golven (veel) kleiner dan de hier aangenomen significante golfhoogte van 0,5 m. De ervaring met de Wilpse dijk is dan niet direct toepasbaar op die hier gehanteerde overslagsituatie voor een rivierdijk. De snelheden in overslaand water zijn nog steeds behoorlijk groot (2,3 tot 4,5 m/s). Overslaand drijvend materiaal zal veel minder een probleem zijn.

Op een rivierdijk ligt vaak een weg. De kruin is daardoor breder dan bij een zeedijk en de rivierdijk is in zijn algemeenheid dus begaanbaar door (zwaar) materieel. Bij de gegeven toestand is het dus mogelijk maatregelen te nemen.

Geconcludeerd kan worden dat een rivierdijk wel begaanbaar is bij 10 l/s per m overslag en een zeedijk niet. Gezien de grote variatie langs een rivierdijk, de grote kans op lokale slechte of te lage stukken, de grote invloed van de waterstand op overslag, etc. kan ook geconcludeerd worden dat het zeer zinvol is als een rivierdijk begaanbaar blijft onder ontwerpomstandigheden.

## 4 Voorlopige aanbeveling

Op basis van stabiliteit (afschuiving door infiltratie) van het binnentalud hoeft geen onderscheid gemaakt te worden tussen een rivier- en zeedijk bij 10 l/s per m overslag. Op basis van mogelijke erosie van het binnentalud door overslaand water moet wel enig onderscheid worden gemaakt. Doordat de watersnelheden bij zeedijken hoger zijn en dichter bij de kritieke erosiesnelheid komen (waarvan de waarde overigens tot nu toe niet nauwkeurig kon worden vastgesteld), wordt aanbevolen een bijstelling ten aanzien van de kwaliteit van de grasmat te maken. Aanbevolen wordt 1:2,5 binnentaluds toe te laten met alleen zware klei (categorie 1) met een goede grasmat (categorie A) en 1:3 binnentaluds (of flauwer) met zware of matig zware klei (categorieën 1 en 2) met een goede grasmat (type A) en ook zware klei met een redelijk goede grasmat (type B). Zie voor een vergelijking de figuren op pagina's 7 en 8.

