

Toetsing op veiligheid IJsselmeerdijken Noordoostpolder

Eenvoudige-, gedetailleerde- en geavanceerde toets

i314
november 2000

INFRAM



Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat; Directie IJsselmeergebied

E. KASER

RWS bibliotheek
locatie Utrecht
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

Toetsing op veiligheid IJsselmeerdijken Noordoostpolder

Eenvoudige-, gedetailleerde- en geavanceerde toets

BIBLIOTHEEK RIJKSWATERSTAAT UTRECHT
NR. 688139 3560 RD11 (1)

i314
november 2000

6
881393560

Projectgegevens

Titel	Toetsing op veiligheid IJsselmeerdijken Noordoostpolder
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat; Directie IJsselmeergebied
Projectnummer	i314
Partners	Arcadis Heidemij Advies
Omschrijving project	Ten behoeve van het project "Versterking IJsselmeerdijken NOP" dienen de dijken van de Noordoostpolder te worden getoetst. In het voorliggende rapport worden de eenvoudige-, de gedetailleerde- en waar van toepassing de geavanceerde toets voor de aspecten "hoogte (HT)" en "stabiliteit bekledingen", "piping (STP)", "macrostabiliteit (STM)", "microstabiliteit (STU)" en "niet waterkerende constructies" behandeld.
Uitgevoerd door	ir J. Wouters (Infram) en ir J. Niemeijer (Arcadis)

Inhoudsopgave

Deel 1

1	Inleiding	1
1.1	Kader	1
1.2	Opdracht	1
1.3	Leeswijzer	2
2	De Noordoostpolderdijken	3
3	Hydraulische randvoorwaarden	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Bekledingen	6
3.2.1	Steenbekledingen	6
3.2.2	Asfaltbekledingen	7
3.2.3	Betonplaten	7
3.2.4	Gras	8
3.2.5	“Piping” en grondmechanische stabiliteit	8
4	Hoogtetoets (HT)	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Absolute kruinhoogte	9
4.3	Erosie en lokaal afschuiven kruin en binnentalud	11
4.4	Resultaat hoogtetoets	14
5	Taludbekleding	15
5.1	Inleiding	15
5.2	Gezette steen	16
5.2.1	Methode van toetsen	16
5.2.2	Bepalen soortelijke massa	17
5.2.3	Resultaten toetsing gezette steenbekledingen	17
5.2.4	Resultaten	18
5.3	Asfalt	19
5.4	Betonplaat	20
5.5	Gras	21
5.5.1	Stabiliteit	21
5.5.2	Analyse en aanbeveling	22
5.6	Overgangsconstructies	22
6	Stabiliteit	23
6.1	Leeswijzer	23
6.2	Opzet van de toets voor stabiliteit en piping	23
6.3	Projectgegevens	24
6.3.1	Basisgegevens	24
6.3.2	Aanvullend onderzoek	25
6.3.3	Profielkeuze	26
6.4	Microstabiliteit en piping	27
6.4.1	Algemeen	27
6.4.2	Grondwaterstroming	27
6.4.3	Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket	28
6.4.4	Freatisch vlak in het dijklichaam	28
6.4.5	Microstabiliteit (STU)	29
6.4.6	Piping (STP)	29

6.5	Macrostabiliteit (STM en STV).....	31
6.5.1	Algemeen	31
6.5.2	Normering	31
6.5.3	Waterstanden en stijghoogten.....	31
6.5.4	Verkeersbelasting	32
6.5.5	Grondeigenschappen	32
6.5.6	Resultaten.....	34
6.5.7	Bijstelling wrijvingseigenschappen.....	34
6.5.8	Zettingsvloeiing en afschuiving voorland	35
7	Niet-waterkerende objecten	37
7.1	Algemeen.....	37
7.2	Windmolens.....	37
7.3	Wegen en afrasteringen	38
7.4	Bebouwing.....	38
7.4.1	Toelichting op de beoordeling van bebouwing	38
7.5	Kabels en leidingen.....	39
7.6	Bomen en struiken	41
8	Conclusies.....	43
	Referenties	45

Bijlagen hoofdstuk 5

Bijlagen hoofdstuk 6

Deel 2

Geavanceerde toets

Deel 1

1 Inleiding

1.1 Kader

Ten behoeve van het project "Versterking IJsselmeerdijken Noordoostpolder" dienen de dijken van Lemmer tot Ramspol te worden getoetst volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV) van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, augustus 1999 [LTV, 1999]. De resultaten van de toetsing zullen als basis fungeren voor te nemen versterkingsmaatregelen in het kader van het genoemde dijkversterkingsproject. Het doel van het dijkversterkingsproject is het opleveren van een veilige waterkering in de zin van de Wet op de Waterkering. Dit betekent dat niet kan worden volstaan met een eenvoudige toets als een bepaald aspect wordt beoordeeld met "twijfelachtig, nader onderzoek nodig". In die gevallen waarbij zelfs na de gedetailleerde toets de score nog "twijfelachtig" is zal een geavanceerde toets moeten worden uitgevoerd om tot een definitief toetsresultaat te komen.

Het voorliggende rapport geeft de waterstaatkundige beoordeling van de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder. De verantwoording van het gevoerde en te voeren beheer is op dit moment niet aan de orde. De te nemen maatregelen zullen in de "Projectnota/MER" [RDIJ, 2000] worden behandeld.

1.2 Opdracht

Middels de opdrachtbon met het nummer 51.321524 d.d. 10-1-2000 heeft Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied (RDIJ) opdracht verleend aan Infram BV te Zeewolde tot het uitvoeren van de eenvoudige toets (fase 1). Naar aanleiding van de resultaten van de eenvoudige toets heeft RDIJ middels het contract met het nummer IJA 2339 d.d. 11-4-2000 aan Infram BV opdracht verleend om ook de gedetailleerde toets (fase 2) uit te voeren.

Beide toetsen (eenvoudige- en gedetailleerde toets) zijn in samenwerking met Arcadis Heidemij Advies door Infram BV uitgevoerd. Infram BV heeft in de persoon van ir J. Wouters de volgende aspecten (beoordelingssporen) voor haar rekening genomen:

- bepalen hydraulische randvoorwaarden,
- hoogte (HT), en
- stabiliteit bekledingen.

Arcadis Heidemij Advies heeft in de persoon van ir J. Niemeijer de volgende beoordelingssporen voor haar rekening genomen:

- piping (STP),
- macrostabiliteit, zowel van het buiten- als het binnentalud (STM),
- microstabiliteit (STU), en
- niet waterkerende constructies op/in de dijk.

Kunstwerken zijn uitgesloten van de opdracht.

Vanuit de opdrachtgever RDIJ zijn de beide toetsingen (eenvoudige en gedetailleerde toets) begeleid door drs E. Kater.

Middels de opdrachtbon met het nummer 61.321014 d.d. 29-5-2000 heeft Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied (RDIJ) opdracht verleend aan Infram BV tot het uitvoeren van de geavanceerde toetsing van de steenbekleding. Twee aanvullende opdrachten zijn er op deze geavanceerde toetsing gegeven. Deze aanvullende opdrachten zijn vastgelegd in de

volgende twee brieven van RDIJ aan Infram: "Aanvulling opdracht d.d. 22-8-2000 met het kenmerk DV6522" en "Tweede aanvullende opdracht d.d. 25-9-2000 met het kenmerk DV8235".

- De werkzaamheden voor de geavanceerde toetsing van IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder zijn begeleid door de Werkgroep Toetsing Dijkbekledingen (WTD).

1.3 Leeswijzer

Het voorliggende rapport kan worden onderverdeeld in twee delen, namelijk het eerste gedeelte tot en met bijlage 7.1 "Stabiliteit t.p.v. windmolens" waarin de eenvoudige- en de gedetailleerde toets worden beschreven en het tweede gedeelte waarin de geavanceerde toets wordt beschreven. De resultaten en conclusies van de diverse toetssporen voor de eenvoudige- en gedetailleerde toets worden in hoofdstuk 8 samengevat.

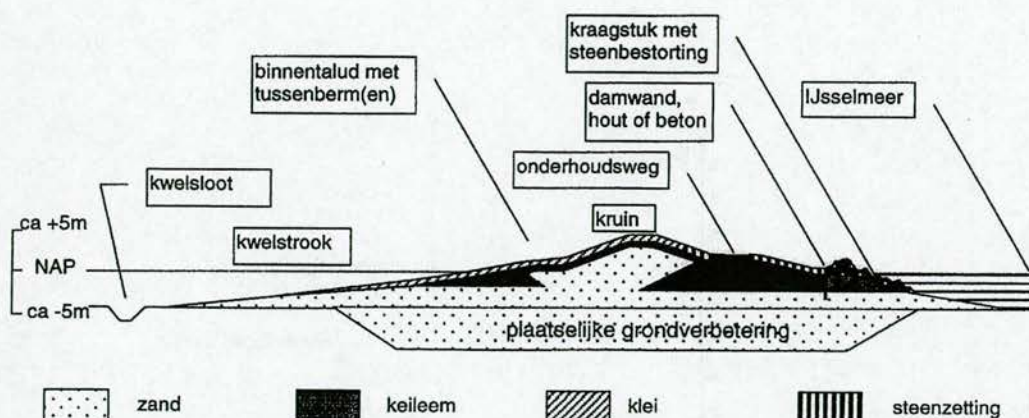
De rapportage van de geavanceerde toets bestaat uit een verzameling notities, die in de periode juni – oktober 2000 zijn geschreven voor specifieke bekledingsvakken die na de gedetailleerde toets nog geen definitieve toetsscore hadden en/of vakken waar veranderingen in de constructie zijn aangebracht na de gedetailleerde toets. De resultaten en conclusies van de diverse geavanceerde toetsingen zijn in een inleidend hoofdstuk samengevat.

De werkzaamheden voor de geavanceerde toetsing van IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder zijn begeleid door de Werkgroep Toetsing Dijkbekledingen (WTD), waarin de volgende organisaties participeerden:

- Rijkswaterstaat; Directie IJsselmeergebied,
- Waterschap Zuiderzeeland,
- Provincie Flevoland,
- Rijkswaterstaat; Dienst Weg- en Waterbouwkunde en
- Infram.

2 De Noordoostpolderdijken

De Noordoostpolderdijken zijn rond 1936 ontworpen en zijn eind jaren dertig/begin jaren veertig aangelegd. De dijken zijn gebouwd in een gedeelte van het IJsselmeer waar de diepte varieerde tussen de 2 m en 4 m. Aan de meer- en aan de polderzijde van de aan te leggen dijk zijn op het aanwezige zandpakket keileemdammen gelegd. Aan de meerzijde ligt de basis van de keileemdam op NAP -2,0 m en aan de polderzijde op NAP -1,5 m. Tussen beide keileemdammen is het zandlichaam van de dijk aangebracht. Dit zandlichaam is vervolgens afgedekt met aan het buitentalud een laag keileem met daarover een steenbekleding en op de kruin en het binnentalud met een laag keileem met daarop een laag klei die vervolgens met gras is ingezaaid. Het buitentalud is vanaf de plasberm op NAP-niveau afgewerkt middels een kraagstuk met een bestorting van breuksteen. Boven NAP is op het talud tot enkele meters onder de kruin een steenzetting aangebracht.

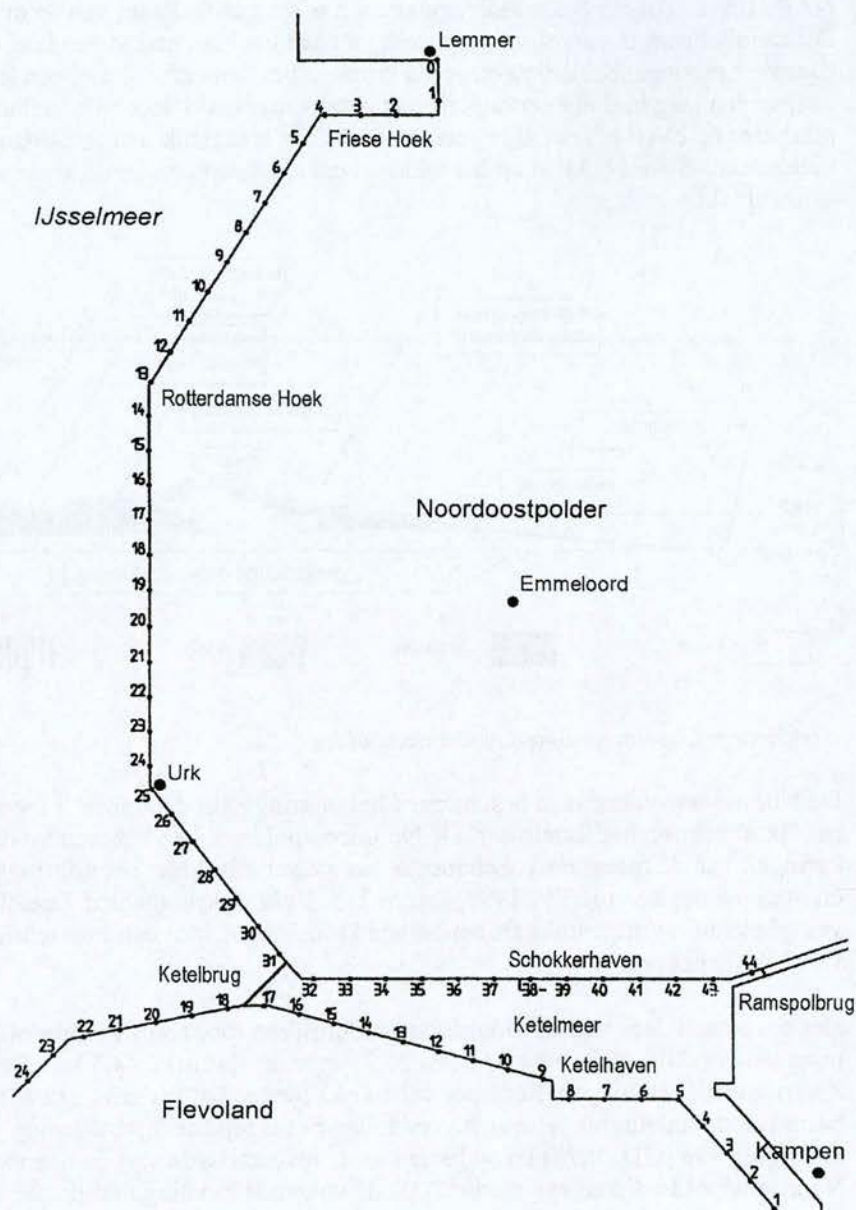


Hoofdvorm IJsselmeerdijken Noordoostpolder

De Noordoostpolderdijken beschermen het dijkkringgebied nummer 7 tegen hoogwater op het IJsselmeer en het Ketelmeer. De Noordoostpolderdijken behoren tot de "Primaire keringen van de categorie 1; behoort tot het stelsel, dat direct het dijkkringgebied omsluit en buitenwater keert [LTV, 1999, katern 2]". Voor dijkkringgebied 7 geldt een wettelijke veiligheidsnorm uitgedrukt als benodigde kruinhoogte voor een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar.

Het te toetsen deel van de Noordoostpolderdijken loopt van Lemmer (0,0 km) via het hoge land bij Urk (tussen 24,5 km en 25,7 km) naar Ramspol 44,3 km. De dijken langs het Zwartemeer oostelijk van Ramspol vallen niet binnen het kader van deze toetsing. Op basis van de indeling in relevante verschillen in toegepaste dijkbekleding wordt in navolging van [GD, 1998] en op basis van de inventarisatie van de steenbekledingen op de Noordoostpolderdijken van medio 2000 de volgende indeling in dijkvakken gehanteerd:

- Noordermeerdijk tot de Friese hoek : 0,5 – 3,75 km
- Noordermeerdijk tot Rotterdamse hoek : 3,75 – 7 km, 7 – 10,5 km en 10,5 – 13 km
- Westermeerdijk : 13 – 16 km, 16 – 19,5 km, 19,5 – 23 km en 23 – 24,25 km
- Zuidermeerdijk (West) : 26 – 27 km, 27 – 29 km en 29 – 31,5 km
- Zuidermeerdijk (Oost) : 31,5 – 35,25 km, 35,25 – 36,2 km en 36,2 – 37,55 km
- Ramsdijk vanaf Schokkerhaven : 38 – 38,5 km, 38,5 – 42,22 km en 42,22 – 44 km



Kilometrering IJsselmeerdijken Noordoostpolder

3 Hydraulische randvoorwaarden

3.1 Algemeen

De hydraulische randvoorwaarden (waterstand en golfcondities) zijn voor het ontwerp en voor de toetsing op veiligheid van een dijk van essentieel belang.

De uitgangspunten voor de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden zijn veranderd sinds het ontwerp van de dijken eind jaren dertig van de vorige eeuw. Bij het ontwerp van de Noordoostpolderdijken is uitgegaan van een fictieve toestand waarbij een zware storm (windsnelheid 26 m/s) uit een voor elk dijkvak zo ongunstig mogelijke richting werd ingevoerd boven een IJsselmeer waarvan het gemiddelde peil door voorafgaande ongunstige meteorologische omstandigheden zeer hoog was opgelopen, namelijk tot een meerpeil van NAP +0,70 m. Reeds bij het ontwerp van de andere IJsselmeerpolders bleek dat de bijdrage van een relatief laag, veel voorkomend meerpeil en een extreem zware stormconditie veelal een grotere bijdrage aan de kans van overstroom van de polder kan geven dan de voor de Noordoostpolder gehanteerde combinatie.

Voor de voorliggende toetsing is gebruik gemaakt van zowel het HYDRA_M als het daarvan afgeleide HYDRA_Q model [HYDRA_M, 1999 en HYDRA_Q, 1999]. Het HYDRA_M model wordt gebruikt voor het berekenen van de benodigde kruinhoogte en de maatgevende waterstand voor de onderdelen "piping" en grondmechanische stabiliteit (macro- en microstabiliteit). Het HYDRA_Q model wordt gebruikt voor het berekenen van de hydraulische randvoorwaarden voor de toetsing van taludbekledingen. Met deze modellen worden zogenaamde ontwerpapunten bepaald in de vorm van de maatgevende combinatie van de waterstand en het golfklimaat (golfhoogte H_s en golfperiode T_p).

Voor de toetsing van de dijken in het IJsselmeergebied zijn de hydraulische condities gegeven voor locaties op enige honderden meters afstand vanaf de teen van de dijk; dit worden uitvoerlocaties genoemd. Op plaatsen waar sprake is van veranderingen in de bodemligging tussen de uitvoerlocatie en de teen van de dijk wordt de invloed van deze bodemverandering op de golfconditie middels de "voorlandmodule" berekend. De voorlandmodule behandelt zowel de golfverandering over een veranderende bodem als over een hoog voorland (boven NAP gelegen). De module "dam" binnen HYDRA_M en HYDRA_Q behandelt de invloed van een dam die op enige afstand van de dijk aanwezig is. Indien het reducerende effect van voorland en/of dam bij de toetsing in rekening wordt gebracht, moet men er wel in redelijke mate zeker van zijn dat de dam dan wel het voorland in de maatgevende situatie in de verdisconteerde vorm aanwezig zal zijn. Deze waarschuwing is met name van belang als de modellen worden gebruikt voor ontwerp- dan wel dijkverbeteringsprojecten. Bij toetsen is de beschouwde termijn slechts vijf jaar, vandaar dat in "Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied; deelrapport 9 van het RIZA" [RIZA, 1999] wordt aanbevolen om bij het toetsen de bestaande situatie zo goed mogelijk te modelleren.

De opdrachtgever heeft er voor gekozen om voor de eenvoudige en de gedetailleerde toets de invloed van het voorland op de hydraulische randvoorwaarden niet mee te nemen. In een aantal gevallen (m.n. gevallen met strijkgolven) acht de opdrachtgever de rekenmethode niet in alle gevallen betrouwbaar. Bij een mogelijke geavanceerde toets kan per geval bekeken worden of het meenemen van het voorland zinvol en gewenst is. "Zinvol" in de zin van de bijdrage van het voorland aan vermindering van de hydraulische belasting en "gewenst" in de zin van de beheertechnische maatregelen die de beheerder moet nemen om de aanwezigheid van het voorland onder maatgevende omstandigheden te garanderen.

Achtereenvolgens wordt de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden voor de toetsing van de verschillende typen bekleding en voor "piping" en grondmechanische stabiliteit behandeld. Voor de "hoogtetoets (HT)" berekent HYDRA_M direct de benodigde kruinhoogte en is de tussenstap om eerst de hydraulische randvoorwaarden te bepalen niet aan de orde.

3.2 Bekledingen

De hydraulische randvoorwaarden voor de verschillende typen bekleding op de dijk (natuursteen, betonelementen, asfalt, betonplaten en gras) zijn bepaald met het hiervoor ontwikkelde programma HYDRA_Q. Middels de invoer van de bekledingsparameters "a" en "b" kan er binnen het programma HYDRA_Q een keuze worden gemaakt voor welk type bekleding de hydraulische randvoorwaarden berekend moeten worden. Parameter "a" geeft de gevoeligheid van de bekleding voor de golfhoogte weer en parameter "b" die voor de golfperiode. De volgende combinaties van bekledingsparameters worden aanbevolen (en zijn voor de voorliggende toetsing dan ook toegepast):

tabel 3.1 Bekledingsparameters in HYDRA_Q

Type bekleding	a	b
Steenzetting	0.66	0.66
Asfaltbekleding	2.5	0
Grasmat	2	0

3.2.1 Steenbekledingen

In de onderstaande tabel (tabel 3.2) zijn de resultaten van de HYDRA_Q berekeningen voor de steenbekledingen weergegeven. Tevens staan de hydraulische randvoorwaarden die bij de toets uit 1998 [GD, 1998] zijn gebruikt in deze tabel weergegeven. Eén van de doelen van de voorliggende studie is om na te gaan of verandering van de hydraulische randvoorwaarden aanpassing van de resultaten van de toets uit 1998 noodzakelijk maakt.

tabel 3.2 Maatgevende hydraulische randvoorwaarden voor steenbekledingen

nr.	van (km)	tot (km)	oriëntatie ° N	[GD, 1998]				HYDRA_Q zonder voorland			
				w.s. m NAP	H _s (m)	T _p (s)	β (°)	w.s. m NAP	H _s (m)	T _p (s)	β (°)
1	0	3,75	354	1,55	1,71	5,7	82	1,92	1,75	4,9	86
2	3,75	7	301	1,40	1,95	5,9	82	1,67	2,08	6,1	45
3	7	10,5	301	1,27	2,02	6,3	30	1,54	2,09	6,2	41
4	10,5	13	301	1,04	2,22	6,6	60	1,28	2,35	6,5	34
5	13	16	269	1,00	2,23	6,6	0	1,24	2,34	6,5	0
6	16	19,5	269	1,04	2,26	6,7	30	1,37	2,41	6,7	27
7	19,5	23	269	1,20	2,18	6,6	30	1,60	2,41	6,6	27
8	23	24,5	269	1,28	1,91	6,0	30	1,60	2,20	6,3	14
9	26	27	210					1,39	2,31	6,5	61
10	27	29	237	1,30	2,27	6,61	29	1,47	2,24	6,4	31
11	29	31,5	237	1,40	2,26	6,7	31	2,14	2,26	6,8	61
12	31,5	35	180	1,55	1,28	5,2	90	0,62	1,28	4,7	68
12a	31,5	35						1,80	1,30	5,2	90
13	35	37,55	180	0,5	1,57	5,4	60	0,71	1,58	5,3	61
13a	35	37,55						2,10	1,37	5,8	80
14	38	44	180	0,89	1,47	5,3	60	1,01	0,99	5,1	61
14a	38	44						2,31	1,03	6,1	81

NB:

In de rijen 12, 13 en 14 worden de hydraulische randvoorwaarden beneden de berm weergegeven. In de rijen 12a, 13a en 14a worden de hydraulische randvoorwaarden voor het gedeelte van het talud op en boven de berm weergegeven.

Hierin is:

- oriëntatie : de hoek die de normaal op de dijk (de lijn haaks op de dijk) maakt met de Noord-as.
- w.s. : waterstand, het waterpeil bij de teen van de dijk exclusief de golfbeweging. De waterstand is opgebouwd uit twee componenten, namelijk het meerpeil en de waterstandsverandering als gevolg van op- of afwaaiing.
- H_s : significante golfhoogte. Deze golfhoogte is gelijk aan het gemiddelde van het hoogste eenderde deel van alle golfhoogte tijdens de storm.
- T_p : piekperiode van het golfspectrum.
- β : hoek, die de golfvoortplantingsrichting maakt met de normaal van de dijk.
- Voor meer achtergronden zie [HYDRA_Q, 1999 en HYDRA_M, 1999].

De hydraulische randvoorwaarden in het Ketelmeer (31,5 km en verder) zijn erg afhankelijk van de hoogte op het talud waarin men geïnteresseerd is. Voor de toetsing zal per vak (verticaal) gekeken moeten worden bekeken wat de juiste combinatie van hydraulische randvoorwaarden is.

Vergelijking tussen de hydraulische randvoorwaarden zoals deze in [GD, 1998] zijn gebruikt en de huidige hydraulische randvoorwaarden geeft aan dat de verschillen in golfhoogte en golfperiode niet al te groot zijn. Wel zijn de nieuwe golfhoogten in op één na alle locaties hoger dan de gebruikt hoogten in [GD, 1998]. Opvallend is dat de maatgevende waterstand in de huidige berekeningen steeds belangrijk hoger ligt dan in [GD, 1998]. Met name voor de grootte van de bermfactor, zie paragraaf 5.2, kan dit van belang zijn.

3.2.2

Asfaltbekledingen

Voor de berekening van de hydraulische randvoorwaarden voor asfaltbekledingen wordt geadviseerd om voor de bekledingsparameters $a = 2,5$ en $b = 0$ te gebruiken. De volgende hydraulische randvoorwaarden worden voor asfalt gevonden.

tabel 3.3 Hydraulische randvoorwaarden voor asfalt

traject	waterstand	H_s	niveau asfalt
km	NAP + m	m	NAP + m
25,7 – 27,0	1,39	2,31	1,69
27,0 – 29,0	1,46	2,24	1,90
29,0 – 31,5	1,80	2,29	1,85
31,5 – 35,0	1,80	1,30	1,75
35,0 – 36,2	2,06	1,36	1,91

3.2.3

Betonplaten

Het PC-programma HYDRA_Q heeft geen aparte module voor het berekenen van de maatgevende combinatie van waterstand en golfkarakteristieken voor een uit betonplaten bestaande taludbekleding. De golfbelasting op een betonplaat lijkt het meest op die op asfalt. Daarom is de asfaltmodule voor de berekening van de hydraulische belastingen toegepast.

tabel 3.4 Hydraulische randvoorwaarden voor betonplaten

traject	waterstand	H_s	niveau betonplaat
km	NAP + m	m	NAP + m
10,5 – 13,0	1,28	2,35	1,83
13,0 – 16,0	1,24	2,34	1,65
16,0 – 19,5	1,38	2,42	1,61
19,5 – 23,0	1,60	2,41	1,77

3.2.4 Gras

Voor vier representatieve trajecten zal in paragraaf 5.4 de grastoets worden uitgevoerd. Voor de berekening van de hydraulische randvoorwaarden voor grasbekledingen wordt geadviseerd [HYDRA_Q, 1999] om voor de bekledingsparameters $a = 2,0$ en $b = 0$ te gebruiken. De volgende hydraulische randvoorwaarden worden voor het met gras beklede deel van het talud gevonden.

tabel 3.5 Hydraulische randvoorwaarden voor gras

traject km	waterstand NAP + m	H_s m	T_p s	niveau gras NAP + m
7,0 – 10,5	1,54	2,09	6,2	2,35
19,5 – 23,0	1,56	2,38	6,6	3,11
27,0 – 29,0	1,48	2,22	6,4	2,60
35,0 – 36,2	1,98	1,33	5,7	2,35

3.2.5 “Piping” en grondmechanische stabiliteit

De hydraulische randvoorwaarden (toetspeilen) die gebruikt worden bij de toetsporen “Piping”, “microstabiliteit” en “Macrostabiliteit” zijn door de opdrachtgever toegeleverd. Deze toetspeilen zijn met behulp van het programma HYDRA_M met de keuze “waterstand” als ontwerpcriterium gekozen, voor meer achtergrondinformatie zie [HYDRA_M, 1999].

In bijlage 6.1 staan deze toetspeilen vermeld.

4 Hoogtetoets (HT)

4.1 Inleiding

Het beoordelingsspoor "Hoogte (HT)" is middels het programma HYDRA_M uitgevoerd. Dit programma vervangt gedeeltelijk en sluit verder aan op paragraaf 4.2 van katern 5 van de Leidraad Toetsen op Veiligheid [LTV, 1999].

Het onderdeel "Absolute hoogte kruin" met betrekking tot golfoploop en -overslag is uitgevoerd door Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied (RDIJ). De bevindingen van deze controle van de kruinhoogte zijn in het concept nota "Projectnota/MER en Ontwerpnota Dijkversterking IJsselmeerdijken Noordoostpolder" [RDIJ, 2000] weergegeven. In de paragraaf "Absolute hoogte kruin" zal deze controle als mede de door RDIJ getrokken conclusies (scores) in hoofdlijnen worden samengevat. Op basis van de uitkomsten van dit onderdeel van de hoogtetoets zullen vervolgens de onderdelen "Toegankelijkheid kruin", "Overlast, berging en afvoer" en "Erosie en lokaal afschuiven kruin en binnentalud" worden beschouwd.

4.2 Absolute kruinhoogte

De vereiste kruinhoogte is door RDIJ berekend met behulp van het computermodel HYDRA_M. Zowel de ontwerpwaterstand als het hydraulisch belastingniveau bij een overschrijdingskans van 1/4000 jaar zijn met dit computermodel berekend.

De "ontwerpwaterstand" is de waterstand bij de dijk als gevolg van de combinatie van meerpeil en opwaaiing. Het "hydraulisch belastingniveau" is het niveau van de kruin waar de combinatie van "ontwerpwaterstand" en "golfoploop" aan een bepaald oploop- dan wel overslagcriterium voldoet. Voor de Noordoostpolderdijken is door de beheerder RDIJ het overslagcriterium 1,0 l/m/s gehanteerd. Bij de bepaling van de golfbrandvoorwaarden binnen het HYDRA_M model is door RDIJ geen gebruik gemaakt van de voorlandmodule in het programma, zie paragraaf 3.1.

Bij de bepaling van ontwerpwaterstand zijn de uitkomsten van de HYDRA_M berekeningen verhoogd met 0,10 m ter compensatie van de invloed van buistoten en oscillaties. Buistoten en -oscillaties worden op het IJsselmeer wel geconstateerd maar worden niet in het HYDRA_M model berekend.

Ter compensatie van mogelijke zettingen in de komende vijf jaar zijn de gemeten kruinhoogten met 0,05 m verlaagd. In tabel 4.1 zijn de resultaten van de uitgevoerde hoogtetoets weergegeven.

- onder "kruinhoogte" staan de resultaten van de waterpassing van de kruin van het beschouwde dijkvak minus 0,05 m voor mogelijke zettingen in de komende vijf jaar weergegeven. In de kolom "gemiddeld" de gemiddelde gemeten kruinhoogte in de kolom "minimaal" de laagste gemeten kruinhoogte.
- onder "belastingniveau" staat de vereiste kruinhoogte (d.i. inclusief 0,10 m voor mogelijke buistoten en oscillaties) weergegeven om aan een bepaald overslagcriterium te voldoen. De beschouwde overslagcriteria zijn respectievelijk 1,0 l/m/s en 0,1 l/m/s.
- onder "reserve" staat het verschil tussen vereiste en aanwezige kruinhoogte weergegeven.

tabel 4.1 Resultaten hoogtetoets, zie [RDIJ, 2000]

dijkvak		kruinhoogte		belastingniveau		reserve (1 l/m/s)		reserve (0,1 l/m/s)			
van	tot	gemiddeld	minimaal	1 l/m/s	0,1 l/m/s	gem.	min.	gem.	min		
(km)	(km)	(m+NAP)	(m+NAP)	(m+NAP)	(m+NAP)	(m)	(m)	(m)	(m)		
Lemmer											
0,00	0,55	>3,45	ca. 3,45	2,73	2,96	0,72	0,72	0,49	0,49	v	
coupure		ca. 2,05	ca. 2,05	2,73	2,96	-0,68	-0,68			o	
0,55	0,70	2,80	2,74	2,73	2,96	0,07	0,01	-0,16	-0,22	t	x
Buma/Friese Sluis											
0,70	1,10	3,32	2,83	2,73	2,96	0,59	0,10	0,36	-0,13	t	x
1,10	1,60	3,63	3,61	2,70	2,88	0,93	0,91	0,75	0,73	v	
1,60	2,25	3,68	3,63	2,97	3,27	0,71	0,66	0,41	0,36	v	
2,25	3,15	3,61	3,49	3,08	3,45	0,53	0,41	0,16	0,04	v	
3,15	4,20	3,85	3,53	3,20	3,61	0,65	0,33	0,24	-0,08	t	x
Friese Hoek											
4,20	5,95	4,30	4,12	4,23	5,04	0,07	-0,11			o	
5,95	8,10	4,34	4,16	4,23	5,08	0,11	-0,07			o	
8,10	10,85	4,64	4,50	4,43	5,37	0,21	0,07	-0,73	-0,87	t	x
10,85	12,95	4,80	4,67	4,35	5,28	0,45	0,32	-0,48	-0,61	t	x
Rotterdamse Hoek											
12,95	15,20	4,74	4,56	4,63	5,69	0,11	-0,07			o	
15,20	18,20	4,81	4,66	4,78	5,79	0,03	-0,12			o	
18,20	20,85	4,57	4,48	4,58	5,59	-0,01	-0,10			o	
20,85	22,95	4,67	4,48	4,95	5,95	-0,28	-0,47			o	
22,95	23,74	4,69	4,55	4,60	5,56	0,09	-0,05			o	
Urk tot en met sluis, gemaal en olie-opslag											
25,61	26,65	4,27	4,10	4,52	5,38	-0,25	-0,42			o	
26,65	28,15	4,32	4,10	4,54	5,40	-0,22	-0,44			o	
28,15	29,90	4,38	4,10	4,80	5,66	-0,42	-0,70			o	
29,90	31,00	4,36	4,15	5,11	6,07	-0,75	-0,96			o	
31,00	31,29	4,85	4,63	5,10	6,09	-0,25	-0,47			o	
Ketelbrug											
31,40	31,90	4,90	4,61	4,04	4,59	0,86	0,57	0,31	0,02	v	
31,90	33,65	4,48	4,01	3,06	3,38	1,42	0,95	1,10	0,63	v	
33,65	36,25	4,01	3,40	3,72	4,25	0,29	-0,32			o	
36,25	37,40	3,41	3,27	4,43	-	-1,02	-1,16			o	
37,40	37,85	3,50	3,29	4,65	5,41	-1,15	-1,36			o	
Schokkerhaven											
37,85	40,10	3,45	3,16	3,75	4,18	-0,30	-0,59			o	
40,10	42,25	3,29	3,05	4,20	4,70	-0,91	-1,15			o	
42,25	43,65	3,41	3,19	3,89	4,23	-0,48	-0,70			o	
43,65	44,30	3,61	3,35	3,80	4,00	-0,19	-0,45			o	

Verklaring van het resultaat:

- (v) is voldoende op basis van overslag, overslag minder dan 0,1 l/m/s
- (o) is onvoldoende op basis van overslag, overslag meer dan 1,0 l/m/s
- (t x) is twijfelachtig, nader onderzoek nodig, op basis van grastoets, overslag tussen 0,1 en 1,0 l/m/s (zie paragraaf 4.3)
- (o x) is onvoldoende op basis van grastoets, overslag tussen 0,1 en 1,0 l/m/s (zie paragraaf 4.3)

Als uitgangspunt voor de Projectnota/MER [RDIJ, 2000] is gehanteerd dat indien bij het overslagcriterium 1 l/m/s de reserve bij de minimale kruinhoogte negatief is de dijk te laag is en dat maatregelen moeten worden overwogen. In deze situatie wordt de toegankelijkheid van de dijk door de beheerder als onvoldoende beschouwd. Dit geldt voor de volgende dijkvakken:

- coupure bij Lemmer,
- Noordermeerdijk van 4,20 km tot 8,10 km,
- Westermeerdijk van 12,95 km tot 23,74 km,
- Zuidermeerdijk van Urk tot Ketelbrug 25,61 km tot 31,29 km,
- Zuidermeerdijk (Oost) van 33,65 km tot 37,85 km,
- Ramsdijk van Schokkerhaven tot Ramspol 37,85 km tot 44,30 km.

Voor deze locaties scoort de hoogtetoets "onvoldoende".

Bij een lager overslagdebiet dan 1 l/m/s wordt de toegankelijkheid van de dijk als voldoende beschouwd.

4.3 Erosie en lokaal afschuiven kruin en binnentalud

Op de dijkvakken waar het overslagdebiet lager is dan 1 l/m/s zal moeten worden nagegaan of de grasbekleding voldoet aan de eisen zoals deze in de LTV zijn verwoord, zie katern 8 hoofdstuk 4 [LTV, 1999].

Voor locaties waar het overslagdebiet lager is dan 0,1 l/m/s geldt dat de grasbekleding op kruin en binnentalud als goed kan worden gekenmerkt. Dit geldt voor de volgende locaties:

- Lemmer tot coupure 0,0 km tot 0,55 km,
- Noordermeerdijk langs de Lemsterbaai van 1,10 km tot 3,15 km,
- Zuidermeerdijk (Oost) van 31,40 km tot 33,65 km.

In tabel 4.1 zijn deze locaties te herkennen aan een positieve waarde in de kolom "reserve hoogte 0,1 l/m/s (minimaal)" staat weergegeven. Op deze locaties scoort de hoogtetoets dus "voldoende".

Indien in deze kolom een negatieve waarde staat dan houdt dat in dat de grasbekleding op deze locaties op "stromen" moet worden getoetst. Dit geldt voor de volgende locaties:

- Noordermeerdijk van 0,55 km tot 1,10 km,
- Noordermeerdijk van 3,15 km tot 4,20 km,
- Noordermeerdijk van 8,10 km tot 12,95 km,

De toets op stromen wordt uitgevoerd volgens figuur 4.7.2.3 van de LTV [LTV, 1999; katern 8]. Hiervoor is het nodig dat de kwaliteit van de grasmatten en van de kleilaag wordt beoordeeld. De beoordeling van de kwaliteit van de grasmatten geschiedt bij de eenvoudige toets op basis van het type beheer.

