

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde



Plan van aanpak ANAMOS+

Onderzoeksprogramma
Kennisleemtes Steenbekledingen

juli 2006

H4846

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Rijkswaterstaat



WL | delft hydraulics

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, DWW

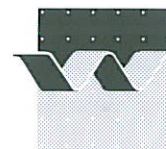
Kennisleemtes Steenbekledingen

Plan van aanpak ANAMOS+

ir M. Klein Breteler

Raport

juli 2006



OPDRACHTGEVER:		Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat					
TITEL:		Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen Plan van aanpak voor ANAMOS+					
SAMENVATTING:		<p>Ingevolge de Wet op de Waterkering dienen steenzettingen op waterkeringen vijfjaarlijks getoetst te worden. In de praktijk kan aan veel steenzettingen geen definitief toetsoordeel toegekend worden wegens een gebrek aan wetenschappelijke kennis.</p> <p>In 2003 is daarom door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen opgestart. Doel van dit programma is het reduceren van deze kennisleemtes teneinde te komen tot scherpere toetsregels en daarmee sneller en vaker tot definitieve toetsresultaten. In het kader van dit onderzoeksprogramma heeft het voorliggende verslag betrekking op het deelonderzoek A1.1 "ontwikkeling van nieuwe rekenmethodiek".</p> <p>Het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen heeft tot nu toe veel nieuwe kennis opgeleverd. Een van de manieren om deze kennis beschikbaar te stellen aan gebruikers is door middel van een gebruiksvriendelijk computerprogramma waarmee steenzettingen getoetst en ontworpen kunnen worden. Dit verslag geeft een plan van aanpak voor de ontwikkeling van een dergelijke computerprogramma.</p>					
REFERENTIES:		Bestelnummer 4500040967 projectleider DWW: dr B.G.H.M. Wichman					
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING		
0	M. Klein Breteler	27-6-2006		J. Kramer	W.M.K. Tilmans		
1	M. Klein Breteler	11-7-2006		J. Kramer	M.R.A. van Gent		
PROJECTNUMMER:		H4846					
TREFWOORDEN:							
AANTAL BLADZIJDEN:		32					
VERTROUWELIJK:		<input type="checkbox"/> JA		<input checked="" type="checkbox"/> NEE			
STATUS:		<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF	

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Overzicht van benodigde werkzaamheden en organisatie.....	3
3	Gebruikerswensen	6
4	Rekenmodules.....	12
4.1	A: Bepaling algemene kenmerken van constructie en belasting.....	12
4.2	B: Toetsing van de stabiliteit van de top laag op een dijk	14
4.3	C: Toetsing van stabiliteit van de top laag op een havendam	17
4.4	D: Toetsing van de overige bezwijkmechanismen.....	18
5	Benodigde kennisontwikkeling.....	20
5.1	Klemming.....	20
5.2	Reststerkte	20
5.3	Maatgevend stijghoogteverloop op de top laag	21
5.4	Stijghoogteverschil over de top laag	22
5.5	Zeer diepe steenzettingen	23
5.6	Stabiliteit van steenzettingen zonder filter of ingegoten steenzettingen op havendammen	24
5.7	Afschuiving met kleilaag.....	24
6	Referenties	25
A	Globaal stroomschema module A: algemeen	27
B	Globaal stroomschema module B: dijken	28
C	Globaal stroomschema module C: havendammen	29
D	Globaal stroomschema module D: overige bezwijkmechanismen.....	30

I Inleiding

Ingevolge de Wet op de Waterkering dienen steenzettingen op waterkeringen vijfjaarlijks getoetst te worden. In de praktijk kan aan veel steenzettingen geen definitief toetsoordeel toegekend worden wegens een gebrek aan wetenschappelijke kennis.

In 2003 is daarom door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen opgestart. Doel van dit programma is het reduceren van deze kennisleemtes teneinde te komen tot scherpere toetsregels en daarmee sneller en vaker tot definitieve toetsresultaten. In het kader van dit onderzoeksprogramma heeft het voorliggende verslag betrekking op het deelonderzoek A1.1 “Ontwikkeling van nieuwe rekenmethodiek”.

Het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen heeft tot nu toe veel nieuwe kennis opgeleverd. Een van de manieren om deze kennis beschikbaar te stellen aan gebruikers is door middel van een gebruiksvriendelijk computerprogramma waarmee steenzettingen getoetst en ontworpen kunnen worden. Dit verslag geeft een plan van aanpak voor de ontwikkeling van een dergelijke computerprogramma.

Deze nieuw verworven kennis uit het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen wordt enerzijds vastgelegd in een groot aantal tussentijdse onderzoeksrapporten, maar moet uiteindelijk resulteren in herziening van de toets- en dimensioneringsmethode. De nieuwe kennis wordt enerzijds vastgelegd in een nieuwe versie van het Technische Rapport Steenzettingen en het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV). Anderzijds worden voor de praktijk deze op papier vastgelegde regels ondersteund door rekenmodellen.

Momenteel zijn hiervoor Steentoets voor de eenvoudige en gedetailleerde toetsing, ANAMOS voor het ontwerp en Steenzet voor de geavanceerde toetsing.

De situatie waarin Steentoets en ANAMOS naast elkaar bestaan is niet ideaal. Het is logischer gezien de grote overlap om in ieder geval het rekenhart voor de gedetailleerde toetsing te combineren met het rekenhart voor het ontwerp. Dit stuk programmatuur wordt voorsnog aangeduid met de werknaam ANAMOS+. Voor de geavanceerde toetsing is de ontwikkeling in gang gezet om op basis van Steenzet een gebruikersvriendelijke Windows versie te ontwikkelen: Zsteen. Idealiter zullen de uiteindelijke versies van ANAMOS+ en Zsteen met elkaars invoer(files) overweg moeten kunnen, of zelfs door dezelfde gebruikersschil kunnen worden aangestuurd. Dat zal echter op korte termijn nog niet worden gerealiseerd.

Eind 2006 is het de bedoeling dat het onderzoeksprogramma een tweetal rekenmodellen oplevert waarin de tijdens het onderzoeksprogramma verkregen inzichten zijn verwerkt:

- Voor de gedetailleerde toetsing (en het ontwerp): ANAMOS+;
- Voor de geavanceerde toetsing: Zsteen.

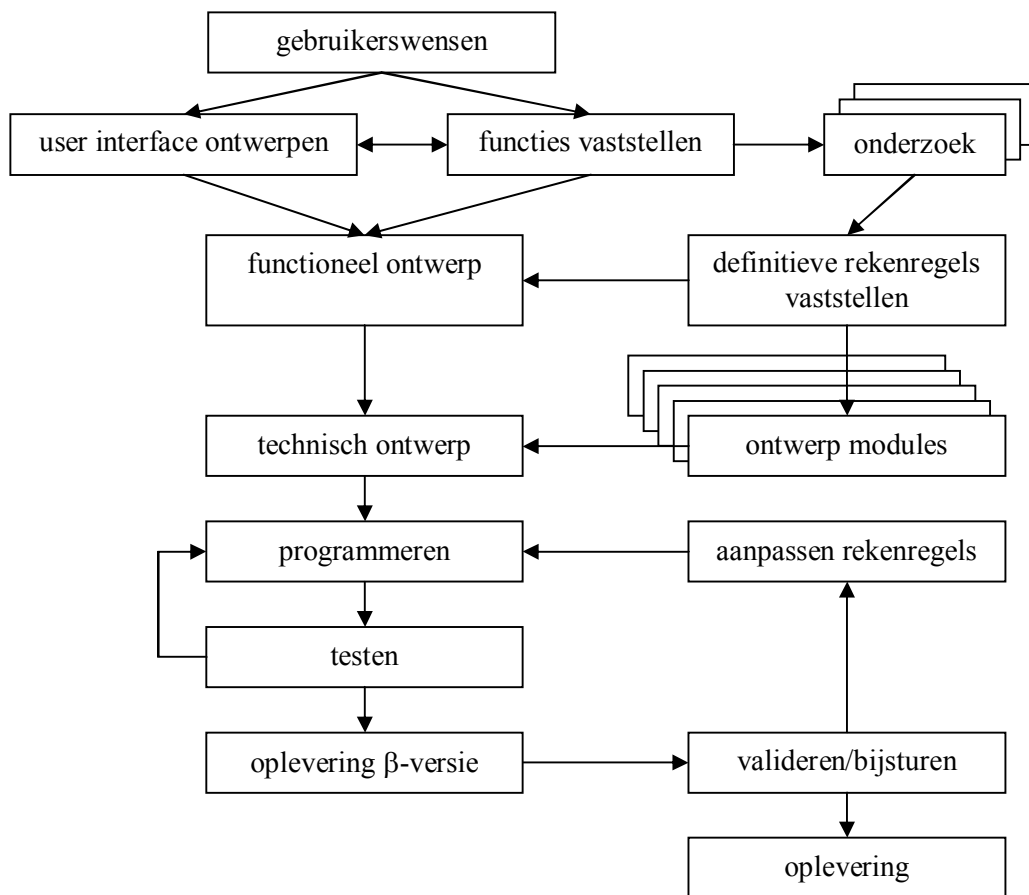
In dit verslag is het plan van aanpak gegeven voor de ontwikkeling van ANAMOS+. In hoofdstuk 2 en 3 worden respectievelijk een overzicht gegeven van de benodigde werkzaamheden voor het maken van het programma en worden de gebruikerswensen weergegeven. Dit mondt in hoofdstuk 4 uit in een functioneel ontwerp, terwijl in hoofdstuk

5 een beschrijving is gegeven van een aantal onderwerpen die nog nader onderzocht moeten worden om het programma mogelijk te maken.

De gebruikers van het programma zijn waterbouwkundigen met HBO+ niveau die betrokken zijn bij de toetsing en het ontwerp van steenzettingen. Een deel van deze gebruikersgroep werkt bij een organisatie waar de beveiliging het moeilijk maakt om software geïnstalleerd te krijgen op de PC's. Daardoor bestaat er een voorkeur voor een programma dat niet met een set-up wizard geïnstalleerd hoeft te worden, en bovendien geen dll-files heeft. Een voorbeeld van een programma dat beantwoordt aan deze eisen is Steentoets. Dit is een Excel-spreadsheet met 'Visual Basic for Applications'-code (VBA-code) waarin de formules en speciale functies zijn geprogrammeerd.

2 Overzicht van benodigde werkzaamheden en organisatie

Voor het ontwikkelen van de software zijn een aantal activiteiten noodzakelijk. Dit betreft ten eerste overleg met een gebruikersgroep over het uiterlijk, user-interface en functionaliteit van het programma, ten tweede het ontwerp en programmeren van de software en de derde het testen en valideren van de software. Omdat nog niet alle kennis volledig uitontwikkeld of operationeel is, komt daar nog een kennisontwikkelingstraject bij. Dit is in het schema van figuur 1 weergegeven.