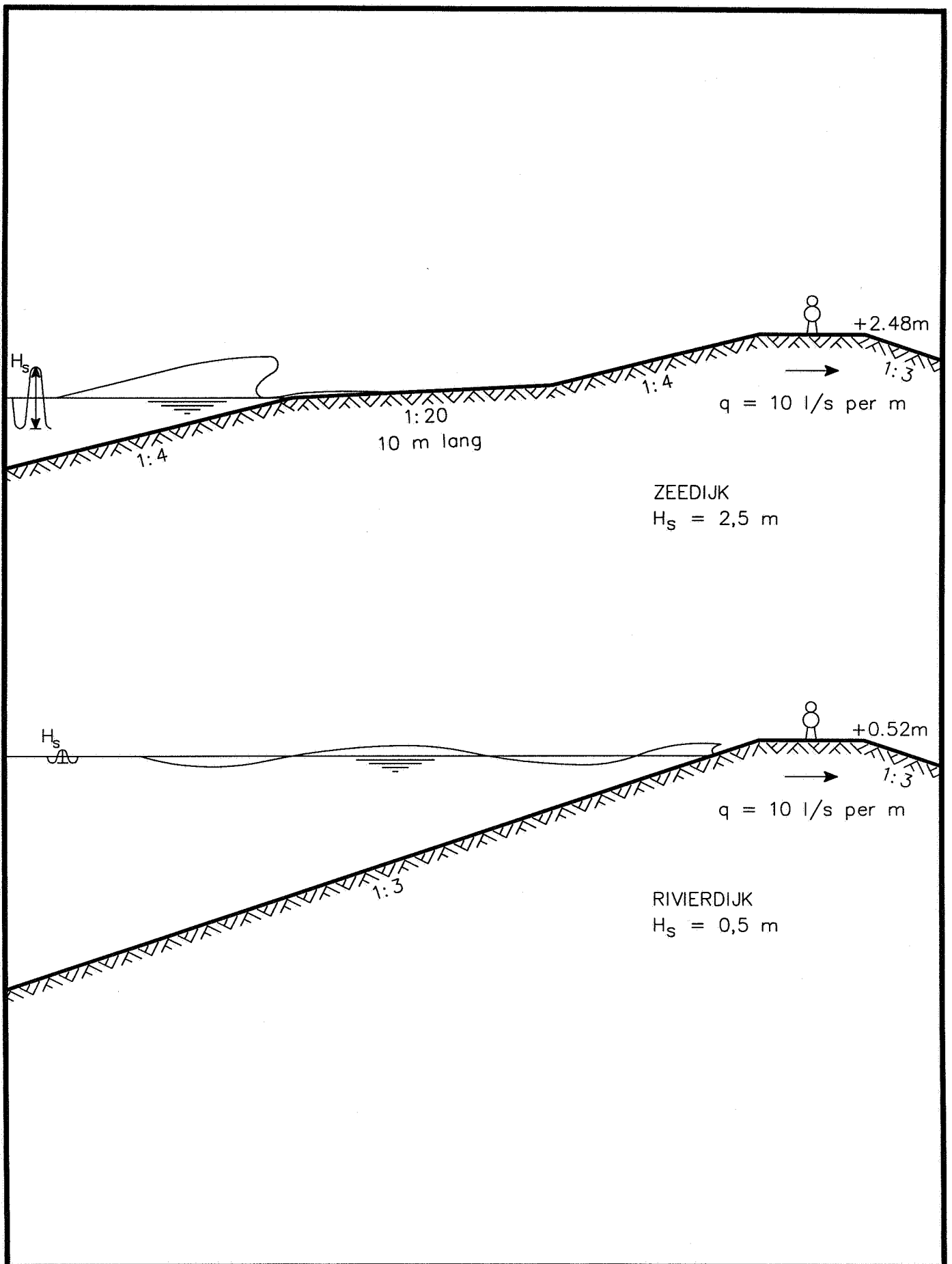
Een zeedijk is niet of nauwelijks begaanbaar bij de gegeven omstandigheden. Een rivierdijk is dit wel. Door de grote onzekerheden bij de rivierdijk in gegeven ontwerpomstandigheden is het beslist nodig dat een riviërdijk begaanbaar blijft. Variatie in kruinhoogte, waterstand, toestand kruin en binnentalud, etc. maken het noodzakelijk dat maatregelen genomen moeten kunnen worden. Onder deze voorwaarde kan een 10 l/s per m overslag bij rivierdijken (gegeven de kwaliteit van het binnentalud) als toelaatbaar worden aanbevolen.

Een zeedijk is veel systematischer van opbouw. Verder hebben variatie in waterstand of kruinhoogte niet veel invloed op de overslag, dit in tegenstelling tot rivierdijken. Als voorlopige conclusie kan worden gesteld dat het niet nodig is dat een zeedijk onder ontwerpomstandigheden begaanbaar moet zijn. Dit houdt in dat, bij voldoende kwaliteit van het binnentalud, ook bij zeedijken een overslag van 10 l/s per m toelaatbaar geacht mag worden.

Deze conclusie is ook gerechtvaardigd als naar eerdere leidraden wordt gekeken. Het toelaten van 10 l/s per m betekent voor een zeedijk het verruimen van de eerdere toe te laten overslag met een factor 10, voor rivierdijken is dit een factor 100. Het beperken van overslag bij zeedijken tot 1 l/s per m en het toelaten van 10 l/s per m bij rivierdijken betekent een onevenwichtigheid tussen rivier- en zeedijken. Dit verschil zou alleen te rechtvaardigen zijn als begaanbaarheid bij een zeedijk wordt geëist.