Beheertype:

Vanaf de sluis bij Lemmer zijn de dijken verpacht als schapenweide. Op het benedenbeloop van de dijk zijn in de zomer ook koeien toegestaan. Er bestaan geen richtlijnen t.a.v. de bemesting van het gras. Indien het gras niet kort genoeg wordt gehouden door de schapen, moet er worden gemaaid. Hierbij wordt het gras niet afgevoerd. Op basis van deze gegevens met betrekking tot het beheertype moet volgens tabel 4.6.1 [LTV, 1999; katern 8] de kwaliteit van de zode als "slecht" worden gekenmerkt.

Erosiebestendigheid van de graszode:

Bij de grastoets zoals deze in figuur 4.7.2.3 [LTV, 1999; katern 8] staat beschreven wordt de tijdsduur van de belasting (t_{sr}) vergeleken met de tijdsduur die de graszode een stroomsnelheid v_r kan weerstaan.

$$v_r = 700 H_s / T_p \times (0,085 - H_s / L_o) \times (1 - z / z_q)^{0,5} \times \tan \alpha$$

waarin:

H_s = de significante golfhoogte (m)

T_p = de piekperiode van het golfspectrum (s)

L_o = golflengte op diep water (m)

z = niveau van het beschouwde punt op het buitentalud t.o.v. de stilwaterlijn (m)

z_q = golfoplooppniveau behorende bij een debiet van $q = 0,1$ l/m/s (m)

α = de gemiddelde hoek van het buitentalud tussen SWL + 1,5 H_s en SWL - 1,5 H_s

De tijdsduur van de belasting t_{sr} kan worden berekend met de volgende formulering:

$$t_{sr} = (1 - z / z_q) \times t_s$$

Hierin is:

t_s = de stormduur (uur), deze is conform paragraaf 2.3.7 [LTV, 1999; katern 3] op 35 uur aangehouden.

In onderstaande tabel (tabel 4.2) staan de resultaten van de toetsing op stromen weergegeven.

tabel 4.2 Erosiebestendigheid van de graszode, zie figuur 4.7.2.3 katern 8 van de LTV

Dijkvak (km)	0,55-0,70	0,70-1,10	3,15- 4,20	8,10-10,85	10,85-12,95
waterstand m+NAP *)	2,21	2,21	1,63	1,43	1,26
H_s (m) *)	0,44	0,44	2,08	2,28	2,30
T_p (s) *)	2,77	2,77	6,13	6,4	6,5
kruinhoogte m+NAP	2,74	2,83	3,53	4,50	4,67
z (m)	0,53	0,62	1,90	3,07	3,41
z_q (m)	0,75	0,75	1,98	3,94	4,02
$\tan \alpha$	0,42	0,42	0,20	0,23	0,21
v_r (m/s)	1,22	0,94	0,47	1,33	1,02
$t_{s,r}$ (uur)	11	6	2	8	6
$t_{s,r,max}$ (uur)	35	50	50	22	48
Score **)	(GOED)	(GOED)	(GOED)	(GOED)	(GOED)

*) De gehanteerde maatgevende combinatie van hydraulische randvoorden, is dezelfde als die welke middels het HYDRA_M programma voor de kruinhoogte berekening is berekend.

**) Deze score is alleen geldig als voor de grasmattbekleding geldt dat de klei minimaal categorie 3 is met maximaal 50% zand.

Op basis van de bovenbeschreven resultaten is er in het kader van deze toetsing gericht onderzoek uitgevoerd naar de kleikwaliteit op de kruin en het binnentalud op deze trajecten.

Kwaliteit van de klei:

Op basis van de beschikbare ontwerpgegevens van de NOP-dijken zou er vanuit mogen worden gegaan dat er over het buitentalud, de kruin en het binnentalud van de dijk een laag keileem met daarover heen of een steenbekleding of een met gras ingezaaide laag klei aanwezig is. Om dit te controleren is er op een geselecteerd aantal locaties middels handboringen onderzoek naar de kwaliteit van de klei gedaan. Het gevonden zandgehalte in de verschillende monsters is in de onderstaande tabel weergegeven. In de eerste kolom wordt de kilometrerings van de raai waar de boringen zijn uitgevoerd aangegeven. De letters a, b, c en d boven de kolommen geeft de locatie in het dwarsprofiel:

- a) in het midden van de kruin,
- b) in de knik tussen het boventalud en de bovenste berm,
- c) ondertalud of eerste 3 m van de lage berm,
- d) laatste deel van de lage berm.

Het eerste percentage geeft het zandgehalte in de bovenste laag van de grasmattbekleding (tussen maaiveld en ongeveer -0,40 m) het tweede percentage is het zandgehalte in de tweede laag (tussen ongeveer -0,40 m en -1,0 m).

tabel 4.3 Percentage zand in de klei (%)

kilometer	a		b		c		d		a en b
0,6	52	97	54	97	71	97	-	-	circa 50%
0,9	54	68	54	69	67	57	67	79	circa 50%
3,3	66	48	66	54	66	85	66	85	> 50%
4,0	66	42	66	42	66	74	66	74	> 50%
8,2	51	71	51	71	77	87	77	87	circa 50%
8,6	63	52	63	52	83	84	83	84	> 50%
9,0	69	60	69	60	70	84	84	87	> 50%
9,4	61	68	62	67	83	90	84	87	> 50%
9,8	61	68	62	67	83	90	84	87	> 50%
10,2	62	67	56	49	67	82	84	79	> 50%
10,6	62	67	56	49	67	82	84	79	> 50%
11,0	58	62	58	51	82	94	85	93	> 50%
11,4	58	62	58	51	82	94	85	93	> 50%
11,8	56	55	56	56	82	88	81	90	> 50%
12,2	54	51	56	58	84	90	84	90	circa 50%
12,6	48	55	47	56	84	87	83	92	circa 50%

De percentages zand in de boorkernen zijn door een ervaren veldwerker op het oog bepaald. Voor zover mogelijk heeft hij gecorrigeerd voor seizoensafhankelijke factoren. Dit neemt niet weg dat een redelijk ruime foutmarge moet worden gehanteerd bij de interpretatie van de getallen. Redelijk vaak komen herhalingen van bepaalde combinaties van percentages voor. Dit komt doordat bepaalde resultaten als gelijk aan de voorgaande zijn gerapporteerd.

Met name de kruin en het boventalud van de binnenkant van de dijk wordt door overslaand water belast vandaar dat de boringen op de kruin (a) en op de knik tussen het boventalud en de berm (b) voor de toets het belangrijkst zijn.

Conclusie: Op enkele raaien na kan er ondanks de mogelijke onnauwkeurigheid in de inschattingen gesteld worden dat het zandgehalte in de klei zeker hoger is dan >50%.

Op grond van bovenstaande conclusie moet worden gesteld dat het toetsresultaat "onvoldoende" is. Toch zijn er argumenten aan te voeren om op deze locaties de hoogtetoets "twijfelachtig, nader onderzoek noodzakelijk" te laten zijn, namelijk:

1. De toets is gebaseerd op de minimale, gemeten kruinhoogte. Dit is een erg veilige benadering.
2. De verschillen tussen t_{sr} (de duur van de belasting) en t_{smax} (toelaatbare duur van de belasting) is erg groot, zie tabel 4.2.
3. Voor de berekening van t_{sr} (de duur van de belasting) is uitgegaan van de totale stormduur van 35 uur. Echter de periode dat de wateropzet zo hoog is dat er meer dan 0,1 l/m/s over de dijk gaat zal veel korter zijn (afhankelijk van de locatie varieert de maatgevende stormduur tussen de 5 en 20 uur).
4. De sterkte van de grasmatt heeft zich in het verleden bewezen. Tijdens de storm van 14 januari 1984 zijn er op het gedeelte van dijk ten noorden van de Rotterdamse hoek gedurende enkele uren golfoplopen opgetreden die tot 0,75 m (langs het talud

gemeten) onder de kruin opliepen. Vanaf NAP +2,80 m tot de kruin circa NAP +4,84 m is er een graszode aanwezig die gelijk mag worden verondersteld aan die op de kruin en op het binnentalud. De belasting die het gras met name net boven NAP +2,80 m te verduren heeft gehad is zeker vergelijkbaar met een belasting op de kruin die tussen de 0,1 l/m/s en de 1,0 l/m/s ligt. Na de storm van januari is er geen schade aan de betreffende grasmatten geregistreerd.

Op basis van deze argumenten wordt gemeend dat de aanwezigheid van meer dan 50% zand in de klei niet voldoende reden is om tot de score "onvoldoende" te komen. Vandaar dat op deze trajecten de score "twijfelachtig" wordt aangehouden.

4.4 Resultaat hoogtetoets

In tabel 4.1 (zie paragraaf 4.1) zijn de resultaten van de diverse onderdelen van de hoogtetoets weergegeven. Op de locaties waar aan het overslagcriterium $q < 1$ l/m/s wordt voldaan scoort de hoogtetoets voor de dijk "twijfelachtig, nader onderzoek noodzakelijk".

5 Taludbekleding

5.1 Inleiding

Onder de bekleding van het dijktaalud wordt verstaan het gehele pakket van bovenlaag, filter en (klei-)onderlaag, voor zover deze aanwezig zijn. De belangrijkste functie van bekleding is het beschermen van het onder/achterliggende grondlichaam tegen aantasting door met name de hydraulische belastingen. Bij het toetsen van de taludbekledingen wordt uiteindelijk gekeken naar het falen van de kering. Het falen van de bekleding zelf is daar een onderdeel van, maar hoeft niet per definitie te betekenen dat de dijk niet veilig is.

Het toetsen van bekledingen wordt in katern 8 van de [LTV, 1999] behandeld.

Twee eerdere toetsingen van de bekledingen van de Noordoostpolderdijken zijn uitgevoerd. De resultaten van deze eerdere toetsingen zijn beschreven in de volgende twee rapporten:

1. Inventarisatie taludbekledingen IJsselmeerdijken. Rapport CO-370560/12 van Grondmechanica Delft, februari 1997 [GD, 1997].
2. Geavanceerde toetsing taludbekledingen IJsselmeerdijken Noordoostpolder. Rapport CO-370560/47 van Grondmechanica Delft, juni 1998 [GD, 1998].

In het eerst genoemde rapport is een inventarisatie gegeven van de aanwezige bekledingen op 14 doorsneden van de dijk. Vervolgens is op deze doorsneden de eenvoudige toets uitgevoerd volgens de op dat moment vigerende versie van de Leidraad Toetsen op Veiligheid uit 1996 "Groene versie" [LTV, 1996]. Het tweede rapport behandelt het onderzoek en de resultaten van het onderzoek naar de constructie eigenschappen zoals dikte en waterdoorlatendheid van de toplaag en filterlagen. Op basis van deze resultaten zijn de globale resultaten van het eerste onderzoek aangescherpt, waarna de beoordeling is voortgezet middels een geavanceerde toets met o.a. het rekenmodel STEENZET. De constructie-eigenschappen, zoals in deze rapporten zijn beschreven, zijn in eerste instantie door de beheerder toegeleverd als zijnde de basisgegevens voor de in het kader van de onderhavige opdracht uit te voeren toetsingen

Sinds de uitvoering van deze toetsingen [GD, 1997 en GD, 1998] zijn er enkele zaken veranderd, die mogelijk de eindscore van de toetsing kunnen beïnvloeden. Het doel van de voorliggende toetsing is met name het aangeven van de mogelijke invloed van deze veranderingen op de eindscore. De belangrijkste veranderingen zijn:

- er is een nieuwe (definitieve) versie van de Leidraad Toetsen op Veiligheid [LTV, 1999],
- er zijn andere hydraulische randvoorwaarden, zie hoofdstuk 3,
- er is betere informatie beschikbaar met betrekking tot de dijkprofielen. In [GD, 1998] werd uitgegaan van de ontwerpprofielen, momenteel zijn er recente profielpeilingen beschikbaar^{*)},
- er is meer informatie over de soortelijke massa van enkele belangrijke steensoorten die op deze dijken zijn toegepast (met name m.b.t. basalt en graniet),
- bij de medio 2000 door de beheerder uitgevoerde inventarisatie van de steenbekledingen zijn er correcties en aanvullingen op de eerder gepresenteerde vakindeling gemaakt.

^{*)} Tekeningen d.d 3 april, 2000: "Noordoostpolder bestaande dwarsprofiel met hellingspercentages" van:

1. Noordermeerdijk (km 1,0 – 8,5: dijkvvt 20000010),
2. Noordermeerdijk en Westermeeerdijk (km 9,0 – 17,0: dijkvvt 20000011),
3. Westermeeerdijk (km 17,5 – 26,3: dijkvvt 20000012),

4. Zuidermeerdijk (West) (km 26,5 – 31,2: dijkvvt 20000013),
5. Zuidermeerdijk (Oost) (km 31,4 – 37,5: dijkvvt 20000014),
6. Ramsdijk (km 38,5 – 44,0: dijkvvt 20000015).

5.2 Gezette steen

5.2.1 Methode van toetsen

Ten behoeve van de veiligheidstoetsing van steenzettingen is in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde het PC-programma STEENTOETS (versie 3.20) ontwikkeld. STEENTOETS is gebaseerd op de beoordelingsschema's en -criteria zoals deze zijn opgenomen in de Leidraad Toetsen op Veiligheid [LTV, 1999]. STEENTOETS is geschikt om zowel de eenvoudige als de gedetailleerde toets uit te voeren. Voor de uitvoering van de gedetailleerde toets is het programma ANAMOS (versie 2.10) in STEENTOETS opgenomen. Het toepassingsgebied van STEENTOETS is als volgt afgebakend:

- alleen blokken en zuilen zonder gaten kunnen worden getoetst,
- toetsing zonder de eventuele invloed van overgangsconstructies,
- eenvoudige toetsing van top laagstabiliteit (op berm en talud), filter, afschuiving en reststerkte. Echter de reststerkte module in de huidige versie van STEENTOETS kan nog niet worden gebruikt.
- een gedetailleerde toetsing van de stabiliteit van de top laag van een steenzetting zonder geotextiel onder top laag en maximaal twee filterlagen, overeenkomstig ANAMOS 2.10.

Het toetsen van een bekleding boven een berm leidt met het programma STEENTOETS niet tot goede resultaten. Het programma geldt specifiek in de golfaanvalzone. Het toetsen van bekledingen boven een berm wordt ook niet goed in de Leidraad Toetsen op Veiligheid beschreven. Dit kwam eerder aan het licht bij toetsingen die zijn uitgevoerd binnen het Projectbureau Zeeweringen in de provincie Zeeland. Niet alleen het toetsen maar ook het ontwerpen van bekledingen op dit niveau stuitte daar op problemen. Daarom is een ontwerpmethodiek ontwikkeld om bekledingen boven bermen te dimensioneren. Uitgaande van dimensionering van een bekleding beneden de berm en gebruik makend van de bermfactor, zoals die ook is opgenomen in de handleiding STEENTOETS kan een virtuele laagdikte van de bekleding worden bepaald. Deze virtuele laagdikte wordt ook boven de berm toegepast. Door de Helpdesk van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde wordt geadviseerd om deze ontwerpmethodiek ook bij het toetsen van bekledingen die zich boven een berm bevinden te hanteren.

tabel 5.1 Bermfactoren

traject	waterstand	H _s	bermniveau	d _o /H _s	bermfactor
km	NAP + m	m	NAP + m	(-)	(-)
0,0 – 3,75	1,92	1,75	1,79	0,07	0,58
3,75 – 7,0	1,67	2,08	1,65	0,01	0,53
7,0 – 10,5	1,54	2,09	1,65	- 0,05	0,48
10,5 – 13,0	1,28	2,35	1,77	- 0,21	0,37
13,0 – 16,0	1,24	2,34	1,65	- 0,18	0,37
16,0 – 19,5	1,37	2,41	1,54	- 0,07	0,47
19,5 – 23,0	1,60	2,41	1,72	- 0,05	0,48
23,0 – 24,5	1,60	2,20	1,70	- 0,05	0,48
25,7 – 27,0	1,39	2,31	1,65	- 0,11	0,42
27,0 – 29,0	1,47	2,24	1,78	- 0,14	0,41
29,0 – 31,5	2,14	2,26	1,74	0,18	0,67
31,5 – 35,0	1,80	1,30	1,65	0,12	0,62
35,0 – 36,2	2,10	1,37	1,72	0,28	0,76
36,2 – 37,55	2,10	1,37	1,51	0,43	0,89
37,55 – 42,22	2,31	1,03	1,50	0,78	1,18
42,22 – 44,0	2,31	1,03	1,57	0,72	1,04

5.2.2 Bepalen soortelijke massa

De soortelijke massa van de verschillende typen bekledingen is een belangrijke parameter voor de stabiliteit. Het programma STEENTOETS geeft suggesties voor toe te passen waarden voor verschillende typen bekledingsmateriaal. In principe zijn deze suggesties voor de voorliggende toetsing gevolgd. Voor basalt en graniet bestond de wens om deze suggesties te toetsen aan meetresultaten van het materiaal zoals dit op de dijk aanwezig is.

Door de beheerder van de NOP-dijken zijn vijf stukken natuursteen toegeleverd, waarvan drie blokken zijn toegeleverd als zijnde basalt, dat vanaf de bouw van de dijken was opgeslagen voor eventuele reparatiewerkzaamheden. Een blok was overduidelijk graniet en van het vijfde blok kon de soort niet worden benoemd. De bepaling van de soortelijke massa van de blokken werd als volgt uitgevoerd.

De massa van de blokken werd bepaald met een weegschaal met een nauwkeurigheid van 50 gram. Het volume van de blokken werd bepaald door de massa te bepalen van de verplaatste vloeistof (water met $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$), dit gebeurde middels dezelfde weegschaal.

tabel 5.2 Soortelijke massa van basalt en graniet

Monster	Massa	Volume	Soortelijke massa
	kg	liter	kg/m^3
I basalt	15,10	5,00	3020 +/- 40
II onbekend	9,45	3,15	3000 +/- 60
III basalt	13,65	4,55	3000 +/- 40
IV basalt	13,50	4,50	3000 +/- 40
V graniet	24,60	9,30	2645 +/- 20

De gevonden waarden corresponderen goed met de literatuurgegevens voor de verschillende typen natuursteen. Zo wordt voor basalt een variatie van $2800 - 3100 \text{ kg/m}^3$ aangehouden en voor graniet $2600 - 2800 \text{ kg/m}^3$, zie [CUR 1998].

Voor de toetsing middels STEENTOETS is voor basalt een soortelijke massa van 2960 kg/m^3 (zijnde $3000 - 40 \text{ kg/m}^3$) toegepast en voor graniet is de suggestie uit STEENTOETS van 2600 kg/m^3 gevolgd.

5.2.3 Resultaten toetsing gezette steenbekledingen

In bijlage 5.1 staan de resultaten van de eenvoudige en de gedetailleerde toetsing van de steenbekledingen voor de veertien in hoofdstuk 2 benoemde trajecten weergegeven. De benaming van de verschillende rijen hebben de volgende betekenis en oorsprong:

- h laag : de onderbegrenzing van de beschouwde bekleding, deze waarde is overgenomen uit [GD, 1998], het begin van de berm komt uit de profieltekeningen,
- h hoog : de bovenbegrenzing van de beschouwde bekleding, eveneens uit [GD, 1998], het eind van de berm komt uit de profieltekeningen,
- helling : de maatgevende helling voor het beschouwde vak, deze waarde is bepaald uit de profieltekeningen,
- toplaag : het gebruikte bekledingsmateriaal, uit [GD, 1998],
- onderlaag : het type onderlaag, uit [GD, 1998],
- berm(-factor): met x is aangegeven dat dit vak als berm in Steentoets is ingevuld, indien er een bermfactor is ingevuld dan is de laagdikte middels de bermfactor in Steentoets aangepast,
- dikte : de maatgevende dikte van het toplaagelement, uit [GD, 1998],
- breedte/lengte : de breedte en lengte maat van het toplaagelement, uit [GD, 1998],
- s.m. : soortelijke massa van het type steen van de toplaag, zie paragraaf 5.3.1.
- gat opp. : percentage open ruimte tussen de toplaagelementen, uit [GD, 1998],

- spleet : corresponderende spleetbreedte bij een bepaalde percentage openruimte,
- filter : onder deze kop worden vervolgens de karakteristieke gegevens van het filtermateriaal (dikte, D_{15} en de porositeit) gegeven,
- resultaten : hier worden de resultaten van de verschillende toetsen gegeven, zoals die op afschuiving en materiaal transport. Met resultaat in de rij met *stabiliteit* wordt de uitkomst van de eenvoudige toets op de stabiliteit gegeven. Indien het resultaat van de eenvoudige toets “twijfelachtig” is wordt in de rij Anamos het resultaat van de gedetailleerde toets met Anamos gegeven.

Op basis van de resultaten van de medio 2000 uitgevoerde inventarisatie van de bekledingen op de Noordoostpolderdijken zijn er aanpassingen aangebracht op de uit [GD, 1998] verkregen informatie over de constructie. Voor alle berekeningen geldt dat deze zijn uitgevoerd met een soortelijke massa van water van 1000 kg/m^3 .

5.2.4 Resultaten

Het basalt 20/30 aan de onderkant van het buitentalud (globaal tussen NAP 0,0 m en NAP + 0,55 m) ligt. Dit deel van de bekleding scoort bij de gedetailleerde toets afwisselend “goed” en “twijfelachtig”. Bij de score “twijfelachtig” is dit in alle gevallen het geval omdat de F-waarde groter dan 6,0 is. Bij een waarde van F groter dan 6,0 is Anamos niet meer toepasbaar.

$$F = (\xi)^{2/3} H_s / \Delta D$$

Hierin is:

- ξ : de brekerindex $= \tan \alpha / (H_s / L_o)^{1/2}$
- H_s : de significante golfhoogte (m)
- L_o : golflengte op diep water (m)
- Δ : relatieve dichtheid $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$
- ρ_s, ρ_w : soortelijke massa van respectievelijk water en steen
- D : dikte van het toplaagelement

Alleen op het traject 19,5 – 23,0 km scoort het basalt 20/30 “onvoldoende”. Voor het basalt 20/30 wordt dan ook geadviseerd om een geavanceerde toets uit te voeren, waarbij de volgende aspecten bekeken moeten worden:

- welke invloed heeft het meenemen van het voorland op de hydraulische randvoorwaarden, en vervolgens op het toetsresultaat,
- zijn proefresultaten bekend die meer informatie kunnen geven ten aanzien van het gedrag van basalt onder zware golfbelasting,
- in hoeverre kan de reststerkte van de onderliggende rug keileem in de toetsing worden betrokken.

Het basalt 30/40 dat iets hoger op het talud aanwezig is scoort op alle trajecten “goed”.

Het graniet op de berm scoort meestal “goed” en op enkele trajecten “twijfelachtig”. In die gevallen waar het graniet op de berm “twijfelachtig” scoort is dit op basis van de eenvoudige toets. De gedetailleerde toets met Anamos is niet mogelijk daar Anamos alleen op taluds steiler dan 1:6 toepasbaar is.

Voor de trajecten waar het graniet op de berm “twijfelachtig” scoort wordt een geavanceerde toetsing geadviseerd, waarbij de volgende aspecten bekeken moeten worden:

- welke invloed heeft het meenemen van het voorland op de hydraulische randvoorwaarden, en vervolgens op het toetsresultaat,

- is Anamos toepasbaar op dezelfde wijze als de eenvoudige toets met een berm (bekleding wordt verondersteld aanwezig te zijn op een taludhelling die gelijk is aan die van het ondertalud met een top laagdikte die middels de bermfactor is aangepast). Indien zo'n benadering toepasbaar is, dan veranderen de scores "twijfelachtig" in "goed".
- in hoeverre kan de reststerkte van de onderliggende rug keileem in de toetsing worden betrokken.

"Leendertse blokken" is een systeem van geschakelde betonblokken. Voor de toetsing zijn zij als niet-geschakelde betonblokken beschouwd daar er voor geschakelde blokken nog geen toetsprocedure bestaat. De Leendertse blokken, die op enkele delen van de dijk worden toegepast scoren "onvoldoende". Deze conclusie wordt nog versterkt door het feit dat de beheerder heeft aangegeven dat er op meerdere locaties holle ruimtes onder deze blokken zijn geconstateerd dan wel worden vermoed.

Alle klinkerbekledingen zullen worden vervangen. Deze maatregel was al voor de toetsing genomen door de beheerder. De schaderapportage na de storm van januari 1984 geeft aan dat er schade was geconstateerd aan de klinkers, met name op delen van de berm [Dienstkring Noordoostpolder, 1984].

Het asfalt en de betonplaten op de berm worden in respectievelijk paragraaf 5.4 en 5.5 behandeld.

De gezette steenbekledingen boven de berm zijn middels de in Zeeland toegepaste methodiek getoetst (getoetst met een middels de bermfactor aangepaste blokdikte). De score van deze bekledingen is vrijwel overal "twijfelachtig". Met name op de trajecten waar de maatgevende waterstand onder de berm ligt lijkt een score "goed" meer voor de hand te liggen, hierbij met name verwijzend naar het toetsresultaat van de geavanceerde toets uit 1998 [GD, 1998] en naar de tekst hierover op bladzijde 108 van het handboek voor dimensionering van gezette taludbekledingen [CUR 155, 1992]: "Vanaf het berm-niveau (op het boventalud) is de golfaanval veel kleiner dan op een talud zonder berm, mits de bermdiepte kleiner is dan H_s en er door de berm een duidelijke oploopreductie is te verwachten. Er kan zelfs worden overwogen om het talud boven de berm te bekleden met doorgroeiblokken of bij een kleine golfaanval met alleen een goede grasmat op klei. Dit is nog onderwerp van nadere studie." Vandaar dat voor dit gedeelte van het dijkprofiel een geavanceerde toetsing wordt geadviseerd.

5.3 Asfalt

Asfalt komt als taludverdediging op de Noordoostpolderdijken op beperkte schaal voor. Op het traject tussen 25,7 km en 36,2 km komt op de berm over een breedte van enkele meters asfalt op klinkers voor. Bij de geavanceerde toetsing uit 1998 [GD 1998] is het asfalt volgens de meest recente inzichten getoetst. Hier zal worden volstaan om na te gaan in hoeverre de conclusies die toen getrokken zijn moeten worden aangepast op basis van de nu vigerende hydraulische randvoorwaarden.

Twee mogelijke bezwijkmechanismen worden voor de toetsing van asfalt beschouwd, namelijk:

1. bezwijken door wateroverdrukken, en
2. bezwijken als gevolg van golfklappen.

Wateroverdrukken treden op in de zone tussen de maatgevende hoogwaterstand en de onderkant van de asfaltbekleding. Voor het bezwijkmechanisme "wateroverdrukken" is de grondwaterstand in de dijk een belangrijke parameter. De ervaring bij rivier- en meerdijken leert dat de grondwaterstand in de dijk beduidend lager ligt dan de maatgevende hoogwaterstand. Bij zeedijken wordt als conservatieve inschatting een grondwaterstand gehanteerd die midden tussen de gemiddelde waterstand (hier meerpeil

NAP -0,20 m) en de maatgevende hoogwaterstand ligt. Alle asfaltbekledingen van de Noordoostpolderdijken liggen in ieder geval boven dit niveau en derhalve is toetsen op wateroverdrukken niet nodig.

Als bovengrens voor de zone waar golfklappen op kunnen treden kan de maatgevende hoogwaterstand $+ 0,25 H_s$ worden aangehouden. Voor alle trajecten waar asfalt voorkomt ligt het asfalt onder de maatgevende hoogwaterstand $+ 0,25 H_s$. Toetsing van de asfaltbekledingen geschiedt volgens hoofdstuk 3 van katern 8 van de LTV.

De benodigde laagdikte van het asfalt kan bepaald worden aan de hand van figuur 3.2.2.6 van het katern 8 van de LTV. Voor een golfhoogte van maximaal $H_s = 2,29$ m en een taludhelling flauwer dan 1 : 6 is een laagdikte van 0,14 m nodig. De aanwezige laagdikte van 0,08 m, zie blz. 54 van [GD, 1998] voldoet hier niet aan, vandaar dat de gedetailleerde methode voor het toetsen van asfalt moet worden toegepast.

In hoofdstuk 3.2.3 van katern 8 van de [LTV, 1999] wordt de gedetailleerde toetsing voor een asfaltbekleding beschreven. Nieuw in de definitieve versie van de LTV is dat de bepaling van de laagdikte met het computer programma "GOLFKLAP" moet worden uitgevoerd. Navraag bij de helpdesk LTV leert dat dit programma nog niet operationeel is. Wel mag worden aangehouden dat toepassing van de gedetailleerde toetsprocedure van de groene versie van de LTV een conservatieve uitkomst geeft.

In [GD, 1998] is middels de groene versie van de LTV berekend welke laagdikte het asfalt op de Noordoostpolderdijk moet hebben. De uitkomst van deze toetsing is een minimale dikte van 0,07 m. Deze toetsing is uitgevoerd uitgaande van een maatgevende golfhoogte van $H_s = 2,26$ m. Voor de huidige toetsing geldt een maatgevende golfhoogte van $H_s = 2,29$ m. Dit verschil in maatgevende golfhoogte is verwaarloosbaar. Er mag dus worden geconcludeerd dat het toetsresultaat "goed" zoals dit in [GD, 1998] is gegeven, nog steeds juist is.

Op het traject tussen km 25,87 – 25,97 bevindt zich op het boventalud een strook asfalt. Volgens gegevens van de opdrachtgever gaat het om een 0,2 m dikke laag asfalt, die direct op het klei ligt. Op dit traject gelden de volgende randvoorwaarden $H_s = 2,31$ m, de taludhelling is 0,37 en de bermfactor is 0,42.

Uitgaande van figuur 3.2.2.6 van katern 8 van de LTV is onder de gegeven omstandigheden een dikte van 0,19 m voldoende om de score "goed" aan de asfaltlaagbekleding te kunnen geven. De invloed van de berm (bermfactor) is niet in beschouwing genomen.

5.4 Betonplaat

Betonplaten komen als taludverdediging voor de Noordoostpolderdijken op beperkte schaal voor. Op het traject tussen 10,5 km en 23,0 km komt op de berm over een breedte van enkele meters betonplaten voor. Bij de geavanceerde toetsing uit 1998 [GD, 1998] zijn de betonplaten volgens de meest recente inzichten getoetst. In de voorliggende toetsing wordt nagegaan in hoeverre de conclusies die toen [GD, 1998] getrokken zijn moeten worden aangepast op basis van de nu vigerende hydraulische randvoorwaarden.

Voor de beoordeling van de betonplaten wordt het beoordelingsschema in figuur 5.2.1. uit katern 8 van de LTV [LTV, 1999] toegepast. Door de beheerder zijn geen problemen met de betonplaten op de dijk van de Noordoostpolder gemeld. Vandaar dat "het gedrag" als "goed" kan worden beoordeeld.

De betonplaten vormen een onderdeel van de bekleding op de berm van het buitentalud van de dijk. Op het traject tussen 10,5 km en 23,0 km ligt de berm beneden toetspeil $+ 0,5 H_s$.

Op plaatsen waar de betonplaat op de berm aanwezig is, is de taludhelling veel flauwer dan 1 : 4. Het gevaar voor afschuiving is dus niet aanwezig.

Voor zover daar informatie over beschikbaar is gesteld, liggen de betonplaten direct op het keileem. Materiaaltransport door de betonplaat is niet mogelijk. Daar er geen filter en ook geen geotextiel aanwezig is, is transport hierdoor ook niet mogelijk.

Conform de overwegingen die bij het asfalt zijn gegeven wordt gesteld dat overdrukken onder de betonplaten niet aan de orde zijn. Wel liggen de betonplaten beneden toetspeil + 0,25 H_s , zodat het toetsen op golfklappen moet worden uitgevoerd.

Bij de geavanceerde toets [GD, 1998] wordt ervan uitgegaan dat, indien de betonplaat in de klapzone ligt, deze de score "onvoldoende" moet worden gegeven. Door de nieuwe inzichten met betrekking tot de hydraulische randvoorwaarden blijken de betonplaten op alle locaties binnen de klapzone te vallen. Op basis van de nu bekende gegevens worden de betonplaten niet goedgekeurd bij de toets op golfklappen.

5.5 Gras

Op de dijken van de Noordoostpolder wordt veel gras toegepast. Lopend langs de dijk lijkt het alsof direct boven de berm de grasbekleding begint. Dit is echter niet juist, want onder het gras bevindt zich over de eerste meters boven de berm een gesloten steenbekleding. De echte grasbekleding begint globaal op het niveau NAP + 2,50 m. Voor vier representatieve locaties op de Noordoostpolderdijk is de toets voor het gras op het buitentalud uitgevoerd, namelijk 7,0 – 10,5 km, representatief voor de Noordermeerdijk; 19,5 – 23,0 km, representatief voor de Westerveerdijk; 27,0 – 29,0 km, representatief voor de Zuidermeerdijk (West) en 35,0 – 36,2 km, representatief voor de Zuidermeerdijk (Oost).

5.5.1 Stabiliteit

De grastoets is uitgevoerd volgens figuur 4.7.2.1 in katern 8 van [LTV, 1999].

- stap 1. Er is geen ervaring met betrekking tot het gedrag van de bekleding onder de maatgevende hydraulische condities;
- stap 2. Beheertype, zie paragraaf 4.3. Deze is slecht;
- stap 3. De factor $4 \cdot H_s \tan \alpha$ is groter dan 2;
- stap 4. et gras ligt hoger dan toetspeil;
- stap 5. Toetsen op stromen, zie paragraaf 4.3 en voor de resultaten zie tabel 5.5;
- stap 6. oetsen op reststerkte, zie laatste alinea van deze paragraaf.

tabel 5.5 Erosiebestendigheid van de graszode, zie figuur 4.7.2.3 katern 8 van de LTV

Dijkvak (km)	7,0 – 10,5	19,5 – 23,0	27,0 – 29,0	35,0 – 36,2
waterstand m+NAP	1,54	1,56	1,48	1,98
H_s (m)	2,09	2,38	2,22	1,33
T_p (s)	6,15	6,58	6,39	5,71
begin gras m+NAP	2,35	3,11	2,60	2,35
z (m)	0,81	1,55	1,12	0,37
z_q (m)	3,41	4,27	3,77	2,14
$\tan \alpha$	0,225	0,225	0,225	0,225
v_r (m/s)	2,32	2,27	2,29	1,97
$t_{s,r}$ (uur)	11	10	11	9
$t_{s,r,max}$ (uur)	2	2	2	5
Score	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende

Hier is het iets belangrijker dan in paragraaf 4.3 om de juiste belastingduur te bepalen. De veronderstelde stormopzet staat gegeven in figuur 2.3.7.1 van katern 3 van de LTV [LTV, 1999]. Hier is de volgende benadering gehanteerd:

- van $t = 0$ tot $t = 15,5$ uur groeit de windopzet van NAP – 0,20 m (meerpeil) tot de maatgevende waterstand. De golven groeien tot de maatgevende golfcondities. Voor deze groeiperiode wordt aangenomen dat er geen golfbelasting op het gras aanwezig is;

- gedurende 4 uur is een volledige belasting op het gras, maatgevende waterstand met maatgevende golven, aanwezig;
- na deze periode neemt de wind af, de waterstand zakt in 15,5 uur af tot NAP – 0,20 m (meerpeil) en de golfhoogte zal ook langzaam afnemen. Hier wordt aangenomen dat de maatgevende golfhoogte tijdens deze fase volledig aanwezig blijft, dit compenseert de aanname dat er geen golven zijn tijdens de groeifase.

Voor dijkvak 7,0 – 10,5 km is de berekening van maatgevende belastingduur gegeven:

1. Groeifase: geen belasting;
2. Top van de stormopzet: $t_{sr} = (1 - 0,81/3,41) \times 4 = 3$ uur;
3. Afname fase: de gemiddelde waarde van z is in deze fase $(0,81 + 2,55)/2 = 1,68$, dus $t_{sr} = (1 - 1,68/3,41) \times 15,5 = 8$ uur;
4. De totale belastingduur t_{sr} is dus 11 uur.

Deze berekening gaat ervan uit dat de kwaliteit van de klei onder het gras aan de gestelde voorwaarden voldoet: “minimaal categorie 3 met maximaal 50% zand”. De resultaten van de boringen op de kruin en binnentalud (zie tabel 4.3) geven aanleiding om er niet op de voorhand vanuit te gaan dat deze kwaliteit aanwezig is op het buitentalud.

De onzekerheid met betrekking tot de kwaliteit van de kleilaag onder het gras maakt een nadere beschouwing van de reststerkte minder zinvol.

5.5.2 Analyse en aanbeveling

Zuiver op basis van de resultaten van de eenvoudige toets van de grasbekleding aan de meerszijde van de dijk is de score voor het gras “onvoldoende”. Toch zijn er enkele punten die een nadere analyse rechtvaardigen:

1. De invloed van de berm op de waterbeweging is niet in beschouwing genomen. Let wel bij de geavanceerde toets uit 1998 [GD, 1998] is op basis van een notitie van de DWW de score “goed” aan het gras gegeven. Citaat uit [GD, 1998]: “Volgens de notitie van Johanson en Seijffert is bij een talud 1 : 3,5 in de zone boven de berm toepassing van gras bij een golfhoogte tot 2,3 m mogelijk. Er moet wel aandacht aan de kwaliteit van de grasbekleding worden besteed.”
2. Op basis van het type beheer wordt de kwaliteit van de grasmat als “slecht” beoordeeld. Indien een deskundige beoordeling van gras de beoordeling naar “middelmatig” zou kunnen opwaarderen dan komen de toelaatbare belastingduur en de te verwachten belasting duur dicht bij elkaar.

5.6 Overgangsconstructies

Een overgangsconstructie is een constructie, die is gemaakt om verschillende typen taludbekledingen, inclusief onderlagen, op elkaar aan te laten sluiten.

Overgangsconstructies komen zowel evenwijdig aan de lengte-as van de dijk voor als haaks daarop.

Op circa NAP 0,0 m wordt de overgang tussen het basalt 20/30 en het kraagstuk met de steenbestorting gevormd door een damwandconstructie. De damwand is met name aanwezig om het onderuit zakken van basaltbekleding te voorkomen. De damwandconstructie zit dusdanig laag op het talud dat bij toetsomstandigheden (hoge waterstand en hoge golven) de damwand niet of nauwelijks door de golven belast zal worden. De functie van de damwand komt dus niet door deze omstandigheden in gevaar. In deze zin kan worden gesteld dat voor deze overgangsconstructie geldt dat er sprake is van een onderhoudsaspect dan van een veiligheidsaspect. Ook zal de damwand geen invloed hebben op de belasting van de basaltbekleding die boven de damwand aanwezig is. Het basalt is zo open dat de waterbeweging geheel door de toplaag plaats zal vinden en niet of nauwelijks door het filter.