Figuur 1, Schema van de verschillende activiteiten

Zoals in het schema is te zien moet er begonnen worden met het vaststellen van de functies en het ontwerp van de user-interface. Dit wordt vervolgens sturend voor het nog uit te voeren onderzoek en het definitief vaststellen van de te programmeren rekenregels. In het functioneel ontwerp wordt een logische structuur ontworpen van de verschillende componenten, resulterend in een subroutinesstructuur. Er is dan nog geen uitwerking tot op formule niveau, maar er wordt wel verwezen naar de verslagen waar de formules en rekenmethoden te vinden zijn. In het technisch ontwerp wordt de inhoud van de

verschillende subroutines nader gespecificeerd zodat een programmeur aan de slag kan. Als de programmeur een subroutine gereed heeft, test hij gelijk of dit programmadeel werkt. Als het gehele programma gereed is, moeten er vele testcases doorgerekend worden. Van elke case moet het resultaat (en tussenresultaten) bekend zijn zodat gecontroleerd kan worden of het programma juiste resultaten oplevert. Naar verwachting moeten op deze wijze meer dan 100 cases doorgerekend worden. Het volledig testen van alle sporen in het programma is waarschijnlijk onmogelijk, want bij Steentoets waren dat er al meer dan een miljard. Door echter alle componenten afzonderlijk te testen, en vervolgens het geheel met meer dan 100 cases, kan toch een goed product gerealiseerd worden.

Een onderdeel van het testen is het valideren van de uitkomsten. Hiermee wordt bedoeld dat beoordeeld wordt of het berekende resultaat in lijn is met de kennis die we hebben over steenzettingen. In deze fase zullen oude Deltagootresultaten nagerekend worden. Maar het gaat hierbij ook om bijzondere constructies die volgens het rekenmodel een extreem hoge of extreem lage stabiliteit zouden hebben, terwijl we aanwijzingen hebben dat het resultaat minder extreem zou moeten zijn. Dergelijke constatering kunnen leiden tot het aanpassen van de rekenregels. Deze aangepaste rekenregels moeten vervolgens weer geprogrammeerd en getest worden.

Het programma kan pas definitief opgeleverd worden zodra de gebruikersgroep tevreden is met de user-interface, de rekenregels goed geprogrammeerd zijn (beoordeeld met de bovengenoemde 100 cases) en de resultaten van het programma vertrouwenwekkend zijn. De fase van validatie en aanpassing van de rekenregels is niet vooraf te plannen en zal dus in samenspraak met de opdrachtgever ingevuld moeten worden zodra het programma goed door de testfase is gekomen. Daarom wordt de validatiefase en aanpassing van de rekenregels voorlopig in de plannen van het project nog wat vaag gelaten.

Het ontwerp en het programmeren van ANAMOS+ wordt uitgevoerd door WL | Delft Hydraulics o.l.v. M. Klein Breteler. De benodigde kennisontwikkeling wordt deels door WL | Delft Hydraulics uitgevoerd, en deels door Royal Haskoning en GeoDelft. De coördinatie van deze werkzaamheden is in handen van WL | Delft Hydraulics, die aangestuurd wordt door de opdrachtgever, namelijk de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat (DWW).

Verder is er een gebruikersgroep ingesteld die de wensen ten aanzien van de user-interface en functionaliteit van het programma verwoordt. De leden van de gebruikersgroep zijn:

- Y.M. Provoost (Rijkswaterstaat Zeeland, Projectbureau Zeeweringen)
- J.T.M. van der Sande (Waterschap Zeeuwse Eilanden)
- H.J. Regeling (Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied)
- S. Nurmohamed (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde)
- B.G.H.M. Wichman (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde)
- R. 't Hart (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde)
- M.C.J. Bosters (Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde)

De DWW gaat de afstemming tussen ANAMOS+ en de nieuwe VTV verzorgen. De eerste onderwerpen die in dit kader aandacht verdienen, zijn:

- soms optredende strijdigheid tussen de eenvoudige toetsing en de gedetailleerde toetsing
- toetsing op stroming

Ten aanzien van de strijdigheid tussen de eenvoudige toetsing en de gedetailleerde toetsing gaat voorgesteld worden om de eenvoudige toetsing te laten vervallen voor steenzettingen die ook gedetailleerd getoetst kunnen worden. De toetsing wordt dan afhankelijk van het type steenzetting een eenvoudige (bijvoorbeeld blokken op klei), **of** gedetailleerde toetsing (steenzetting op filter). Dat het een eenvoudige toetsing of gedetailleerde toetsing betreft, kan dan in feite vervallen.

Ten aanzien van de toetsing op stroming gaat voorgesteld worden om dit alleen uit te voeren als daar aanleiding voor is, namelijk op die locaties waar de golfbelasting gering is en de stromingsbelasting groot. Een voorbeeld van zo'n locatie is een schaaldijk langs een rivier. Langs de kust zal de golfbelasting maatgevend zijn.

3 Gebruikerswensen

Tijdens de eerste gebruikersgroepvergadering voor ANAMOS+ zijn door de toekomstige gebruikers een groot aantal keuzes gemaakt ten aanzien van de detaillering van ANAMOS+. Deze lijst van wensen is onderstaand kort samengevat, aangevuld met beslissingen uit het overleg met DWW en PBZ op 14 juni.

Tegelijk met de verspreiding van dit verslag zal per e-mail ook een versie van het toekomstige programma worden verspreid, echter nog zonder VBA-code. Hieraan is het uiterlijk van het programma te beoordelen.

1	ANAMOS+ versie 0.00 WL Delft Hydraulics, juni 2006				aanleg- jaar	schade in jaar	dijkonten- tatie (gr tov N)	coördinaten dwarsprofiel				toplaag	type (filter, geotex- tiel, klei, etc)	D	B	L	sple			
	Naam van dijkvak	vlaknummer	Subvakgrenzen randw. & vlak					ondergrens	bovengrens		X							Y	X	Y
			van	tot				[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]										
5	Zuidermeerdijk	2	12	2.40	2.80	1966		25	0.000	-1.500	6.800	0.200	11.10	kl	0.250	0.500	0.500			
6	Zuidermeerdijk	3	12	2.40	2.80	1977	2001	25	6.800	0.200	17.800	3.500	26.00	pu vl kl	0.350					
7	Zuidermeerdijk	4	12	2.40	2.80			25	17.800	3.500	22.220	5.200	27.11	st ge kl	0.300					
8	Zuidermeerdijk	5	12	2.40	2.80			25	22.220	5.200	24.720	5.300	27.30	st ge	0.250					
9	Zuidermeerdijk	12	2.40	2.80				25	24.720	5.300	35.520	8.000	20.00	kl						
10	Zuidermeerdijk	2	8	3.20	3.40	1966		25	0.000	-1.500	6.800	0.200	11.10	kl	0.250	0.500	0.500			
11	Zuidermeerdijk	3	8	3.20	3.40	1977		25	6.800	0.200	16.800	3.500	26.00	pu vl kl	0.350					
12	Zuidermeerdijk	4	8	3.20	3.40			25	16.800	3.500	21.220	5.200	27.11	st ge kl	0.300					
13	Zuidermeerdijk	5	8	3.20	3.40			25	21.220	5.200	22.720	5.300	27.30	st ge						
14	Zuidermeerdijk	8	3.20	3.40				25	22.720	5.300	38.720	8.500	20.00							
15	Zuidermeerdijk	13	4a	12.40	12.80	1966		32	0.000	-1.000	12.000	2.000	11.10	kl	0.250	0.500	0.500			
16	Zuidermeerdijk	14	4a	12.40	12.80	1977		32	12.000	2.000	16.333	3.300	26.00	pu vl kl	0.350					
17	Zuidermeerdijk	15	4a	12.40	12.80			32	16.333	3.300	19.453	4.500	27.11	st ge kl	0.300					
18	Zuidermeerdijk	16	4a	12.40	12.80			32	19.453	4.500	20.953	4.600	27.30	st ge	0.250					
19	Zuidermeerdijk	17	4a	12.40	12.80			32	20.953	4.600	38.553	9.000	26.00	st ge kl	0.600					
20	Noordermeerdijk	37	324.5	1.30	2.40	1966		127	0.000	0.100	17.600	4.500	11.10	kl	0.250	0.500	0.500			
21	Noordermeerdijk	36	324.5	1.30	2.40	1977		127	17.600	4.500	19.100	4.600	26.00	pu vl kl	0.350					
22	Noordermeerdijk		324.5	1.30	2.40			127	19.100	4.600	19.890	4.650	20.00	kl						
23	Noordermeerdijk		324.5	1.30	2.40			127	19.890	4.650	27.693	7.000	20.00	kl						
24	Noordermeerdijk		324.5	1.30	2.40			127	27.693	7.000	36.683	9.000	20.00	kl						
25	Oosterdam	1	324.5	1.30	2.40	1966		127	0.000	0.100	21.600	5.500	27.30	st ge kl	0.250	0.500	0.500			
26	Oosterdam	2	324.5	1.30	2.40	1977		127	21.600	5.500	26.800	5.500	26.00	pu vl kl	0.350					
27	Oosterdam	27	324.5	1.30	2.40			127	26.800	5.500	35.171	2.900	29.00	pu vl kl	0.300					
28	Oosterdam	26	324.5	1.30	2.40			127	35.171	2.900	41.171	0.100	29.00	pu vl kl	0.250					

Figuur 2, Voorstel voor het uiterlijk van het Excel programma ANAMOS+ conform de gebruikerswensen

1. Het wordt één Excel programma, met een apart werkblad voor toetsing en een voor het ontwerpen. Eventueel kan later besloten worden om een apart programma voor toetsen en een apart programma voor ontwerpen uit te geven, waarbij simpel één van de twee werkbladen zijn verborgen. Het programma krijgt geen .dll-file.
2. Ten aanzien van de rekentijd moet ernaar gestreefd worden om 50 dwarsprofielen in orde één minuut door te rekenen. Mocht de rekentijd langer worden, dan wordt er tegen die tijd besloten hoe we hiermee omgaan.
3. De eigenschappen en toetsresultaten moeten in de kolommen gezet worden (zoals Steentoets).
4. Algemene functies worden bij voorkeur ondergebracht in de menubalk, zoals dat ook bij Steentoets het geval is. Specifieke zaken, waarvoor het logisch is dat ze op een bepaald

plaats binnen de spreadsheet gebruikt worden, kunnen als een knop in de kop van de tabel gezet worden. Alle knoppen moeten ook met de toetscombinatie ALT-letter te bedienen zijn.