Grootheid	Symbool	Rivierdijk	Zeedijk	Factor zee/rivier
Golfhoogte	$H_s$	0,5 m	2,5 m	5
Golfsteilheid	$s_{op}$	0,04	0,04	1
Piekperiode	$T_p$	2,83 s	6,3 s	2,23
Gemiddelde periode	$T_m$	2,26 s	5,1 s	2,23
Taludhelling	$\cot\alpha$	1:3	1:4;1:20;1:4	-
Gemiddelde overslag	$q$	10 l/s per m	10 l/s per m	1
Stormduur		3 uur	3 uur	1
Vrije kruinhoogte	$h_k$	0,52 m	2,48 m	4,8
Dimensieloze kruinhoogte	$R_b$	0,63	1,11	1,76
<b>zie Figuur 1 voor vergelijking doorsneden rivier- en zeedijk</b>				
Benodigde kruinverhoging voor $q = 1$ l/s per m	$h_k$	0,41 m	1,09 m	2,66
95% betrouwbaarheids- band van $q = 10$ l/s per m		3,7-14,4 l/s/m	1.7-19,0 l/s/m	-
<b>zie Figuur 2 voor vergelijking</b>				
Percentage overslag	$P_{ov}$	55%	15%	1/3,66
Aantal overslaande golven	$N_{ov}$	2087	290	1/7,2
Overslaand volume/golf	$V_{50\%}$	21 l/s/m	171 l/s/m	8,1
	$V_{20\%}$	65 l/s/m	529 l/s/m	8,1
	$V_{5\%}$	150 l/s/m	1209 l/s/m	8,1
	$V_{max}$	523 l/s/m	2905 l/s/m	8,1
20 hoogste volumes	$V$	> 269 l/s/m	> 1039 l/s/m	3,9
Benodigde verhoging voor 2%-oploop		0,81 m	1,09 m	1,35
Bijbehorende overslag	$q_{2\%}$	0,104 l/s/m	1,01 l/s/m	9,7
10% groter $H_s$	$q$	15,4 l/s/m	18,6 l/s/m	1,21
Percentage overslag	$P_{ov}$	61%	21%	-
0,1 m hogere waterstand	$q$	22,3 l/s/m	12,3 l/s/m	1/1,81
Percentage overslag	$P_{ov}$	67%	18%	-
Laagdikte op de kruin	20%-max	0,07-0,12 m	0,20-0,30 m	2,5
Snelheid op de kruin	20%-max	2,3-4,5 m/s	4-7 m/s	1,7
<b>zie Figuren 3 en 4 voor watersnelheden op de kruin (geschaald vanuit Afsluitdijkproeven)</b>				

Tabel 1 Samenvatting kwantitatieve gegevens met betrekking tot overslag bij rivier- en zeedijken