6 Stabiliteit

6.1 Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden de aspecten stabiliteit van het buiten- en binnentalud, microstabiliteit en piping behandeld.

De rapportage is als volgt ingedeeld. In paragraaf 6.2 wordt ingegaan op de opzet van de werkzaamheden. De beschikbare gegevens worden in paragraaf 6.3 besproken. In paragraaf 6.4 worden de aspecten microstabiliteit en piping besproken en in paragraaf 6.5 het aspect stabiliteit van de binnen- en binnentaluds. Diverse tussenresultaten zijn in de bijlagen 6.1 tot en met 6.8 weergegeven.

De conclusies zijn samengevat in hoofdstuk 8.

6.2 Opzet van de toets voor stabiliteit en piping

In eerste instantie zijn de betreffende faalmechanismen volgens de eenvoudige toets uit de Leidraad Toetsen op Veiligheid [LTV, 1999], verder als LTV aan te duiden, getoetst. Deze toets is voornamelijk op geometrische kenmerken gebaseerd. Het resultaat hiervan is in concept gerapporteerd. Het blijkt dat een groot aantal van de profielen niet voldoet aan de eisen volgens de eenvoudige toets. In tweede instantie is daarom een gedetailleerde toets uitgevoerd. Dit komt in hoofdlijnen neer op een beoordeling volgens de ontwerp-richtlijnen van de TAW. Met het beschikbaar komen van de resultaten van de gedetailleerde toets, is de eenvoudige toets niet meer van belang. Deze is daarom niet in dit rapport opgenomen, voorzover de gedetailleerde toets is uitgevoerd. Wel zijn in bijlage 6.1 de diverse invoergegevens en de resultaten vermeld. Aan de hand van de LTV kan dit desgewenst worden geïnterpreteerd. De gedetailleerde toets wordt per faalmechanisme of beoordelingsspoor in de navolgende hoofdstukken besproken. Dit betreft de beoordelingssporen piping (STP), microstabiliteit (STU), stabiliteit buitenwaarts (LB) en stabiliteit binnenwaarts (STM). De beoordeling is volgens de meest recente ontwerpbeleidraden van de TAW gedaan, namelijk de Leidraad Zee- en Meerdijken [TAW, 1999], De Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken, deel 1 [TAW, 1986] en deel 2 [TAW, 1989] en de Handreiking Constructief Ontwerpen [TAW, 1994]

Voor de aspecten zettingsvloeiing en afschuiving voorland (ZV en AF) is wel de eenvoudige toets gevolgd volgens de LTV. De resultaten zijn in paragraaf 6.5 opgenomen.

Voor alle beoordelingssporen is tevens een beoordeling omtrent het gedrag van de dijk nodig. Deze beoordeling is door de beheerder van de dijk gegeven en opgenomen in de samenvatting van de resultaten in hoofdstuk 8.

6.3 Projectgegevens

6.3.1 Basisgegevens

Alle gegevens zijn door de opdrachtgever verstrekt.

De volgende bronnen zijn gebruikt:

1. Bestaande dwarsprofielen, twee bladen, RWS directie IJsselmeergebied, 1995, profielen Lemmer km 0.54, 0.59 en 0.69; profielen Schokkerhaven km 37.775
2. Lodingen IJsselmeer bodem - Rijkswaterstaat
3. Overzicht van zichtbare objecten op de dijk, 1994
4. Rapport betreffende dijkversterking IJsselmeerdijk Noordoostpolder: geotechnische aspecten, opdrachtnummer V-1233, Fugro, RWS directie IJsselmeergebied, augustus 1996 [Fugro, 1996]
5. Analyse kwelprobleem Zuidermeerdijk nabij km 36, opdrachtnummer V-1364/001, Fugro, RWS directie IJsselmeergebied, oktober 1997 [Fugro, 1997]
6. Grondonderzoek en funderingsadvies ten behoeve van 25 windturbines nabij Urk, p-079 en 2e windpark IJsselmij nabij Urk, V-1012, Fugro, circa 1987 en juni 1990, [Fugro, 1990]
7. Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied, Rijksgeologische dienst, Rijkswaterstaat e.a., 1991, [RGD, 1991].
8. Dijkversterking IJsselmeerdijken Noordoostpolder, projectnota en milieu-effectrapport, deelconcept 11 januari 2000, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied [RDIJ, 2000]
9. Principe opbouw dwarsprofiel van de dijk
10. Overzicht met maaiveldhoogtes binnendijks (A3 kleurenkopie – Rijkswaterstaat)
11. Overzicht met de locatie van drains
12. Boorstaten van boringen welke in het kader van de aanleg van de dijk zijn gedaan, gepresenteerd als een continu lengteprofiel langs het traject.

De toetspeilen zijn berekend met Hydra-M. Voor de toets op stabiliteit zijn waterstanden berekend welke met een frequentie van 1/4000 per jaar worden overschreden. Hierbij is de invloed van golven niet in rekening gebracht, omdat deze een relatief korte periode hebben en voor de stabiliteit niet van belang zijn. In hoofdstuk 3 zijn de toetspeilen opgenomen. In bijlage 6.1, de tweede pagina, zijn de toetspeilen eveneens per profiel opgenomen. De toetspeilen die voor de beoordeling van de bekleding zijn gebruikt wijken in sommige gevallen af van de toetspeilen die voor de beoordeling van de stabiliteit zijn gebruikt. Momenteel is niet exact bekend waar de verschillen door worden veroorzaakt. De invloed van de waterstanden op de stabiliteit is echter niet zo dat enkele decimeters verschil een ander resultaat van de toets tot gevolg zou hebben. Onder andere doordat de binnendijkse waterstand bepaald wordt door het polderpeil of de drainage, heeft de buitenwaterstand een beperkte invloed.

Daarnaast is de volgende informatie verstrekt door de opdrachtgever:

Slootpeil

Het streefpeil van de waterstand in de binnendijkse sloten is 0,1 m boven de slootbodern. Het bodemniveau van de sloten is 0,8 m beneden het binnendijkse maaiveld.

Drains

Uit het overzicht met de locatie van drains blijkt dat in de volgende trajecten drains aanwezig zijn:

km 1.1 – 24.09

km 26.03 – 31.24

km 31.70 – 37.17
km 38.42 – 41.85

Er zijn 1 of 2 drains aanwezig, welke evenwijdig aan de dijk lopen op een afstand van 7 en 13 m vanaf de insteek van de sloot. De diepteligging van de drains is 0,9 m ten opzichte van maaiveld. Iedere 100 à 150 m monden de drains uit in de sloot.

De drains functioneren goed. Kwantitatieve informatie is niet beschikbaar. De beheerder van de dijk heeft meegedeeld dat er veel water door de drains wordt afgevoerd. Op basis van deze informatie is aangenomen dat de freatische lijn niet uittreedt uit het binnentalud of uit het sloottalud, in de profielen waar drains aanwezig zijn.

Onderwatertaluds

De beschikbare profielen geven geen inzicht in de geometrie van de profielen onder water. Hierover is door de opdrachtgever de volgende informatie verstrekt:

Het talud loopt onder een helling van 1:4 vanaf de stortberm, welke wel in de profielen is getekend, tot NAP – 2,0 m. Vanaf NAP – 2,0 m tot de bodem is de helling 1:6. Het 1:4 deel is bestort, het 1:6 deel is niet bestort en bestaat uit zand. Het bodemniveau is verkregen uit de lodingen.

Niet-waterkerende objecten

De informatie over niet-waterkerende objecten is in hoofdstuk 7 vermeld.

6.3.2

Aanvullend onderzoek

Er heeft aanvullend onderzoek naar de opbouw van de bodem plaatsgevonden ter plaatse drie dijktrajecten, waar de geometrie duidelijk afwijkt van de overige trajecten. Dit betreft het dijktraject in Lemmer, Schokkerhaven en de Ramsdijk van km 42.22-44.3. Dit laatste traject heeft een afwijkende geometrie omdat bij de bouw hier veel grond is opgebracht waardoor een brede, naar binnen toe aflopende kruin is ontstaan. Dit stuk dijk wordt ook wel de 'vloeidijk' genoemd.

Het onderzoek heeft bestaan uit 12 sonderingen en 12 handboringen. In onderstaande tabel zijn de locaties van de handboringen gegeven. In bijlage 6.3 zijn de boorstaten opgenomen. De sonderingen zijn separaat gerapporteerd ('Grondonderzoek Noordoostpolder Ramspol – Lemmer', opdrachtnummer R-3032, Fugro, 27 april 2000). Een situatietekening met de locaties van de sonderingen is hierin opgenomen. Het aanvullende grondonderzoek is gebruikt voor de beoordeling op piping, microstabiliteit en macrostabiliteit.

tabel 6.1 Locaties handboringen tot 4 m - maaiveld

boring	profiel	locatie in profiel	meter t.o.v. buitenkruinlijn
B01	Lemmer circa 30 m N van pand 4	kruin	
B02	Lemmer circa 50 N van coupure	kruin	
B03	id B01	buitenteen	
B04	id B02	buitenteen	
B05	Schokkerhaven dp 376+80 m	kruin	
B06	Schokkerhaven dp 378+80 m	kruin	
B07	Schokkerhaven dp 377+60 m	buitenteen	5 m
B08	Schokkerhaven dp 378+80 m	binnendijks	40 m
B09	Ramsdijk dp 423	kruin	
B10	Ramsdijk dp 430	kruin	
B11	Ramsdijk dp 423	binnenberm	80 m
B12	Ramsdijk dp 430	binnenberm	55 m

6.3.3

Profielkeuze

De LTV geeft aan dat een trajectindeling dient plaats te vinden, zonodig per beoordelingsspoor. Hiertoe was echter niet voldoende informatie beschikbaar. In eerste instantie zijn de profielen gebruikt welke ook bij eerder onderzoek (Fugro, 1996) zijn gebruikt. De profielkeuze is destijds op basis van variaties in de hydraulische randvoorwaarden gedaan. Andere belangrijke aspecten zijn de variaties in de geometrie en in de grondopbouw. Op basis van de geometrie zijn nog drie profielen toegevoegd, namelijk:

- Lemmer, km 0.54, aangevuld met informatie over de geometrie van de onderste berm en de sloot uit een profiel nabij km 0.2
- Schokkerhaven km 37.778
- Ramsdijk, km 43.000

In onderstaande tabel is een overzicht van de geselecteerde profielen gegeven.

tabel 6.2 Overzicht profielen

profiel (km)	traject	opmerking
0.54	Lemmer	toegevoegd in 2000
5	Noordermeerdijk	selectie 1996
9	Noordermeerdijk	selectie 1996
14.2	Westermeerdijk	selectie 1996
17	Westermeerdijk	selectie 1996
21	Westermeerdijk	selectie 1996
27.3	Zuidermeerdijk	selectie 1996
30.5	Zuidermeerdijk	selectie 1996
34	Zuidermeerdijk	selectie 1996
36.4	Zuidermeerdijk	selectie 1996 / nader onderzoek 1997
37.778	Schokkerhaven	toegevoegd in 2000
40	Ramsdijk	selectie 1996
43	Ramsdijk (vloedijk)	toegevoegd in 2000

De geselecteerde profielen geven een goed beeld van de geometrie van de dijken tussen Lemmer en Ramspol, voorzover dit beoordeeld kan worden op basis van de beschikbare profielen. Met name het kruinniveau en het niveau van de onderste berm spelen hierbij een rol.

Ten tijde van het opstellen van het plan voor de aanleg van de dijk is een grondlengte-profiel gemaakt, bestaande uit boorstaten. Voor zover op basis van deze informatie beoordeeld kan worden, geven de gekozen profielen de variaties in de grondopbouw redelijk weer.

Een nauwkeurige beoordeling van de representativiteit van de gekozen profielen is niet in het kader van deze opdracht gedaan. Wel kan worden gesteld dat zowel de geometrie als de grondopbouw redelijk weergegeven worden in de gekozen profielen, voor zover dit op basis van de beschikbare informatie kan worden beoordeeld.

Overigens heeft het grondonderzoek dat is gebruikt voor de beoordeelde profielen niet overall exact bij het beschouwde profiel plaatsgevonden. In overeenstemming met het eerdere onderzoek [Fugro, 1996] is in een aantal gevallen onderzoek van naastliggende profielen gebruikt. In bijlage 6.1, op de tweede pagina, is per profiel aangegeven waar het grondonderzoek heeft plaatsgevonden en de locatie van de geometrie die voor het betreffende profiel is aangehouden.

6.4 Microstabiliteit en piping

6.4.1 Algemeen

Zowel microstabiliteit (STU) als piping (STP) ontstaan indien er grondwater binnendijs uittreedt. Afhankelijk van de locatie in het dwarsprofiel en de grondopbouw is er sprake van lokale uitspoeling van grond (micro-instabiliteit) of van piping. Om deze reden worden beide faalmechanismen in hetzelfde hoofdstuk behandeld.

De beoordeling op piping (STP) vindt plaats volgens paragraaf 4.3.2 van katern 5 van de LTV, de beoordeling op microstabiliteit (STU) volgens paragraaf 4.3.5 van katern 5 de LTV.

De grondwaterstroming speelt een belangrijke rol hierbij. In de navolgende paragraaf wordt daarom in eerste instantie ingegaan op de grondwaterstroming. Vervolgens worden de aspecten microstabiliteit en piping besproken

6.4.2 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming door en onder de dijk en de grondwaterpotentialen of stijghoogten in de watervoerende zandlagen zijn van belang voor diverse faalmechanismen, namelijk:

- de macrostabiliteit van het binnentalud;
- de micro-stabiliteit;
- opbarsten en piping.

Bij het bepalen van de grondwaterstroming speelt de opbouw van de ondergrond een belangrijke rol. Van beneden naar boven kunnen de volgende lagen worden onderscheiden:

- het eerste watervoerende pakket;
- het holocene pakket, bestaande klei- en veenlagen; ter plaatse van de waterkering is deze laag weggebaggerd, behoudens een laag met een dikte van circa 1,00 m;
- het zandcunet van de dijk;
- keileemkades en kleilagen, welke de dijk afdekken.

In de navolgende paragrafen wordt ingegaan op de stijghoogten en freatische vlakken.

6.4.3 Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket

Tussen de eerste watervoerende zandlaag en de hoger gelegen zandlagen en het oppervlaktewater treedt niet of nauwelijks een grondwaterstroming op. De stijghoogten in de eerste watervoerende zandlaag zijn verkregen uit de Geohydrologische Atlas voor het IJsselmeergebied [RGD, 1991].

Voor de dijken langs de Noordoostpolder – tussen Lemmer en Ramspol – varieert de stijghoogte tussen NAP –2,7 m en NAP –5,0 m. In bijlage 6.1 is per profiel de stijghoogte opgenomen.

In het kader van werkzaamheden aan de vaargeul Lemmer – Lelystad zijn een aantal peilbuizen geplaatst binnendijks in de polder. Deze zijn ingemeten tussen augustus 1999 en maart 2000. De gemeten stijghoogten zijn gelijk of lager aan de stijghoogten volgens de Geohydrologische Atlas. De waarden volgens de atlas zijn derhalve veilige waarden voor dit gebied.

6.4.4 Freatisch vlak in het dijklichaam

Elementen die een rol spelen bij het tot stand komen van het freatische vlak in het dijklichaam zijn:

- de waterstand op het IJsselmeer, gelijk aan het toetspeil;
- de binnendijkse (grond)waterstand;
- uitwisseling tussen het eerste watervoerende pakket en bovengelegen lagen of het IJsselmeer;
- drainage;
- neerslag en golfoverslag;
- de laagopbouw en de doorlatendheden van de diverse grondlagen.

De toetspeilen zijn in bijlage 6.1 per profiel vermeld.

De binnendijkse grondwaterstand is afhankelijk van het peilbeheer in de polder. Door de opdrachtgever is aangegeven dat het streefpeil van de waterstand in de binnendijkse sloot op 0,1 m boven de slootbodem ligt. De slootbodem ligt op 0,8 m beneden het binnendijkse maaiveld. De grondwaterstand binnendijks wordt gelijk gesteld aan het niveau in de sloot. Het is niet bekend in hoeverre deze grondwaterstand ook direct binnendijks van de waterkering gehandhaafd wordt tijdens hoogwater op het IJsselmeer. In de stabiliteitsberekeningen is uitgegaan van een grondwaterstand gelijk aan het binnendijkse maaiveldniveau. Dit is een veilige aanname.

De uitwisseling tussen de eerste watervoerende zandlaag en bovengelegen lagen is verwaarloosd. In sommige gevallen betreft dit kwel, in andere gevallen inzijging van water. Verondersteld kan worden dat deze uitwisseling gering is, omdat anders het verschil in stijghoogte tussen de eerste watervoerende laag en het IJsselmeer niet in stand gehouden zou worden.

In de meeste profielen is drainage aanwezig. De beheerder, het waterschap Zuiderzeeland, heeft aangegeven dat deze zeer goed werkt. Op basis hiervan wordt aangenomen dat de freatische lijn niet uit het binnentalud treedt, inclusief het talud van de sloot.

De invloed van neerslag en golfoverslag op de freatische lijn is niet expliciet in rekening gebracht. Mogelijk is deze invloed gering, omdat het dijklichaam grotendeels uit zand is opgebouwd, waardoor een relatief goede ontwatering aanwezig is. De aanname voor de binnendijkse grondwaterstand, waarbij is uitgegaan van een hogere waarde dan het binnendijkse streefpeil, kan gezien worden als een compensatie van de invloed van neerslag en golfoverslag.

De laagopbouw is geschematiseerd op basis van de in paragraaf 6.3 vermelde gegevens. Een eventuele sliblaag op het onderwatertalud is niet in rekening gebracht. De aanwezig-

heid hiervan is niet onderzocht en de aanname dat deze afwezig is, is een veilige aanname. Verder is ervan uit gegaan dat zich in het cunet geen druk kan opbouwen, doordat de afdekkende kleilaag op de lage berm afwezig is, of zo dun is dat deze snel opbarst. Dit is in overeenstemming met de resultaten van de boringen en sonderingen.

De ligging van de freatische lijn is met deze uitgangspunten berekend voor de profielen waar geen drainage aanwezig is, met een numeriek rekenmodel. Dit zijn de profielen bij Lemmer, Schokkerhaven en de Ramsdijk km 43. Het resultaat is grafisch weergegeven in bijlage 6.4. In de overige profielen is drainage aanwezig nabij de binnenteen. Het uitgangspunt is dat de drainage zo goed werkt, dat de freatische lijn niet uittreedt. Rekening houdend met dit uitgangspunt is de ligging van de freatische lijnen in de profielen met drainage ingeschat op basis van de berekeningen in de overige profielen. De grondopbouw vertoont grote overeenkomsten in alle profielen, waardoor de gevolgde werkwijze verantwoord is.

6.4.5 Microstabiliteit (STU)

Onder microstabiliteit wordt de stabiliteit van gronddeeltjes of geringe hoeveelheden grond verstaan. Er wordt niet meer voldaan aan de eisen ten aanzien van microstabiliteit indien grond wordt uitgespoeld uit het binnentalud, door uittredend water, of indien een toplaat van het binnentalud wordt afgedrukt.

De LTV geeft aan in paragraaf 4.3.5 van katern 5, dat indien een goed werkende drainage aanwezig is, dat dan voldaan wordt aan de eisen ten aanzien van microstabiliteit. Dit is het geval bij de profielen 5 tot en met 34 en 40.

Voor de 3 profielen zonder drainage (Lemmer, Schokkerhaven en Ramsdijk km 43) is de ligging van de freatische lijn berekend. De freatische lijn treedt uit in het talud van de sloot bij alle drie de profielen. Bij Schokkerhaven treedt de freatische lijn bovendien ook uit in de onderberm. De helling van deze berm is 1:6,5. Dit is flauwer dan 1:5, waardoor dit onderdeel voldoet aan de eisen ten aanzien van microstabiliteit, volgens paragraaf 4.3.5 van katern 5 van de LTV.

De taluds van de sloten in alledrie de profielen zonder drainage voldoen echter niet aan dit criterium, deze zijn steiler dan 1:5. In Lemmer is in het veld ook al geconstateerd dat uitspoeling van grond is opgetreden.

Voor profiel 36.4 is in [Fugro, 1997] een beoordeling van de microstabiliteit gegeven. Hieruit volgt dat niet wordt voldaan aan de eisen. Uitspoeling van grond of lokale instabiliteiten onder maatgevende omstandigheden zijn mogelijk. De reden hiervoor is dat de drainage in dit profiel niet goed werkt. De buitenwaterstand die destijds is aangehouden bij de beoordeling, is nagenoeg gelijk aan het huidige toetspeil, zodat de conclusie ook voor de huidige toets overgenomen kan worden.

6.4.6 Piping (STP)

Piping treedt op indien:

- een pipinggevoelige opbouw aanwezig is;
- de afdekkende kleilaag opbarst, of vanwege een andere oorzaak een wel kan ontstaan;
- de aanwezig kwelweg kleiner is dan een bepaalde kritische kwelweg.

Een pipinggevoelige opbouw houdt in dat een watervoerende zandlaag onder een cohesieve laag aanwezig moet zijn. Als watervoerende zandlagen kunnen worden beschouwd, van boven naar beneden:

- het cunet;
- de eerste watervoerende laag;
- eventueel diepere watervoerende lagen.

De mogelijkheid van piping door deze lagen wordt achtereenvolgens besproken.

De beoordeling verloopt in principe volgens paragraaf 4.3.2 van katern 5 van de LTV.

Piping door het cunet

Het cunet wordt in principe niet aan de bovenkant afgesloten door een cohesieve laag. Volgens de principe opbouw van het dijklichaam was dit althans niet de bedoeling. Uit het grondonderzoek is echter gebleken dat in het cunet toch een enigszins cohesieve laag aanwezig is in een aantal profielen. Dit kan mogelijk verklaard worden uit de aanleg van de dijk. Na het aanbrengen van het cunet zijn waarschijnlijk de keileemkades opgebouwd. Door versmering hiervan kan de cohesieve laag zijn ontstaan. In de profielen 27.3, 30.5, 36.4, 37.8 en 40 is een dergelijke laag mogelijk aanwezig. In de andere profielen kan op basis van het grondonderzoek worden uitgesloten dat een doorgaande cohesieve laag aanwezig is.

In de profielen met een goed werkende drainage treedt de freatische lijn niet uit het profiel. De afdekkende kleilaag barst daarom ook niet op, waardoor er geen gevaar is voor piping. Dit geldt voor alle genoemde profielen, met uitzondering van profiel 36.4 en profiel 37.8, Schokkerhaven. De situatie in deze profielen wordt in het navolgende nader beschouwd.

Profiel 36.4

Voor profiel 36.4 is in [Fugro, 1997] een beoordeling gegeven. Hieruit volgt dat voldaan wordt aan de eisen t.a.v. piping. Het MHW dat destijds is aangehouden was 0,06 m hoger dan het huidige toetspeil en de binnendijkse waterstand is niet veranderd, waardoor de conclusie van destijds ook nu nog aangehouden kan worden.

Schokkerhaven

Ter hoogte van Schokkerhaven is opbarsten van de kleilaag wel mogelijk. Welvorming kan optreden op de laagste berm of in de sloot. Piping treedt alleen op indien de aanwezig kwelweglengte kleiner is dan de kritische kwelweglengte. Dit wordt in het navolgende uitgewerkt.

De aanwezige kwelweglengte is 41 m. Hierbij is het intreepunt op circa 4 m buitendijks van de buitenteen genomen, rekening houdend met de aanwezigheid van de keileemkade. Verder buitendijks is bovendien bebouwing aanwezig, waardoor het intreepunt beïnvloed kan zijn. Er dient te gelden:

$L > c \cdot H$, waarin L de kwelweglengte is, c de creepfactor volgens Bligh en H het verval. Het verval is gelijk aan het verschil in niveau tussen het toetspeil en het uitreepunt. Indien het uitreepunt gelijk genomen wordt aan de insteek van de sloot, NAP -3,6 m, dan is het waterstandsverschil 6,4 m. De creepfactor is voor het hier aangetroffen matig grof zand gelijk aan 14. De factor $c \cdot H$, ook wel de kritische kwelweglengte genoemd, is derhalve 98,6 m. De aanwezige kwelweglengte is veel kleiner. Er wordt daarom niet voldaan aan de eisen ten aanzien van piping.

De aanwezige kwelweglengte is bovendien kleiner dan de minimaal vereiste kwelweglengte van 10 maal het verval. Nader onderzoek, bijvoorbeeld met de methode van Sellmeijer, is daarom niet zinvol.

Piping door de eerste watervoerende zandlaag

De eerste watervoerende laag wordt overal afgesloten aan de bovenkant door een afdekkende cohesieve laag. Opbarsten van de afdekkende laag treedt op indien het gewicht van de laag kleiner is dan de opwaartse kracht tengevolge van de stijghoogte in de watervoerende zandlaag. Dit is berekend voor alle profielen. In de tabel in bijlage 6.1 zijn de dikte van de laag en het soortelijk gewicht gegeven. In bijlage 6.2 is de opbarstfactor gegeven. Deze dient tenminste 1,2 te zijn om opbarsten te kunnen uitsluiten. Bij de profielen 5, 9, 14.2 en 17 is de opbarstfactor kleiner dan 1. In de overige profielen is de opbarstfactor groter dan 1,2.

Ter plaatse van de profielen 5, 9, 14.2 en 17 kan derhalve opbarsten optreden. Dit is al zo tijdens dagelijkse omstandigheden. Het is niet waarschijnlijk dat er een uitwisseling is tussen het IJsselmeer en de eerste watervoerende laag, zie paragraaf 3.3 en 3.4. Er zal daarom ook geen grondwaterstroming plaatsvinden onder de dijk door. Piping door deze zandlaag kan daarom worden uitgesloten.

Hetzelfde geldt voor piping door diepere zandlagen.

De score ten aanzien van piping door de watervoerende zandlagen is derhalve 'goed'.

6.5 Macrostabiliteit (STM en STV)

6.5.1 Algemeen

De toets voor de stabiliteit volgens de LTV bestaat uit een eenvoudige toets en een gedetailleerde toets. De eenvoudige toets is een toets op basis van de geometrie en grondopbouw, waarbij in feite wordt nagegaan of na het optreden van een afschuiving nog voldoende overblijft van de dijk, om de waterkerende functie te kunnen vervullen.

Voor het beoordelingsspoor stabiliteit buitenwaarts (STV) wordt tevens nagegaan of er voldaan wordt aan de eisen ten aanzien van zettingsvloeiingen en afschuiving van het voorland (ZV en AF).

Omdat voor alle profielen de gedetailleerde toets is uitgevoerd voor het aspect macrostabiliteit (STM en LB), wordt hier niet verder ingegaan op de eenvoudige toets voor dit onderdeel. In bijlage 6.1 zijn wel de invoergegevens voor de eenvoudige toets gegeven en in bijlage 6.2 de resultaten.

De gedetailleerde toets komt neer op een stabiliteitsberekening met de methode van Bishop, volgens de ontwerp leidraden van de TAW, overeenkomstig paragraaf 4.3.3 en 4.3.4 van katern 5 van de LTV.

De grondopbouw is verkregen uit het grondonderzoek dat bij het betreffende profiel is uitgevoerd, aangevuld met informatie over de principe opbouw van de profielen rond de Noordoostpolder. Bij enkele profielen is geen onderzoek verricht, zie hoofdstuk 2. Voor deze profielen is de grondopbouw van de naastgelegen profielen gebruikt, en wel van het profiel met de ongunstigste grondopbouw. Deze werkwijze is overeenkomstig [Fugro, 1996].

In de tabel in bijlage 6.1 is per profiel vermeld waar het grondonderzoek is uitgevoerd, dat voor het betreffende profiel is gebruikt.

6.5.2 Normering

De stabiliteit is berekend met de methode Bishop. De norm voor de stabiliteitsfactor die met deze methode is berekend, wordt in de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 2 gegeven. De Leidraad Zee- en meerdijken verwijst hiernaar. De norm voor het buitentalud is 1,0. Voor het binnentalud is de norm afhankelijk van de dijkkringfrequentie en de lengte van de dijkkring. Voor de Noordoostpolder komt dit neer op een norm voor de stabiliteitsfactor van 1,18.

6.5.3 Waterstanden en stijghoogten

De bepaling van de freatische lijn en stijghoogten is in paragraaf 6.4 besproken. Indien de stijghoogte in de eerste watervoerende laag lager is dan de freatische lijn, kan inzijging optreden. Hierdoor stijgen de korrelspanningen en wordt de stabiliteit verbeterd. In

hoeverre dit daadwerkelijk optreedt is niet bekend. Dit effect is daarom niet in rekening gebracht.

De stabiliteit van het buitentalud wordt berekend na een snelle val van het buitenwater. Uitgegaan is van een val tot NAP -0,2 m, overeenkomend met het streefpeil op het IJsselmeer in de winter.

6.5.4

Verkeersbelasting

In alle berekeningen is een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m ingevoerd, overeenkomstig de Handreiking Constructief Ontwerpen [TAW, 1994]. In de berekeningen van de binnentaluds is deze belasting op de binnendijkse berm geplaatst en in de berekeningen van de buitentaluds op de buitendijkse berm, indien aanwezig. Op de kruin van de dijken is geen belasting geplaatst.

6.5.5

Grondeigenschappen

De grondeigenschappen zijn verkregen uit [Fugro, 1996]. Hierin zijn de representatieve of karakteristieke waarden voor het gewicht en de wrijvings eigenschappen gegeven. Door deling door de materiaalfactoren volgens de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 1 [TAW, 1986], worden de rekenwaarden verkregen welke in de berekeningen zijn toegepast. Voor profiel 36.4 is lokaal onderzoek uitgevoerd, [Fugro, 1997]. Het blijkt dat de wrijvings eigenschappen voor sommige grondsoorten lager zijn dan in eerste instantie was ingeschat op basis van beperkt onderzoek volgens [Fugro, 1996]. Het onderzoek had weliswaar alleen betrekking op profiel km 36.4, maar omdat een aantal lagen dezelfde geologische oorsprong hebben in het gehele gebied, kan niet worden uitgesloten dat ook elders de lagere waarden van toepassing zijn. Daarom zijn de waarden uit [Fugro, 1997] toegepast, voor zover deze lager zijn dan de eerder gebruikte waarden in [Fugro, 1996]. De waarden zijn enigszins naar beneden afgerond. Dit is een veilige benadering.

In onderstaande tabel zijn de toegepaste materiaalfactoren vermeld.

tabel 6.3 Materiaalfactoren

parameter	materiaalfactor
zand: $\tan(\varphi)$	1.15
klei: c	1.3
$\tan(\varphi)$	1.25
veen: c	1.3
$\tan(\varphi)$	1.3
volumieke massa	1.0

Er zou gediscussieerd kunnen worden of de materiaalfactoren uit de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 1 of uit deel 2 toegepast zouden moeten worden. Omdat de waarden uit deel 1 hoger en dus veiliger zijn, zijn deze toegepast. Dit wordt mede ingegeven omdat het onderliggende laboratoriumonderzoek beperkt is en derhalve relatief weinig inzicht geeft in de eigenschappen.

Voor de vakken waar geen onderzoek is gedaan zijn de eigenschappen van een naastgelegen profiel gebruikt en wel het profiel met de meest ongunstige eigenschappen. Voor de profielen Schokkerhaven en de Ramsdijk km 43 is het onderzoek van profiel 36.4 [Fugro, 1997] gebruikt. Deze waarden zijn bepaald voor profiel 36.4, met behulp van lokaal onderzoek en zijn daarom niet noodzakelijkerwijze in de naastliggende profielen van toepassing. Er is daarom een extra veiligheidsmarge aangehouden door de rekenwaarden bovendien naar beneden af te ronden. De gehanteerde eigenschappen zijn in onderstaande tabel gegeven.

tabel 6.4 Grondeigenschappen

grondsoort	$\rho_{\text{droog}} - \rho_{\text{nat}}$ kN/m ³	c kPa	ϕ graden
Alle profielen			
diep zand	17 - 20	0	26
zand cunet	17 - 20	0	23.9
klei	14 - 14	2	18.0
klei deklaag	15 - 15	3	16.23
keileem	16 - 16	4	22.61
veen	11 - 11	3	10.0
Aanvullende/afwijkende eigenschappen per profiel:			
Km 5, 9, 14			
Zand kleihoudend	15 - 17	1.54	19.8
Km 17, 21			
zand - siltig	16 - 19	0	22.07
veen - kleiig	12 - 12	2.3	13.23
km 27.3			
klei diep	10.5 - 10.5	7.7	14.57
klei diep (alternatief)	10.5 - 10.5	2	18.0
km 34, 40			
zand siltig	16 - 19	0	26.66
klei siltig	13 - 13	1.54	16.26
klei humeus	10 - 10	2.3	13.74
leem	14 - 14	2.3	14.57
afdekklei	15 - 15	3.0	10.05
km 43			
zand kleihoudend	15 - 17	0	21.7
Verklaring van de symbolen:			
$\rho_{\text{droog}} - \rho_{\text{nat}}$	soortelijke massa van de droge en natte grond (boven en onder de freatische lijn)		
c	cohesie		
ϕ	wrijvingshoek		

Ter referentie worden in de volgende tabel de waarden gegeven welke voor profiel km 36 zijn aangehouden in [Fugro, 1997].

tabel 6.5 Grondeigenschappen km 36

grondsoort	$\rho_{\text{droog}} - \rho_{\text{nat}}$ kN/m ³	c kPa	ϕ graden
profiel 36.4			
diep zand	17 - 20	0	26.09
zand cunet	17 - 20	0	23.9
zand - kleihoudend	15 - 17	0	21.7
klei deklaag	13.5 - 13.5	3.08	15.0
keileem	16 - 16	4.0	22.61
klei diep	13.7 - 13.7	2.38	18.42
veen	10.6 - 10.6	4.5	10.56

In een aantal profielen kan opbarsten van de binnendijkse klei- en veenlaag voorkomen. Hierdoor is het mogelijk dat glijvlakken ontstaan die niet cirkelvormig zijn. De beoordeling kan in dergelijke gevallen gebeuren met een drukstaafanalyse volgens de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 2 [TAW, 1989]. Voor deze toets is een dergelijke berekening niet gedaan. Wel is een benadering toegepast, waarin de cohesie en wrijvingshoek gelijk aan nul zijn gesteld in het gebied waar opbarsten voor kan komen.

Dit is een veilige benadering, die in de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 2 [TAW, 1989] wordt genoemd. Het betreft de profielen km 5, 9, 14.2 en 17. Het blijkt dat in geen van de gevallen de glijcirkel in het gebied komt waar opbarsten optreedt. Het al dan niet opbarsten van de klei- en veenlaag heeft derhalve geen invloed op de stabiliteit.

6.5.6

Resultaten

In de navolgende tabel zijn de berekende stabiliteitsfactoren gegeven. In bijlage 6.5 en 6.6 zijn de resultaten grafisch weergegeven.

tabel 6.6 Berekende stabiliteitsfactoren

profiel (km)	binnentalud	buitentalud
0.54	1.00	1.62
5	1.52	1.92
9	1.38	1.61
14.2	1.48	1.56
17	1.18	1.48
21	1.25	1.55
27	1.38 (1.37)*	1.45
30.5	1.17	1.72
34	1.13	2.06
36**	1.21	>1***
37.8	0.98	2.02
40	1.27	1.58
43	1.28	1.65

Noten:
 * de lage waarde geldt indien lage wrijvings eigenschappen voor de diepe kleilaag worden aangehouden
 ** volgens [Fugro, 1997]
 *** voldoende op basis van de eenvoudige toets volgens de LTV

Ter plaatse van 4 profielen wordt niet aan de norm voldaan. Nagegaan is of er op basis van het lokale grondonderzoek aanleiding is om de wrijvings eigenschappen bij te stellen. Hier wordt in de volgende paragraaf op ingegaan.

6.5.7

Bijstelling wrijvings eigenschappen

De wrijvings eigenschappen zoals in de vorige paragraaf gegeven zijn relatief veilige waarden. De meeste profielen voldoen met deze veilige aannamen aan de norm. Voor deze profielen is er daarom geen aanleiding om meer in detail de berekening te beschouwen. Vier profielen voldoen echter niet aan de norm. Voor het profiel in Lemmer, km 0.54, is geen grondonderzoek beschikbaar, op basis waarvan de wrijvings eigenschappen bijgesteld zouden kunnen worden. Verdere berekeningen voor dit profiel kunnen derhalve niet worden gedaan.

De overige drie profielen, km 30.5, 34 en 37,8 liggen in een gebied waar relatief veel onderzoek is gedaan. Nabij de profielen 27, 30.5, 34, 36, 37 en 40 zijn in totaal 5 triaxiaalproeven op siltige klei en 9 triaxiaalproeven op veen gedaan. Samenvoegen van de proefresultaten tot twee proevenverzamelingen is verantwoord, omdat redelijkerwijs aangenomen kan worden dat de betreffende lagen tot dezelfde geologische formaties behoren. Op basis van de proevenverzamelingen zijn de wrijvings eigenschappen bepaald volgens de methode welke in de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 2 [TAW, 1989] is opgenomen. Hierbij zijn de materiaalfactoren volgens de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel 1 [TAW, 1986] toegepast. De resultaten zijn de in navolgende tabel opgenomen. In bijlage 6.7 zijn de invoergegevens en resultaten meer in detail opgenomen.

tabel 6.7 Resultaat steekproefanalyse

grondsoort	γ_c	γ_ϕ	c [kPa]	ϕ [graden]
klei - siltig	1.3	1.2	2.4	17.6
veen	1.3	1.25	2.6	13.3
Verklaring van de symbolen: γ_c partiële materiaalfactor voor de cohesie γ_ϕ partiële materiaalfactor voor de tangens van de wrijvingshoek c cohesie ϕ wrijvingshoek				

Met deze waarden zijn de stabiliteitsberekeningen voor de binnentaluds van de genoemde profielen nogmaals uitgevoerd. In de volgende tabel zijn de resultaten opgenomen. In bijlage 6.8 zijn de resultaten grafisch weergegeven.

tabel 6.8 Berekenende stabiliteitsfactoren

profiel (km)	stabiliteitsfactor binnentalud
30.5	1.25
34	1.19
37.8	1.05

Geconcludeerd wordt dat de profielen km 30.5 en 34 wel voldoen aan de eisen. De score 'goed' wordt behaald. De profielen km 0.54 en 37.8 (Lemmer en Schokkerhaven) voldoen echter niet. Deels is dit te wijten aan het ontbreken van drainage in deze profielen. Voor deze profielen wordt geen score toegekend volgens de LTV. Lokaal onderzoek kan nog zinvol zijn. Vooralsnog wordt de score 'twijfelachtig' gegeven.