5. Het moet mogelijk zijn om een kolom toe te voegen. In het programma moet gewerkt worden met kolomnamen, en niet met verwijzingen naar de cellen.
6. Als extra optie kan overwogen worden om met één van de algemene functies de gebruiker de mogelijkheid te geven om van één dwarsprofiel alle gegevens in een tabel te bekijken/printen met de eigenschappen onder elkaar, maar hij krijgt daarin niet de mogelijkheid om te editten. Deze extra optie kan vervallen als we bijvoorbeeld dreigen de deadline van 30 november niet te halen.
7. De spreadsheet wordt uitgevoerd met een aantal werkbladen:
 - toetsing (zoals een huidige Steentoets)
 - ontwerpen
 - golven voor toetsing (zoals een huidige Steentoets)
 - golven voor ontwerp
 - figuur van dwarsprofiel
 - samenvattend werkblad ‘overzicht resultaten’
 - algemeen (met algemene instellingen)
 - info (toelichting, lijst met constructietypen en filterlagen, etc.)
 - invoerdata uit Steentoets 4.0 (om oude bestanden in het nieuwe programma te kunnen laden)

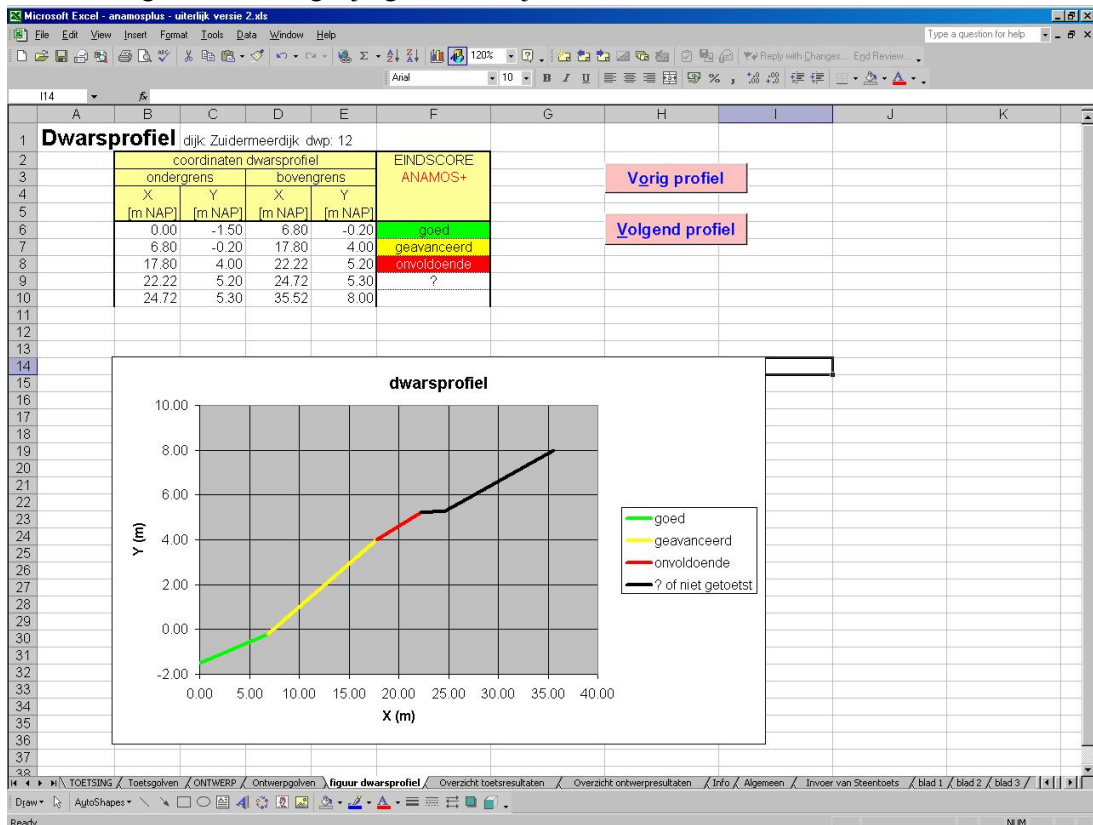
In het werkblad algemeen kan men aangeven welke kolommen afgebeeld moeten worden in het samenvattende werkblad, inclusief de volgorde. Aandachtspunt: als er dwarsprofielen worden verwijderd, dan moet het ook verwijderd worden uit het samenvattende werkblad.

	A	B	C	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Naam van dijkvak	vlaknummer	dwarsprofiel	Score	vanuit ondergrond	vanuit granulaire laag door toplaag	Score golven	stroming	dikte-overschot [m]	score bovenste overgangsconstructie	Score	ANAMOS+	BEHEER OOR
1	ANAMOS+ versie 0.00_WL Delft Hydraulics, juni 2006												
2													
3													
4													
5	Zuidermeerdijk	2	12	goed	goed	goed	goed	goed	0.01	goed	nt	goed	
6	Zuidermeerdijk	3	12	geavanceerd	goed	goed	goed	goed	0.04	goed	nt	geavanceerd	nt
7	Zuidermeerdijk	4	12	onvoldoende	goed	goed	goed	goed	0.02	goed	nt	onvoldoende	nt
8	Zuidermeerdijk	5	12	?	goed	goed	goed	goed	0.10	goed	nt	?	
9	Zuidermeerdijk		12								nt		
10	Zuidermeerdijk	2	8	goed	goed	goed	goed	goed	0.01	goed	nt	goed	
11	Zuidermeerdijk	3	8	geavanceerd	goed	goed	goed	goed	0.04	goed	nt	geavanceerd	nt
12	Zuidermeerdijk	4	8	onvoldoende	goed	goed	goed	goed	0.02	goed	nt	onvoldoende	nt
13	Zuidermeerdijk	5	8	?	?	?	?	?	?	goed	nt	?	
14	Zuidermeerdijk		8								nt		
15	Zuidermeerdijk	13	4a	goed	goed	goed	goed	goed	0.01	goed	nt	goed	
16	Zuidermeerdijk	14	4a	geavanceerd	goed	goed	geavanceerd	goed	-0.13	goed	onvoldoende	geavanceerd	nt
17	Zuidermeerdijk	15	4a	onvoldoende	goed	goed	goed	goed	0.02	goed	nt	onvoldoende	nt
18	Zuidermeerdijk	16	4a	?	?	?	goed	goed	0.10	?	nt	?	
19	Zuidermeerdijk	17	4a				goed	goed			nt		
20	Noordermeerdijk	37	324.5	goed	goed	goed	goed	goed	0.01	goed	nt	goed	
21	Noordermeerdijk	36	324.5	geavanceerd	goed	goed	geavanceerd	geavanceerd	-0.11	geavanceerd	onvoldoende	geavanceerd	nt
22	Noordermeerdijk		324.5				goed	goed	0.02	goed	nt	onvoldoende	
23	Noordermeerdijk		324.5				goed	goed	0.10	goed	nt	?	
24	Noordermeerdijk		324.5				goed	goed			nt		
25	Oosterdam	1	324.5	goed	goed	goed	goed	goed	0.01	goed	nt	goed	
26	Oosterdam	2	324.5	geavanceerd	goed	goed	onvoldoende	goed	-0.23	goed	goed	geavanceerd	nt
27	Oosterdam	27	324.5	onvoldoende	goed	goed	goed	goed	0.02	goed	nt	onvoldoende	nt
28	Oosterdam	26	324.5	?	?	?	?	goed		goed	nt	?	

Figuur 3, Overzicht toetsresultaten zoals dat ingesteld kan worden op het werkblad algemeen

8. De hydraulische randvoorwaarden worden weer in één apart werkblad gezet, zoals in Steentoets. Nu krijgt men ook de mogelijkheid om de stroomsnelheid in te voeren. Alle dijkpaalnummers moeten uniek zijn (dus slechts één watersysteem per spreadsheet).
9. Als Excel op automatisch rekenen wordt gezet, dan is Steentoets zo ingericht dat wijzigingen in de constructie direct doorgerekend worden. Als Excel op handmatig rekenen wordt gezet, dan wordt er slechts gerekend als de F9-toets aangeslagen wordt. Als iets in de randvoorwaarden veranderd wordt, moet in het menu de optie 'bereken alles opnieuw' gekozen worden. Dit laatste is nodig omdat het zoeken in de randvoorwaardentabel relatief veel rekentijd kost. ANAMOS+ gaat op dezelfde wijze opgezet worden.
10. Er wordt een beveiliging aangebracht tegen veranderingen, maar er wordt ook aangegeven hoe de beveiliging er weer afgehaald kan worden. Het wordt dan bijvoorbeeld mogelijk om de rijen te sorteren met de standaard sorteroptie van Excel. Als men daarna weerwil rekenen, moet men zelf maar zien hoe de rijen die in een dwarsprofiel bij elkaar horen weer bij elkaar staan.
11. Bij de kolomkoppen wordt toegevoegd dat wanneer je er met de cursor opstaat, er een toelichtingwindow opkomt.
12. Voor de identificatie van de steenzetting wordt er een kolom opgenomen voor de naam van de dijk/dijkvak, een voor het dwarsprofielnummer en een kolom voor het nummer van de steenzetting (vlak). De nummers mogen ook bestaan uit tekst. Het programma beschouwt de opvolgende rijen met hetzelfde dwarsprofielnummer als behorende bij één dwarsprofiel. Het programma gaat niet zoeken door de hele spreadsheet naar rijen met hetzelfde dwarsprofielnummer. Visueel wordt dit ondersteund door tussen de dwarsprofielen een dikke lijn te zetten. Algemene informatie over het gehele dwarsprofiel (zoals de oriëntatie van de dijk ten opzichte van Noord) hoeft slechts in één rij ingevuld te worden en wordt automatisch doorgekopieerd in alle andere rijen.
13. De gebruiker hoeft niet het gehele profiel van de dijk inclusief binnentalud op te geven. Hij mag in principe overall stoppen met het invoeren van segmenten. Als voor de toetsing ook de taludhelling boven het hoogst ingevoerde segment nodig is, kan aangenomen worden dat erboven het talud met dezelfde taludhelling doorloopt. Negatieve taludhellingen kunnen worden opgevat als het binnentalud van een havendam.
14. Niet alle bekledingen in een dwarsprofiel moeten gespecificeerd worden. Als het bekledingstype niet wordt ingevuld of er wordt iets ingevuld dat geen steenzetting is, dan blijven de toetsresultaten blanco. Voor alle types uit de VTV wordt een code gegeven in het werkblad 'info'.
15. In het werkblad algemeen kan men kiezen voor het invoeren van het dwarsprofiel met coördinaten of met taludhellingen. Als gekozen wordt voor coördinaten, dan rekent het programma deze om naar taludhellingen. Als dan later gekozen wordt voor taludhellingen, terwijl men coördinaten heeft ingevoerd, dan worden de reeds ingevoerde coördinaten bewaard, maar verborgen. Wordt daarna toch weer gekozen voor coördinaten, dan kunnen ze gelijk weer getoond worden. Als de taludhelling wordt ingevoerd, dan wordt die taludhelling gebruikt voor de berekeningen (ook al zijn ze strijdig met de eventueel ook ingevoerde coördinaten) en worden deze pas omgerekend naar coördinaten als men later kiest voor weergave met coördinaten.
16. In het dwarsprofiel moeten rij voor rij alle bekledingen netjes op volgorde worden ingevoerd, beginnende met de laagste bekleding en eindigend met de hoogste, of eindigend met de onderste op het binnentalud (havendam).

17. Voor de weinig gebruikte opties kan in het werkblad algemeen aangegeven worden of men de kolommen wil zien of niet. Als er wel iets ingevuld is (afwijkend van de default waarden), en men kiest ervoor de kolommen niet meer te willen zien, dan blijft toch één kolom over met korte relevante mededeling in de betreffende rij. Als er niets is ingevuld, dan kan men de kolommen volledig verbergen.
18. Als men constructietype 10 invoert, maar geen afmetingen van de gaten aangeeft, volgt een foutmelding. De kolommen voor het invoeren van de afmetingen van de gaten moet men zelf openen door dit aan te geven in het werkblad algemeen.
19. De bekleding kan ook vlijlagen bevatten.
20. In de handleiding wordt vermeld dat bij verticale overgangsconstructies maatregelen genomen moeten worden om lokaal de sterkte te vergroten, omdat ook de belasting bij scheve golfaanval mogelijk groter zal zijn.



Figuur 4, Werkblad met dwarsprofiel.

21. Voor de doorlatendheid van het geotextiel gaat gewerkt worden met het verval en debiet tijdens doorlatendheidsmeting.
22. M.b.t. de langeduurbelasting wordt de belastingduur bepaald aan de hand van de getijrange. Waarschijnlijk kan deze belastingduur ook gebruikt worden voor de reststerkte. Voorlopig wordt gewerkt met een constante golfhoogte gedurende de gehele belastingduur, maar er wordt rekening gehouden met de toekomstige optie om de golfhoogte (en periode) te laten variëren gedurende de storm.
23. Er wordt voorlopig voor gekozen om ook een toetsing op stroming uit te voeren, maar in het werkblad algemeen kan men aangeven of er wel of niet op stroming getoetst moet worden. Afhankelijk van de discussie met de makers van de VTV kan dit nog veranderen.