DWARSDOORSNEDEN VAN ZEE- EN RIVIERDIJK  
 BIJ  $10 \text{ l/s PER m}$  GOLFOVERSLAG

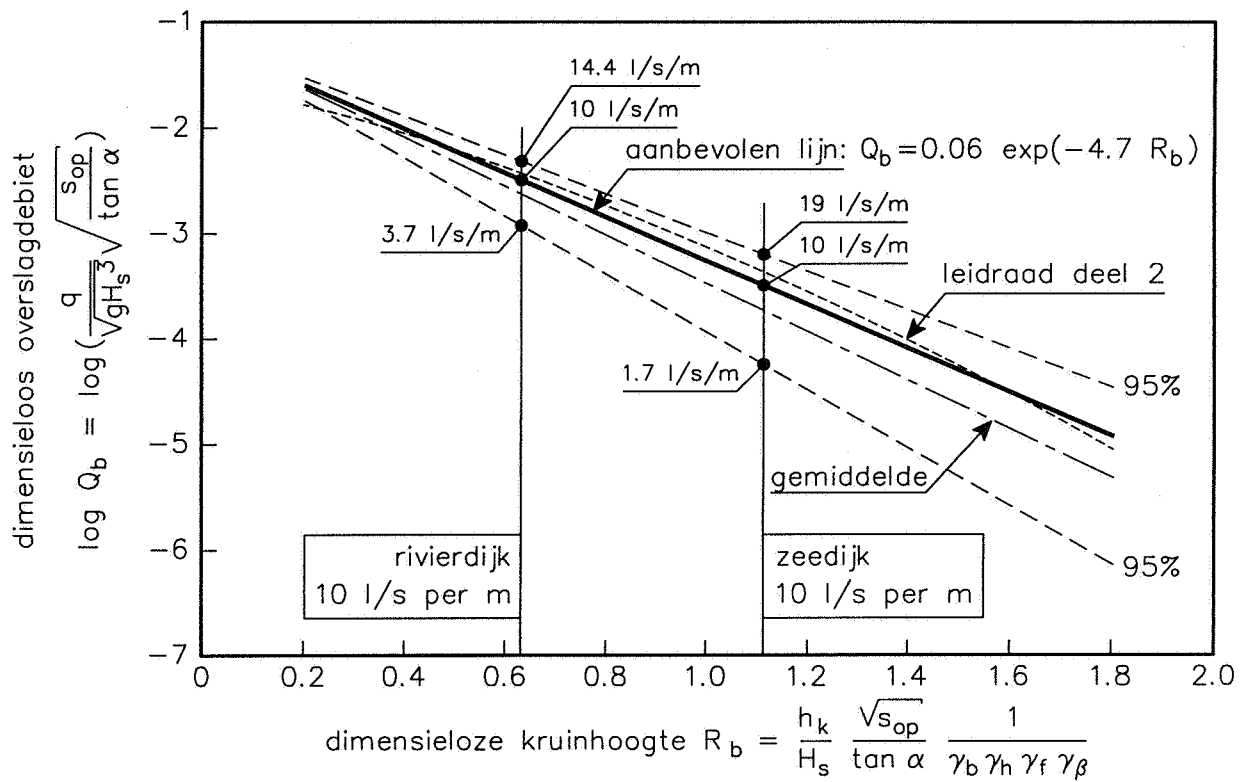
SCHAAL 1:200

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

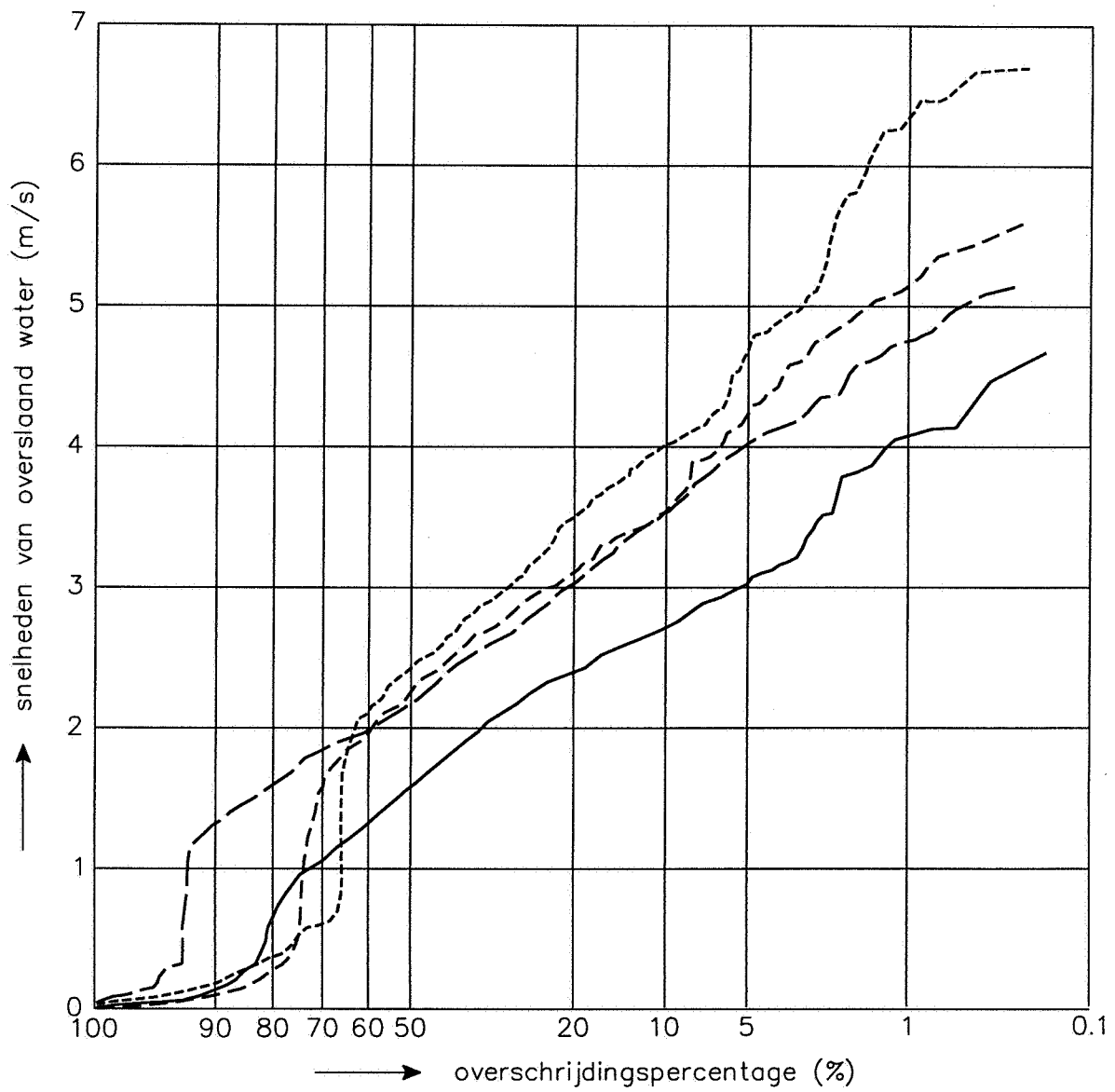
H 1765

FIG. 1





VERGELIJKING OVERSLAG 10 l/s PER m



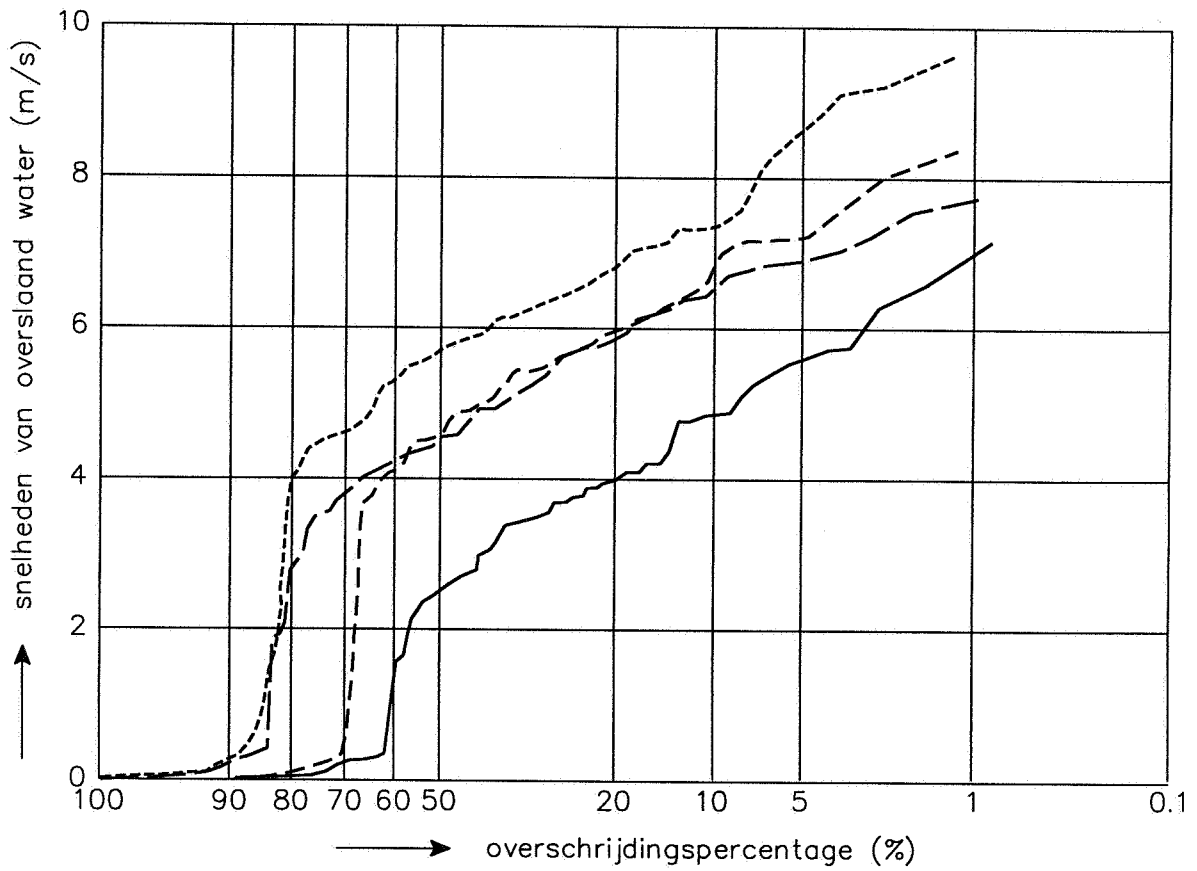
————— op de kruin  
 - - - - - } op binnentalud  
 - - - - -  
 - - - - -

SNELHEDEN VAN OVERSLAAND WATER  