6.5.8

Zettingsvloeiing en afschuiving voorland

De aspecten afschuiving van het voorland (AF) en zettingsvloeiing (ZV) worden beoordeeld op basis van katern 9, figuur 2.1 en figuur 3.1 van de LTV.

Voor beide aspecten wordt de score 'goed' behaald in alle profielen, omdat:

- er voldaan wordt aan het bestortingscriterium;
- geen geul met een diepte van meer dan 9 m aanwezig is;
- zettingsvloeiingsgevoelige gebieden niet aanwezig zijn.

Toelichting:

De score voor het bestortingscriterium wordt bepaald met figuur 2.2 van de LTV. Mede vanwege het ontbreken van een geul nabij de dijk en door de aanwezigheid van bestorting op het eerste deel van het onderwatertalud, wordt voldaan aan het bestortingscriterium.

De geuldiepte is bepaald uit de lodingsgegevens. Hieruit blijkt dat nergens een geul met een diepte van meer dan 9 m aanwezig is. In bijlage 6.1 is de geuldiepte per profiel weergegeven. De diepste geul is circa 7 m en bevindt zich op aanzienlijke afstand van de dijk.

De aanwezigheid van zettingsvloeiingsgevoelige gebieden is volgens de LTV bekend bij de beheerder van de dijk. De beheerder heeft aangegeven dat de dijk 'goed' scoort ten aanzien van het aspect zettingsvloeiing. Hieruit is geconcludeerd dat er geen zettingsvloeiingsgevoelige gebieden aanwezig zijn.

7 Niet-waterkerende objecten

7.1 Algemeen

De invloed van een aantal vreemde elementen in of nabij de dijk is getoetst conform hoofdstuk 3 van katern 7 de LTV. De toets komt neer op een beoordeling van de invloed van het betreffende object op de stabiliteit. Indien een negatieve invloed aanwezig is, is de invloed tevens kwantitatief uitgewerkt.

In het voorliggende hoofdstuk is de toets gerapporteerd.

7.2 Windmolens

In het traject van km 15.32 tot km 21.42 zijn binnendijs windmolens geplaatst. De windmolens staan op circa 40 m van de binnenkruinlijn, buiten de onderste berm.

De windmolens kunnen trillingen veroorzaken, welke wateroverspanningen tot gevolg hebben. Hierdoor nemen de wrijvings eigenschappen van de grondlagen af, waarmee tevens de stabiliteit afneemt.

In 1987 en 1990 heeft een onderzoek plaatsgevonden naar de invloed van de windmolens op de veiligheid van de dijk [Fugro, 1990]. Hierin is de invloed van de windmolens op de stabiliteit verdisconteerd in een verlaging van de wrijvings eigenschappen van de grond, in een gebied rond iedere windmolen. Er zijn twee situaties beschouwd:

- tijdens het heien van de funderingspalen;
- tijdens het in bedrijf zijn van de windmolens.

Ingeschat is in [Fugro, 1990] dat de wrijvings eigenschappen tengevolge van het heien van de palen kunnen afnemen tot 30% van de oorspronkelijke waarde, in een gebied tot 1,5 m van de palen.

In de bedrijfssituatie is de invloed veel lager. Ingeschat is in [Fugro, 1990] dat de wrijvings eigenschappen nauwelijks zullen afnemen. Op een afstand van 2,5 m van het fundament is de invloed zelfs verwaarloosbaar.

Ter controle is een berekening uitgevoerd. In het traject liggen de profielen km 17 en 21, waarvan de stabiliteit in het vorige hoofdstuk is besproken. De stabiliteit bij km 17 is het laagst en dit profiel is daarom gebruikt voor de beoordeling van de windmolens. De stabiliteitsfactor zonder invloed van de windmolens bedraagt 1,184. Berekend is de stabiliteit in de situatie dat de wrijvings eigenschappen zijn afgenomen tot 30%, in de zone vanaf 37 m van de binnenkruinlijn. De overige uitgangspunten voor de berekening zijn gelijk aan de uitgangspunten zoals in paragraaf 6.5 besproken is. De stabiliteitsfactor is met de invloed van de windmolens 1,180. Het resultaat van de berekening is grafisch in bijlage 7.1 opgenomen. Dit betekent dat de invloed van de windmolens gering is en dat nog juist voldaan wordt aan de eis. Er dienen wel een aantal opmerkingen te worden gemaakt:

- Er is rekening gehouden met een afname van de wrijvings eigenschappen tot 30%. Deze reductie is uitsluitend tijdens het inheien van palen van toepassing.
- De exacte afstand van de windmolens tot de dijk en de geometrie ter plaatse van de windmolens is niet bekend.
- De stabiliteitsfactor zonder invloed van de windmolens voldoet net aan de norm, veel speling is er dus niet.

Een en ander overwegende kan worden geconcludeerd dat de situatie voldoet, voor zover dit op basis van de beschikbare informatie beoordeeld kan worden. Aanbevolen wordt om de geometrie ter plaatse van de windmolens na te gaan. Indien deze voor wat betreft de stabiliteit ongunstig is, dan wordt nader onderzoek aanbevolen.

De beheerder heeft laten weten dat indien een windmolen door de bliksem wordt geraakt, dat het terrein rond die windmolen dan beweegt. Deze invloed is niet in de beoordeling meegenomen. Wellicht is ook ten aanzien van dit aspect nader onderzoek nodig. Vooral de afstand vanaf de windmolen waar de invloed nog merkbaar is speelt hierbij een rol.

De score voor de windmolens is 'goed', voor zover dit met de beschikbare gegevens kan worden nagegaan. Indien de ervaring van de beheerder als 'twijfelachtig' wordt uitgelegd, dan is de totale score 'twijfelachtig' en is nader onderzoek aan te bevelen.

7.3 Wegen en afrasteringen

De diverse wegen, wegverhardingen en afrasteringen hebben geen invloed op stabiliteit. Het gewicht van deze objecten is zo laag, dat geen noemenswaardige invloed verwacht hoeft te worden. Een invloed op piping of microstabiliteit is eveneens niet te verwachten. Van belang hierbij is de buitendijkse keileemkade, welke de instroom van water beperkt. De wegen en afrasteringen doorsnijden deze kade niet. Eventuele binnendijkse wegen- of afrasteringen kunnen de afdekkende kleilaag, voor zover aanwezig, wel doorsnijden. Omdat de drainage voorkomt dat water uittreedt, heeft deze doorsnijding geen invloed. De score voor deze objecten is daarom 'goed'.

7.4 Bebouwing

Bebouwing nabij de dijk komt op een aantal plaatsen voor. Van het waterschap Zuiderzeeland is informatie verkregen over het type fundering. Overige informatie is niet aanwezig. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de bebouwing, inclusief vermelding van het type fundering (dat wil zeggen, op staal of op palen gefundeerd). In de tabel is tevens de beoordeling opgenomen en de score die op basis van de beoordeling is toegekend. Na de tabel is een toelichting gegeven.

tabel 7.2 Bebouwing

object	locatie	Fundering	beoordeling	Score
Buitendijkse bebouwing Lemmer	km 0 – km 0.73	palen	Geen invloed	Goed
Buitendijkse bebouwing Schokkerhaven	km 37.60	staal	Geen invloed	Goed
Vuurtoren Rotterdamse hoek	km 12.97	staal	Invloed op stabiliteit	Twijfelachtig
Steunpunt waterschap	km 13.91	staal	Mogelijk invloed op piping of (micro)stabiliteit	Twijfelachtig
Bebouwing op kavel, steunpunt IJsselmij, windmeetmasten	km 20.19 km 20.21, km 21.56	staal staal staal	Mogelijk invloed op piping of (micro)stabiliteit	Twijfelachtig
Diverse kleinere meetgebouwtjes	o.a. km 25.8	staal	Invloed op stabiliteit	Twijfelachtig

7.4.1 Toelichting op de beoordeling van bebouwing

Buitendijkse bebouwing

Deze bebouwing staat op het buitendijkse maaiveld. Een negatieve invloed op de macrostabiliteit is daarom niet aanwezig. Theoretisch kan er een invloed op piping zijn, indien afsluitende lagen worden doorsneden door de fundering. Het intreepunt van de grondwaterstroming onder de dijk door kan hierdoor dicht bij de dijk komen te liggen. Bij de beoordeling op piping speelt dit alleen bij Schokkerhaven een rol. Bij de beoordeling op

piping is het intreepunt op 4 m buitendijks van de buitenteen gekozen, waardoor al rekening is gehouden met een eventuele negatieve invloed van de bebouwing. Overigens is het zeer onwaarschijnlijk dat de fundering van de bebouwing afsluitende lagen doorsnijdt. Het buitendijkse terrein is vermoedelijk met zand opgehoogd, waardoor er geen afsluitende lagen zijn. Bovendien is de bebouwing op staal gefundeerd.

Ten aanzien van de buitendijkse bebouwing wordt de score 'goed' toegekend.

Bebouwing op de kruin van de dijk

Dit betreft de vuurtoren Rotterdamse hoek en diverse kleinere meetgebouwtjes. Deze zijn op staal gefundeerd en dragen daarom bij aan het aandrijvend moment van glijcirkels. Er is derhalve een negatieve invloed op de stabiliteit. Om deze te kwantificeren dient de stabiliteitsberekening voor het betreffende profiel te worden uitgevoerd, waarbij het gewicht van de bebouwing als belasting wordt ingevoerd. Het gewicht is echter niet bekend, waarbij momenteel de berekening niet gedaan kan worden. De score 'twijfelachtig' wordt toegekend.

Binnendijkse bebouwing

De binnendijkse bebouwing kan invloed hebben op piping en/of microstabiliteit en op de macrostabiliteit van het binnentalud. De mate van invloed is afhankelijk van het vloerniveau, of het kelderniveau indien een kelder aanwezig is, en van het niveau van het omringende maaiveld. Indien één van deze niveaus lager is dan het maaiveldniveau van het profiel dat is beoordeeld in hoofdstuk 6, dan is een nadere beoordeling nodig. Een nadere beoordeling is eveneens nodig indien de afwatering van de dijk negatief wordt beïnvloed. Omdat nadere informatie over de bebouwing, zoals de ligging in het dwarsprofiel van de dijk, niet beschikbaar is, kan geen beoordeling plaatsvinden. De score 'twijfelachtig' wordt toegekend.

7.5 Kabels en leidingen

Informatie over kabels en leidingen is grotendeels verkregen uit een klic melding, welke in 1995 is gedaan. Uit deze informatie is uitsluitend de aanwezigheid van kabels en leidingen af te leiden. Detailinformatie over de ligging in het dwarsprofiel en over de aard van de kabels of leiding is niet aanwezig. Deze informatie dient nog te worden opgevraagd. Tevens moet worden nagegaan of er na 1995 nog kabels of leidingen zijn aangelegd.

Leidingen

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de leidingen, volgens de beschikbare informatie. In de tabel is een beoordeling gegeven. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

tabel 7.2 Overzicht bekende leidingen

km (globaal)	soort leiding	beoordeling/te beoordelen	score
0.1	<ul style="list-style-type: none"> • inlaatduiker nabij Lemmer 	<ul style="list-style-type: none"> • kunstwerk nader te beoordelen 	--
0.2	<ul style="list-style-type: none"> • rioolpersleiding • diameter 90 mm • materiaal niet bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • sterkte • kwelschermen afhankelijk van hoogteligging vermoedelijk niet nodig • afsluiter • beheer/onderhoud • evt. verbindingen • evt. vervangende kering geen gegevens 	twijfelachtig
23.5	<ul style="list-style-type: none"> • hevel afvoerleiding infiltratie • eterniet • diameter 50 cm • ontluuchtingsleiding PVC 110 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • sterkte • verbindingen • kwelschermen niet nodig • afsluiters aanwezig; controle m.b.v. risicoanalyse nodig • beheer/onderhoud • evt. verbindingen • evt. vervangende kering te weinig gegevens 	twijfelachtig
0.6	<ul style="list-style-type: none"> • distributieleiding te Lemmer NV Westergo • 160 host • gas of water? 	beoordeling afhankelijk van de druk vermoedelijk druk < 10 bar beoordeling volgens Handreiking Constructief Ontwerpen	twijfelachtig
(gemaal Lemmer)	<ul style="list-style-type: none"> • gasleiding nv GAZO – Zwolle • binnendijks, vermoedelijk tot gemaal • HPE 63 	mogelijk buiten profiel waterkering beoordeling afhankelijk van de druk vermoedelijk druk < 10 bar beoordeling volgens Handreiking Constructief Ontwerpen	twijfelachtig
(gemaal Lemmer)	<ul style="list-style-type: none"> • waterleiding nv Waterleiding Friesland • 80 AC waarin 32 HPE • buitendijks deels parallel, vermoedelijk tot gemaal 	mogelijk buiten profiel waterkering beoordeling afhankelijk van de druk vermoedelijk druk < 10 bar beoordeling volgens Handreiking Constructief Ontwerpen	twijfelachtig
(Sluisweg Lemmer)	<ul style="list-style-type: none"> • waterleiding nv Waterleiding Friesland • 100 AC • parallel, buitendijks 	mogelijk buiten profiel waterkering beoordeling afhankelijk van de druk vermoedelijk druk < 10 bar beoordeling volgens Handreiking Constructief Ontwerpen	twijfelachtig

Toelichting leidingen:

De beoordeling van leidingen met lage druk en diameter (diameter < 0.5 m, druk < 10 bar) verloopt volgens de Handreiking Constructief Ontwerpen [TAW, 1994]. Indien voldaan wordt aan deze beoordeling wordt de score 'voldoende' toegekend. De nutsleidingen zullen hier vaak aan voldoen, maar gegevens ontbreken om de beoordeling uit te kunnen voeren. Een score is daarom niet toegekend in dit stadium.

De overige leidingen voldoen mogelijk niet aan de criteria ten aanzien van diameter en druk. Er is dan een meer uitgebreide beoordeling nodig. Ook voor deze leidingen ontbreken de gegevens. Wel is van deze leidingen de hoogteligging bekend. Vooralsnog is de score 'twijfelachtig' toegekend.

Hevelleidingen

In het traject komen diverse losse hevelleidingen voor. Een inventarisatie is niet beschikbaar. Sommige leidingen zijn geheel over de dijk gelegd. Voor deze leidingen geldt dat er

geen negatieve invloed op de waterkering is. Vanzelfsprekend dient wel nagegaan te worden of er niet ongecontroleerd water naar binnen geheveld wordt. Deze situatie wordt niet beschreven in de LTV of de andere TAW publicaties. Overwogen kan worden om het gebruik en de controle in een draaiboek op te nemen.

Andere leidingen zijn deels over de dijk gelegd en deels in de dijk. In deze gevallen is de leiding in de onderste berm ingegraven. Dit kan een negatief effect op microstabiliteit en/of piping door het cunet hebben. Een nadere beoordeling is nodig, waarbij met name het punt waar de leiding het profiel in- en uitgaat van belang is.

Kabels

Diverse kabels kruisen de dijk, of lopen parallel binnen de veiligheidszone. Een compleet overzicht is niet aanwezig. De beoordeling is relatief eenvoudig, maar de hoogteligging van de kabels in het profiel moet wel bekend zijn, evenals informatie met betrekking tot kwelchermen en eventuele mantelbuizen. Kabels mogen geen verstoring geven van de kathodische bescherming van leidingen.

7.6 Bomen en struiken

Bomen komen voor in Lemmer, tot hm 1400 en bij het strandje bij de Ketelbrug. Op beide locaties staan de bomen in de stortberm. In beide trajecten betreft het ondiep wortelende bomen, namelijk tot circa 50 – 100 cm.

De bomen doorsneden geen kleilagen en hebben daarom geen invloed op piping. Ten aanzien van de macrostabiliteit van het buitentalud kan een lichte positieve invloed bestaan vanwege het extra gewicht. Indien de bomen echter zouden ontwortelen kan lokaal een negatieve invloed bestaan indien een ontgrondingskuil ontstaat. De kans op ontwortelen is voor deze bomen echter zeer gering. De score ten aanzien van stabiliteit en piping is daarom 'goed'.

Er dient nog wel te worden nagegaan of de wortels van de bomen invloed op de bekleding hebben. Het is denkbaar dat een eventueel geotextiel of kraagstuk onder de bestorting beschadigd kan raken door de wortels. Dit is afhankelijk van de lokale opbouw en kan met de beschikbare gegevens niet worden nagegaan. De totale score voor de bomen is daarom vooralsnog 'twijfelachtig'.

8 Conclusies

De resultaten van de gedetailleerde toets van de steenbekledingen worden in bijlage 5.1 samengevat. Uit de eenvoudige en gedetailleerde toetsing van hoogte en bekledingen, zoals deze in dit rapport worden beschreven kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd:

1. In vergelijking met [GD, 1998] zijn de maatgevende golfrandvoorwaarden, die middels HYDRA_Q zijn berekend, over het algemeen iets hoger. Het niveau van de maatgevende waterstand is op sommige locaties aanzienlijk hoger komen te liggen.
2. Op de locaties waar binnen de hoogtetoets de grastoets moest worden uitgevoerd ($1 \text{ l/m/s} > q > 0,1 \text{ l/m/s}$) kan de hoogte als "twijfelachtig" worden beschouwd.
3. De taludhellingen van delen van het buitentalud blijken vaak belangrijk steiler te zijn dan tot nu bij eerdere toetsingen werd verondersteld. Ook blijkt op meerdere locaties het niveau van de berm lager te liggen dan werd verondersteld.
4. Het basalt 20/30 op het ondertalud scoort meerdere malen ook nog bij de gedetailleerde toets met Anamos "twijfelachtig". Voor deze trajecten wordt een geavanceerde toetsing geadviseerd.
5. Het basalt 30/40 op het ondertalud scoort in alle gevallen "goed".
6. De Leendertse blokken scoren in alle gevallen "onvoldoende". Ook het beheerders oordeel over deze blokken is negatief omdat op meerdere locaties holle ruimtes onder de Leendertse blokken worden geconstateerd.
7. Het graniet op de berm scoort vrijwel overal "goed". Voor de enkele locaties waar de score "twijfelachtig" is wordt een geavanceerde toetsing aanbevolen.
8. De bloksteen en de betonzuilen, die op het talud boven de berm aanwezig is scoren of "onvoldoende" dan wel "twijfelachtig". Een geavanceerde toetsing van dit deel van de bekleding wordt aanbevolen, omdat de invloed van een berm op de waterbeweging (belasting) op dit deel van het talud niet goed bekend is.
9. De verandering in hydraulische randvoorwaarden geven geen aanleiding om het toetsresultaat "goed" van het asfalt op de berm, zoals dit in [GD, 1998] is verwoord, aan te passen.
10. Met name de verhoging van de maatgevende waterstand en de verlaging van de berm heeft tot gevolg dat de betonplaten in de golfklapzone komen te liggen en in navolging van [GD, 1998] betekent dit dat de betonplaten "onvoldoende" scoren.
11. Het gras op het buitentalud scoort in de eenvoudige toets "onvoldoende". Er zijn echter genoeg redenen om ook hiervoor een geavanceerde toetsing te overwegen.

Een samenvatting van de resultaten van de in de hoofdstukken 6 en 7 behandelde onderdelen van de toetsing is in onderstaande tabel gegeven. De beoordeling van de beheerder ten aanzien het gedrag voor de diverse beoordelingssporen is in dit overzicht opgenomen.

Ten aanzien van microstabiliteit voldoen de profielen 0.54, 36.4, 37.778 en 43 niet aan de eisen. Ten aanzien van piping voldoet profiel 37.778 niet aan de eisen. Voor deze beoordelingssporen wordt de score 'onvoldoende' toegekend.

Ten aanzien van de macrostabiliteit van het binnentalud voldoen de profielen 0.54 en 37.778 niet aan de eisen. Voor dit beoordelingsspoor wordt de score 'twijfelachtig' toegekend. Nader onderzoek is nog zinvol, indien besloten wordt de toets voort te zetten. Dit onderzoek zou moeten bestaan uit het vaststellen van de lokale wrijvingseigenschappen van de diverse grondlagen. Als alternatief kan worden nagegaan welke verbeteringsmaatregelen mogelijk zijn, op basis van het beschikbare onderzoek. Dit valt echter buiten de scope van een toets.

Voor alle overige profielen en beoordelingssporen wordt de score 'goed' toegekend.

Referenties

1. Dienstkring Noordoostpolder, 1984
2. Stormschade, meerdijken Noordoostpolder
3. RWS, Directie Zuiderzeewerken, Dienstkring Noordoostpolder, juni 1984
4. Fugro, 1990; Grondonderzoek en funderingsadvies ten behoeve van 25 windturbines nabij Urk, p-079 en 2e windpark IJsselmij nabij Urk, V-1012, Fugro, circa 1987 en juni 1990
5. Fugro, 1996; Rapport betreffende dijkversterking IJsselmeerdijk Noordoostpolder: geotechnische aspecten, opdrachtnummer V-1233, Fugro, RWS directie IJsselmeergebied, augustus 1996
6. Fugro, 1997; Analyse kwelprobleem Zuidermeerdijk nabij km 36, opdrachtnummer V-1364/001, Fugro, RWS directie IJsselmeergebied, oktober 1997
7. GD, 1997; Inventarisatie talusbekledingen IJsselmeerdijken. Rapport CO-370560/12 van Grondmechanica Delft, februari 1997
8. GD, 1998; Geavanceerde toetsing talusbekledingen IJsselmeerdijken Noordoostpolder. Rapport CO-370560/47 van Grondmechanica Delft, juni 1998
9. HYDRA_M, 1999; Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied, Deelrapport 1: Gebruikershandleiding HYDRA_M. RIZA september 1999
10. HYDRA_Q, 1999; Rekenmodel Dijkbekledingen HYDRA_Q, Handleiding. RIZA september 1999
11. LTV, 1996; Leidraad Toetsen op Veiligheid van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen d.d. augustus 1996 (Groene versie)
12. LTV, 1999; Leidraad Toetsen op Veiligheid van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen d.d. augustus 1999
13. RIZA, 1999; Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied. Deelrapport 9; Modelleren dammen, voorlanden en golfoploop. RIZA maart 1999
14. RDIJ, 2000; "Projectnota/MER en Dijkversterking IJsselmeerdijken Noordoostpolder", concept projectnota, deelconcept 11. RDIJ, 2000.
15. RGD, 1991; Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied, Rijksgeologische dienst, Rijkswaterstaat e.a., 1991.
16. TAW, 1986; Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken, deel 1: bovenrivierengebied, TAW, 1986
17. TAW, 1989; Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken, deel 2: benedenrivierengebied, TAW, 1989
18. TAW, 1994; Handreiking Constructief Ontwerpen, TAW, 1994
19. TAW, 1999; Leidraad Zee- en Meerdijken, TAW, december 1999

Bijlagen

Hoofdstuk 5

- 5.1 Overzicht van de toetsresultaten voor de steenbekledingen
- 5.2 Resultaten van Steentoets voor het traject 0,5 – 3,75 km
- 5.3 Resultaten van Steentoets voor het traject 3,75 – 7,0 km
- 5.4 Resultaten van Steentoets voor het traject 7,0 – 10,5 km
- 5.5 Resultaten van Steentoets voor het traject 10,5 – 13,0 km
- 5.6 Resultaten van Steentoets voor het traject 13,0 – 16,0 km
- 5.7 Resultaten van Steentoets voor het traject 16,0 – 19,5 km
- 5.8 Resultaten van Steentoets voor het traject 19,5 – 23,0 km
- 5.9 Resultaten van Steentoets voor het traject 23,0 – 24,25 km
- 5.10 Resultaten van Steentoets voor het traject 26 – 27 km
- 5.11 Resultaten van Steentoets voor het traject 27 – 29 km
- 5.12 Resultaten van Steentoets voor het traject 29 – 31,5 km
- 5.13 Resultaten van Steentoets voor het traject 31,5 – 35,25 km
- 5.14 Resultaten van Steentoets voor het traject 35,25 – 36,2 km
- 5.15 Resultaten van Steentoets voor het traject 36,2 – 37,55 km
- 5.16 Resultaten van Steentoets voor het traject 38,0 – 38,5 km
- 5.17 Resultaten van Steentoets voor het traject 38,5 – 42,22 km
- 5.18 Resultaten van Steentoets voor het traject 42,22 – 43 km

km	Benedentalud		Berm		Boventalud	
	proefvak	proefvak	proefvak		proefvak	
26,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet basalt 20/30	asfalt op klinkers	betonzuil	gras/klei bloksteen gras/klei
27,000						
28,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	asfalt op klinkers	betonzuil	bloksteen gras/klei
29,000			graniet			
30,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	asfalt op klinkers	betonzuil	bloksteen gras/klei
31,000			graniet			
Ketelbrug						
32,000			graniet			bloksteen
33,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	asfalt op klinkers	betonzuil	gras/klei
34,000						
35,000						
36,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30 graniet	asfalt op klinkers	betonzuil	gras/klei
37,000	basalt 20/30	leendertse blokken	leendertse blokken	klinkers	klinkers	gras/klei
bekleding oprit strand schokkerhaven						
Schokkerhaven						
38,000	basalt 30/40	betonblok	betonbl. graniet	asfalt op klinkers		
39,000						
40,000	graniet	basalt 30/40	basalt 30/40	klinkers plat	gras/klei	gras/klei
41,000						
42,000						
43,000	klinkers kops	klinkers kant	klinkers plat		gras/klei	gras/klei
44,000						

LEGENDA

- = voldoende / goed
- = onvoldoende
- = twijfelachtig

- = bekledingsvak
- = overgang in dwarsprofiel van de dijk
- = randvoorwaardenvak

datum: 12 juli 2000

5.1 Overzicht van de toetsresultaten voor de steenbekledingen

Overzicht resultaten na gedetailleerde toets bekleding buitentalud IJsselmeerdijken Noordoostpolder, 12/07/2000

km	Benedentalud		Berm		Boventalud			
0,000	gras/klei		gras/klei		gras/klei			
1,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	klinkers				
2,000		leendertse blokken	leendertse blokken					
3,000								
4,000	basalt 30/40		basalt 20/30	klinkers	bloksteen	gras/klei		
5,000			graniet					
6,000			betonzuil		betonzuil	bloksteen		
7,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
8,000								
9,000								
10,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
11,000								
12,000								
13,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
14,000								
15,000								
16,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
17,000			open colloidaal beton					
18,000			graniet					
19,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
20,000			graniet					
21,000			basalt 20/30					klinkers
22,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras/klei	
23,000			betonzuil					
24,000			betonzuil					

Noordermeerdijk 0,5 – 3,75 km									
		1	2a	2b	3a	3b	4	5	
waterstand	NAP m	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	
golfhoogte H_s	[m]	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	
golfperiode T_p	[s]	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	
h laag	NAP m	0,00	0,66	0,66	1,79	1,79	1,93	2,09	
h hoog	NAP m	0,66	1,79	1,79	1,93	1,93	2,09	3,72	
helling	[-]	0,26 (0,15)	0,29	0,29	0,06	0,06	0,04	0,33	
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	Leendertse	basalt 20/30	Leendertse	klinkers	gras	
onderlaag		puin	puin	puin	puin	puin	zand	klei	
berm (-factor)					x(0,58)	x(0,58)	x(0,58)		
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25	0,15	0,10		
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,50/0,50	0,15/0,15	0,50/0,50	0,10/0,20		
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2350	2960	2350			
gat opp.	[%]	10	10	(0,5)	10	(0,5)	1		
spleet	[mm]			0,1		0,1			
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10		
D_{15}	[mm]	22	22	22	22	22	0,2		
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35		
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	n.v.t.	
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
stabiliteit		twijfelachtig	goed	onvoldoende	goed	onvoldoende	n.v.t.	n.v.t.	
Anamos		goed					n.v.t.	n.v.t.	
Eindoordeel		goed	goed	onvoldoende	goed	onvoldoende	v.v.	n.v.t.	

Tussen 0 en 0,50 km is er alleen gras op klei op het talud aanwezig

Tussen 0,50 en 2,75 km is de maatgevende taludhelling voor het basalt 0,26, tussen 2,75 en 4,0 km is de maatgevende taludhelling 0,15.

Noordermeerdijk 3,75 – 7,0 km										
		1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7
waterstand	NAP m	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
golfhoogte H_s	[m]	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
golfperiode T_p	[s]	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
h laag	NAP m	0,16	1,08	1,65	1,65	1,67	1,84	1,84	2,75	1,67
h hoog	NAP m	1,08	1,65	1,67	1,67	1,84	2,75	2,75	3,50	4,32
helling	[-]	0,28	0,21	0,03	0,03	0,06	0,36	0,36	0,36	0,36
toplaag		basalt 30/40	basalt 30/40	basalt 20/30	graniet	(klinkers)/ betonzuil	bloksteen	betonzuil	bloksteen	
onderlaag		filter	filter	filter	filter	zand	klei	klei	klei	
berm (-factor)				x(0,53)	x(0,53)	x(0,53)	0,53	0,53	0,53	
toplaag:										
dikte	[m]	0,35	0,35	0,25	0,20	0,15	0,15	0,25	0,15	
breedte/lengte	[m] [m]	0,20/0,20	0,20/0,20	0,15/0,15	0,20/0,30	0,20/0,20	0,20/0,30	0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2960	2600	2350	2500	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	10	(4)	1		1		
spleet	[mm]				5		6		6	
filter:										
dikte	[m]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10				
D_{15}	[mm]	18	18	28	28	5,5				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:										
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfel.	n.v.t.	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	goed	goed	goed	twijfelachtig	onvol.	twijfel.	onvol.	n.v.t.
Anamos		goed					geavanceerd	geavan.	geavan.	n.v.t.
Eindresultaat		goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfelachtig	twijfel.	geavan.	n.v.t.

Bijlage 5.3: Resultaten van Steentoets voor het traject 3,75 – 7,0 km

Noordermeerdijk 7,0 – 10,5 km									
		1	2	3	4a	4b	5	6	7
waterstand	NAP m	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
golfhoogte H_s	[m]	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
golfperiode T_p	[s]	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
h laag	NAP m	-0,23	0,55	1,65	1,78	1,78	1,93	2,20	2,65
h hoog	NAP m	0,55	1,65	1,78	1,93	1,93	2,20	2,65	4,74
helling	[-]	0,26	0,26	0,06	0,05	0,05	0,34	0,34	0,34
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonzuil	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	grind/aarde	grind/aarde	klei	klei	klei
berm (-factor)				x (0,48)	x (0,48)	x(0,48)	0,48	0,48	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,15	0,05	0,25	0,15	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,20/0,20		0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2350	2350	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	(4)	1		1	(5)	
spleet	[mm]			5				6	
filter:									
dikte	[m]	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10			
D_{15}	[mm]	18	18	18	5,5	5,5			
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35			
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	twijfelachtig	onvoldoende	n.v.t.
Anamos		goed	goed	goed	geavanceerd	n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		goed	goed	goed	geavanceerd	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,54 + 0,5 \times 2,09 = 2,60 \text{ m}$$

Bijlage 5.4: Resultaten van Steentoets voor het traject 7,0 – 10,5 km

Noordermeerdijk 10,5 – 13,0 km									
		1	2	3	4	5	6	7	8
waterstand	NAP m	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	
golfhoogte H_s	[m]	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	
golfperiode T_p	[s]	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
h laag	NAP m	-0,13	0,55	1,77	1,83	1,96	2,20	2,80	
h hoog	NAP m	0,55	1,77	1,83	1,96	2,20	2,80	4,84	
helling	[-]	0,28	0,28	0,02	0,05	0,35	0,35	0,35	
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras	
onderlaag		filter	filter	filter		klei	klei	klei	
berm (-factor)				x(0,37)	x(0,37)	0,37	0,37		
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,05	0,15	0,20		
breedte/lengthe	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30		0,20/0,20	0,20/0,30		
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2350	2350	2500		
gat opp.	[%]	10	10	(4)		1	(5)		
spleet	[mm]			5			6		
filter:									
dikte	[m]	0,30	0,30	0,30					
D_{15}	[mm]	20	20	20					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	goed	n.v.t.	onvoldoende	twijfelachtig	n.v.t.	
Anamos		twijfelachtig*	goed		n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.	
Eindresultaat		twijfelachtig*	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	

w.s. + 0,5 x H_s = 1,28 + 0,5 x 2,35 = 2,46 m

*) F-factor > 6

Bijlage 5.5: Resultaten van Steentoets voor het traject 10,5 – 13,0 km

Westermeerdijk 13,0 – 16,0 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	7
waterstand	NAP m	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
golfhoogte H_s	[m]	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
golfperiode T_p	[s]	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
h laag	NAP m	-0,20	0,45	1,65	1,65	1,71	1,81	2,65	3,16
h hoog	NAP m	0,45	1,65	1,71	1,71	1,81	2,65	3,16	4,74
helling	[-]	0,28	0,28	0,04	0,04	0,04	0,38	0,36	0,36
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	basalt 20/30	betonplaat	betonzuil	klinkers/ bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin		klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,37)	x(0,37)	x(0,37)	0,37	0,37	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25	0,05	0,15	0,10/0,20	
breedte/lengthe	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,15/0,15		0,20/0,20	var.	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2960	2350	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	(4)	10		1	(3,75/5)	
spleet	[mm]			5				3	
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	30	12	12	12				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	n.v.t.	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	goed	n.v.t.	onvoldoende	twijfelachtig	n.v.t.
Anamos		twijfelachtig*	goed	goed		n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		twijfelachtig*	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	geavanceerd	n.v.t.

w.s. + $0,5 \times H_s = 1,24 + 0,5 \times 2,34 = 2,41$ m

*) F-factor > 6

Westermeerdijk 16,0 – 19,5 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	7
waterstand	NAP m	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
golfhoogte H_s	[m]	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
golfperiode T_p	[s]	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
h laag	NAP m	-0,05	0,50	1,54	1,54	1,61	1,73	2,35	2,75
h hoog	NAP m	0,50	1,54	1,61	1,61	1,73	2,35	2,75	4,66
helling	[-]	0,26	0,26	0,04	0,04	0,04	0,38	0,38	0,41
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		filter/puin	filter/puin	filter/puin	filter/puin		klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,47)	x(0,47)	x(0,47)	0,47	0,47	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,25	0,20	0,05	0,25	0,20	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,15/0,15	0,20/0,30		0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2960	2600	2350	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	10	(4)		1	(5)	
spleet	[mm]				5			6	
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,30	0,30	0,30				
D_{15}	[mm]	30	25	25	25				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	goed	twijfelachtig	n.v.t.	twijfelachtig	onvoldoende	n.v.t.
Anamos		twijfelachtig*	goed		goed		geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		twijfelachtig*	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.

w.s. + 0,5 x H_s = 1,37 + 0,5 x 2,41 = 2,57 m

*) F-factor > 6

Bijlage 5.7: Resultaten van Steentoets voor het traject 16,0 – 19,5 km

Westermeerdijk 19,5 – 23,0 km met uitzondering van 21,95 – 22,45 km										
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6	7
waterstand	NAP m	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
golfhoogte H_s	[m]	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
golfperiode T_p	[s]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
h laag	NAP m	-0,21	0,50	1,72	1,72	1,77	1,77	1,90	2,81	3,72
h hoog	NAP m	0,50	1,72	1,77	1,77	1,90	1,90	2,81	3,72	4,60
helling	[-]	0,29	0,29	0,03	0,03	0,05	0,05	0,36	0,36	0,32
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	basalt 20/30	betonplaat	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin	klei	klei	klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,48)	x(0,48)	x(0,48)	x(0,48)	0,48	0,48	
toplaag:										
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25	0,05	0,15	0,25	0,20	
breedte/lengthe	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,15/0,15		0,20/0,20	0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2960	2350	2350	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10		10	0				
spleet	[mm]			5			1	1	6	
filter:										
dikte	[m]	0,30	0,30	0,30	0,30					
D_{15}	[mm]	22	22	22	22					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:										
afschuiving		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	goed	twijfel.	twijfel.	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	goed	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		onvol.	twijfelachtig	twijfel.	goed	n.v.t.	onvol.	twijfel.	onvol.	n.v.t.
Anamos			goed	goed		n.v.t.	geavan.	geavan.	geavan.	n.v.t.
Eindresultaat		onvol.	goed	goed	goed	n.v.t.	geavan.	twijfel.	twijfel.	n.v.t.

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,60 + 0,5 \times 2,41 = 2,80 \text{ m}$$

Bijlage 5.8: Resultaten van Steentoets voor het traject 19,5 – 23,0 km

Westermeerdijk 23,0 – 24,25 km									
		1	2	3	4	5	6	7	8
waterstand	NAP m	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	
golfhoogte H_s	[m]	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	
golfperiode T_p	[s]	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	
h laag	NAP m	-0,24	0,50	1,70	1,84	1,90	2,34	3,05	
h hoog	NAP m	0,50	1,57	1,84	1,90	2,35	3,05	4,74	
helling	[-]	0,27	0,27	0,05	0,02	0,34	0,34	0,34	
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras	
onderlaag		puin	puin	puin	grind/aarde	klei	klei	klei	
berm (-factor)				x(0,49)	x(0,49)	0,49	0,49		
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,15	0,25	0,20		
breedte/lengthe	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,20/0,20	0,20/0,20	0,20/0,30		
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2350	2350	2500		
gat opp.	[%]	10	10	(2)	1	1	(5)		
spleet	[mm]			2			6		
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	12	20	20	18				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	onvoldoende	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	
Anamos		goed	goed	goed	geavanceerd	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.	
Eindresultaat		goed	goed	goed	geavanceerd	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	

w.s. + $0,5 \times H_s = 1,60 + 0,5 \times 2,20 = 2,70$ m

Bijlage 5.9: Resultaten van Steentoets voor het traject 23,0 - 24,25 km

Zuidermeerdijk 26 – 27 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	7
waterstand	NAP m	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
golfhoogte H_s	[m]	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
golfperiode T_p	[s]	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
h laag	NAP m	0,02	0,55	1,65	1,65	1,69	1,81	2,35	2,69
h hoog	NAP m	0,55	1,65	1,69	1,69	1,81	2,35	2,69	4,22
helling	[-]	0,20	0,20	0,09	0,09	0,04	0,37	0,37	0,38
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	basalt 20/30	asfalt	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin		klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,42)	x(0,42)	x(0,42)	0,42	0,42	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25		0,25	0,15	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,15/0,15		0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2960		2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	(4)	10		1	(5)	
spleet	[mm]			5				6	
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	20	16	16	16				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	onvoldoende	n.v.t.
Anamos		goed				n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,39 + 0,5 \times 2,31 = 2,55 \text{ m}$$

Bijlage 5.10: Resultaten van Steentoets voor het traject 26,0 - 27,0 km

Zuidermeerdijk 27 – 29 km									
		1	2	3	4	5	6	7	8
waterstand	NAP m	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	
golfhoogte H_s	[m]	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	
golfperiode T_p	[s]	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
h laag	NAP m	-0,22	0,55	1,78	1,90	2,01	2,35	2,60	
h hoog	NAP m	0,55	1,78	1,90	2,01	2,35	2,60	4,37	
helling	[-]	0,28	0,29	0,07	0,04	0,31	0,29	0,28	
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	asfalt	betonzuil	bloksteen	gras	
onderlaag		puin	puin	puin		klei	klei	klei	
berm (-factor)				x(0,41)	x(0,41)	0,41	0,41		
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20		0,25	0,15		
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30		0,20/0,20	0,20/0,30		
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600		2350	2500		
gat opp.	[%]	10	10	(4)		1	(5)		
spleet	[mm]			5			6		
filter:									
dikte	[mm]	0,15	0,15	0,15					
D_{15}	[mm]	20	16	16					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	
Anamos		goed	goed	goed	n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.	
Eindresultaat		goed	goed	goed	n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.	