24. De cel met het toetsresultaat per deelmechanisme en het eindresultaat wordt een kleur gegeven het (moet op zwartwit printer ook een goed resultaat leveren):
 - wit: geen toetsing mogelijk
 - groen: goed
 - geel: twijfelachtig/geavanceerd
 - rood: onvoldoende
25. Bij de toetsing wordt ook het dikte-overschot van de toplaag uitgerekend (in verband met toplaag stabiliteit). Als de toplaag te dun is, verschijnt een negatieve waarde.
26. De volgende grafieken kunnen met het programma in aparte werkbladen gemaakt worden:
 - a) doorsnedetekening van het geselecteerde dwarsprofiel. Met kleur wordt het eindoordeel van elk stuk steenzetting gegeven. Verder is er een knop met volgende/vorige om ook andere dwarsprofielen te kunnen zien.
 - b) $H_s/\Delta D - \xi_{op}$ grafiek met het punt van de geselecteerde steenzetting (rij) en de g/t en t/o lijnen. Deze extra optie kan vervallen als we bijvoorbeeld dreigen de deadline van 30 november niet te halen.
 - c) Vooraanzicht van de dijk met op de horizontale as de dijk lengte, de verticale as de dijk hoogte met in kleur het resultaat van de toetsing. Alleen de geselecteerde dwarsprofielen worden weergegeven. Het is echter nog niet zeker of het weergeven van de kleurvlakken technisch uitvoerbaar is. Deze extra optie kan vervallen als we bijvoorbeeld dreigen de deadline van 30 november niet te halen of als het technisch moeilijk realiseerbaar is.
27. In het werkblad ontwerpen wordt door het programma gecontroleerd of het ingevoerde ontwerp goed is. Daarnaast wordt de minimaal benodigde toplaagdikte berekend gelet op de toplaagstabiliteit, gegeven alle overige invoer. Tevens moet de minimaal benodigde kleilaagdikte berekend worden, gelet op het mechanisme afschuiving. Er wordt dan gerekend met de ingevoerde toplaagdikte.
28. In het werkblad algemeen zijn veiligheidsfactoren vermeld die gebruikt worden bij het ontwerpen van nieuwe bekledingen. De veiligheidsfactoren kunnen additioneel en multiplicatief zijn. Met deze veiligheidsfactoren wordt geanticipeerd op de ontwikkeling van een veiligheidsfilosofie in de nabije toekomst.

Er is besloten om geen extra lijst van veiligheidsfactoren te maken die gebruikt wordt bij het narekenen van goed getoetste steenzettingen, die gecontroleerd moeten worden met de ontwerprandvoorwaarden.
29. In de ontwerpmodule moet aangegeven worden welke rij al goed getoetst is en dus niet ontworpen hoeft te worden. Die bekleding wordt wel nagerekend met de ontwerprandvoorwaarden, maar met alle veiligheidsfactoren op 1.
30. Foutmeldingen worden in de laatste kolom geplaatst. Het feit dat er geen toetsresultaat berekend kan worden, brengt de gebruiker vast wel op het idee om in de foutmeldingen te gaan kijken. Er wordt een korte tekst vermeld, met meer toelichting in de gebruikershandleiding.
31. Breuksteen overlagingen vallen buiten het kader van het programma.
32. De kracht op teenconstructie, zoals die door ANAMOS berekend werd, wordt niet meer in de uitvoer getoond.
33. Er is nog geen overeenstemming bereikt over de naam van het programma. Enkele overgebleven kanshebbers zijn:
 1. Steentoets (ook bij het ontwerpen wordt in feite een ontwerp door het programma getoetst)

2. ST1
3. Steno (Steenzettingen Toetsen EN Ontwerpen)
4. Petra
5. Pebbles
6. Winst1 (Windows steenzetting)
7. Proefst1 (programma evaluatie steenzetting)

Andere suggesties zijn welkom.

4 Rekenmodules

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de rekenmodules die opgenomen moeten worden in ANAMOS+. Het betreft nog een globale beschrijving die inzicht geeft in de structuur van het programma, die gezien kan worden als het functioneel ontwerp. In een later stadium zullen alle formules en voorwaarden per rekenmodule moeten worden uitgeschreven als basis voor het technisch ontwerp van het programma.

Een module kan bestaan uit meerdere subroutines. Een rekenmodule is een deel van het programma met een vanuit waterbouwkundig oogpunt herkenbare functie.

De rekenmodules zijn te verdelen in vier hoofdgroepen:

- A. bepaling algemene kenmerken van constructie en belasting
- B. toetsing van de stabiliteit van de toplaag op een dijk
- C. toetsing van stabiliteit van de toplaag op een havendam
- D. toetsing van de overige bezwijkmechanismen

Achterin dit verslag is een globaal stroomschema voor elk van deze hoofdgroepen gegeven.

Naast deze rekenmodules zijn er ook modules die betrekking hebben op de user-interface. Die schema's zijn niet in dit verslag opgenomen.

De beschrijving van de rekenmodules gaat uit van een toetsing. In feite is de opzet voor het toetsen en het ontwerpen identiek.

4.1 A: Bepaling algemene kenmerken van constructie en belasting

Allereerst moeten er een aantal algemene kenmerken van de constructie en de belasting bepaald worden. Het gaat daarbij om het controleren en interpreteren van de gegeven invoer, het bepalen van het type steenzetting, en dergelijke. We onderscheiden de volgende rekenmodules (zie bijlage A):

1. Uit de coördinaten van het dwarsprofiel de taludhellingen per segment bepalen.
Als gekozen is voor de optie 'dwarsprofiel invoeren met coördinaten' in het werkblad 'algemeen' dan moeten de waarden omgerekend worden naar taludhellingen.
Indien gekozen is voor de optie 'dwarsprofiel invoeren met taludhellingen' zijn deze berekeningen niet nodig. In deze module moeten echter wel de formules opgenomen worden die nodig zijn om coördinaten te berekenen uit de taludhellingen. Men kan immers in het werkblad algemeen aangeven dat men toch wil overstappen op coördinaten. De coördinaten worden dan berekend uitgaande van de oorsprong (0,0) in het meest zeewaarts gelegen punt van het profiel.
2. Vaststellen welke regels bij elkaar horen in één dwarsprofiel.
Dit wordt vastgesteld aan de hand van de gegevens in de kolom 'dwarsprofiel' (en dijknaam en subvakgrenzen). De opeenvolgende rijen met dezelfde cijfers of tekst worden samengevoegd tot één dwarsprofiel. Tussen de dwarsprofielen wordt een dikke lijn getrokken.

3. Per regel vaststellen of er een toetsing moet worden uitgevoerd.
Om rekentijd te besparen wordt in een zo vroeg mogelijk stadium vastgesteld of er een toetsing moet worden uitgevoerd in de betreffende rij. Alleen steenzettingen worden getoetst.
4. Enkele controles uitvoeren op de invoer en ontbrekende gegevens aanvullen uit de lijst default waarden.
Er worden enkele elementaire controles uitgevoerd op de ingevoerde data. Dit betreft onder andere de aansluiting van de segmenten in de opeenvolgende rijen, of er maximaal eenmaal een tekenverandering in de taludhelling plaatsvindt, de golfsteilheid, de grootte van de gaten, en dergelijke. Sommige onjuiste data worden aangepast om vervolgens gewoon verder te rekenen, zoals het veranderen van de ondergrens van een segment met maximaal 5 cm om het aan te laten aansluiten op de bovengrens van het eronder gelegen segment. Verder worden enkele ontbrekende gegevens aangevuld, zoals in Steentoets: dijkoriëntatie, karakteristieke openinggrootte, soortelijke massa, inwassing, type filter, porositeit filter, D_{f50} , $D_{15\text{zand}}$, dijkopbouw, kleikwaliteit, et cetera.
5. Per regel die getoetst moet worden vaststellen of het een onderbeloop (talud onder de berm), een berm of een bovenbeloop (talud boven een berm) is.
6. Spleetbreedte berekenen en open oppervlak.
Bij rechthoekige blokken wordt de spleetbreedte opgegeven, en bij zuilen het open oppervlak. Uiteindelijk is zowel het open oppervlak nodig, als de equivalente spleetbreedte.
7. Bepaling type steenzetting.
Op basis van de globale eigenschappen van de toplaag en het filter kan het type steenzetting bepaald worden voor de eenvoudige toetsing. Deze indeling is later ook nodig om te beoordelen of bepaalde berekeningen uitgevoerd moeten worden of niet.
8. Als type 3 of 6 (geen Noorse steen of ingegoten steenzetting), dan leklengte berekenen.
De leklengte kan berekend worden als het een steenzetting op een filterlaag betreft. Als er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn, wordt dit nu direct duidelijk en zijn verdere tijdrovende berekeningen niet meer nodig. Er wordt gebruikgemaakt van de formules van Klein Breteler e.a. (2005c).
9. Relevante hydraulische randvoorwaarden opzoeken in de randvoorwaardentabel.
Aan de hand van de subvakgrenzen worden uit het werkblad 'toetsgolven' de golftrandvoorwaarden voor de verschillende waterstanden gehaald, alsmede het toetspeil, de getijrange en stormduur. Hiermee wordt een eerste schatting van de golfoploophoogte berekend bij een waterstand gelijk aan het toetspeil. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van dezelfde formules als in Steentoets (paragraaf 4.16 uit Klein Breteler 2005a). Het resultaat zal daardoor niet exact gelijk zijn aan die uit PC-overslag. Het exact gelijk maken aan de resultaten van PC-overslag kost of erg veel rekentijd en programmeerwerk, of de toevoeging van een dll-file aan het programma. Beide opties zijn minder gewenst.
10. Vaststellen of het een dijk of een havendam is.
Als in het dwarsprofiel alle taludhellingen positief zijn (of alle taludhellingen zijn negatief), wordt aangenomen dat er sprake is van een dijk. Als de taludhelling van teken verandert, is het een havendam als bovendien het hoogste punt lager ligt dan 80% van de golfoploophoogte $h_{\text{toets}} + 0,8 \cdot z_{2\%}$, anders is het toch een dijk. Hierbij wordt gerekend met een waterstand gelijk aan het toetspeil. Gezien het feit dat dijken soms wat lager zijn dan het 2%-oploopniveau is dit vermenigvuldigd met een arbitrair gekozen factor. Havendammen zullen echter zelden hoger zijn dan $h_{\text{toets}} + 0,8 \cdot z_{2\%}$.

4.2 B: Toetsing van de stabiliteit van de toplaag op een dijk

Een belangrijke complicatie bij het toetsen van de stabiliteit van de toplaag op een dijk is dat op voorhand niet bekend is welke waterstand maatgevend zal zijn. Daardoor zal vooral voor steenzettingen op een filter een groot aantal berekeningen moeten worden uitgevoerd. Dit komt tot uiting in onderstaande rekenmodules. De reden dat niet bij voorbaat bekend is welke waterstand een maatgevende belastingsituatie oplevert, zijn (a) het feit dat de golfhoogte, golfperiode en golfrichting waterstandsafhankelijk zijn, (b) de mogelijke aanwezigheid van overgangsconstructies en (c) het feit dat de klemming positie afhankelijk is.

Voorlopig wordt ervoor gekozen de volledige toetsing uit te voeren voor elke waterstand die uitgeprobeerd wordt om vast te stellen of het de maatgevende waterstand is. Als later blijkt dat dit te tijdrovend is, zal een vereenvoudigde toetsmethode gehanteerd gaan worden die slechts bedoeld is om de maatgevende waterstand vast te stellen, om vervolgens alleen bij de maatgevende waterstand de nauwkeurige toetsing uit te voeren.