OP DE DIJK (RIVIERDIJK)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1765

FIG. 3



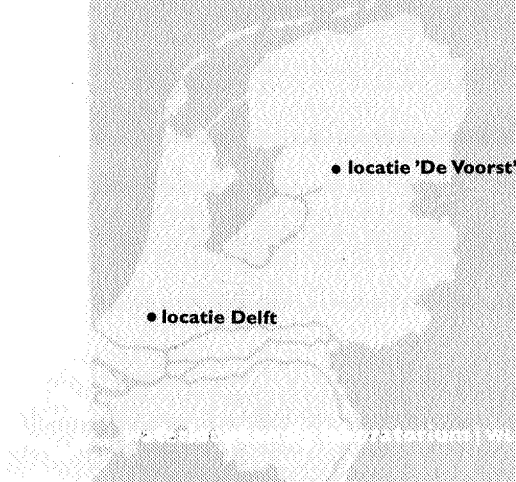
————— op de kruin  
 - - - - - } op binnentalud  
 - - - - - }  
 - - - - - }

SNELHEDEN VAN OVERSLAAND WATER  
OP DE DIJK (ZEEDIJK)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

H 1765

FIG. 4



**locatie Delft**  
**Rotterdamseweg 185**  
**postbus 177**  
**2600 MH Delft**  
**telefoon 015 569353**  
**telefax 015 619674**  
**telex 38176 hydnl-nl**  
**e-mail info@wldelft.nl**

*m.i.v. 10 oktober 1995*  
**telefoon 015 2569353**  
**telefax 015 2619674**

**locatie 'De Voorst'**  
**Voorsterweg 28, Marknesse**  
**postbus 152**  
**8300 AD Emmeloord**  
**telefoon 05274 2922**  
**telefax 05274 3573**  
**telex 42290 hylvo-nl**  
**e-mail info@wldelft.nl**

*m.i.v. 10 oktober 1995*  
**telefoon 0527 242922**  
**telefax 0527 243573**