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,47 + 0,5 \times 2,24 = 2,59 \text{ m}$$

Bijlage 5.11: Resultaten van Steentoets voor het traject 27 - 29 km

Zuidermeerdijk 29 – 31,5 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	7
waterstand	NAP m	2,14	2,14	2,14	2,14		2,14	2,14	
golfhoogte H_s	[m]	2,26	2,26	2,26	2,26		2,26	2,26	
golfperiode T_p	[s]	6,8	6,8	6,8	6,8		6,8	6,8	
h laag	NAP m	-0,14	0,60	1,74	1,74	1,85	2,02	2,45	2,80
h hoog	NAP m	0,60	1,74	1,85	1,85	2,02	2,45	2,80	417
helling	[-]	0,28	0,27	0,07	0,07	0,03	0,27	0,28	0,28
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	basalt 20/30	asfalt	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin		klei	klei	klei
berm (-factor)				x (0,67)	x(0,67)	x(0,67)	0,67	0,67	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25		0,25	0,20	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,15/0,15		0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2960		2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	(4)	10		1	(5)	
spleet	[mm]			5				6	
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	32	18	18	18				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.	onvoldoende	onvoldoende	n.v.t.
Anamos		twijfelachtig*	goed	twijfelachtig	goed	n.v.t.	onvoldoende	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		twijfelachtig*	goed	twijfelachtig	goed	n.v.t.	onvoldoende	geavanceerd	n.v.t.

w.s. + 0,5 x H_s = 2,14 + 0,5 x 2,26 = 3,27 m;

*) F-factor > 6

Bijlage 5.12: Resultaten van Steentoets voor het traject 29 - 31,5 km

Zuidermeerdijk (Oost) 31,5 – 35,25 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	7
waterstand	NAP m	0,62	0,62	1,80	1,80		1,80	1,80	
golfhoogte H_s	[m]	1,28	1,28	1,30	1,30		1,30	1,30	
golfperiode T_p	[s]	4,7	4,7	5,2	5,2		5,2	5,2	
h laag	NAP m	-0,35	0,80	1,65	1,65	1,75	1,85	2,10	2,30
h hoog	NAP m	0,80	1,65	1,75	1,75	1,85	2,30	2,30	4,55
helling	[-]	0,28	0,28	0,06	0,06	0,03	0,34	0,34	0,34
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	basalt 20/30	asfalt	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin		klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,62)	x(0,62)	x(0,62)	0,62	0,62	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,20	0,25		0,25	0,20	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30	0,15/0,15		0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2960		2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10	(4)	10		1	(5)	
spleet				5				6	
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	8	6	6	6				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.
Anamos						n.v.t.	geavanceerd	geavanceerd	n.v.t.
Eindresultaat		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	twijfelachtig	twijfelachtig	n.v.t.

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,79 + 0,5 \times 1,30 = 2,44 \text{ m}$$

Bijlage 5.13: Resultaten van Steentoets voor het traject 31,5 – 35,25 km

Zuidermeerdijk (Oost) 35,25 – 36,2 km									
		1	2	3a	3b	4	5	6	8
waterstand	NAP m	0,71	0,71	2,10	2,10		2,10		
golfhoogte H_s	[m]	1,58	1,58	1,37	1,37		1,37		
golfperiode T_p	[s]	5,3	5,3	5,8	5,8		5,8		
h laag	NAP m	-0,24	0,50	1,72	1,72	1,91	2,01	2,35	
h hoog	NAP m	0,50	1,72	1,91	1,91	2,01	2,35	3,91	
helling	[-]	0,29	0,29	0,11	0,11	0,03	0,33	0,33	
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	graniet	asfalt	betonzuil	gras	
onderlaag		puin	puin	puin	puin		klei	klei	
berm (-factor)				x(0,76)	x(0,76)	x(0,76)	0,76	0,76	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,25	0,20		0,15		
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,15/0,15	0,20/0,30		0,20/0,20		
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2960	2600		2350		
gat opp.	[%]	10	10	10	(4)		1		
spleet	[mm]				5				
filter:									
dikte	[m]	0,30	0,15	0,15	0,15				
D_{15}	[mm]	18	18	18	18				
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35				
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	
stabiliteit		twijfelachtig	goed	goed	twijfelachtig	n.v.t.	onvoldoende	n.v.t.	
Anamos		goed			goed	n.v.t.		n.v.t.	
Eindresultaat		goed	goed	goed	goed	n.v.t.	onvoldoende	n.v.t.	

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 2,10 + 0,5 \times 1,37 = 2,79 \text{ m}$$

Bijlage 5.14: Resultaten van Steentoets voor het traject 35,25 – 36,2 km

Zuidermeerdijk (Oost) 36,2 – 37,55 km									
		1	2	3	4	5	6	7	8
waterstand	NAP m	0,71	0,71	2,10	2,10	2,10			
golfhoogte H_s	[m]	1,58	1,58	1,37	1,37	1,37			
golfperiode T_p	[s]	5,3	5,3	5,8	5,8	5,8			
h laag	NAP m	0,09	0,50	1,51	1,62	1,74	2,35		
h hoog	NAP m	0,50	1,51	1,62	1,74	2,35	3,47		
helling	[-]	0,21	0,23	0,07	0,04	0,36	0,25		
toplaag		basalt 20/30	Leendertse	Leendertse	klinkers	klinkers	gras		
onderlaag		puin	puin	puin	zand	klei	klei		
berm (-factor)				x(0,89)	x(0,89)	0,89			
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,20	0,20	0,10	0,10			
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,50/0,50	0,50/0,50	0,10/0,20	0,10/0,20			
s. m.	[kg/m ³]	2960	2350	2350	2350	2350			
gat opp.	[%]	10	(10)*	(10)*	3,75				
spleet	[mm]		0,1	0,1					
filter:									
dikte	[m]	(0,30)*	(0,15)*	(0,15)*					
D_{15}	[mm]	18	18	18					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	twijfelachtig	n.v.t.		
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.		
stabiliteit		goed	onvoldoende	onvoldoende	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
Anamos					n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
Eindresultaat		goed	onvoldoende	onvoldoende	v.v.	v.v.	n.v.t.		

(..)* Invoer verschilt van de basisgegevens uit [GD, 1998]

Bijlage 5.15: Resultaten van Steentoets voor het traject 36,2 – 37,55 km

Ramsdijk 38,0 – 38,5 km									
		1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5
waterstand	NAP m	1,01	1,01	1,01	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
golfhoogte H_s	[m]	0,99	0,99	0,99	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
golfperiode T_p	[s]	5,1	5,1	5,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
h laag	NAP m	0,09	1,20	1,20	1,50	1,50	1,57	1,62	1,75
h hoog	NAP m	1,20	1,50	1,50	1,57	1,57	1,62	1,75	3,29
helling	[-]	0,28	0,28	0,28	0,05	0,05	0,05	0,05	0,33
toplaag		basalt 30/40	betonblok	basalt 30/40	betonblok	graniet	asfalt	gras	gras
onderlaag		puin	puin	puin	puin	puin		klei	klei
berm (-factor)					x(1,18)	x(1,18)	x(1,18)	x	
toplaag:									
dikte	[m]	0,35	0,20	0,35	0,20	0,20			
breedte/lengte	[m] [m]	0,20/0,20	0,50/0,50	0,20/0,20	0,50/0,50	0,20/0,30			
s. m.	[kg/m ³]	2960	2350	2960	2350	2600			
gat opp.	[%]	10		10		(4)			
spleet	[mm]		0,1		0,1	5			
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
D_{15}	[mm]	18	18	18	18	18			
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35			
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
stabiliteit		goed	onvoldoende	goed	onvoldoende	twijfelachtig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Anamos						twijfelachtig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Eindresultaat		goed	onvoldoende	goed	onvoldoende	twijfelachtig	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Bijlage 5.16: Resultaten van Steentoets voor het traject 38,0 – 38,5 km

Ramsdijk 38,5 – 42,22 km									
		1	2	3a	3b	4	5	7	8
waterstand	NAP m	1,01	1,01	2,31	2,31	2,31	2,31		
golfhoogte H_s	[m]	0,99	0,99	1,03	1,03	1,03	1,03		
golfperiode T_p	[s]	5,1	5,1	6,1	6,1	6,1	6,1		
h laag	NAP m	0,09	1,20	1,50	1,57	1,62	1,75		
h hoog	NAP m	1,20	1,50	1,57	1,62	1,75	3,29		
helling	[-]	0,28	0,28	0,05	0,05	0,05	0,33		
toplaag		graniet	basalt 30/40	basalt 30/40	klinkers	gras	gras		
onderlaag		puin	puin	puin	klei	klei	klei		
berm (-factor)				x(1,18)	x(1,18)	x(1,18)			
toplaag:									
dikte	[m]	0,20	0,35	0,35	0,10				
breedte/lengte	[m] [m]	0,20/0,30	0,20/0,20	0,20/0,20	0,07/0,20				
s. m.	[kg/m ³]	2600	2960	2960					
gat opp.	[%]	(4)	10	10	3,75				
spleet	[mm]	5							
filter:									
dikte	[m]	0,15	0,15	0,15					
D_{15}	[mm]	18	18	18					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
materiaaltransport		goed	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
stabiliteit		twijfelachtig	goed	goed	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		
Anamos		goed				n.v.t.	n.v.t.		
Eindresultaat		goed	goed	goed	v.v.	n.v.t.	n.v.t.		

Bijlage 5.17: Resultaten van Steentoets voor het traject 38,5 - 42,22 km

Ramsdijk 42,22 – 44,0 km									
		1	2	3	4	5	6	7	8
waterstand	NAP m	1,01	1,01	2,31					
golfhoogte H_s	[m]	0,99	0,99	1,03					
golfperiode T_p	[s]	5,1	5,1	6,1					
h laag	NAP m	- 0,48	0,22	1,57	1,90	2,71			
h hoog	NAP m	0,22	1,57	1,90	2,71	3,44			
helling	[-]	0,47	0,33	0,07	0,21	0,19			
toplaag		klinkers	klinkers	klinkers	gras	gras			
onderlaag		klei	klei	klei	klei	klei			
berm (-factor)				x	0,95				
toplaag:									
dikte	[m]	0,20	0,20	0,10					
breedte/lengte	[m] [m]	0,07/0,10	0,07/0,10	0,07/0,20					
s. m.	[kg/m ³]								
gat opp.	[%]	3,75	3,75	3,75					
spleet	[mm]								
filter:									
dikte	[m]								
D_{15}	[mm]								
porositeit	[-]								
Resultaten:									
afschuiving									
materiaaltransport									
stabiliteit									
Anamos									
Eindresultaat		v.v.	v.v.	v.v.					

Bijlage 5.18: Resultaten van Steentoets voor het traject 42,22 – 43 km

Bijlagen

Hoofdstuk 6

- 6.1 Invoergegevens
- 6.2 Resultaat eenvoudige toets
- 6.3 Boorstaten handboringen
- 6.4 Freatische lijn
- 6.5 Stabiliteit binnentaluds
- 6.6 Stabiliteit buitentaluds
- 6.7 Steekproefanalyse
- 6.8 Stabiliteit binnentalud 2
- 7.1 Stabiliteit t.p.v. windmolens

Bijlage 6.1 Invoergegevens

toets NOP
**invoer-
gegevens**

parameter	symbool LTV	dimensie	profiel	0.54	5	9	14.2	17	21	27.3	30.5	34	36	37.8	40	43
pipi	STP															
dikte samendrukbaar pakket t.p.v. kruin				1.55	1.55	1.9	2.8	2.7	1.5	1.8	2.3	2.2			2	
dikte samendrukbaar pakket t.p.v. binnenmv	D	m		0.71	1.6	1.6	1.55	2.35	3.65	4.75	4.7	5.25	5.25	4.75	5.25	4
soortelijk gewicht sp		kN/m3		14	12	12	15	15	15	13.7	11.2	12.1	14.1	14	13.7	14
H-2000		M+NAP		2.1	1.664	1.454	1.318	1.411	1.482	1.813	2.044	2.36	2.537	2.58	2.9	2.95
maaielndniveau binnendijks		m+NAP		-2.3	-3.75	-3.75	-4.25	-4.75	-4.25	-4.25	-4.25	-4.25	-4.25	-4.25	-3.75	-3.5
waterspanning buiten	sigma w	N/m2		51.1	70.14	68.04	71.18	85.11	93.82	108.1	109.9	118.6	120.37	128	119	104.5
grondspanning binnen	sigma gr	N/m2		9.94	19.2	19.2	23.25	35.25	54.75	65.08	52.64	63.525	74.025	104.12	71.925	56
stijghoogte pleistoceen		m		-3	-2.7	-3	-3.2	-3.3	-3.5	-4.1	-4.8	-5	-5	-4.8	-3.5	-3
Kwellengte	L	m		65	73	75	75	74	74	77	78	72	65	41	65	65
ondergrondtype			zamendb													
kerntype			zand													
waterstandsverschil	hp	m		5.1	6.114	5.904	6.268	6.861	6.432	6.763	6.994	7.31	7.487	7.53	7.35	7.15
tussenkleilaag in cunet										mogelijk	mogelijk		mogelijk		mogelijk	mogelijk
macro binnenwaarts	STM															
kruinhoogte		m+NAP		4.12	4.30	4.80	4.66	4.50	4.40	4.60	3.40	3.36			3.05	
bovenkant samendrukbaar pakket t.p.v. kruin		m+NAP		-4.2	-4.2	-5.3	-5.5	-5.5	-7.9	-6.9	-7.5	-7.3			-8	
kruinhoogte boven samendrukbaar pakket	H	m		8.32	8.5	10.1	10.16	10	12.3	11.5	10.9	10.66			11.05	
dijktafelhoogte		m+NAP				4.65										
lengte maaiveld	A	m		40	30	27	25	30	32	34	34	9			25	
breedte steunberm	b	m		5	5	6	6	5.5	4.4	4.3	5.15	19			4.6	
kruinbreedte	Bkr	m		1.8	1.8	1.72	3.4	3.25	2.95	2.56	2.2	6.2			1.7	
actuele kruinhoogte	hkr	m		8.32	8.5	10.1	10.16	10	12.3	11.5	10.9	10.66			11.05	
overbreedte kruin	o.b.	m		-0.2	-0.2	-0.28	1.4	1.25	0.95	0.56	0.2	4.2			-0.3	
hoogte steunberm NAP	d	m+NAP		1.4	1.1	1.1	1.2	1.1	0.7	1.4	0.7	1.8			1	
hoogte steunberm tov samendrukbaar pakket	d	m		5.6	5.3	6.4	6.7	6.6	8.6	8.3	8.2	9.1			9	
helling binnentalud	n	cotan		2.5	2.5	2.42	2.25	2.38	2.33	2.62	2.44	2.28			2.86	
waterstandsverschil	hp	m		6.114	5.904	6.268	6.861	6.432	6.763	6.994	7.31	7.487			7.35	

Bijlage 6.2 Resultaat globale toets

Beoordeling Tussenresultaten	profiel													
		0.54	5	9	14.2	17	21	27.3	30.5	34	36	37.8	40	43
Piping pleistoceen	STP													
opbarstfactor LTV		0.19	0.27	0.28	0.33	0.41	0.58	0.60	0.48	0.54	0.61	0.81	0.60	0.54
opbarstfactor geohydr.atlas		>>1	0.72	0.82	0.89	0.93	1.24	1.33	1.27	1.41	1.65	2.48	1.31	1.24
bligh, c=18/aanwezige kwelengte		0.70	0.69	0.73	0.68	0.64	0.74	0.77	0.75	0.68	0.59	0.36	0.61	0.59
id, c=15		0.83	0.82	0.88	0.82	0.77	0.89	0.93	0.90	0.81	0.71	0.43	0.73	0.70
totaal (geohr.atlas;c=18)		TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
Macro buitenwaarts	LB													
D2>H			TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE		TRUE	
n>3			TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE		TRUE	
V>1,5H1			TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE		TRUE	
voorland of berm >NAP			TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE		TRUE	
totaal			TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE		TRUE	
Zettingsvloeiing	ZV													
Zettingsvloeiingsgevoelige laag		nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
Afschuiving	AF													
bestortingscriterium geuldiepte <9		ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE	ok TRUE
Macro binnenwaarts	STM													
o.b.>fk*H		fa:	0.1	fk:	0.9									
b>faH+dn		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		FALSE	
ob>fkHk		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		FALSE	
b>faHk		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE		FALSE	
totaal		TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE		TRUE	
		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		FALSE	

Bijlage 6.3 Boorstaten handboringen

Legenda boringen geotechnisch

	grind	grindig		hoofdnaam	
	zand	zandig		zwak	toevoeging
	leem	siltig		matig	
	klei	kleilig		sterk	
	veen	humeus		uiterst	

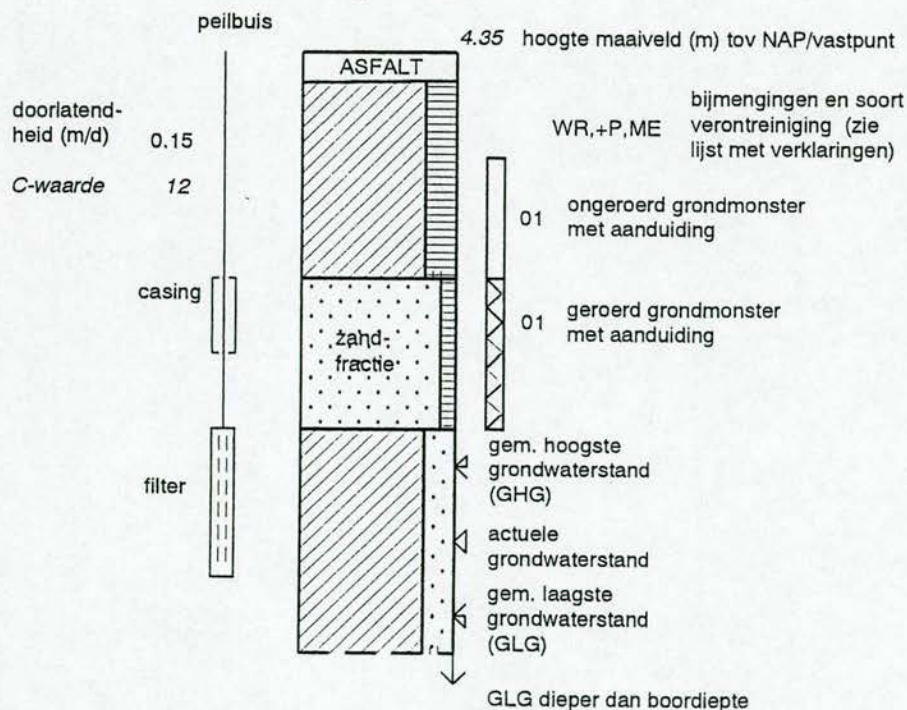
Zandfractie (M63-cijfer)

uf	uiterst fijn	63-105 µm	mg	matig grof	210-300 µm
zf	zeer fijn	105-150 µm	zg	zeer grof	300-420 µm
mf	matig fijn	150-210 µm	ug	uiterst grof	420-2000 µm

Grindfractie

f	fijn	2-5.6 mm
mg	matig grof	5.6-16 mm
zg	zeer grof	16-63 mm

Boringnummer



Verklaring van bijmengingen en soort verontreiniging

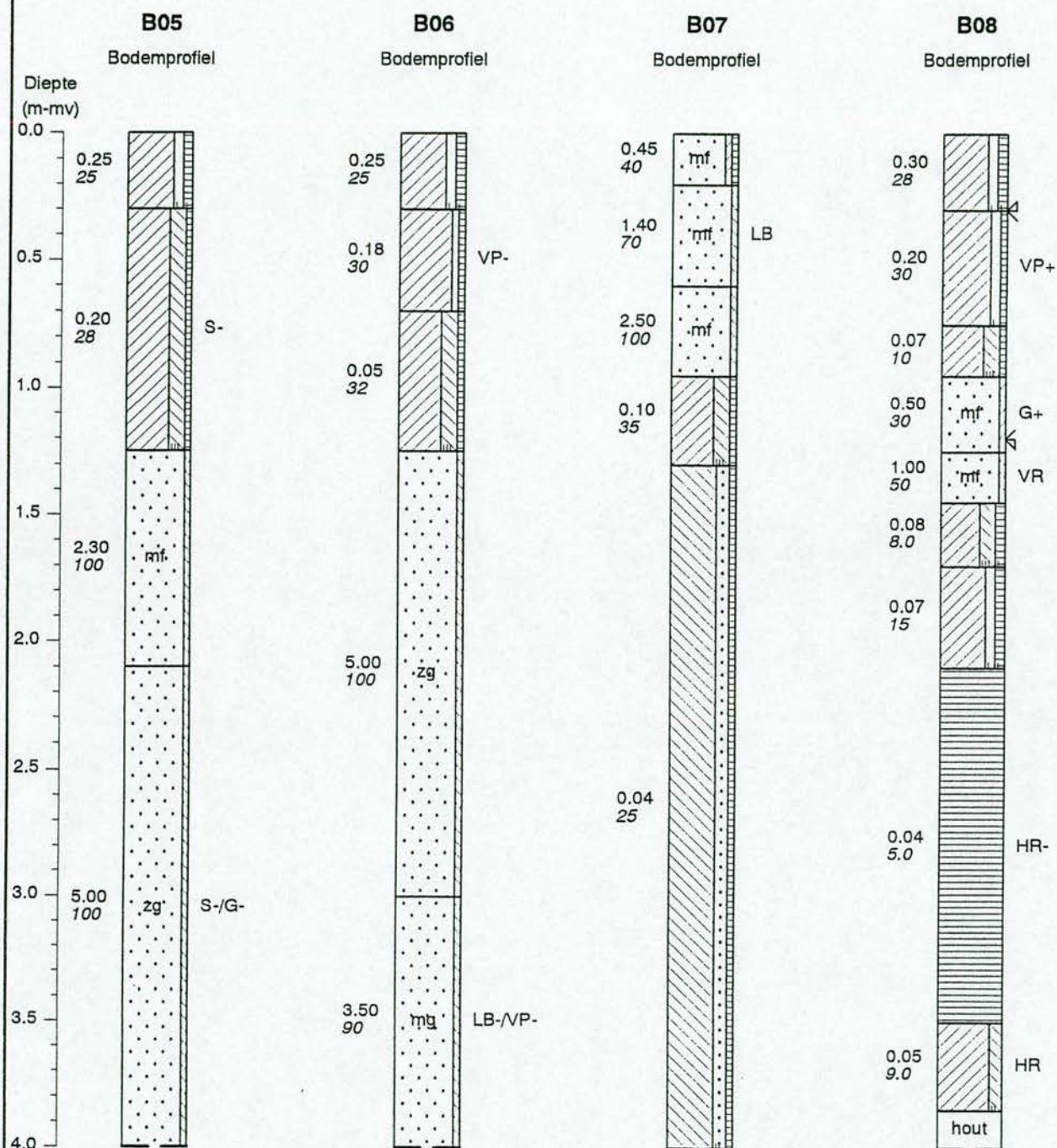
AF	afval	ME	metaalresten	TA	teelaarde
BL	beekleem	OM	oud maaiveld	TR	teerresten
G	gelaagd	OP	opgehoogd profiel	V	vast/compact
GL	glas	P	puin	VP	verwerkt profiel
HB	humusbandjes	PL	plastic	VR	veenresten
HR	houtresten	RR	rietresten	WR	wortelresten
I	inspoelingslaag	S	schelpen	X	grind
KL	keileem	SI	sintels	Y	roest
KR	kolenresten/gruis	SL	slakken	YC	ijzerconcreties
KS	kolenstof	SM	smeerlaag	YO	ijzeroer
LB	lutum/leembandjes	SP	slap	ZB	zandbandjes

Legenda gebaseerd op classificatie NEN 5104

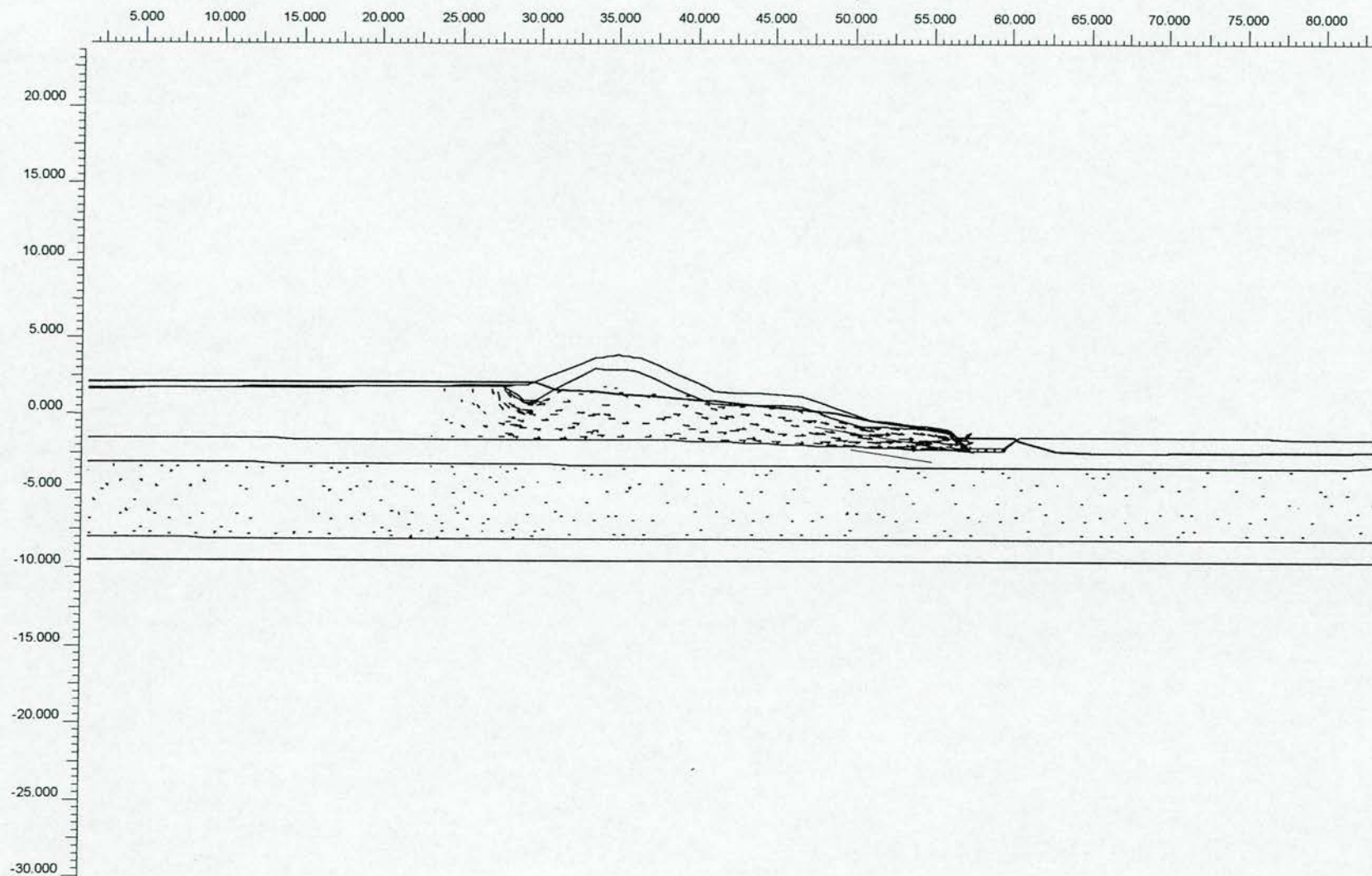
Brahms 2.17

% Bijmengingen (voorbeeld)

-P	1-5%
P	5-10%
+P	10-20%
++P	20-50%
PUIN	50-100%



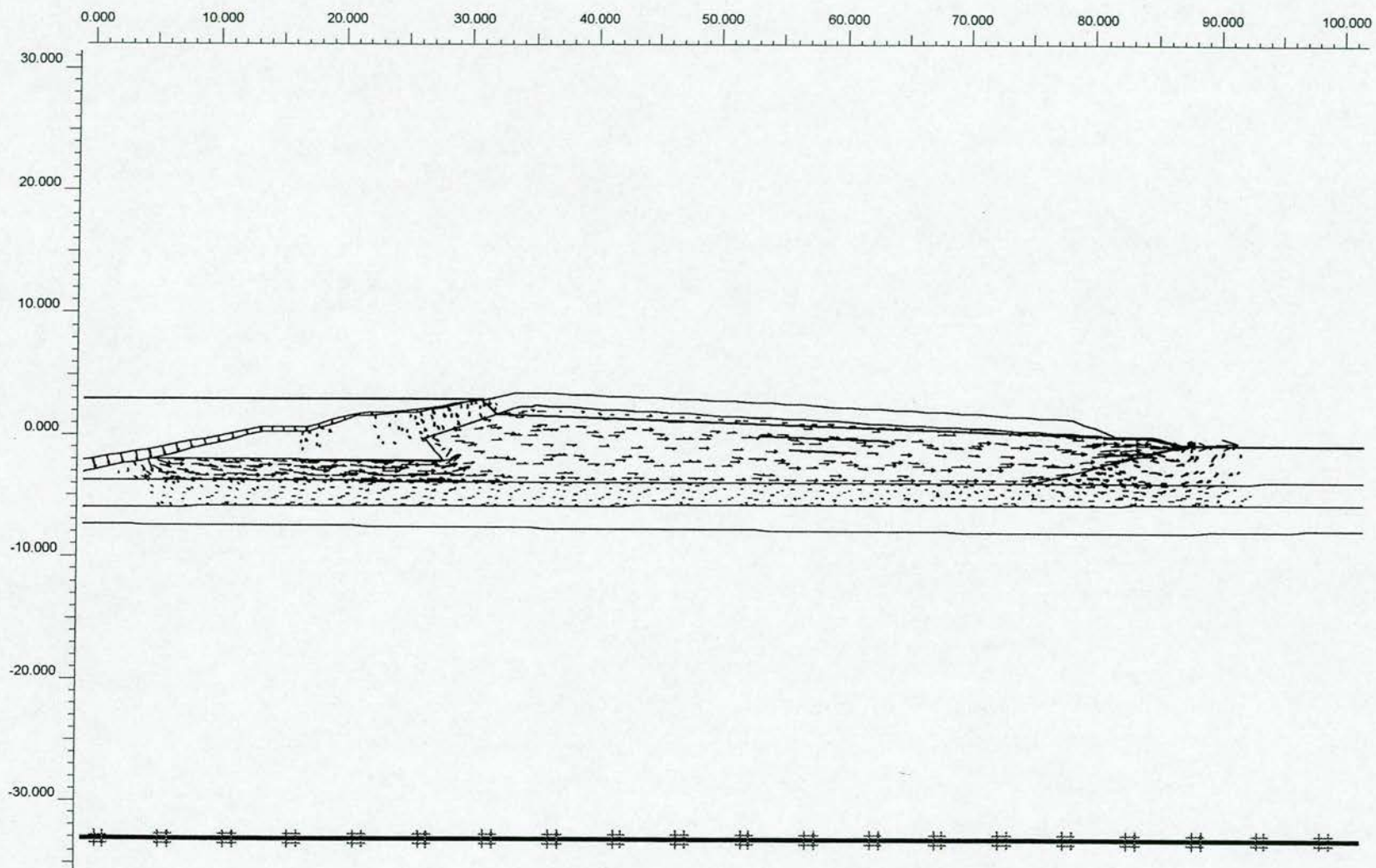
Bijlage 6.4 Freatische lijn



Flow Field
Extreme velocity $547.18 \cdot 10^{-6}$ m/s Total discharge $983.40 \cdot 10^{-6}$ m³/s/m

Freatische lijn 1 Lemmer

ARCADIS

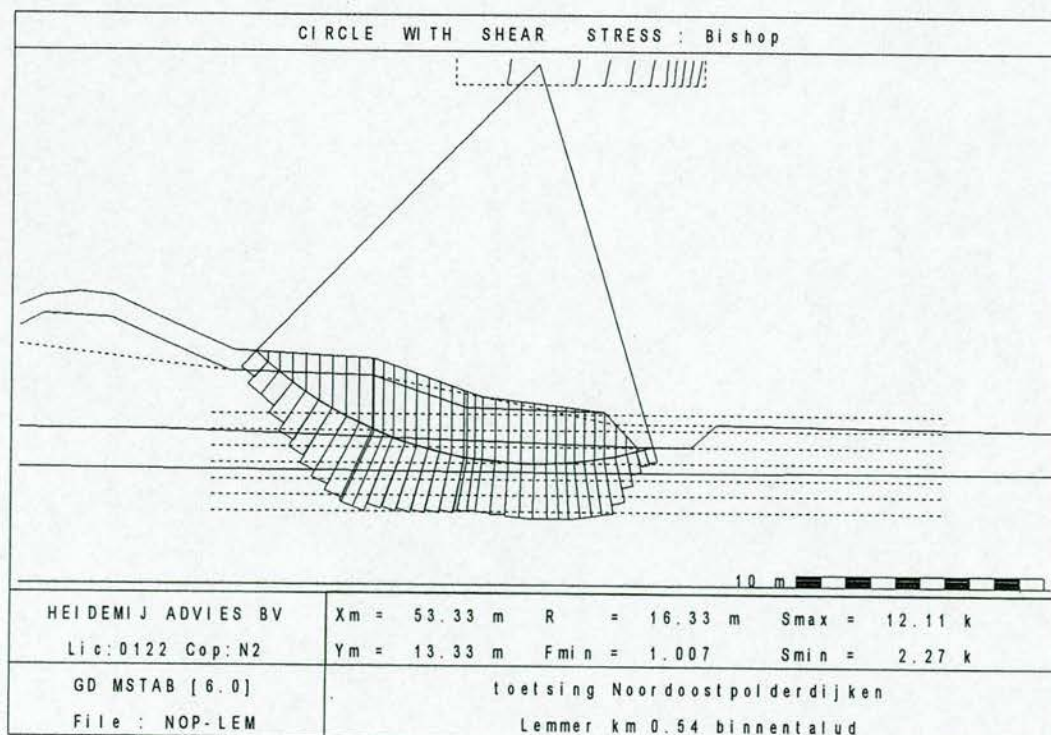
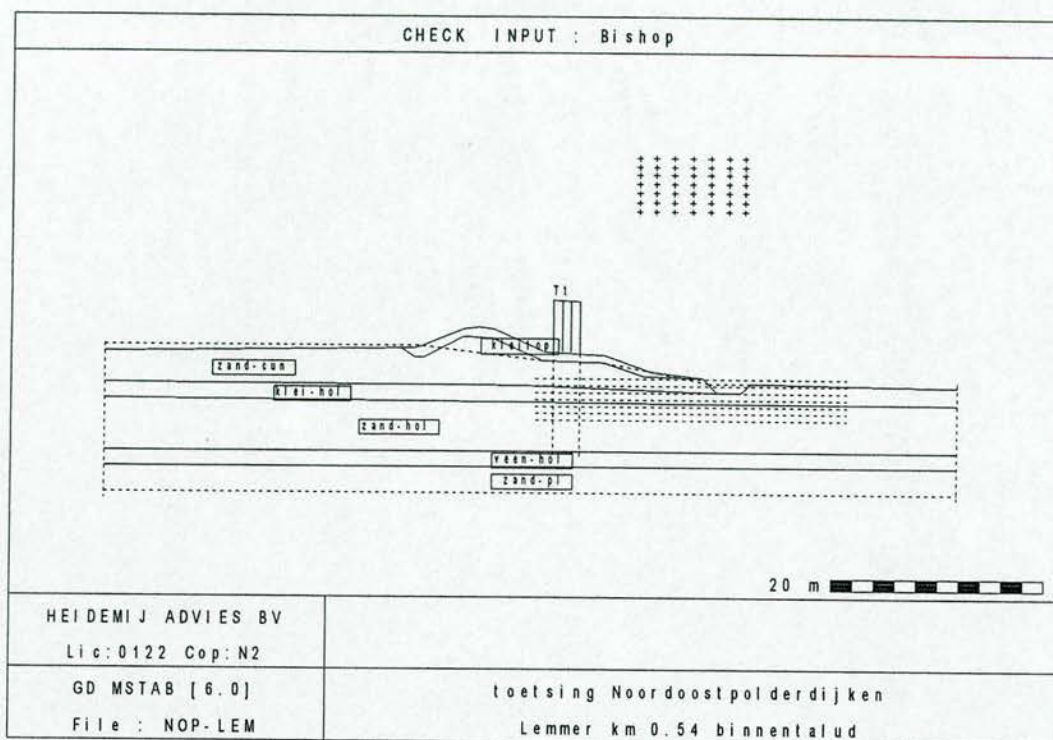