De volgende modules worden onderscheiden (zie bijlage B), waarbij module 6 tot en met 11 alleen van toepassing zijn voor niet-ingegoten steenzettingen. Module 12 is alleen van toepassing voor ingegoten steenzettingen:

1. Algemene rekenmodule voor de toplaagstabiliteit op een dijk
In deze module wordt gezocht naar de maatgevende waterstand en wordt de toetsing van de toplaagstabiliteit uitgevoerd. In deze module is een iteratie opgenomen die stap voor stap de waterstand aanpast op zoek naar de maatgevende waterstand. De maatgevende waterstand is gelijk aan die het slechtste toetsresultaat oplevert (grootste toplaagbeweging, en als dat gelijk is: grootste stijghoogteverschil). Tijdens het doorlopen van de iteraties wordt de bekleding dus steeds weer opnieuw getoetst. In bijlage B is dit deel van de berekeningen boven de stippellijn weergegeven.
Voor het uitvoeren van de toetsing worden diverse andere modules aangeroepen. Deze zijn hieronder gegeven.
2. Rekenwaarde voor de taludhelling.
De rekenwaarde voor de taludhelling wordt bepaald met de methode uit bijlage C van het Technisch Rapport Steenzettingen.
3. Beoordeling of de steenzetting wel belast wordt.
Als de onderrand van de steenzetting hoger dan een halve golfploophoogte boven de waterstand ($h + z_{2\%}/2$) zit, is de steenzetting automatisch goed en wordt hij verder niet getoetst.
Als de steenzetting heel diep onder water zit, wordt hij niet belast en is hij ook automatisch goed. Dit criterium moet nog vastgesteld worden (zie paragraaf 5.5). In Steentoets werd als criterium gehanteerd dat een steenzetting goed is als de bovenrand 0,25 m onder het zwaarst aangevallen punt ($h - y_s - 0,25$ m) zit (zie paragraaf 4.5 uit Klein Breteler, 2005a). Aanbevolen wordt hier een overgangsgebied te hanteren met een rekendikte van de toplaag $D_r = c_{diep} \cdot D$ met $c_{diep} > 1$. De formule voor c_{diep} moet nog bepaald worden (bijvoorbeeld vergelijkbaar met $1/f$ uit Kuiper e.a. 2006, formule 6.1). Bovendien moet een nieuwe formule voor y_s opgesteld worden (met resultaten uit Klein Breteler e.a., 2006b).
Als de toplaag geheel en al boven water zit, wordt verder gerekend met een rekenwaarde voor de toplaagdikte: $D_r = 1,25 \cdot D$.
4. Bepaling bermfactor

Als de steenzetting op een berm ligt, wordt de bermfactor bepaald (formules uit bijlage C van het Technisch Rapport Steenzettingen).

5. Bepaling invloedsfactor voor scheve golfaanval

De invloedsfactor voor scheve golfaanval, f_{β} , kan berekend worden met formule 7.1 (voor $\xi_{op} \leq 2,5$) en formule 2.8 (voor $2,5 < \xi_{op} < 5$) van Klein Breteler e.a. (2006a). Deze factor moet vermenigvuldigd worden met de berekende stijghoogteverschillen (steenzettingen van het type 3 of 6, maar geen Noorse steen), **of** gebruikt worden voor het bepalen van een rekenwaarde voor de toplaagdikte: $D_r = D/f_{\beta}$ (overige typen). Als alternatief kan overwogen worden om voor steenzettingen van het type 3 of 6, maar geen Noorse steen, te rekenen met de schijnbare taludhelling (formule 2.1 van Klein Breteler e.a. 2006a).

6. Als type 3 of 6 (geen Noorse steen), dan belastingduur berekenen als functie van de locatie op de te toetsen steenzetting.

Voor het berekenen van de belastingduur wordt eerst de locatie met maximaal stijghoogteverschil geschat. Voor die locatie wordt de belastingduur berekend.

De belastingduur van de steenzetting is doorgaans korter dan de stormduur van 35 of 45 uur uit de VTV. Dit is een gevolg van het verloop van de waterstand tijdens de storm. Dit verloop is een superpositie van het tot een sinus vereenvoudigde getij en de standaard stormopzet uit de VTV. Conform de VTV wordt aangenomen dat de maximale waterstand optreedt op het moment dat het hoogwater is en de stormopzet maximaal is.

Afhankelijk van de waterstand is er een zone op het een talud die belast wordt (formule 6.6 en 6.7 uit Klein Breteler, 2006b). Omgekeerd kan voor de zwaar belaste locatie op de steenzetting bepaald worden bij welke waterstanden dat punt belast wordt. Vervolgens kan aan de hand van het waterstandsverloop de duur berekend worden dat de waterstand hieraan voldoet. Lager op het talud is de belastingduur altijd groter dan hoger op het talud.

7. Bepaling invloed belastingduur.

De invloed van de belastingduur wordt in rekening gebracht door de golfhoogte te vergroten en de toplaagdikte te verkleinen. In module B6 is de belastingduur bepaald voor de locatie met het grootste stijghoogteverschil. Voor die locatie kan dan de belastingduur berekend worden en kunnen twee invloedsfactoren berekend worden, namelijk f_b en f_s uit Klein Breteler e.a. (2005).

Er wordt verder gewerkt met een rekenwaarde voor de golfhoogte $H_{sr} = H_s/f_b$, waarbij f_b berekend kan worden met formule 5.3 uit Klein Breteler e.a. (2005). De waarde van de brekerparameter ξ_{op} moet echter berekend worden met de oorspronkelijke H_s .

De rekenwaarde voor de toplaagdikte wordt: $D_r = D \cdot f_s$, waarbij f_s berekend kan worden met formule 5.4 uit Klein Breteler e.a. (2005). Het is echter denkbaar dat deze invloed wordt verdisconteerd in de klemming en dan zal het hier niet in rekening gebracht worden om te voorkomen dat de invloed twee keer wordt meegeteld. Dit wordt duidelijk zodra de formules voor klemming verder zijn uitgewerkt.

8. Bepaling maatgevend stijghoogteverloop op de toplaag.

Het maatgevende stijghoogteverloop op de toplaag wordt bepaald met behulp van formules die nog opgesteld moeten worden. Het gaat zowel om het moment vlak vóór de golfklap, als tijdens de golfklap. Voor de klemmingmodule moet ook de belastingduur en de stijgtijd bepaald worden. De basis voor de formules is het onderzoek van Klein Breteler e.a. (2006b). In paragraaf 5.3 wordt verder uitgelegd welk onderzoek nog nodig is om de formules op te stellen.

Het is ook denkbaar dat er meerdere karakteristieke stijghoogteverlopen van golfklappen doorgerekend moeten worden omdat op voorhand niet te zeggen is of een hoge smalle golfklap een zwaardere belasting geeft dan een lage brede golfklap.

9. Berekening stijghoogteverschillen, inclusief de invloed van de overgangsconstructie.
De basis voor het berekenen van het stijghoogteverschil voor het moment vlak vóór de golfklap is de formule voor het Ronde Front van Klein Breteler (2000) (formule 2.15). Het stijghoogteverloop tijdens de golfklap is vrij gecompliceerd en kan daarom alleen berekend worden met de methode van Klein Breteler e.a. (1991).
De formule en de methode moeten nog uitgebreid worden om rekening te houden met de invloed van de overgangsconstructies aan de boven- en onderrand van de steenzetting (zie paragraaf 5.4).
10. Reststerkte van de toplaag en de klei.
De reststerkte moet bepaald worden om te kunnen beoordelen of klemming meegeteld kan worden. Het is namelijk niet uit te sluiten dat er hier en daar toch een los blok ligt. Een schatting van de eerste fase van het reststerkteproces (ondermijning van de toplaag) kan bepaald worden met formule 5.2 van Klein Breteler e.a. (2005). Voor de tweede fase, het instorten van de ondermijnde toplaag, is nog nader onderzoek nodig (zie paragraaf 5.2). De reststerkte van de eventuele kleilaag (derde fase) kan bepaald worden met de formules uit het Technisch Rapport Steenzettingen (tabel 4.1). Deze tabel is echter zeer conservatief, zoals is aangetoond in de e-mail van 15 maart 2006 van Mark Klein Breteler aan Ronald van Etten. Een nadere analyse van de metingen uit het verleden kan een betere formule opleveren. Dit is vermeld bij de onderzoeksonderwerpen in paragraaf 5.2.
11. Klemming.
Indien er voldoende reststerkte is moet de invloed van klemming berekend worden. Daarbij wordt rekening gehouden met de belastingduur (aantal golfklappen en fronten), met de positie en de vorm van de belasting. Verder wordt er rekening gehouden met de invloed van traagheid en verhinderde toestroming op de toplaagbeweging. Er zal een criterium voor blokbeweging in acht worden genomen dat dusdanig klein is, dat het risico op het verplaatsing van filtermateriaal als gevolg van het bewegen van de toplaag zeer klein zal zijn.
De klemmingsmodellering zal onder meer worden gebaseerd op laboratoriumproeven en veldproeven. Hiervoor is nog nader onderzoek nodig, zoals vermeld in paragraaf 5.1.
De modellering zal in ieder geval inhouden dat de klemming afhankelijk is van het aantal belastingcycli, het verloop van het stijghoogteverschil over de toplaag op het maatgevende moment in de golfcyclus en de positie hiervan ten opzichte van de teen en overgangsconstructies. Omwille van de rekentijd zal er worden getracht de resultaten middels een eenvoudige formule voor een vergrootte toplaagdikte (klemfactor) te beschrijven.
12. Stabiliteit ingegoten steenzettingen.
De stabiliteit van ingegoten steenzettingen kan bepaald worden met formule 7.1 t/m 7.7 van Klein Breteler e.a. (2006c).
13. Black box voor overige type steenzettingen.
14. Bepaling van het toetsresultaat.
Hierbij wordt onder andere rekening gehouden met de wat afwijkende stabiliteit van basalt als dit type bekleding nog nooit eerder is belast geweest (Rudolph e.a. 2005).
Eventueel wordt dit opgenomen in module 1.
15. Na het doorlopen van de iteraties wordt tenslotte het overschot aan toplaagdikte berekend. Dit deel van het rekenproces is in bijlage B onder de stippellijn weergegeven.

Het kan zijn dat meerdere invloedsfactoren tegelijk van toepassingen blijken te zijn.

4.3 C: Toetsing van stabiliteit van de toplaag op een havendam

Voor het beoordelen van de stabiliteit van de toplaag op het buitentalud van een havendam kan deels gebruikgemaakt worden van de modules voor dijken. Voor de kruin en het binnentalud zijn aparte modules noodzakelijk. Er wordt gebruikgemaakt van een type aanduiding die aansluit op de formules van Kuiper e.a. (2006): als bijvoorbeeld formule 6.1 van toepassing is, dan wordt het een havendambekleding van type H1 genoemd etc.. Als ook bijlage E van toepassing is, dan wordt er een e toegevoegd aan het typenummer: bijvoorbeeld H3e. Daarnaast blijven de nummers van het type steenzetting van toepassing conform het Technisch Rapport Steenzettingen.

De toetsing van de stabiliteit van de toplaag op een havendam bevat de volgende modules (zie bijlage C), waarbij Module 2 van toepassing is op niet-ingegoten steenzettingen op een filter en module 3 voor de steenzettingen zonder filter. Module 4 is voor ingegoten steenzettingen:

1. Algemene rekenmodule voor de stabiliteit van de toplaag op een havendam
In deze module wordt eerst vastgesteld of het een buitentalud, kruin of binnentalud boven de berm of binnentalud onder de berm is. Vervolgens moet de maatgevende waterstand bepaald worden en daarvoor is in deze module een iteratie opgenomen die stap voor stap de waterstand aanpast. De maatgevende waterstand is gelijk aan die het slechtste toetsresultaat oplevert. Tijdens het doorlopen van de iteraties wordt de bekleding dus steeds weer opnieuw getoetst.
Voor het uitvoeren van de toetsing worden diverse andere modules aangeroepen. Deze zijn hieronder gegeven.
2. Stabiliteit van niet-ingegoten steenzetting van type 3 of 6 op havendam (geen Noorse steen).
In deze module wordt de stabiliteit bij gegeven waterstand beoordeeld met de methode uit hoofdstuk 6 en bijlage E van Kuiper e.a. (2006). Deze methode wordt voor het buitentalud aangevuld met:
 - a) Bepaling invloed belastingduur (zie dijken: er wordt een rekenwaarde van de golfhoogte en de toplaagdikte bepaald)
 - b) Bepaling invloed scheve golfaanval (zie dijken: er wordt een rekenwaarde van de toplaagdikte bepaald)Voor de kruin en het binnentalud wordt gerekend zonder de invloed van de belastingduur en scheve golfaanval. Deze invloeden zijn nog onbekend, maar waarschijnlijk ook veel minder belangrijk dan op een buitentalud.
Als de bekleding bestaat uit Noorse steen, dan wordt een geavanceerde toetsing geadviseerd.
3. Stabiliteit van niet-ingegoten steenzetting zonder filter op een havendam.
De stabiliteit van niet-ingegoten steenzettingen zonder filter op havendammen is nog niet onderzocht. In paragraaf 5.6 wordt aanbevolen op basis van 'engineering judgement' criteria af te leiden.
4. Stabiliteit van ingegoten steenzetting op een havendam.

De stabiliteit van ingegoten steenzettingen op een havendammen is nog niet onderzocht. In paragraaf 5.6 wordt aanbevolen op basis van 'engineering judgement' criteria af te leiden.

5. Na het doorlopen van de iteraties wordt tenslotte het overschot aan toplaagdikte berekend.

4.4 D: Toetsing van de overige bezwijkmechanismen

Tenslotte moet de bekleding nog getoetst worden op langsstroming, materiaaltransport en afschuiving, voorzover het steenzettingen betreft die onder de maatgevende waterstand liggen (als de steenzetting geheel en al boven de maatgevende waterstand ligt, is het toetsresultaat op deze aspecten goed). Als het toetsresultaat niet goed is, dan is ook de reststerkte relevant. Dit is opgenomen in de volgende modules (zie bijlage D):

1. Beoordeling toplaagstabiliteit onder langsstroming.
De toetsing van de toplaagstabiliteit onder langsstroming wordt uitgevoerd conform het Technisch Rapport Steenzettingen (blz. 84 e.v.).
2. Beoordeling materiaaltransport uit de ondergrond.
De toetsing van het materiaaltransport uit de ondergrond wordt in twee stappen uitgevoerd:
 - a) Eenvoudige toetsing:
Conform het Technisch Rapport Steenzettingen (blz. 89 e.v.)
 - b) Gedetailleerde toetsing:
Eerst wordt de belasting bepaald door de grootste en kleinste gradiënt (dus grootste stroming in opwaartse richting en in neerwaartse richting) uit het stijghoogteverloop in het filter te bepalen. Vervolgens wordt de toetsing uitgevoerd conform het Technisch Rapport Steenzettingen (blz. 93 e.v.). Eventueel kan overwogen worden om alleen de gradiënten te bepalen tijdens het golffront, en niet tijdens de golfklap. De golfklap duurt zo kort dat er waarschijnlijk weinig of geen ondergrondmateriaal in beweging kan komen.
3. Beoordeling materiaaltransport vanuit de granulaire laag.
De toetsing van het materiaaltransport vanuit de granulaire laag wordt uitgevoerd conform het Technisch Rapport Steenzettingen (blz. 96 e.v.).
4. Toetsing op afschuiving.
Voor de toetsing op afschuiving wordt onderscheid gemaakt tussen bekledingen zonder kleilaag en met kleilaag:
 - a) Steenzetting op eventueel filter op zand (zonder kleilaag):
De toetsing wordt uitgevoerd conform het Technisch Rapport Steenzettingen (blz. 86 e.v.).
 - b) Steenzettingen op eventueel filter, op kleilaag op zand (met kleilaag)
De toetsmethode voor het mechanisme afschuiving met een kleilaag onder de bekleding is nog in ontwikkeling. Dit is nader beschreven in paragraaf 5.7.
Vervolgens wordt het dikte-overschot van de kleilaag berekend voor het werkblad 'ontwerpen'.
5. Reststerkte.
Conform de toetsmethode van Klein Breteler (2002) mag de reststerkte van de toplaag, filter en kleilaag meegeteld worden in het toetsresultaat als de kruinhoogte, h_c ,

tenminste hoger is dan een halve golfhoogte boven de maatgevende waterstand ($h_c > H_g/2$). Dit is uiteraard bij dijken altijd het geval.

Als toetsmethode wordt hier gebruikgemaakt van de methode uit het Technisch Rapport Steenzettingen. Deze methode kan afwijken van de reststerkteberekening voor het beoordelen of klemming meegeteld mag worden.

5 Benodigde kennisontwikkeling

Hoewel er in de afgelopen jaren in het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen veel nieuwe kennis over steenzettingen is ontwikkeld, blijkt bij het opstellen van het ontwerp van het rekenprogramma dat er toch nog onderwerpen zijn waar nader onderzoek nodig is. In dit hoofdstuk zijn deze onderwerpen beschreven en is globaal aangegeven hoe het onderzoek kan worden uitgevoerd dat resulteert in de benodigde formules en criteria die opgenomen kunnen worden in het programma.

5.1 Klemming

Voorafgaand aan succesvolle implementatie van klemming moeten de volgende onderwerpen nog worden onderzocht (zie ook Peters 2006):

1. Een theoretische onderbouwing opstellen van de mogelijkheid dat door ‘ingolven’ open spleten gedicht worden. Dit kan uitgevoerd worden met een daartoe uitgebreide versie van KlemSteen.
2. Formules uitschrijven voor de grootte van de klemming in de toplaag bij het optreden van een bepaalde bekende belasting (ANAMOS en Rond Front)
3. Formules uitschrijven voor de grootte van de klemming in de toplaag bij het optreden van het specifieke verloop van het stijghoogteverschil, zoals gemodelleerd gaat worden door WL (zie paragraaf 5.4).
4. Formules uitwerken voor dynamische respons op golfklap
5. Formules uitwerken voor progressief (stapje voor stapje verder) bewegen van herhaald maatgevend belaste toplaagelementen na ‘bezwijken’ van de toplaag op dwarskracht
6. Ook voor de toestroming moeten nieuwe formules ontwikkeld worden, omdat de beweging van een groep blokken op het filter een andere stroming veroorzaakt dan een enkel bewegend blok dat gemodelleerd was in ANAMOS. De groeiende ruimte onder de toplaag kan nu ook gevuld worden met water dat dóór de toplaag stroomt.

Integraal onderdeel van deze activiteiten is het rekening houden met de wens een veilig rekenmodel te krijgen. In de uitwerken veiligheidsfilosofie komen onder andere de volgende aspecten aan bod:

- het feit dat minder moment- of dwarskrachtcapaciteit kan ontstaan door onvolkomenheden in de constructie (knikken en krommingen in het talud, onnauwkeurigheden, bolle zijkanten van de stenen, etc)
- het gedrag tijdens een stormverloop

Als dit toch niet tot het gewenste resultaat leidt, dan wordt er als terugvaloptie gewerkt met vaste waarden voor de klemfactor, afhankelijk van het bekledingstype, die in overleg worden geschat.

5.2 Reststerkte

Voor het berekenen van de reststerkte moeten drie processen gekwantificeerd worden:

1. Het ondermijnen van de toplaag doordat het filter uitspoelt door een gat in de toplaag
2. Het instorten van de ondermijnde toplaag
3. De erosie van de kleilaag

Voor de kwantificering van het eerste proces kan gebruikgemaakt worden van de resultaten van het Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen (Klein Breteler 2005b).

Naarmate het ondermijnen voortschrijdt, groeit de kans dat de toplaag door de golfklappen instort (tweede proces). In het verleden is aangenomen dat dit instorten plaatsvindt als de bekleding over een lengte van 3 m is ondermijnd (gemeten langs het talud). De basis voor deze aanname is echter vrij zwak: slechts enkele waarnemingen in de Deltagoot en in het prototype met een vrij grote spreiding.

Aanbevolen wordt om met het klemmingmodel van Peters (2006) te berekenen bij welke ondermijning de instorting te verwachten is. Dit onderzoek dient deels analytisch te worden uitgevoerd, en deels met EEM-modelling (numeriek rekenmodel met eindige elementen methode). In de EEM-modellering kan het reeds verdwenen zijn van 'losse blokken' worden meegemodelleerd. Het komt erop neer dat de stabiliteit van de toplaag, inclusief de resterende klemming nadat één of meer stenen uit de toplaag verdwenen zijn, numeriek wordt berekend. Deze berekeningen zullen voor een aantal karakteristieke constructies en belastingsituaties uitgevoerd worden, waarna de conclusies worden samengevat in eenvoudige formules.

Mocht dit niet tot de gewenste resultaten leiden, dan kan als terugvaloptie gewerkt worden met de aanname dat instorting ontstaat als de ondermijning 3 m is.

De erosie van de kleilaag is een aantal malen in de Deltagoot onderzocht. Op basis van die resultaten is in het VTV een zeer conservatieve toetsmethode opgenomen (blz. 286). Gezien het feit dat de reststerkte met name gebruikt moet worden voor het beoordelen of de klemming meegeteld moet gaan worden, is het niet noodzakelijk om een erg conservatief rekenmodel te gebruiken. Een realistisch model, aan de veilige kant, is dan bruikbaar. Daarom wordt aanbevolen de meetresultaten uit de Deltagoot opnieuw te analyseren en een empirische relatie tussen de golfcondities, klei-eigenschappen en taludhelling enerzijds en de grootte van de reststerkte anderzijds te bepalen. De haalbaarheid hiervan is reeds aangetoond (zie e-mail correspondentie met Ronald van Etten, maart 2006).

Als terugvaloptie kan gebruikgemaakt worden van de tabel uit het VTV.

5.3 Maatgevend stijghoogteverloop op de toplaag

Bij een gegeven waterstand moet het maatgevende stijghoogteverloop op de toplaag bepaald worden. De formules die hiervoor nodig zijn moeten nog worden opgesteld.

Door Klein Breteler e.a (2006b) zijn al diverse aspecten van de belasting op het talud onderzocht, maar steeds zijn de aspecten afzonderlijk met empirische formules gekwantificeerd. Om het gehele maatgevende stijghoogteverloop op de toplaag te kunnen bepalen, moeten de verschillende parameters in onderlinge samenhang geanalyseerd worden. Daarom is een nieuwe analyse van de basisdata noodzakelijk, waarbij de eigenschappen van het stijghoogteverloop worden geanalyseerd van die golven die maatgevend zijn voor de stabiliteit.