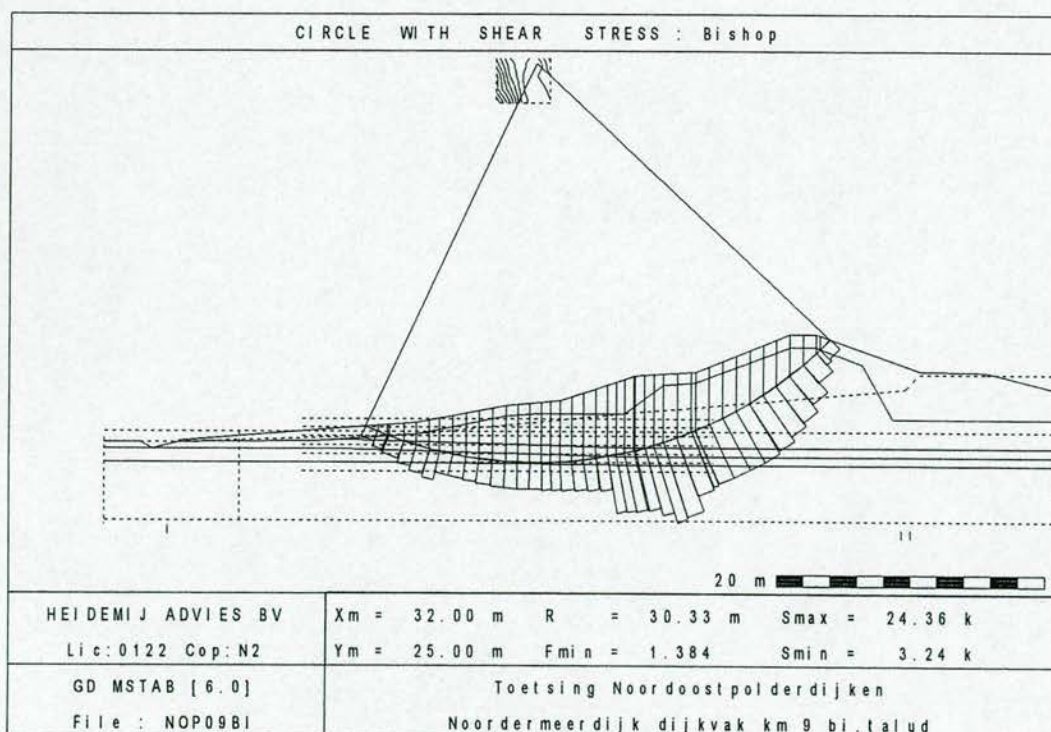
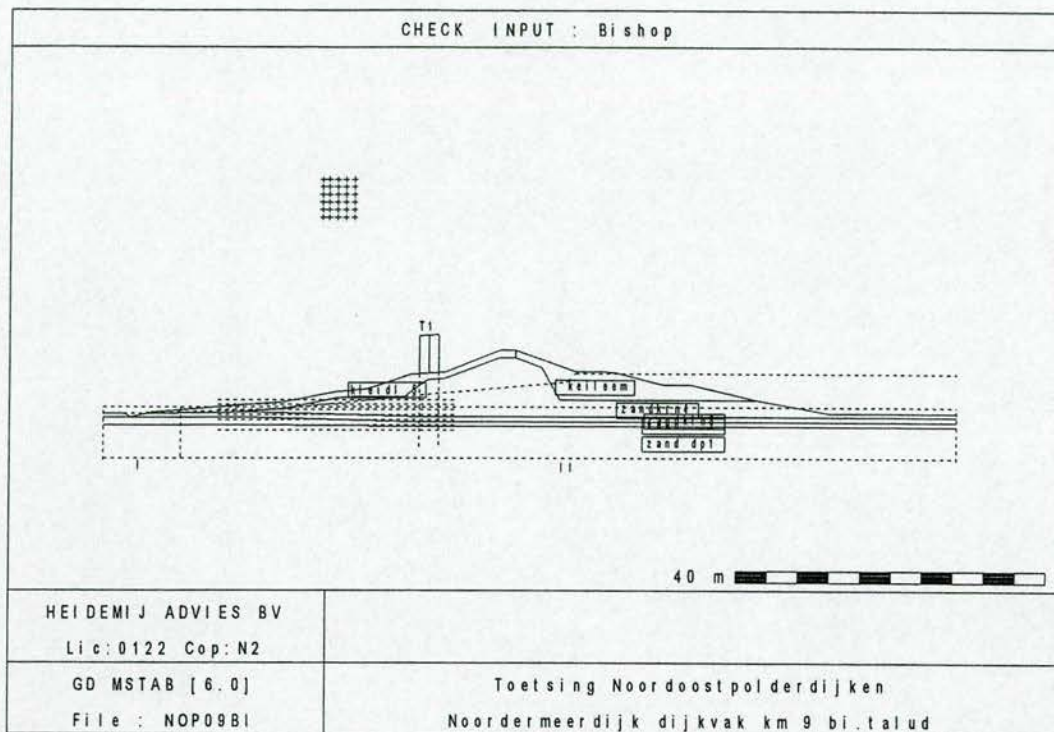
Flow Field
 Extreme velocity $188.03 \cdot 10^{-6}$ m/s Total discharge $383.35 \cdot 10^{-6}$ m³/s/m

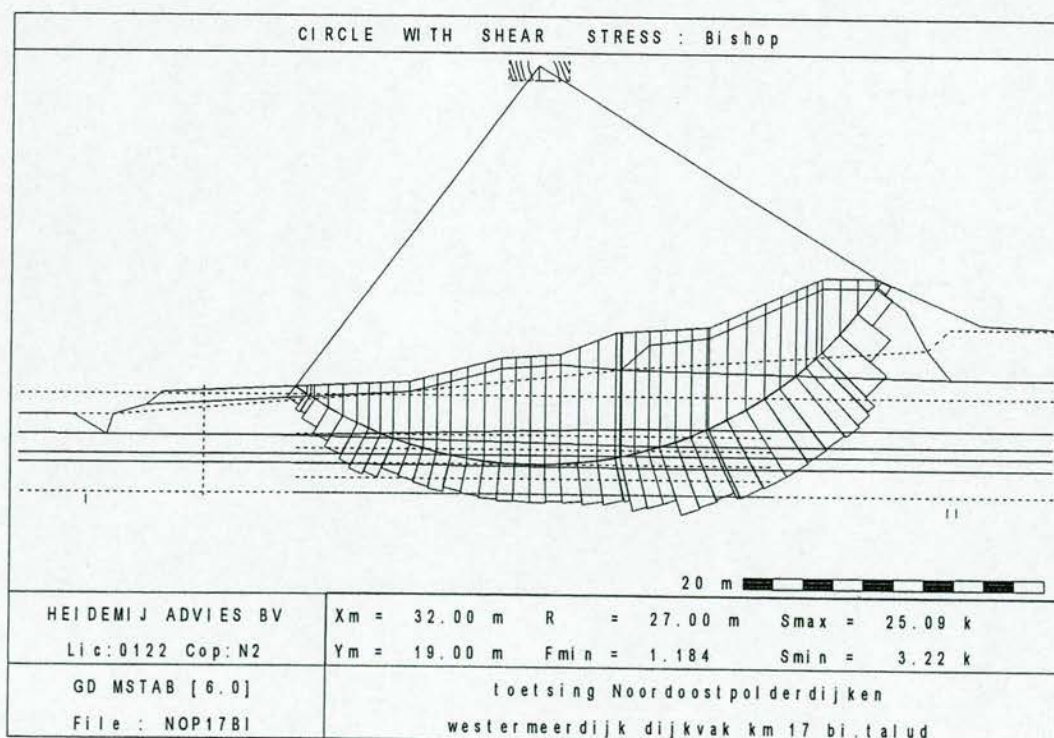
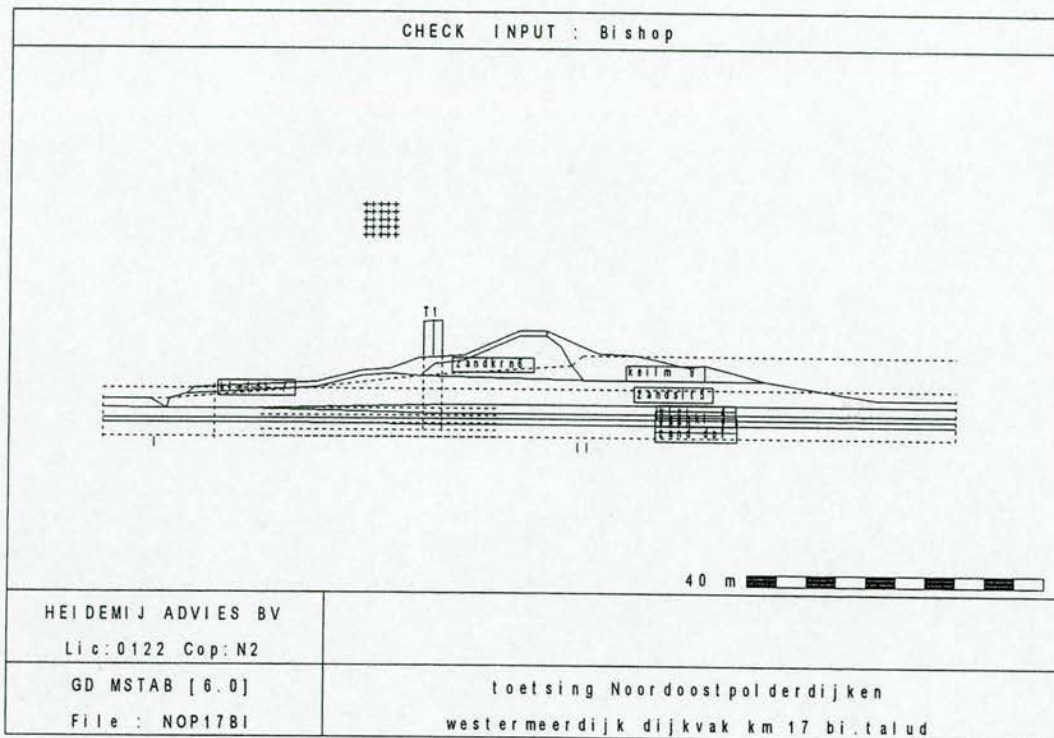
Freatische lijn 3 Ramsdijk km 43

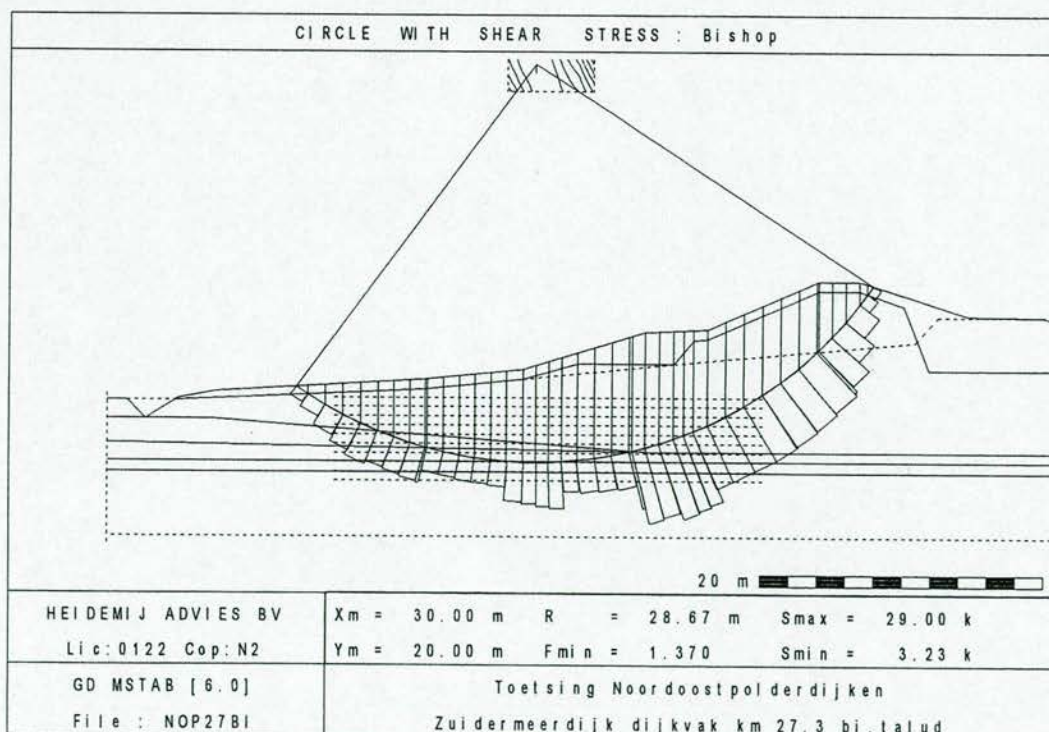
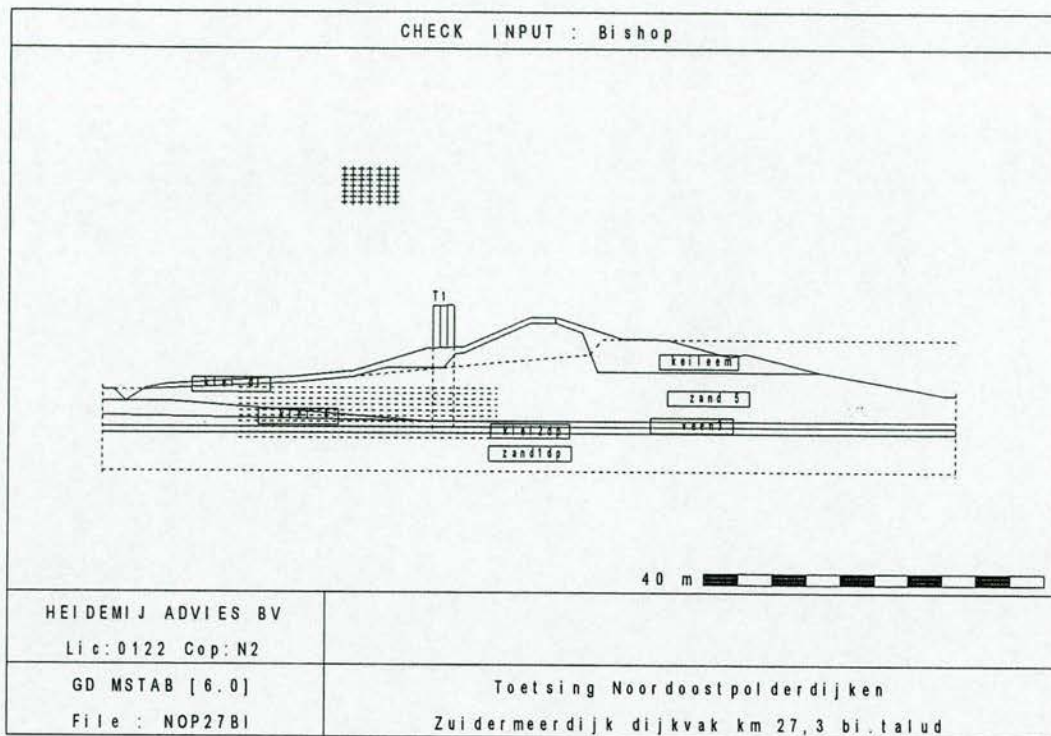
ARCADIS

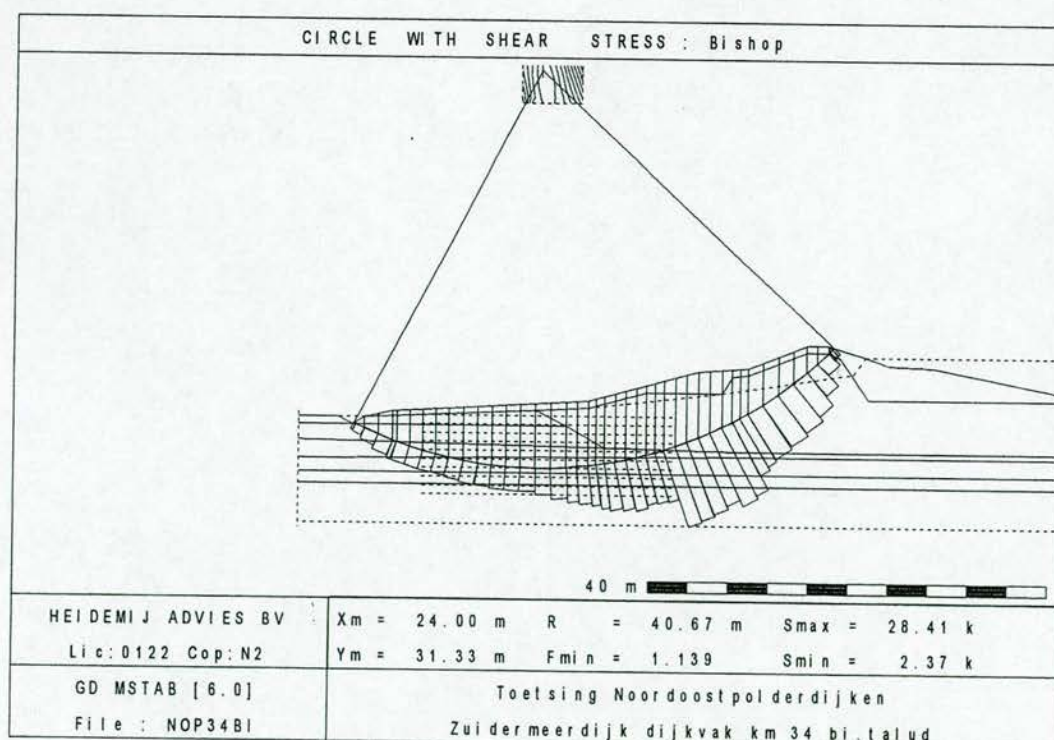
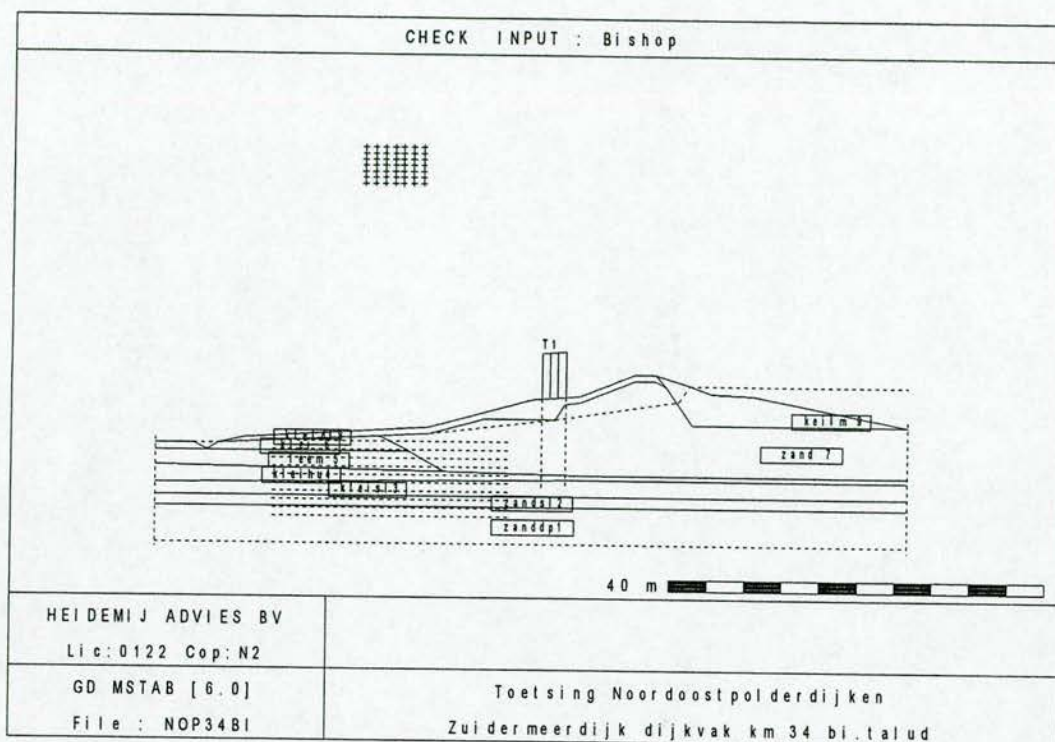
Bijlage 6.5 Stabiliteit binnentaluds

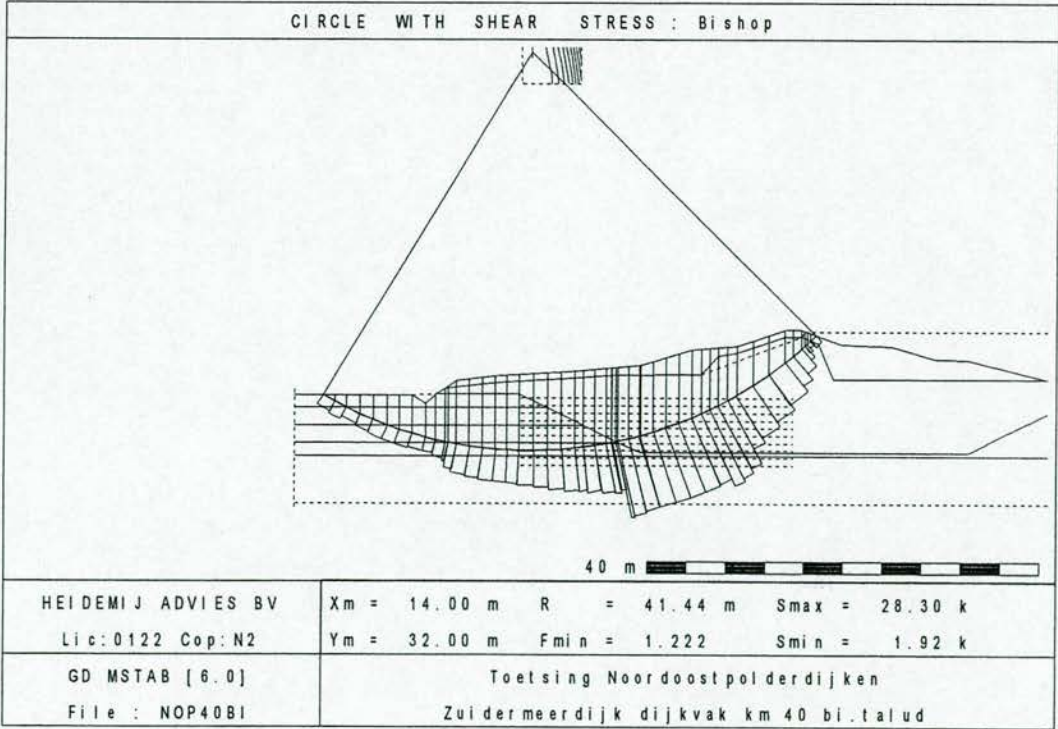
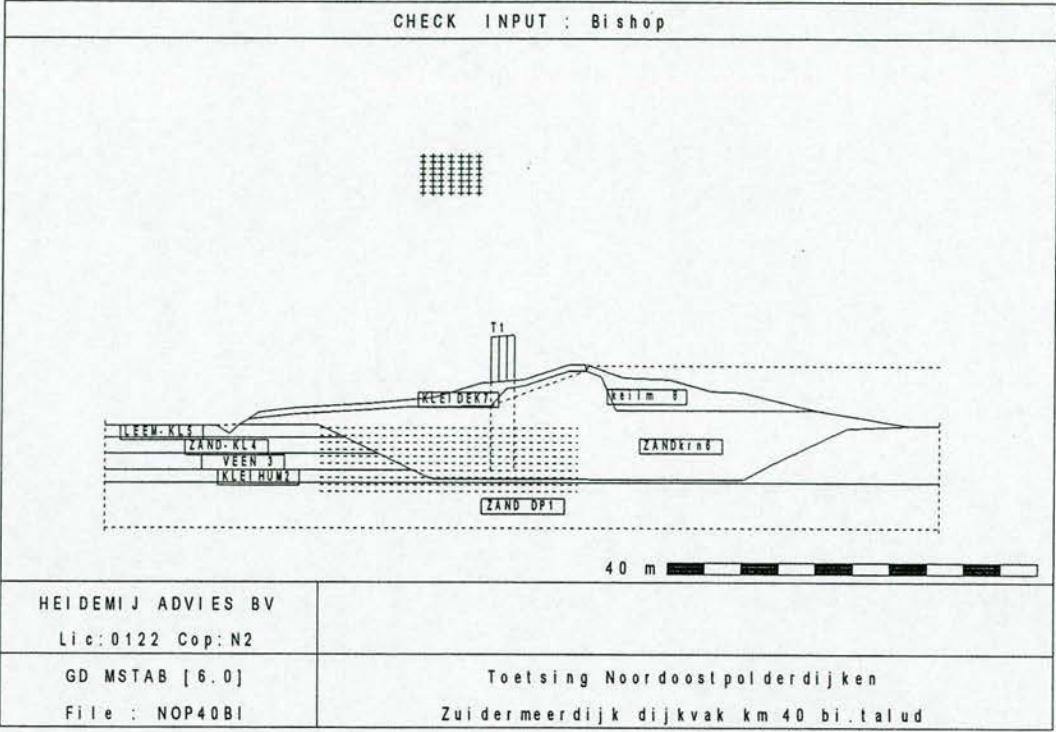




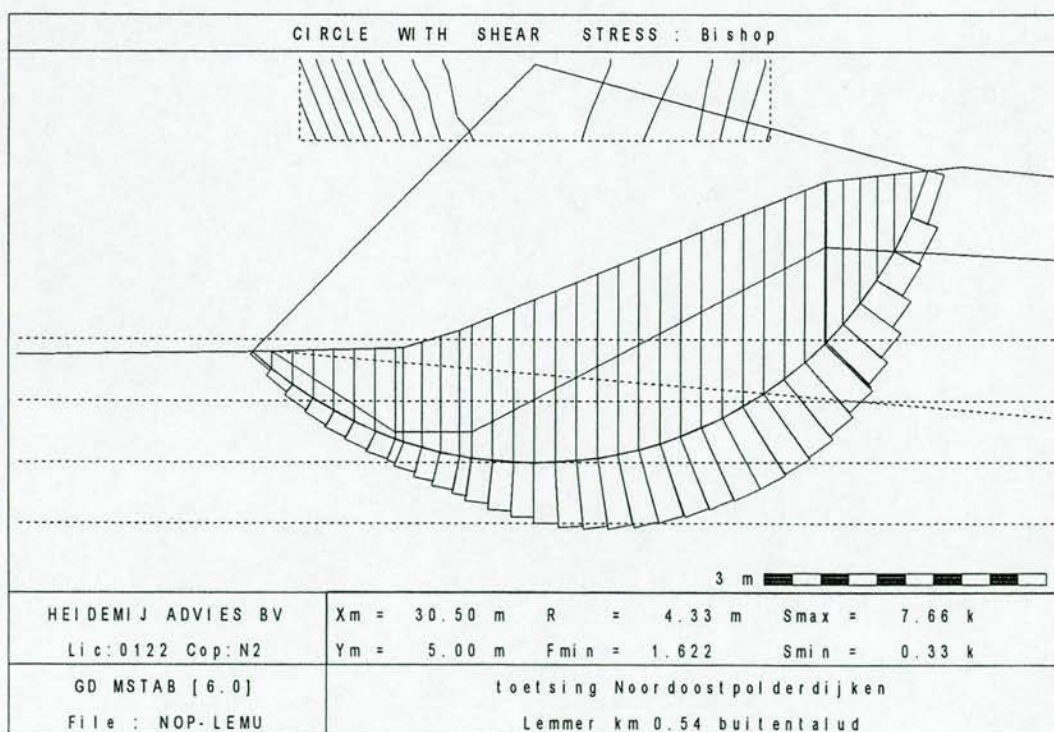
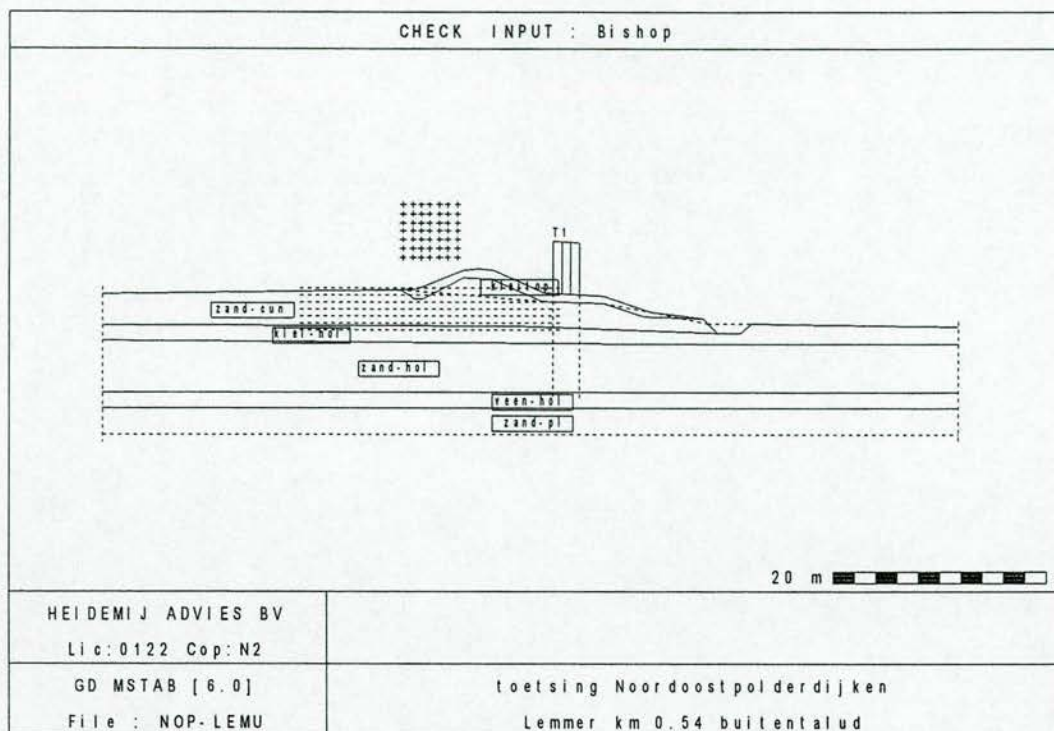


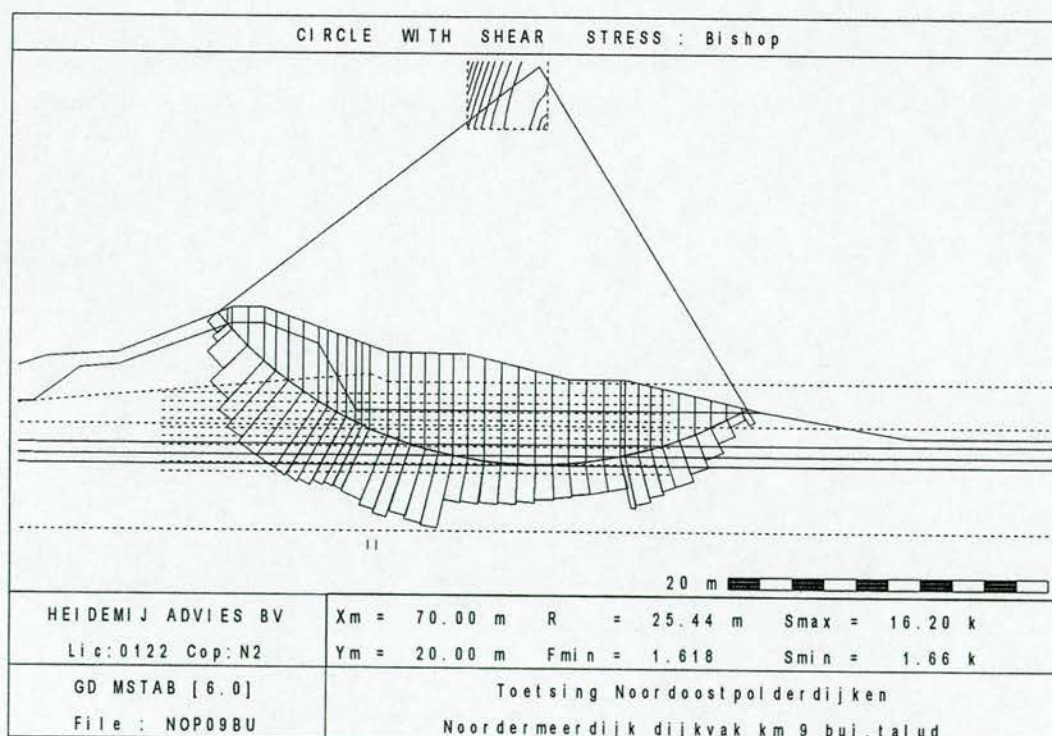
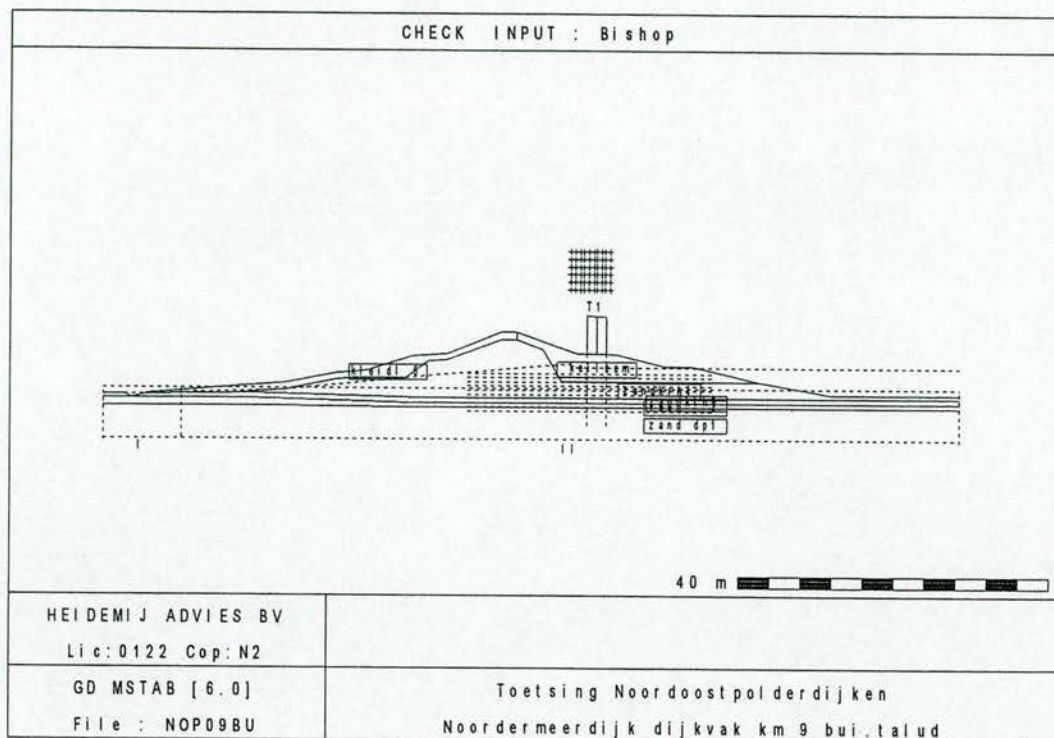


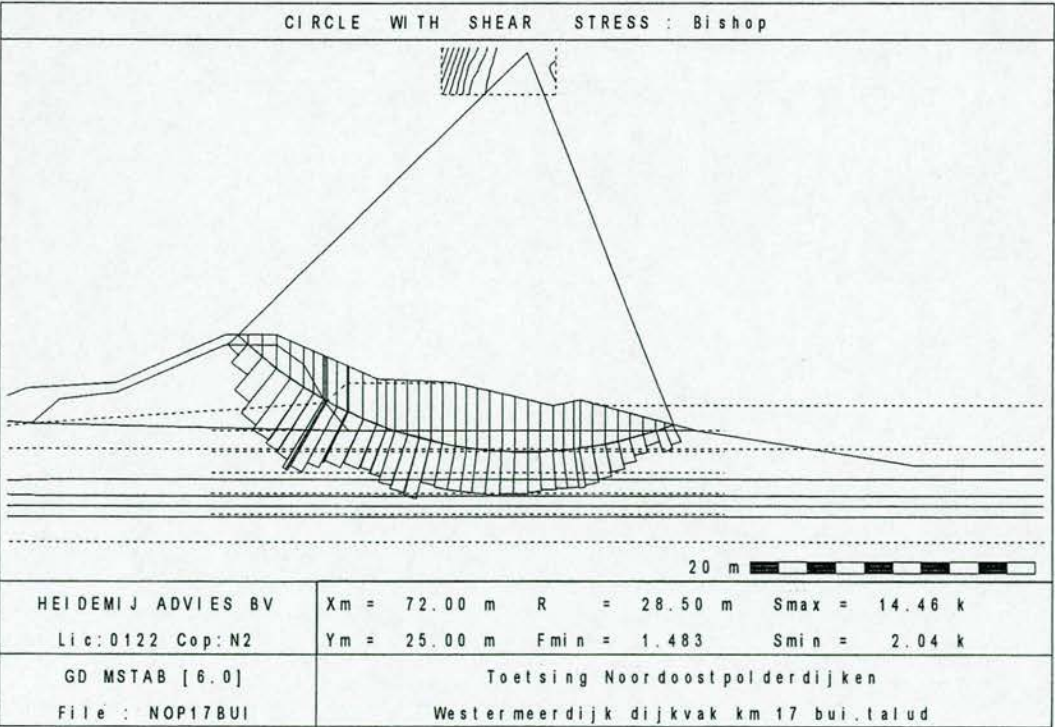
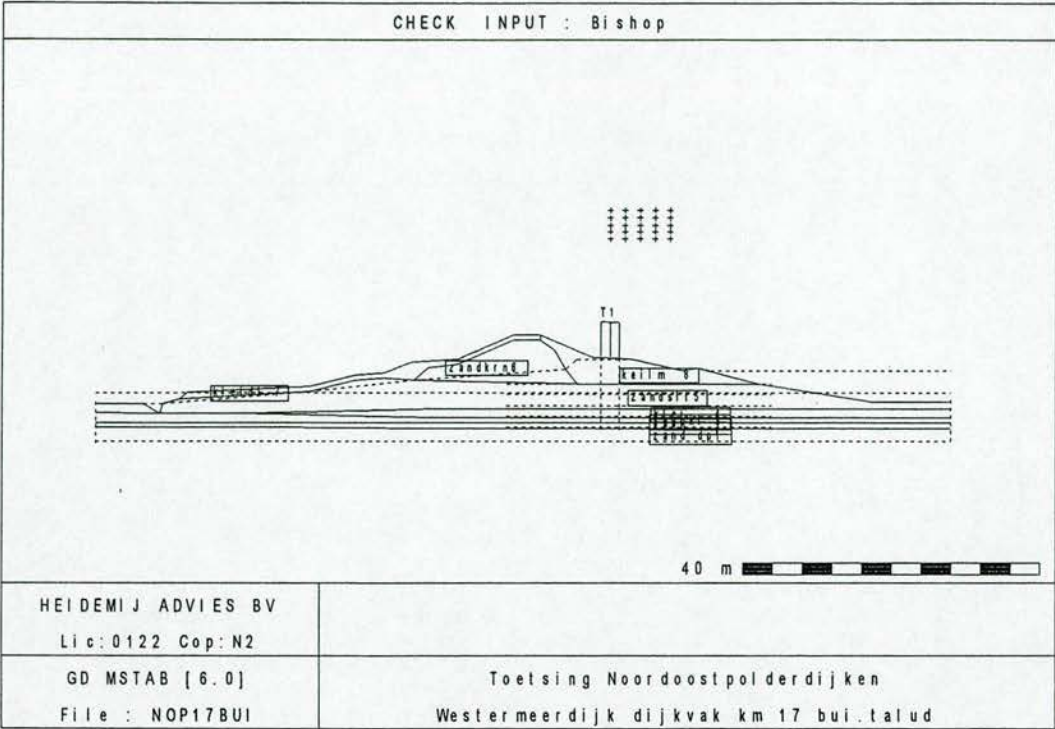