Aanbevolen wordt om de analyse enerzijds te richten op de golven waarvoor geldt dat de gediptheid groter is dan $\phi_{\text{dip}5\%}$ (gediptheid met overschrijdingsfrequentie van 5%). Deze

golven gegeven een groot stijghoogteverschil en zijn daardoor waarschijnlijk maatgevend voor de stabiliteit van de toplaag. Anderzijds wordt de analyse gericht op de golven met een grote dipkracht: $F_{\text{dip}} > F_{\text{dip}5\%}$. Hierdoor worden ook golven geanalyseerd waarbij de gediptheid wellicht niet zo heel erg groot is, maar dit wel over een groot oppervlak plaatsvindt.

Allereerst moet de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende eigenschappen onderzocht worden, door van deze golven de waarde van de parameters per golf tegen elkaar uit te zetten. Men krijgt dan figuren met bijvoorbeeld de maximale stijghoogte in de golfklap (ϕ_{max}) op de horizontale as, en de breedte van de golfklap (B_{klap}) op de verticale as. Als er een duidelijk verband tussen beide parameters is, bijvoorbeeld ϕ_{max} is groot als B_{klap} klein is, dan moet dit verband meegenomen worden in de verdere analyse. Als er geen verband tussen de parameters is, kunnen ze als onafhankelijk beschouwd worden. We concentreren ons hierbij op de belangrijkste parameters.

Op deze wijze moeten paar voor paar de eigenschappen van de belasting geanalyseerd worden op hun onderlinge afhankelijkheid. Voor de onafhankelijke parameters kan een relatie gelegd worden tussen de gemiddelde waarde die optreedt bij golven met $\phi_{\text{dip}} > \phi_{\text{dip}5\%}$, en de golfcondities en taludhelling. De afhankelijke parameters volgen vervolgens uit de onderlinge relatie tussen de ene en de andere parameter.

De keuze om voorlopig te werken met $\phi_{\text{dip}5\%}$ in plaats van een ander overschrijdingspercentage, vloeit voort uit de wens aan te sluiten bij het verleden waarin gesteld werd dat het stijghoogteverschil met overschrijdingsfrequentie van 2% maatgevend is voor de stabiliteit. Het gemiddelde van een belastingparameter voor de golven met $\phi_{\text{dip}} > \phi_{\text{dip}5\%}$ is ongeveer gelijk aan de waarde met 2% overschrijdingsfrequentie.

Verder moet ook het stijghoogteverloop tijdens het front vastgesteld worden. Daarvoor wordt de analyse gericht op de golven met de hoogste fronten: $\phi_b > \phi_{b5\%}$.

Voor de klemmingmodule moet ook de belastingduur en de stijgtijd bepaald worden.

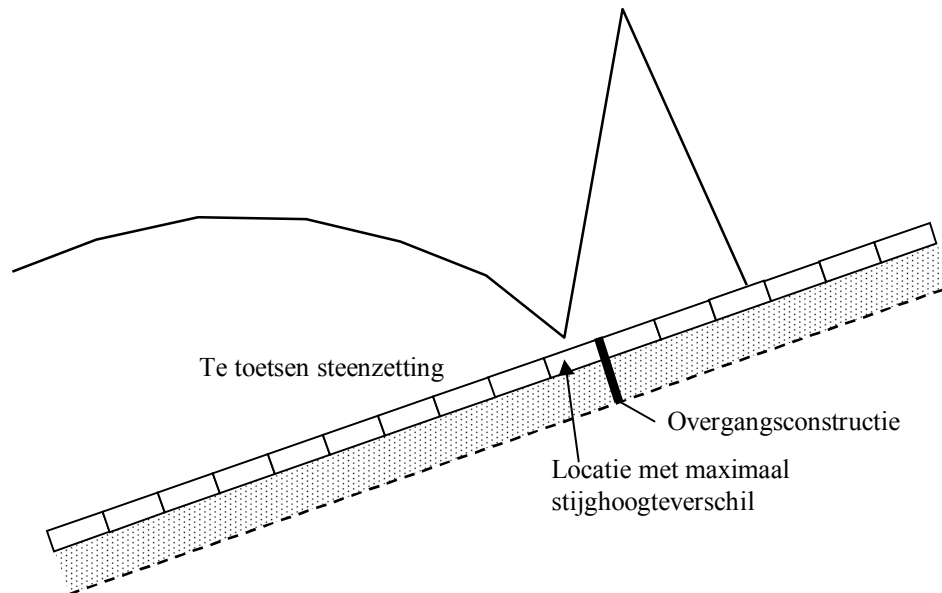
In deze analyse wordt ook de locatie waar het grootste stijghoogteverschil te verwachten is meegenomen. Dit moet ook aanknopingspunten geven voor de range waarbinnen de maatgevende waterstand moet worden gezocht voor een bepaalde steenzetting.

Mocht het niet lukken om in een aanvullende analyse een goede beschrijving van het stijghoogteverloop op de toplaag te krijgen, dan zal als terugvaloptie worden aangenomen dat voor alle eigenschappen de waarde met 2% overschrijdingsfrequentie genomen kan worden uit het verslag van Klein Breteler e.a. (2006b).

5.4 Stijghoogteverschil over de toplaag

Voor een gecompliceerd verloop van de stijghoogte op de toplaag, zoals het ronde front en de golfklap, zijn nog geen formules beschikbaar voor het berekenen van het stijghoogteverschil over de toplaag waarin ook de invloed van de overgangsconstructie is opgenomen. Zonder die invloed kan gebruikgemaakt worden van de formules van Klein Breteler (2000) (formule 2.15) voor het Ronde Front, en de methode van Klein Breteler e.a. (1991) voor golfklappen.

Gezien het feit dat ook gerekend moet kunnen worden met de invloed van een overgangsconstructie, waardoor het stijghoogteverschil lokaal groter wordt, moeten de beschikbare formules uitgebreid worden. Zelfs als er aanvullende maatregelen zijn genomen om de overgangsconstructie extra sterk te maken (met gietasfalt ingegoten of extra dikke blokken) dan nog moet er rekening gehouden worden met een overgangsconstructie. Dit is met onderstaande figuur verduidelijkt.



Figuur 5. Stijghoogteverloop als gevolg van golflap bij overgangsconstructie

De locatie van het maximale stijghoogteverschil is hier zodanig dat het nog net op de te toetsen steenzetting ligt. Door de overgangsconstructie zal echter de invloed van de golflappen nauwelijks merkbaar zijn, waardoor het stijghoogteverschil waarschijnlijk een stuk lager is dan wanneer een iets lagere waterstand wordt gekozen.

Dit probleem kan opgelost worden als de formules voor het berekenen van het maximale stijghoogteverschil worden uitgebreid met de invloed van de overgangsconstructie (zowel aan de bovenzijde van het te toetsen stuk steenzetting als aan de onderzijde).

Verder kan de overgangsconstructie ook open zijn, dus met een ononderbroken filter. In dat geval moet gecontroleerd worden of de lek lengte van de constructie onder en boven de overgang ongeveer gelijk is. Dit zal voor kunnen komen als er slechts een knik in het talud zit en in feite beide steenzettingen gelijk zijn. Als dat zo is, kan het stijghoogteverschil berekend worden alsof er geen overgang is. Als de lek lengtes sterk verschillen, dan zal doorverwezen moeten worden naar de geavanceerde toetsing.

Mocht het niet lukken om deze formules uit te breiden, dan zal als terugvaloptie een hard criterium gehanteerd kunnen worden voor de minimale afstand tussen de locatie met maximaal stijghoogteverschil en de overgangsconstructie. Dit zou bijvoorbeeld de halve golflapbreedte kunnen zijn.

5.5 Zeer diepe steenzettingen

Als steenzettingen zeer diep onder water liggen, zullen ze niet belast worden. Er is echter een overgangsgebied waar de belasting geleidelijk toeneemt naarmate we dichterbij de

waterlijn komen, totdat de belasting maximaal is op y_s onder de waterlijn. Een vergelijkbaar probleem speelt bij de havendammen, waar met formule 6.1 van Kuiper e.a. (2006) de afnemende belasting voor diep onder water liggende havendammen wordt gekwantificeerd. Een vergelijkbaar formule moet afgeleid worden voor dijken met een steenzetting die diep onder de waterlijn ligt (dieper dan ca. $2H_s$ onder water). De formule kan gebaseerd worden op het verloop van het stijghoogteverschil dat optreedt bij zeer diep vallende golfklappen. Daartoe moet de maximale diepte van de golfklappen geanalyseerd worden om deze maximale diepte als functie van bijvoorbeeld de brekerparameter te kunnen vaststellen. Vervolgens moet het maatgevende stijghoogteverloop op de top laag geschat worden en daarmee het stijghoogteverschil over de top laag berekend worden. Dit geeft een indruk van de belasting van de diep gelegen steenzettingen.

Mocht het niet lukken om deze formule af te leiden, dan wordt als terugvaloptie gewerkt met formule 6.1 van Kuiper e.a. (2006), maar dan zo aangepast dat de afname van de belasting begint op $1,5H_s$ onder de waterlijn.

5.6 Stabiliteit van steenzettingen zonder filter of ingegoten steenzettingen op havendammen

Het onderzoek naar de stabiliteit van steenzettingen op havendammen (Kuiper e.a. 2006) heeft zich concentreert op niet-ingegoten steenzettingen op een filterlaag. Voor ingegoten steenzettingen en steenzettingen zonder filterlaag zijn geen criteria afgeleid.

Aanbevolen wordt om op basis van 'engineering judgement' criteria af te leiden voor deze constructietypen op havendammen. Het feit dat er weinig kennis beschikbaar is, kan in de criteria tot uiting komen door een breed twijfelachtig gebied te hanteren.

Mocht het niet lukken om geaccepteerde criteria af te leiden, dan wordt als terugvaloptie deze constructietypen doorverwezen naar de geavanceerde toetsing.

5.7 Afschuiving met kleilaag

Momenteel loopt er een onderzoek naar het mechanisme afschuiving voor bekledingen met een kleilaag. Op basis van de Deltagootonderzoeksresultaten wordt een black box model opgesteld. Waarschijnlijk zal dit nieuwe black box model op tijd beschikbaar zijn voor implementatie in het programma. Mocht dit niet het geval zijn, dan wordt gebruikgemaakt van de terugvaloptie waarin het onderscheid tussen bekledingen met en zonder kleilaag vervalt en beide berekend worden met de methode uit het Technisch Rapport Steenzettingen.