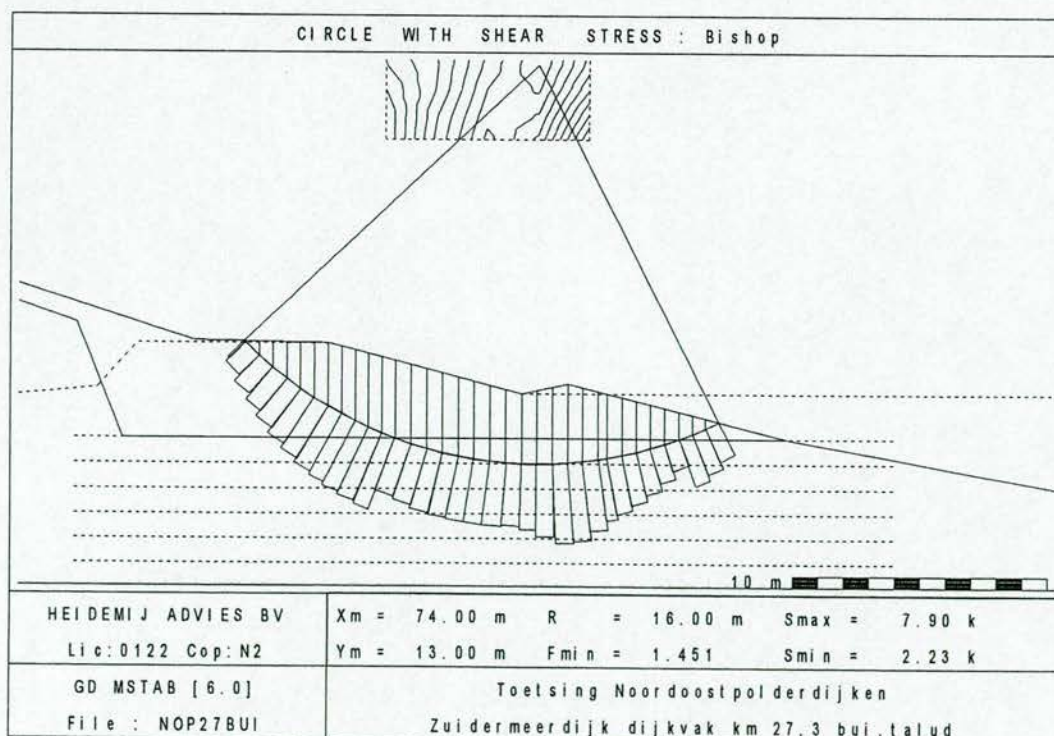
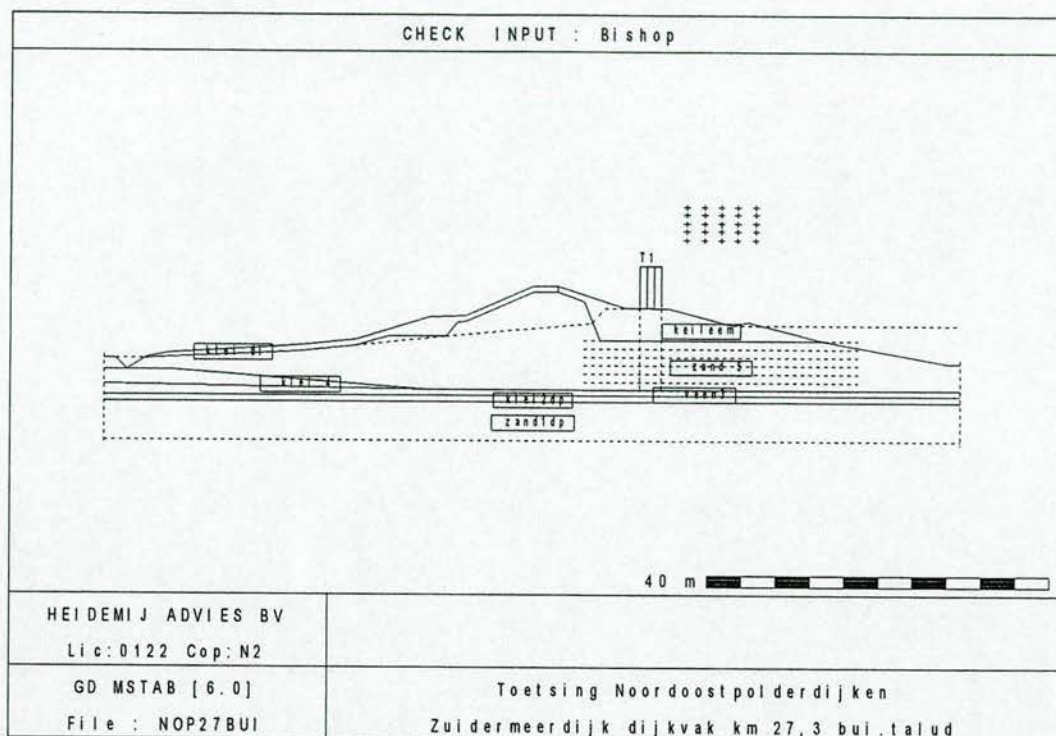


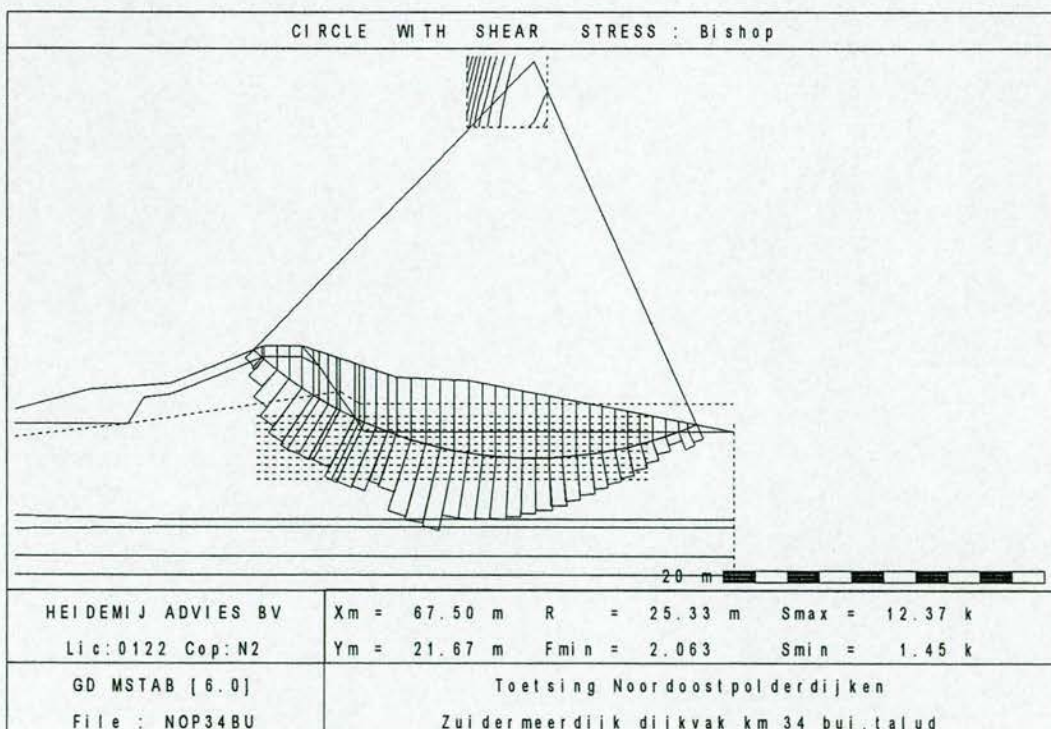
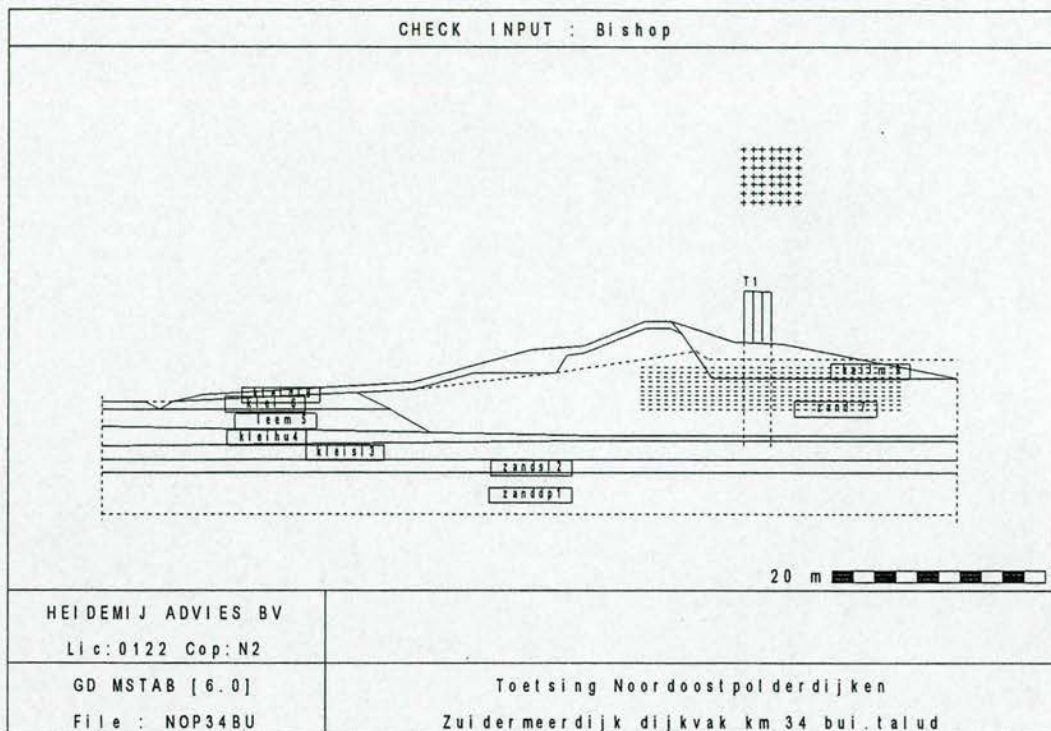
Bijlage 6.6 Stabiliteit buitentaluds

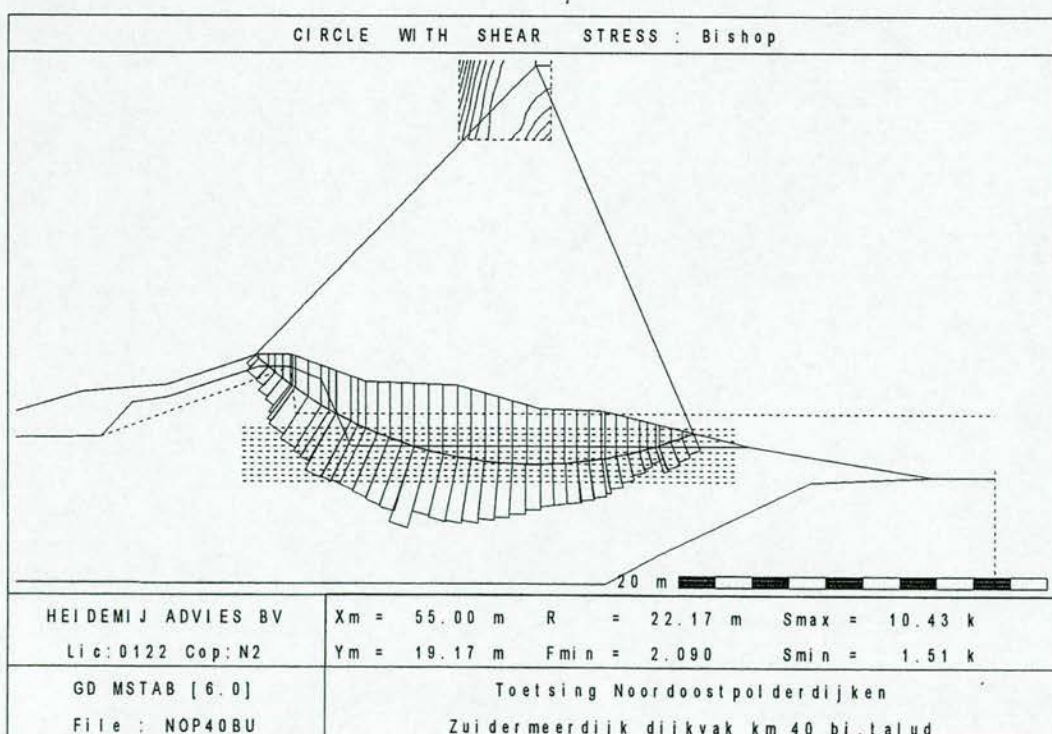
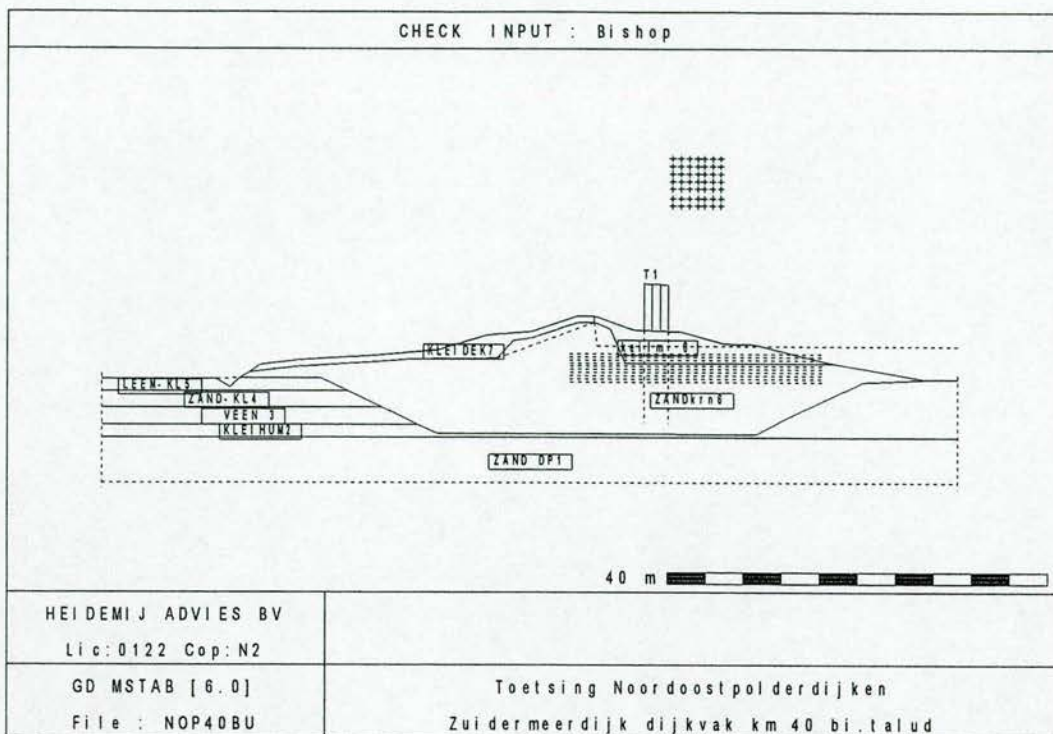












Bijlage 6.7 Steekproefanalyse

Proevenverzameling

bepaling phi-c waarden

opdrachtgever	RVWS dir. IJsselmeergebied
project	Noordoostpolder
grondsoort	veen
aantal proeven	9
meetgebied	veelvouden van 10 opgeven
ondergrens	20
bovengrens	130
materiaalfactoren	
gamma-c	1.3
gamma-tan(phi)	1.25

uitvoer	
rekenwaarden	
c	2.60
phi	13.33

resultaat proeven		
nr. boring/monster	c	phi
	kN/m2	graden
1	13	25
2	2	19
3	2	23
4	4	21
5	13	18
6	5	17
7	8	13
8	10	18
9	12	24
gemiddeld	7.667	19.78

spanning kN/m2

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

13.00	17.66	22.33	26.99	31.65	36.32	40.98	45.64	50.30	54.97	59.63	64.29	68.96	73.62	78.28	82.95
2.00	5.44	8.89	12.33	15.77	19.22	22.66	26.10	29.55	32.99	36.43	39.88	43.32	46.76	50.21	53.65
2.00	6.24	10.49	14.73	18.98	23.22	27.47	31.71	35.96	40.20	44.45	48.69	52.94	57.18	61.43	65.67
4.00	7.84	11.68	15.52	19.35	23.19	27.03	30.87	34.71	38.55	42.39	46.23	50.06	53.90	57.74	61.58
13.00	16.25	19.50	22.75	26.00	29.25	32.50	35.74	38.99	42.24	45.49	48.74	51.99	55.24	58.49	61.74
5.00	8.06	11.11	14.17	17.23	20.29	23.34	26.40	29.46	32.52	35.57	38.63	41.69	44.74	47.80	50.86
8.00	10.31	12.62	14.93	17.23	19.54	21.85	24.16	26.47	28.78	31.09	33.40	35.70	38.01	40.32	42.63
10.00	13.25	16.50	19.75	23.00	26.25	29.50	32.74	35.99	39.24	42.49	45.74	48.99	52.24	55.49	58.74
12.00	16.45	20.90	25.36	29.81	34.26	38.71	43.17	47.62	52.07	56.52	60.98	65.43	69.88	74.33	78.78

gemiddeld 7.667 19.78

gemiddeld

st. afw.

karakteristiek

7.67	11.28	14.89	18.50	22.11	25.73	29.34	32.95	36.56	40.17	43.78	47.40	51.01	54.62	58.23	61.84
4.56	4.73	5.01	5.38	5.82	6.33	6.88	7.47	8.08	8.72	9.37	10.04	10.72	11.41	12.11	12.81
2.58	6.00	9.30	12.49	15.60	18.65	21.65	24.60	27.53	30.43	33.31	36.17	39.02	41.86	44.70	47.52

Proevenverzameling

bepaling phi-c waarden

opdrachtgever	RWS dir IJsselmeergebied
project	Noordoostpolder
grondsoort	klei siltig/humeus
aantal proeven	5
meetgebied	veelvouden van 10 opgeven
ondergrens	20
bovengrens	140
materiaalfactoren	
gamma-c	1.3
gamma-tan(phi)	1.2

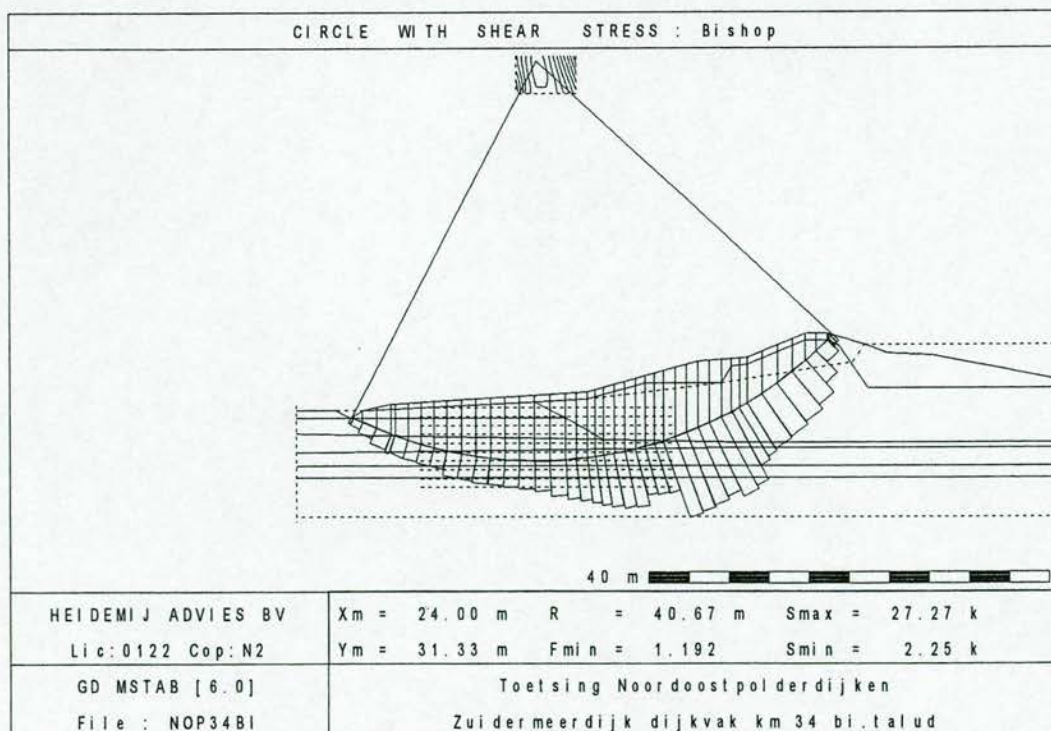
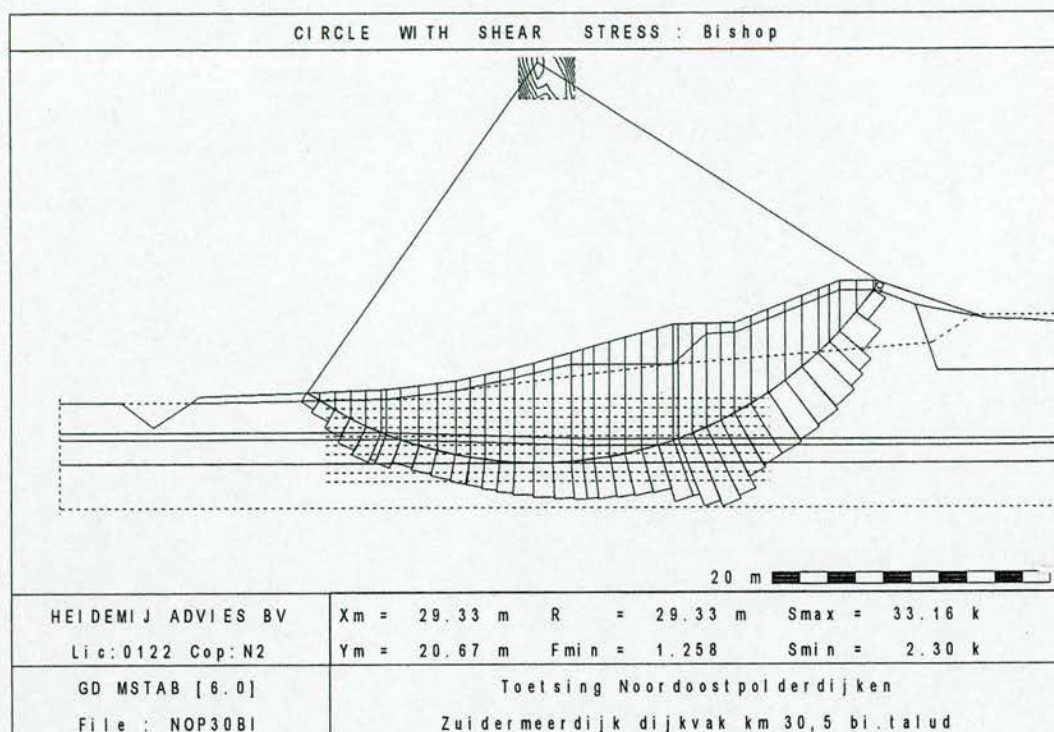
uitvoer	
rekenwaarden	
c	2.44
phi	17.63

resultaat proeven		
nr. boring/monster	c	phi
	kN/m2	graden
1	3	26
2	1	30
3	2	27
4	3	23
5	8	20
gemiddeld	3.4	25.2

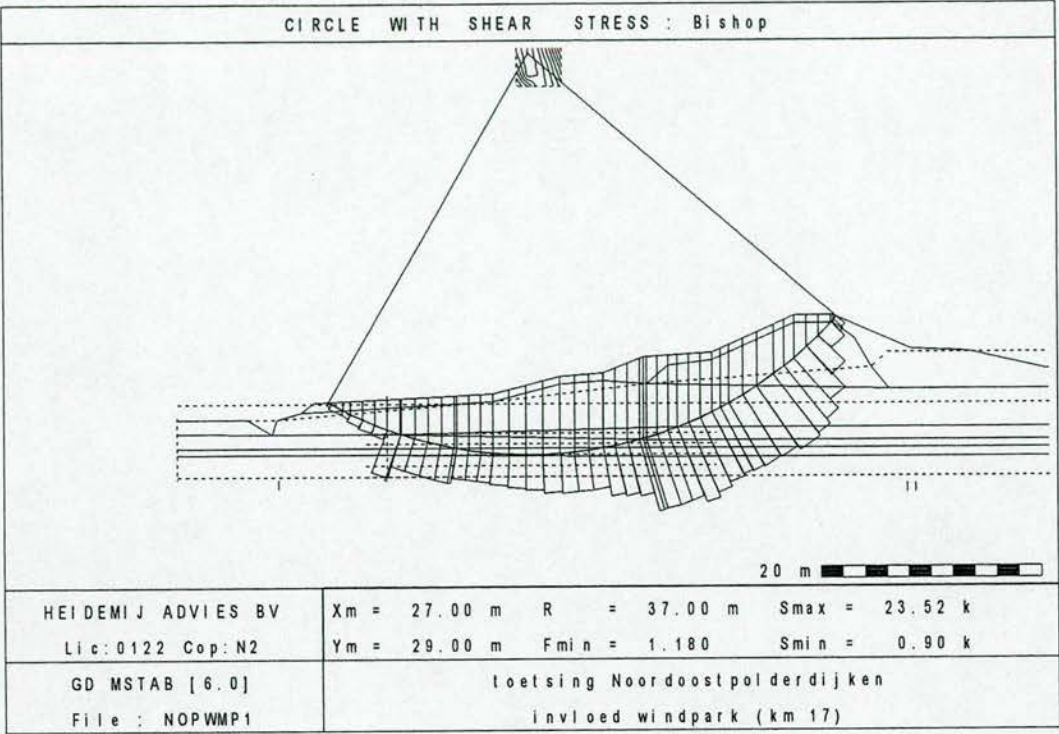
spanning kN/m2

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	3.00	7.88	12.75	17.63	22.51	27.39	32.26	37.14	42.02	46.90	51.77	56.65	61.53	66.41	71.28	76.16
2	1.00	6.77	12.55	18.32	24.09	29.87	35.64	41.41	47.19	52.96	58.74	64.51	70.28	76.06	81.83	87.60
3	2.00	7.10	12.19	17.29	22.38	27.48	32.57	37.67	42.76	47.86	52.95	58.05	63.14	68.24	73.33	78.43
4	3.00	7.24	11.49	15.73	19.98	24.22	28.47	32.71	36.96	41.20	45.45	49.69	53.94	58.18	62.43	66.67
5	8.00	11.64	15.28	18.92	22.56	26.20	29.84	33.48	37.12	40.76	44.40	48.04	51.68	55.32	58.96	62.60
gemiddeld	3.40	8.13	12.85	17.58	22.30	27.03	31.76	36.48	41.21	45.93	50.66	55.39	60.11	64.84	69.57	74.29
st. afw.	2.70	2.00	1.44	1.21	1.48	2.06	2.76	3.51	4.29	5.08	5.88	6.68	7.48	8.29	9.10	9.91
karakteristiek	-0.46	5.26	10.79	15.85	20.19	24.09	27.81	31.46	35.07	38.67	42.26	45.84	49.41	52.98	56.55	60.12

Bijlage 6.8 Stabiliteit binnentalud 2



Bijlage 7.1 Stabiliteit t.p.v. windmolens



Deel 2

Samenvatting en conclusies geavanceerde toets

Appendix 1

"Toetsen van bekledingen boven de berm op de IJsselmeerdijken langs de Noordoostpolder, augustus 2000 van Infram b.v, WL Delft Hydraulics en GeoDelft"

Voor gezette steenbekledingen, die zich boven de berm van de dijk bevinden, bestaat geen goede toetsmethodiek. Bij de eenvoudige- en gedetailleerde toetsing is een eerste poging gedaan om deze vakken met gebruikmaking van de bermfactor te toetsen. De score voor deze vakken bleek echter vaak "twijfelachtig, nader onderzoek noodzakelijk" te blijven. In deze notitie wordt aangegeven dat voor de omstandigheden die bij de Noordoostpolderdijken gelden de vakken boven de berm waar zich bloksteen dan wel betonzuilen bevinden de score "goed" mogen krijgen indien door de beheerder geen onrechtmatigheden zijn geconstateerd.

Appendix 2

"De invloed van het gebruik van de voorlandmodule op de toetsresultaten, augustus 2000 van Infram".

Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied (RDIJ) heeft voor de eenvoudige- en de gedetailleerde toetsing van de dijken van de Noordoostpolder er voor gekozen om het effect van het voorland op de hydraulische randvoorwaarden niet mee te nemen. In het kader van de geavanceerde toetsing is voor de vakken waar het basalt op het benedentalud niet "goed" scoorde bekeken wat de invloed van het voorland op de met name de maatgevende golfhogte heeft. De berekende golfrandvoorwaarden zoals deze met de aangepaste voorlandgeometrie zijn uitgerekend zijn vervolgens ingevoerd in het programma STEENTOETS.

Uit de STEENTOETS berekeningen voor het basalt 20/30 in het onderste vak van het ondertalud op de trajecten:

- 10,5 – 13,0 km,
- 13,0 – 16,0 km,
- 16,0 – 19,5 km, en
- 29,0 – 31,5 km.

komt een score "goed".

Voor het vak basalt 20/30 in het ondertalud van traject 19,5 – 23,0 km geldt dit niet. De score voor dit vak blijft "onvoldoende". Met uitzondering van het gedeelte tussen km 19,5 en km 22,45 (zie Appendix 3).

Appendix 3

"Toetsing herzette gedeelte van de bekleding tussen km 21,95 en km 22,45, oktober 2000 van Infram".

Eind september 2000 is het talud beneden de berm tussen km 21,95 en km 22,45 op nieuw gezet. Met name de taludhelling van het nieuw gezette gedeelte van de bekleding bleek veel gunstiger te zijn geworden. Na de hernieuwde toetsing van dit vak bleek dit herzette gedeelte van het vak de score "goed" te halen.

Voor het gedeelte tussen km 19,5 en km 21,95 bleek op de valreep geen basalt 20/30 maar basalt 30/40 op het ondertalud te zijn gebruikt. Waardoor de score "goed" aan de bekleding van het ondertalud kan worden gegeven.

Appendix 4

“Toepasbaarheid van Anamos voor bekledingen op de berm, augustus 2000 van Infram”. Voor de gedetailleerde toetsing voor de bekledingstype blokken op een granulair filter wordt gebruik gemaakt van de analytische methode zoals deze in het programma Anamos is verwerkt. Deze analytische methode biedt de mogelijkheid om op een meer verfijnde wijze onderscheid te maken tussen dichte en open toplagen, fijne en grove filters en dergelijke. Een begrenzing van het Anamos programma is de taludsteilheid tot waar het programma toepasbaar is, namelijk steiler dan 1:6.

Een berm is een onderdeel van de dijk dat een helling heeft die flauwer is dan 1:9. Een steenzetting op een berm is over het algemeen stabielere dan dezelfde steenzetting op een talud. Om deze verandering van de stabiliteit bij de toetsing in rekening te kunnen brengen wordt gebruik gemaakt van de “bermfactor”. In de notitie wordt aangetoond dat de berrfactor in combinatie met Anamos toelaatbaar is. Op basis hiervan krijgen de vakken met graniet op de berm van de volgende trajecten een aangepaste eindscore.

Traject	Type bekleding	Toetsresultaat
7,0 – 10,5 km	graniet op puin	goed
27 – 29 km	graniet op puin	goed
29 – 31,5 km	graniet op puin	twijfelachtig

Het graniet op de berm tussen km 38 en km 38,5 krijgt de score “goed” omdat de maatgevende golfhoopte ter plaatse als gevolg van diffractie sterk is afgenomen, zie Appendix 5.

Appendix 5

“Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject km 29 – 31,5, oktober 2000 van Infram”

“Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject km 38 – 38,5, oktober 2000 van Infram”

Op basis van “in situ” metingen bleek de hoogte van de granietblokken op de berm in het traject km 29 – 31,5 groter te zijn tot dan toe in de toetsingen was aangehouden, namelijk 0,24 m in plaats van 0,20 m. Deze aanpassing heeft tot gevolg dat de score van dit vak van “twijfelachtig” in “goed” verandert.

Het vak met granietblokken op de berm in het traject km 38 – 38,5 ligt direct ten oosten van Schokkerhaven. Bij de maatgevende westelijke wind- (en golf)richting ligt dit vak in de luwte van Schokkerhaven. Als gevolg van diffractie van de golven rond de golfbreker van Schokkerhaven is de maatgevende golfhoopte bij dit vak belangrijk lager dan tot nu werd gehanteerd bij de toetsing. Deze reductie van de maatgevende golfhoopte heeft tot gevolg dat de score van dit vak “goed” wordt.

Appendix 6

“Geavanceerde toetsing van de betonplaten op de NOP-dijken, oktober 2000 van Infram”

“Geavanceerde toetsing van de betonplaten in het proefvak nabij km 14,5, oktober 2000 van Infram”

“In situ” onderzoek van de betonplaten, die op de berm van de dijk als onderdeel van de onderhoudsweg aanwezig zijn heeft aangetoond dat de effectieve dikte van de betonplaten veel groter is dan de tot nu toe aangehouden dikte van 0,05 m. De effectieve dikte van het gecementeerde stortsteen en de betonnen afwerklaag is minimaal 0,15 m.

De betonplaat in het proefvak bij km 14,5 is ontworpen op basis van de momenteel vigerende leidraden voor het ontwerpen van cementbetonnen plaatbekledingen en met gelijkwaardige randvoorwaarden als die momenteel voor de toetsing maatgevend zijn. Op

basis van deze constatering en een positief beheerdersoordeel is deze betonplaat de score "goed" gegeven.

Appendix 7

"Geavanceerde toetsing van de betonzuiltjes op de berm van de NOP dijk, oktober 2000 van Infram"

De betonzuiltjes maken deel uit van de bestrating van de onderhoudsweg op de berm op de trajecten km 6,15 – 10,0 en km 22,16 – 24,25. De vakken met betonzuiltjes zijn gesitueerd op de helft van de berm die direct aan het boventalud grenst. Voor de vakken waar deze zuiltjes direct op de klei zijn gelegd geldt dat deze vakken in analogie met de toetsing van de aangrenzende vakken met zuiltjes op klei op het boventalud, zie appendix 1 de score "goed" krijgen. Voor de vakken waar de zuiltjes op een filter liggen is aangetoond dat er geen overdrukken onder de zuiltjes kunnen ontstaan waardoor schade bij de toets omstandigheden niet te verwachten is, zodat ook deze vakken de score "goed" krijgen.

Appendix 8

"Geavanceerde toetsing van de grasbekleding op het buitentalud, september 2000 van Infram"

De kwaliteit van de graszode op de dijken van de Noordoostpolder moest op basis van het beheer als "slecht" worden gekenmerkt. Deze kwalificatie stond een score "goed" dan/wel "voldoende" voor de grasbekledingen in de weg. Vandaar dat er is besloten om een gespecialiseerd bureau opdracht te geven om de kwaliteit van de graszode op de verschillende dijkvakken nader te bekijken. Indien de uitkomsten dit gespecialiseerde onderzoek worden gecombineerd met de resultaten van de golfoploopberekeningen dan volgen daar de volgende toetsresultaten uit:

Westerveerdijk	: "onvoldoende"
Noorderveerdijk	: "onvoldoende"
Zuiderveerdijk West	: "voldoende"
Zuiderveerdijk Oost en Ramsdijk	: "onvoldoende"

Het rapport van het onderzoeksbureau Alterra geeft aanbevelingen voor aanpassingen in het beheer die er op termijn in zullen resulteren dat de kwaliteit van de graszode voldoende zal verbeteren om tot minimaal de score "voldoende" te kunnen komen.

N.B.: Net onder Urk zijn enkele proefvakken aangebracht met schanskorven en Leendertse blokken. Door Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied is na overleg met het waterschap Zuiderzeeland besloten dat deze bekledingen zullen worden vervangen, vandaar dat deze bekledingen niet in deze toetsing zijn meegenomen.

Appendix 1

Toetsen van bekledingen boven de berm op de IJsselmeerdijken langs de
Noordoostpolder, augustus 2000 van Infram b.v., WL Delft Hydraulics en GeoDelft

Toetsen van bekledingen boven de berm op de IJsselmeerdijken langs de Noordoostpolder

**Eindnotitie
augustus 2000**

Infram b.v, WL Delft Hydraulics en GeoDelft

Inleiding

In 1998 is door GeoDelft (destijds Grondmechanica Delft) een toetsing uitgevoerd van de bekledingen op de dijken van de Noordoostpolder langs het IJsselmeer [lit. 1]. Deze studie is uitgevoerd met de destijds bepaalde hydraulische randvoorwaarden en inzichten. Voor de bekledingen boven de berm werd in de geavanceerde toets overwegend de score 'goed' gevonden.

Inmiddels zijn er met het model Hydra_Q nieuwe hydraulische randvoorwaarden bepaald. Door Infram b.v. is hiermee een nieuwe toetsing van de bekledingen uitgevoerd. De scores in de globale toets en de gedetailleerde toets van de bekledingen boven de berm worden in veel gevallen 'onvoldoende' of 'twijfelachtig'. Vervolgens is door Infram een optimalisatieslag uitgevoerd, door de zogenaamde 'bermfactor' (een factor waarmee wordt verdisconteerd dat bekledingen op de berm veelal minder zwaar belast worden) te bepalen en deze, conform de werkwijze in Zeeland, ook voor de bekledingen boven de berm toe te passen. Dit bleek echter niet voldoende om de bekledingen alsnog goed te kunnen keuren. Geconcludeerd is voorts dat er geen 'standaard methode' is om een geavanceerde toetsing uit te voeren. Het achterwege laten van de geavanceerde toetsing zou leiden tot het afkeuren en renoveren van veel bekledingen boven de berm. Dit strookt niet met het gevoel dat deze bekledingen in een zone op het talud liggen die minder zwaar worden belast door golfaanval en waarschijnlijk (als daarvoor een geschikt toetsgereedschap beschikbaar zou zijn) gewoon goedgekeurd zouden kunnen worden.