6 Referenties

Klein Breteler, M. e.a. (1991)

Taludbekledingen van gezette steen

Analytische en numerieke berekening van stijghoogte onder de toplaag

Sectie 3: Verificatie van de analytische methode voor het berekenen van het stijghoogteverschil met Deltagootmetingen

Appendix B: stijghoogte in het filter volgens analytische model

WL | Delft Hydraulics, verslag M1795/H195, deel XIX, augustus 1991

Klein Breteler, M. (2000)

Grootschalig modelonderzoek naar stabiliteit van taludbekledingen

Analyse van resultaten van Deltagootproeven, band A: tekst

WL | Delft Hydraulics, verslag H3272, mei 2000

Klein Breteler, M. (2002)

Eenvoudige toetsmethode voor havendammen

WL | Delft Hydraulics, verslag H4048, juli 2002

Klein Breteler, M. (2005a)

Documentatie Steentoets 4.05

WL | Delft Hydraulics, verslag H4423/H4134, november 2005

Klein Breteler, M., (2005b)

Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen

Reststerkte van steenzetting met zuilen naar initiële schade

WL | Delft Hydraulics, verslag H4327, november 2005

Klein Breteler, M., R. 't Hart en B. Wichman (2005c)

Rekenhart van ANAMOS

Specificaties van de software

RWS/DWW en WL | Delft Hydraulics, verslag, april 2005

Klein Breteler, M., en W. Eysink (2005)

Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen

Langeduursterkte van steenzettingen

WL | Delft Hydraulics, verslag H4475, november 2005

Klein Breteler, M., C. Kuiper en A. Bezuijen (2006a)

Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen

Invloed scheve golfaanval op stabiliteit van steenzettingen

WL | Delft Hydraulics, verslag H4420, maart 2006

Klein Breteler, M., I. van de Werf en I. Wenneker (2006b)

Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen

Kwantificering golfbelasting en invloed lange golven

WL | Delft Hydraulics, conceptverslag H4421, juni 2006

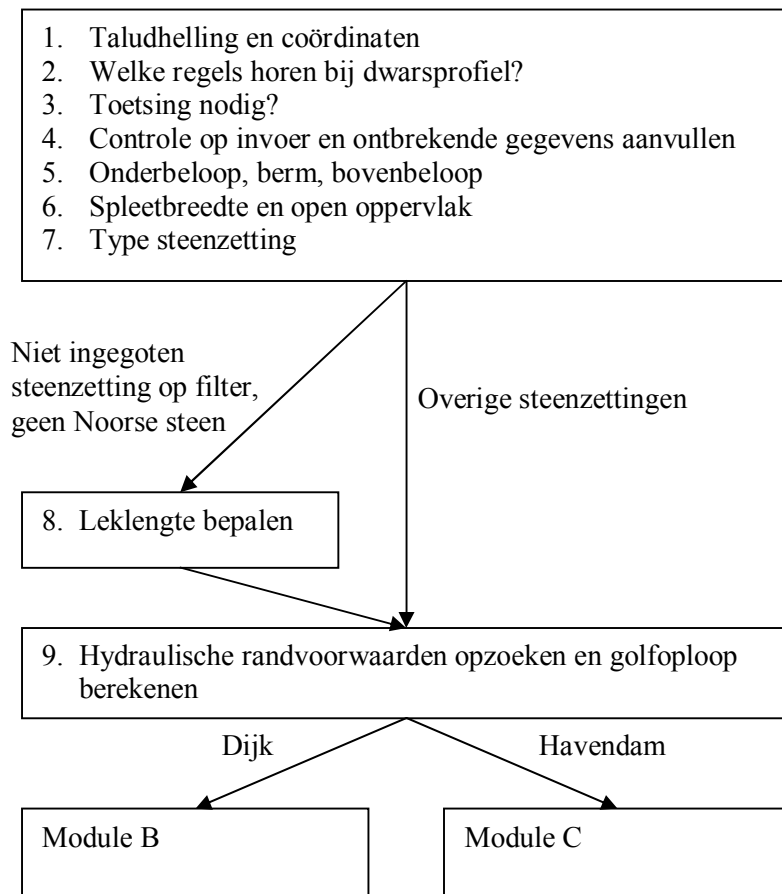
Klein Breteler, M., en I. van de Werf (2006c)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Toetscriterium voor ingegoten steenzettingen
WL | Delft Hydraulics, conceptverslag H4635, februari 2006

Kuiper, C., M. Klein Breteler, L.N. Booster en W. Eysink (2006)
Stabiliteit van gezette steenbekledingen op havendammen
Afleiding van een verbeterde toetsmethode voor de toplaag
WL | Delft Hydraulics, verslag H4432, februari 2006

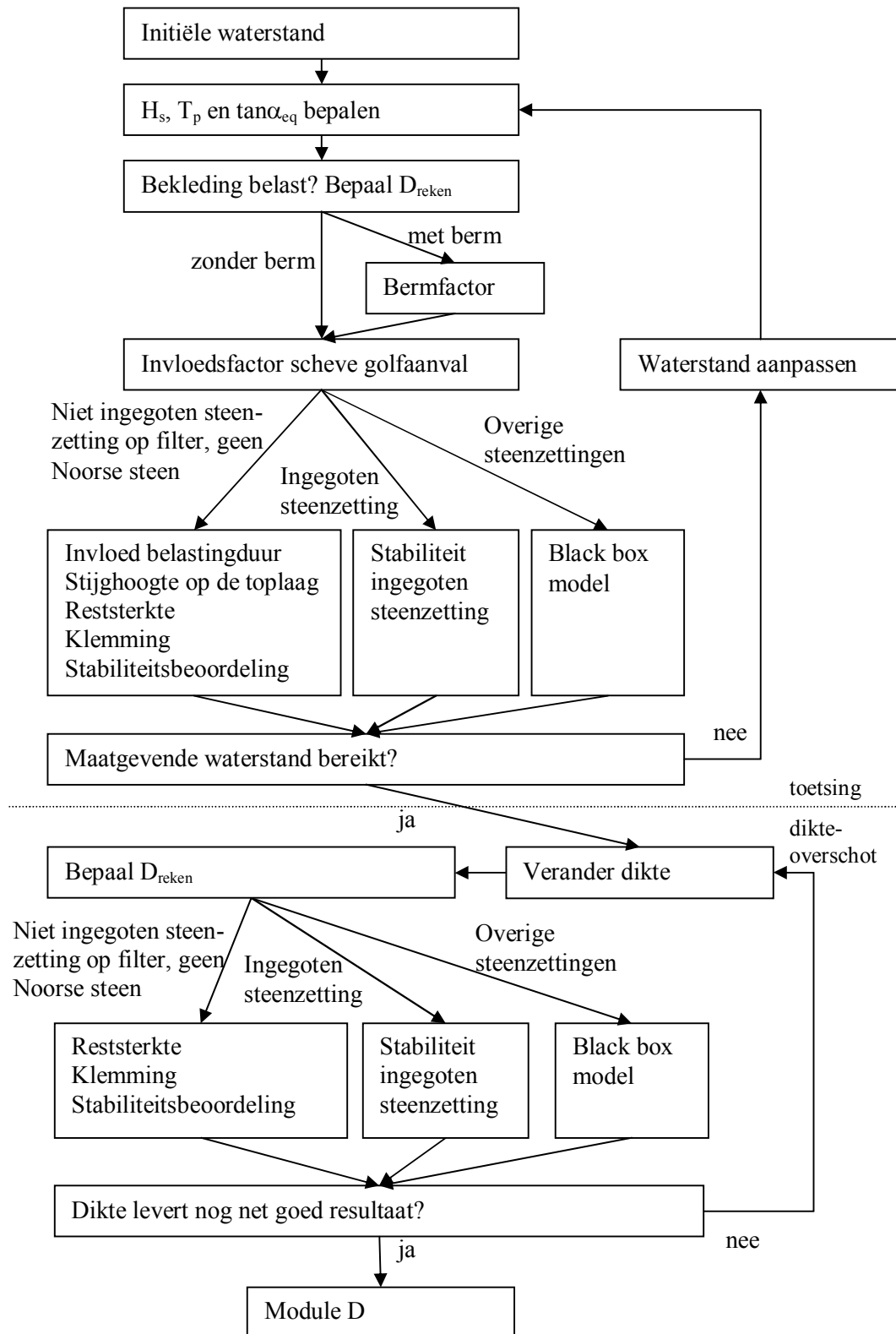
Peters, D.J. (2006)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Structuurschema voor implementatie van klemming in ANAMOS
Hasko, conceptrapport, 1 mei 2006

Rudolph D. , M. Klein Breteler (2005)
Onderzoeksprogramma Kennisleemtes Steenbekledingen
Analyse van de stabiliteit van basalt
WL | Delft Hydraulics, verslag H4422, februari 2005

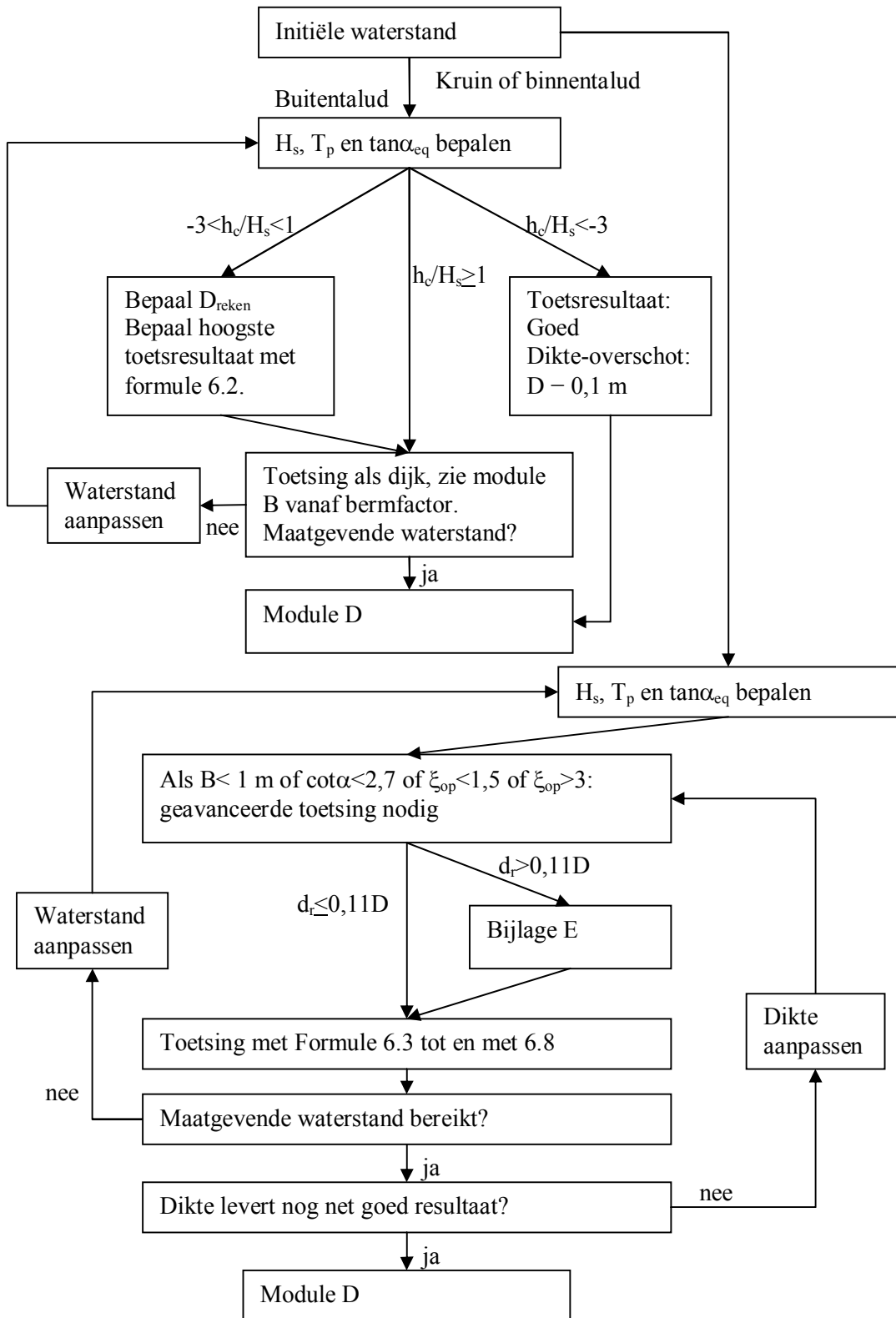
A Globaal stroomschema module A: algemeen



B Globaal stroomschema module B: dijken



C Globaal stroomschema module C: havendammen



D Globaal stroomschema module D: overige bezwijkmechanismen