In overleg met Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, is besloten dat alsnog een geavanceerde toetsing dient te worden uitgevoerd. Deze toetsing heeft bestaan uit drie stappen:

1. de steenzettingenexperts van Infram b.v., WL Delft Hydraulics en GeoDelft proberen met een gezamenlijke visie te komen met betrekking tot de vraag hoe de stabiliteit van de bekledingen boven de berm beschouwd kan worden.
2. op basis van deze visie kan een oordeel over de stabiliteit van de bekledingen boven de berm worden voorgesteld.
3. de werkwijze en de uitkomst zijn in een discussienota neergeschreven.

In deze notitie wordt het resultaat van de eerste twee genoemde stappen weergegeven. De discussienota was de basis voor de discussie binnen de Werkgroep Toetsing Dijkbekledingen over dit onderwerp. Het oordeel en de conclusie van de werkgroep zijn aan het eind van deze notitie opgenomen.

Overzicht bekledingen boven de berm

Er wordt eerst een overzicht gegeven van de aanwezige bekledingen:

Van [km]	Tot [km]	Type	Onderzijde [m+NAP]	Bovenzijde [m+NAP]	Dikte [m]	Taludhelling [1 : x]
0	3,75	gras	-	-	-	-
3,75	7	klinkers, plat	1,84	2,75	0,1	3
7	10,5	betonzuilen, zeskantig	1,54	2,2	0,25	2,78
		bloksteen	2,2	2,65	0,15	2,94
10,5	13	betonzuilen, zeskantig	1,96	2,2	0,15	2,86
		bloksteen	2,2	2,8	0,2	2,86
13	16	betonzuilen, zeskantig	1,81	2,65	0,15	2,63
		klinkers/bloksteen	2,65	3,16	0,1	2,78
16	19,5	betonzuilen, zeskantig	1,73	2,35	0,25	2,63
		bloksteen	2,35	2,75	0,2	2,63
19,5	23	betonzuilen, zeskantig	1,90	3,11	0,15	2,78
23	24,5	betonzuilen, zeskantig	1,90	2,35	0,25	2,94
		bloksteen	2,35	3,05	0,2	2,94
26	27	betonzuilen, zeskantig	1,81	2,35	0,25	2,7
		bloksteen	2,35	2,69	0,15	2,7
27	29	betonzuilen, zeskantig	2,01	2,35	0,25	3,22
		bloksteen	2,35	2,60	0,15	3,45
29	31,5	betonzuilen	2,02	2,45	0,25	3,7
		bloksteen	2,45	2,80	0,20	3,57
31,5	35	betonzuilen, zeskantig	1,85	2,30	0,25	2,94
35	36,2	betonzuilen, zeskantig	2,01	2,35	0,15	3
36,2	37,55	betonzuilen, zeskantig	1,74	2,35	0,15	2,78
38	42,22	gras	-	-	-	-
42,22	44	gras	-	-	-	-

Alle bekledingen boven de berm staan direct op klei. Op de stenen is doorgaans een dunne laag grond aanwezig die bedekt is met gras.

De werkwijze in 1998

Door GeoDelft zijn in 1998, in samenwerking met Rijkswaterstaat, RIZA, maatgevende hydraulische randvoorwaarden bepaald. Deze hydraulische randvoorwaarden bestonden uit een combinatie van waterstand, golfhoogte en golfperiode die een kans van voorkomen van $2,5 \cdot 10^{-4}$ per jaar hadden. De frequentie 1 : 4000 per jaar is gelijk aan de dijkkringfrequentie. De hydraulische randvoorwaarden waren nog geen definitieve waarden; deze konden destijds door Rijkswaterstaat nog niet worden vrijgegeven.

Met de bepaalde hydraulische randvoorwaarden is eerst een globale toetsing uitgevoerd. Dit houdt in dat aan de hand van alleen de golfhoogte, de golfsteilheid, het soortelijk gewicht van de stenen, de dikte van de stenen en het constructietype (in dit geval 'steenzetting op klei') wordt gekeken of een score 'goed', 'twijfelachtig' of 'onvoldoende' wordt gevonden. Voor de bekledingen boven de berm leidde dit in veel gevallen tot de score 'onvoldoende' of 'twijfelachtig', omdat er in de globale toetsing geen rekening wordt gehouden met bekledingen die zich niet in de zwaarst aangevallen zone op het talud bevinden.

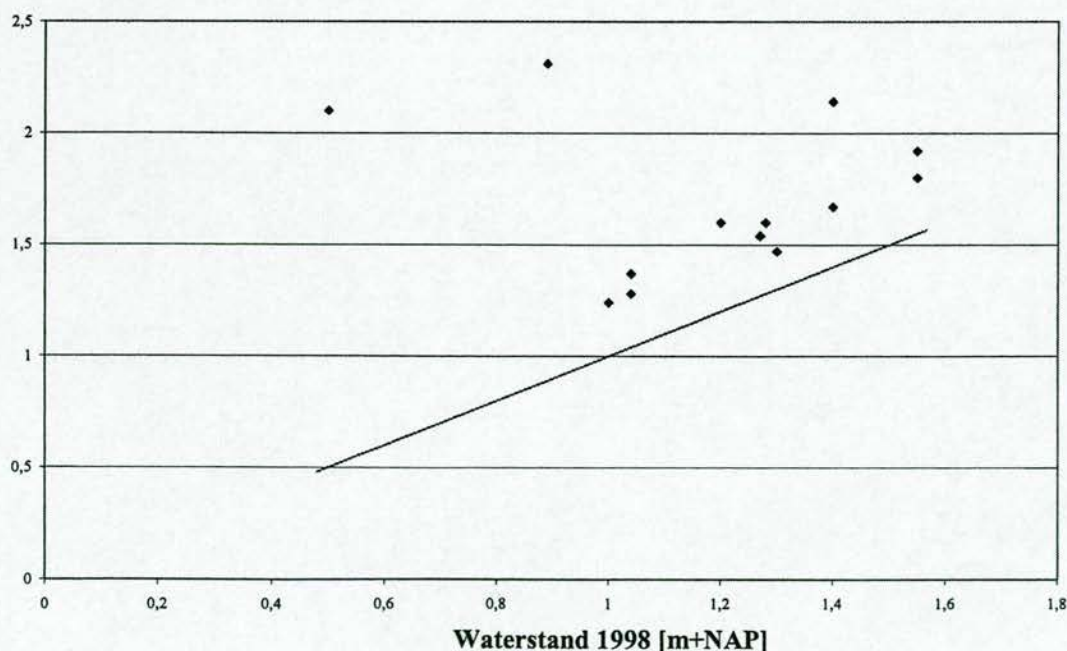
Dit was aanleiding deze bekledingen (ook bij een 'onvoldoende' score in de globale toetsing) mee te nemen in de geavanceerde toetsing. In de geavanceerde toetsing zijn berekeningen uitgevoerd met het model STEENZET.

Voor de bekledingen boven de berm (veelal blokken op een klei-onderlaag, dus zonder filter) gaat de STEENZET-modellering in principe niet op. Omdat tijdens de veldbezoeken in alle gevallen is geconstateerd dat er nergens sprake is van geulen onder de blokken is er sprake van een vrij gunstige constructie. Deze situatie, waarin er nauwelijks stroming onder de blokken plaats kan vinden, is in 1998 gemodelleerd door een filter van 10 cm dik en een korreldiameter van 1 mm aan te nemen en hiermee de STEENZET berekeningen uit te voeren. Verder wordt in de STEENZET modellering gerekend met 'rechte taluds', ofwel een talud zonder berm. Dit heeft als gevolg dat STEENZET voor de bekledingen boven de berm een conservatief resultaat levert. Hoewel dit gunstige effect niet in de modellering werd meegenomen gaf STEENZET in alle gevallen een stabiele constructie als rekenresultaat. Dit diende alleen ter ondersteuning van het gevoel dat de bekledingen boven de berm 'goed' waren, en niet als 100 % correcte rekenprocedure. Het eindoordeel 'goed' is in 1998 verstrekt op basis van 'expert opinion', ondersteund door de rekenresultaten.

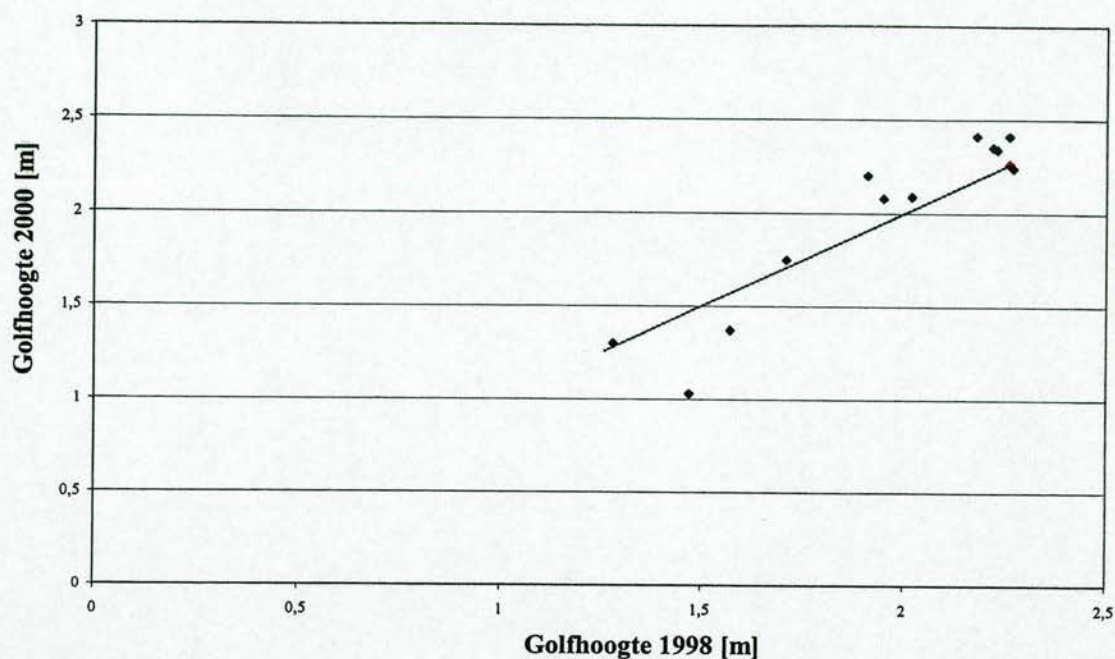
Hydraulische randvoorwaarden

Een eerste logische stap om te kijken of de resultaten uit 1998 met andere ogen gezien moeten worden is antwoord geven op de vraag of de definitieve hydraulische randvoorwaarden anders zijn dan in 1998.

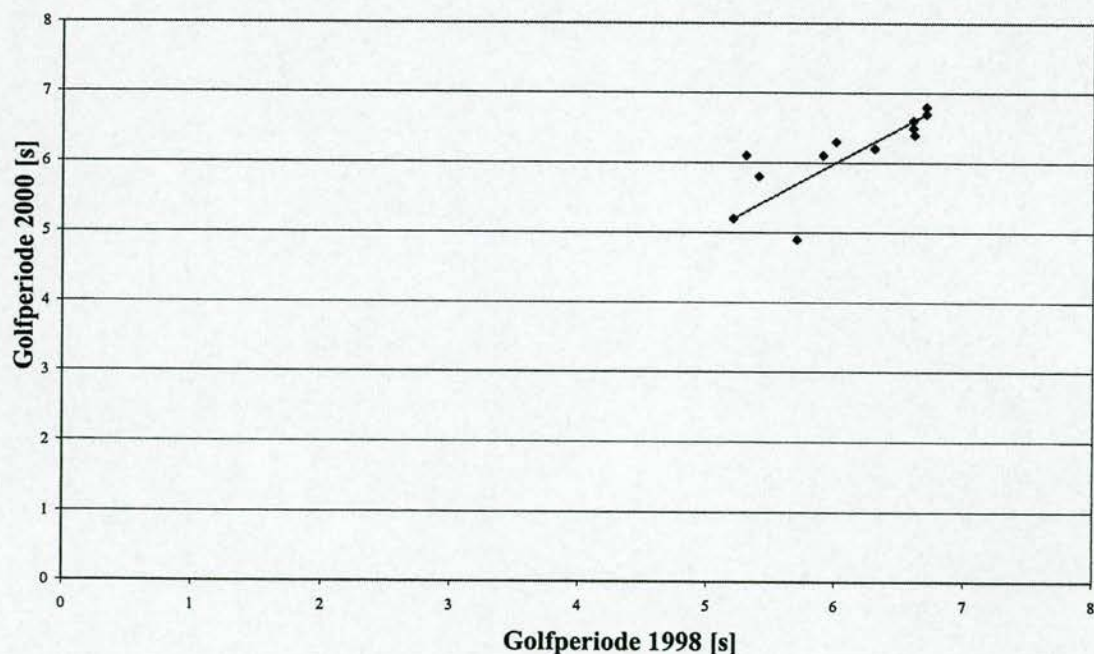
In een drietal figuren worden de randvoorwaarden (waterstand, golfhoogte en golfperiode) zoals deze in 1998 zijn bepaald afgezet tegen de randvoorwaarden die in 2000 dienen te worden gehanteerd.



De waterstanden die in 2000 zijn bepaald zijn stelselmatig ongeveer 30 cm hoger dan de waterstanden die in 1998 zijn gehanteerd. In drie gevallen is een randvoorwaarde speciaal voor de bekledingen op en boven de berm bepaald bij een hoge waterstand. Dit zijn de punten waar de afwijking tussen de oude en de nieuwe waterstand groot is.

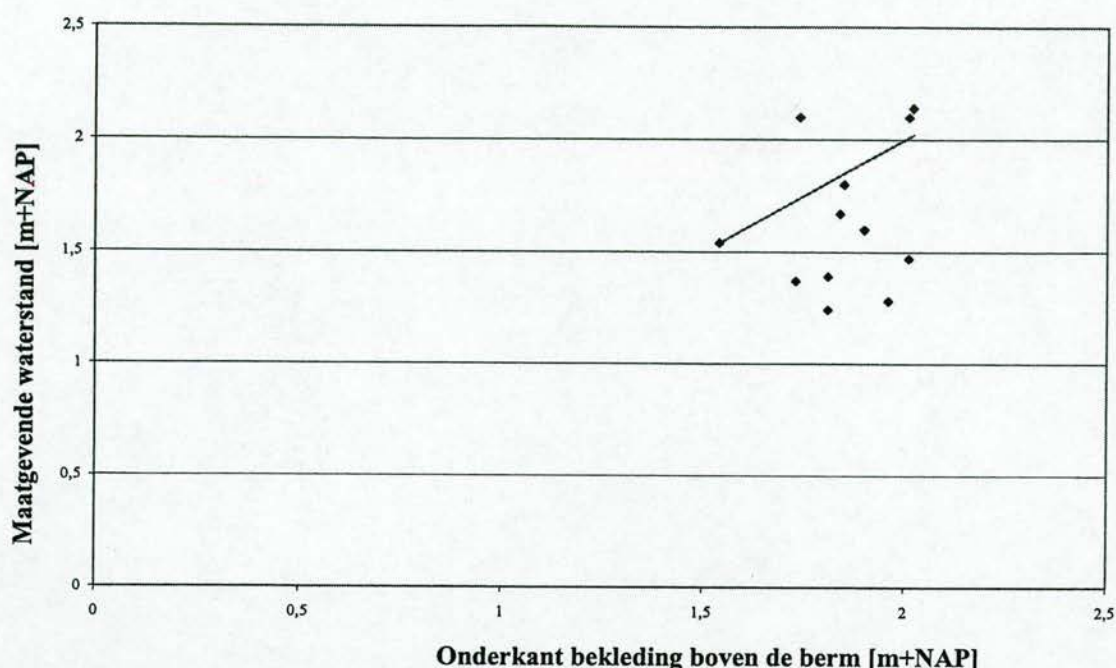


De golfhoogte die in 1998 is bepaald, is in de meeste gevallen circa 10 cm lager dan de waarden die in 2000 zijn berekend. De verschillen zijn niet echt schokkend te noemen.



De golfperiodes die in 1998 zijn bepaald wijken in de meeste gevallen niet significant af van de golfperiodes die in 2000 zijn berekend.

Het meest opvallende bij de vergelijking van de hydraulische randvoorwaarden uit 1998 en 2000 is dus dat de waterstand die in 2000 is bepaald hoger ligt dan de waterstand die in 1998 is gehanteerd. Hierdoor komt de waterstand dicht bij de berm te liggen, en zou de belasting op het gedeelte boven de berm ook iets toe kunnen nemen. Om dit na te gaan is in een figuur de maatgevende waterstand (2000) afgezet tegen de hoogte van de onderkant van de te toetsen bekledingen boven de berm.



De bekledingen boven de berm liggen veelal boven de stilwaterstand. Twee gevallen (km 3,75 tot 7 en km 29 tot 31,5) liggen met de onderkant juist onder de stilwaterstand. Op één locatie (bij km 36,2 tot 37,55) is een extra golftrandvoorwaarde bij een hogere waterstand berekend. De onderkant van de te toetsen bekleding ligt hier 35 cm onder de stilwaterlijn. Dit is een kwart golfhoogte beneden de stilwaterlijn. Dit is nog niet in de golfklap- en golfterugloopzone; deze bevindt zich beneden een niveau van een halve golfhoogte onder de stilwaterlijn. De bekleding (bij km 36,2 tot 37,55) ligt ongeveer op de grens van wat tot een 'bekleding in de lichter aangevallen golfzone' gerekend mag worden.

Bestaande kennis over blokken op klei

De bestaande kennis over de stabiliteit van blokken op klei is goeddeels empirisch. In de globale toetsing wordt aan de hand van één enkele grafiek bekeken of de bekleding 'goed', 'twijfelachtig' of 'onvoldoende' is. Deze grafiek is gebaseerd op het onderzoek naar Reststerkte van dijkbekledingen uit 1993 [lit. 2]. In dit onderzoek zijn proeven gedaan naar de stabiliteit van blokken op klei, waarbij in de klei, om uitspoelen van klei onder de blokken te simuleren, doelbewust geulen onder de blokken zijn aangebracht. Vervolgens werd de stabiliteit van deze constructie beproefd. De punten waar de blokken begonnen te bewegen zijn opgenomen in de eerder genoemde black box grafiek van de globale toetsing.

In de geulen onder de blokken werden waterdrukken gemeten. Getracht is deze te analyseren met behulp van de leklengte-theorie [lit. 3]. Hierbij werden leklengtes gevonden tussen 0,4 en 1 m, wat redelijk aansloot bij de punten in de black box grafiek. Tegelijkertijd bleek dat de leklengte-theorie niet toereikend was om de gemeten waterdrukken te verklaren en dus in feite dat de leklengte-theorie niet van toepassing is op dit type constructie. Een goede theorie om de waterbeweging in de geulen onder de blokken te beschrijven ontbreekt tot op de dag van vandaag.

Overigens richtte het onderzoek zich op bekledingen die in de golfterugloop- en golfklapzone liggen, en niet op de bekleding in de golfploopzone.

Bestaande kennis over bekledingen boven de berm

Eigenlijk alle onderzoek is er op gericht bekledingen in de golfterugloop- en de golfklapzone te beproeven en te beschrijven. Dit is immers de zwaarst aangevallen zone. Voor zover bekend is alleen in de Scheldegoot 1991 [lit. 4] onderzoek verricht naar golfdrukken op de berm en naar de invloed van de berm op golfdrukken op het gedeelte beneden de berm. Dit heeft uiteindelijk geleid tot een beoordelingsmethode van bekledingen op de berm met een zogenaamde bermfactor [lit. 5].

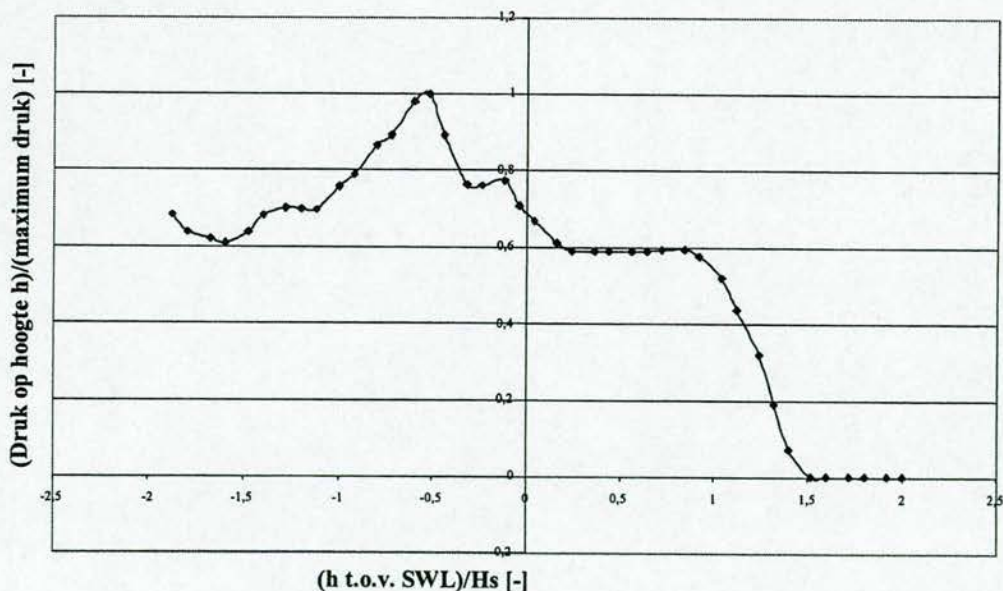
Voor bekledingen boven de berm is er geen methodiek ontwikkeld.

Reductie belasting (overdrukken)

De belasting op een steenzetting is niet overal gelijk. De belasting is het grootst in de golfterugloop- en golfklapzone. In de golfoploopzone is de belasting op de stenen minder groot. Met STEENZET kan zichtbaar worden gemaakt welk effect de zone op het talud waar een bekleding zich bevindt kan hebben.

Er wordt in deze notitie niet getracht hiervoor algemene richtlijnen te ontwikkelen: er wordt slechts een vrij willekeurig voorbeeld gegeven. Bij een andere taludhelling, golfsteilheid of leklengte van de bekleding veranderen de uitkomsten van de berekening.

In de figuur op deze bladzijde is de relatieve positie op het talud uitgezet tegen de maximale opwaartse druk die STEENZET op die positie berekent. De relatieve positie wordt uitgezet ten opzichte van de stilwaterlijn (groter dan 0 betekent 'boven de stilwaterlijn' en kleiner dan nul betekent 'onder de stilwaterlijn') en gedeeld door de golfhoogte H_s . Een waarde 1 op de x-as betekent dus simpelweg dat dit punt een hoogte 1 maal H_s boven de stilwaterlijn ligt. De maximale opwaartse druk die STEENZET op een bepaald punt berekent is genormeerd door deze te delen door de maximale opwaartse druk die gezien over het gehele talud wordt berekend.



In de figuur is te zien dat de maximale opwaartse druk beneden de stilwaterlijn optreedt. Boven de stilwaterlijn ontwikkelt zich een maximale opwaartse waterdruk die in dit voorbeeld slechts 60 % van die maximale waarde bedraagt.

Dit is een algemeen beeld, waarbij de verschillen tussen maximale druk onder de stilwaterlijn en de maximale druk boven de stilwaterlijn in plaats van 60 % ook 50 of 75 % kunnen

bedragen. Als de bekleding meer dan 1 maal H_s boven de stilwaterlijn ligt, dan nadert de opwaartse verschildruk naar nul.

Beschrijving bezwijkgedrag

In de beschouwingen tot dusver wordt geconstateerd dat er geen goede procedure is om een bekleding op klei boven de berm te toetsen. De toetswerktuigen zijn toegespitst op bekledingen op een filterlaag die onder de stilwaterlijn maximaal worden belast.

In deze paragraaf wordt nagegaan hoe het bezwijkgedrag van de bekledingen boven de berm van de Noordoostpolder er uit zou kunnen zien. Pas als dat enigszins inzichtelijk gemaakt kan worden, dan is er mogelijk zicht op hoe dat gemodelleerd of beoordeeld zou kunnen worden.

In eerste instantie kan de vraag worden gesteld of in de golfoploopzone boven de berm het aanwezige gras al voor voldoende sterkte kan zorgen. Geconstateerd wordt echter dat het gras op een dun laagje grond boven de blokken groeit. Hierdoor kan zich geen volledige graszode met wortels van 20 cm diep hebben ontwikkeld. De kans bestaat dat het gras eenvoudig van de blokken wordt weggespoeld. Er wordt daarom van uitgegaan dat het gras geen bijdrage aan de sterkte levert.

Eén mechanisme dat theoretisch gezien mogelijk zou kunnen zijn, is dat de spleten tussen de blokken leeg spoelen door langstromend water, en dat hierna klei onder de blokken vandaan gaat spoelen. Als dit eenmaal is gebeurd kan er water onder de blokken komen, en zouden opwaartse waterdrukken kunnen ontstaan die de blokken omhoog duwen.

Het is zeer de vraag of dit binnen een tijdsbestek van een aantal uren kan optreden. Het leegspoelen van de spleten door langstromend water is plausibel zolang dit een betrekkelijk oppervlakkig gebeuren is. Aan de oppervlakte van de blokken kunnen nog vrij hoge stroomsnelheden optreden. Als de spleten echter verder zijn leeggespoeld, dan neemt de watersnelheid af, en wordt de waterstroming gehinderd doordat de spleten eindige afmetingen hebben. Het optreden van een dusdanige erosie dat gaten en geulen onder de blokken kunnen ontstaan mag dan ook als onwaarschijnlijk worden betiteld.

Een volgende stap is dan om de zetting te beschouwen als een zetting die staat op een intacte ondergrond met een geringe doorlatendheid (blokken op geotextiel op zand, basalt op zandasfalt). Dit geeft gunstiger resultaten ten aanzien van de stabiliteit. Ook van dit type constructie is het bezwijkgedrag overigens niet goed bekend. De schade die in Deltagootproeven wordt geconstateerd bevindt zich in de golfsterugloop en golfklapzone. Het is aannemelijk dat schade alleen ontstaat als er water onder de blokken aanwezig is, dus beneden de freatische lijn in het dijklichaam.

In de Noordoostpolder komt het water door golfoploop maar een beperkte tijd boven de berm. In die periode kan er water boven de berm door de toplaag naar de onderlaag sijpelen. Doordat de spleten tussen de blokken gevuld zijn met grond, is de hoeveelheid water die per tijdseenheid naar de ondergrond gevoerd kan worden beperkt. Vervolgens wordt dit water verspreid over een veel groter volume in de kleilaag onder de blokken. Het is niet waarschijnlijk dat er zo veel water door de toplaag kan dringen dat hierdoor in de kleilaag verzadiging ontstaat. Er kan dan ook geen waterdruk onder de blokken ontstaan. Hierdoor wordt schade ook onwaarschijnlijk.

Beschouwingswijze en conclusie

In de voorgaande paragraaf is redenerenderwijs aangetoond dat de bekledingen boven de berm, indien daar een toetsprocedure voor zou bestaan, waarschijnlijk gewoon 'goed' zouden worden getoetst:

- er is sprake van een betrekkelijk gunstige constructie: een toplaag op een vrij ondoorlatende ondergrond zonder geulen;
- er is sprake van een ligging op het talud waarbij de belasting alleen bestaat uit golfoploop en golfneerloop, en niet in de aanzienlijk zwaarder aangevallen zone beneden de stilwaterlijn;
- er is sprake van een beperkte belastingduur, waardoor een grote mate van uitspoelen van materiaal tussen en onder de blokken, en derhalve aantasting van de gunstige constructie onwaarschijnlijk is;
- er kan waarschijnlijk een dusdanig beperkte hoeveelheid water door de toplaag heen dringen gedurende de beperkte duur dat er water op de bekledingen boven de berm komt, dat het onwaarschijnlijk is dat er een waterdruk onder de blokken opgebouwd kan worden.

In 1998 zijn de eerste twee effecten (de vrij ondoorlatende ondergrond en de plaats op het talud) in rekening gebracht door STEENZET berekeningen te doen. Hieruit bleek dat er op die wijze beschouwd geen opwaartse drukken onder de blokken kon ontstaan waardoor blokbeweging zou optreden, behalve bij de plat geplaatste klinkers.

Gezien deze 5 punten lijkt de conclusie van 1998 nog steeds verdedigbaar: alle bekledingen boven de berm, behalve de klinkers, worden 'goed' getoetst. Dit gebeurt niet op basis van een vaststaande toetsprocedure, maar door 'expert opinion'.

Deze conclusie is enkel en alleen geldig voor de beschouwde bekledingen boven de bermen van de Noordoostpolder. In een andere specifieke situatie met blokken boven de berm die hier erg op lijkt kunnen er toch omstandigheden zijn waardoor de hier gehanteerde beschouwingswijze niet opgaat.

Om te komen tot een breder toepasbare toetsregel is meer onderzoek nodig, bijvoorbeeld:

- analyse van drukken boven de stilwaterlijn van reeds uitgevoerde proeven met bermen;
- berekeningen met het nieuwe model ZSteen, waarin met deze proeven de invloed van de berm kan worden doorgerekend voor verschillende leklengtes/constructies.

Hiermee wordt in principe alleen voor blokken op filter (boven de berm) een toetsmethode verkregen. Blokken op klei (boven de berm) blijven ook dan een lastig onderwerp.

Tijdens de vergadering d.d. 6-7-2000 van de Werkgroep Toetsing Dijkbekledingen, waar zowel Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde en het waterschap Zuiderzeeland deel van uitmaken, is deze notitie besproken. De vergadering kon zich vinden in de gevolgde werkwijze en stemde in met de resultaten. Voor de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder wordt daarom geadviseerd om alle bekledingen bestaande uit bloksteen of betonzuilen, die zich op het talud boven de berm bevinden, de eindscore "goed" te geven.

Literatuur

- [1] Geavanceerde toetsing taludbekledingen IJsselmeerdijken Noordoostpolder. CO-370560/47, Grondmechanica Delft, juni 1998
- [2] Reststerkte van dijkbekledingen, Stabiliteit van steenzetting en klei-onderlaag, deel III, Meetverslag Deltagootonderzoek, J. Wouters, WL Delft Hydraulics, juni 1993
- [3] Open taludbekledingen, Stabiliteit van blokken op klei, Analyse van Deltagootonderzoek, WL Delft Hydraulics, december 1995
- [4] Waterbeweging op gladde taluds. Invloed van berm en ondiep voorland op golf-drukken, golfoploop, golfoverslag en snelheden. Meetverslag. Waterloopkundig Laboratorium, H1256, maart 1991
- [5] Black box model voor toetsen van bermen, A2.97.29, M. Klein Breteler, april 1997

Appendix 2

De invloed van het gebruik van de voorlandmodule op de toetsresultaten,
augustus 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Invloed van het gebruik van de voorlandmodule op de toetsresultaten

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 11 augustus 2000

Inleiding

In het kader van de toetsing op veiligheid van de dijken van de Noordoostpolder zijn met behulp van het HYDRA_Q model de hydraulische randvoorwaarden bepaald voor de toetsing van de diverse dijkbekledingen.

HYDRA_Q is een probabilistisch model waarmee, op basis van meerpeil- en windstatistiek en bijbehorende hydraulische condities, de hydraulische randvoorwaarden voor diverse typen dijkbekledingen kunnen worden bepaald. Het HYDRA_Q model is afgeleid van het HYDRA_M model dat voor de bepaling van het belastingniveau (oploop- of overslaghoogte) op een dijk wordt gebruikt.

Het HYDRA_Q model bepaalt de maatgevende combinatie van de waterstand en de golfcondities (golfhoogte H_s en golfperiode T_p). Deze combinatie van maatgevende hydraulische randvoorwaarden wordt het "ontwerppunt" genoemd en wordt bepaald voor een locatie op enige honderden meters afstand vanaf de teen van de dijk; deze locatie wordt het "uitvoerpunt" genoemd. Op plaatsen waar sprake is van veranderingen in de bodemligging tussen het uitvoerpunt en de teen van de dijk kan de invloed van deze bodemverandering op de golfcondities middels de "voorlandmodule" worden berekend. De voorlandmodule behandelt zowel de golfverandering over een veranderende bodem als over een hoog voorland (boven NAP gelegen). De module "dam" binnen HYDRA_Q behandelt de invloed van een eventueel aanwezige dam voor de dijk. Indien het reducerende effect van voorland en/of dam bij de toetsing in rekening wordt gebracht, moet men er wel in redelijke mate zeker van zijn dat de dam dan wel het voorland in de maatgevende situatie in de verdisconteerde vorm aanwezig zal zijn. Deze waarschuwing is met name van belang als modellen worden gebruikt voor ontwerp- dan wel dijkverbeteringsprojecten. Bij toetsen is de beschouwde termijn slechts vijf jaar, vandaar dat in "Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied; deelrapport 9 van het RIZA" [RIZA, 1999] wordt aanbevolen om bij het toetsen de bestaande situatie zo goed mogelijk te modelleren.

De opdrachtgever (Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied; RDIJ) heeft voor de eenvoudige en de gedetailleerde toetsing van de dijken van de Noordoostpolder er voor gekozen om het effect van het voorland op de randvoorwaarden niet mee te nemen. In het kader van de geavanceerde toetsing wordt per situatie bekeken of het meenemen van het voorland zinvol en gewenst is. "Zinvol" in de zin van de bijdrage van het voorland aan vermindering van de hydraulische belasting en "gewenst" in de zin van de beheertechnische maatregelen die de beheerder moet nemen om de aanwezigheid van het voorland onder maatgevende omstandigheden te garanderen.

In Figuur 1 worden de resultaten van de eenvoudige en de gedetailleerde toets [Infram, 2000] samengevat. Voor de vakken op het ondertalud waarvoor de score "twijfelachtig" dan wel "onvoldoende" is zal worden nagegaan of deze score door het toepassen van de voorlandmodule kan verbeteren.

Bodemgeometrie

Informatie over de bodemgeometrie nabij de teen van de dijken is verkregen uit de lodingkaarten, die door RDIJ zijn toegeleverd, namelijk:

- Loding IJsselmeer, kaart 21 d.d. 22 augustus 1997 t/m 11 februari, 1998,
- Loding IJsselmeer, kaart 20 d.d. 10 juni t/m 22 augustus, 1997,
- Loding IJsselmeer, kaart 25 d.d. 15 oktober 1998 t/m 19 november, 1998,
- Loding IJsselmeer, kaart 29 d.d. 20 november 1998 t/m 8 april, 1999,
- Loding IJsselmeer, kaart 35 d.d. 20 november 1998 t/m 10 mei, 1999,
- Loding IJsselmeer, kaart 36 d.d. 08 december 1998 t/m 10 december, 1998,
- Loding Ketelmeer, kaart 432 d.d. 3 oktober 1995 t/m 2 november, 1995.

De lodingkaarten van het IJsselmeer omvatten de gehele lengte van de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder, de lodingkaart van het Ketelmeer omvat alleen het gedeelte van het Ketelmeer tussen Schokkerhaven en Ramspol. Over het gedeelte tussen de Ketelbrug en Schokkerhaven zijn geen gegevens over de bodemgeometrie toegeleverd. Het dichtst bij de dijk liggende lodingpunt bevindt zich veelal op een afstand tussen de 30 en 40 m van de land-watergrens. De teen van de dijk ligt op zo'n 20 m van deze grens, zodat kan worden gesteld dat de teen van de dijk op dezelfde diepte of hoger dan het eerste lodingpunt ligt.

In zijn notitie "Voorlandmodule HYDRA_Q" van 13 juni 2000 geeft ing. H.J. Regeling van RDIJ een samenvatting van zijn gesprek met RIZA met betrekking tot het gebruik van de voorlandmodule. De volgende afspraken zijn in dit gesprek gemaakt ten aanzien van het gebruik van de voorlandmodule voor de geavanceerde toets van de NOP-dijken:

1. De maatgevende bodemgeometrie ter plaatse van het te toetsen dijkvak wordt afgeleid uit de bovengenoemde lodingkaarten.
2. De onderlinge afstand in x-richting (richting van de normaal op het dijkvak) mag niet kleiner zijn dan 20 m.
3. De waargenomen dieptes worden met 0,75 m verlaagd.
4. De diepte wordt niet lager dan de diepte van het uitvoerpunt.

Met deze voorzichtige schematisatie wordt de eventuele "overwaardering" van de bodemhelling afgezwakt. Bovendien geeft deze diepere ligging een min of meer gegarandeerde minimum bodemligging aan, zodat eventuele variaties van de bodem in plaats en tijd (ook bij bijna maatgevende situaties) worden opgevangen.

Voor dit onderdeel van de geavanceerde toets zijn de volgende dijkvakken, zie onderstaande tabel van belang.

Dijkvak	Uitvoerpunt	Diepte uitvoerpunt t.o.v. NAP	Te toetsen bekleding plus het toetsresultaat
10,5 – 13,0 km	Noordermeerdijk N125	- 4,50 m	basalt 20/30; twijfelachtig
13,0 – 16,0 km	Westermeerdijk N134	- 4,73 m	basalt 20/30; twijfelachtig
16,0 – 19,5 km	Westermeerdijk N170	- 4,75 m	basalt 20/30; twijfelachtig
19,5 – 23,0 km	Westermeerdijk N223	- 4,36 m	basalt 20/30; onvoldoende
29,0 – 31,5 km	Zuidermeerdijk N312	- 5,20 m	basalt 20/30; twijfelachtig

Op de dijkvakken 0,0 – 3,75 km en 36,2 – 37,55 km scoren de Leendertse blokken onvoldoende en voor de klinkers op het dijkvak 42,22 – 44,0 km zijn reeds verbeteringswerken voorgenomen, deze vakken vallen buiten deze geavanceerde toets.

Hydraulische condities

Aan het begin van de eenvoudige toetsing van de steenbekledingen van de Noordoostpolderdijken zijn de hydraulische condities bepaald met gebruikmaking van de voorlandmodule. In kolom a van de onderstaande tabellen (tabel 1.1 ... 1.5) staat de bodemligging weergegeven zoals deze in de beginfase van de studie uit de lodingkaarten als representatief voor het dijkvak is gedefinieerd. Deze schematisatie van de bodemgeometrie is vervolgens aangepast aan de eisen zoals deze in het vorige hoofdstuk zijn beschreven. De gebruikte bodemschematisatie alsmede de resulterende hydraulische condities staan in kolom b weergegeven. In kolom c staan de hydraulische condities weergegeven die bepaald zijn zonder gebruikmaking van de voorlandmodule.

Toetsing

De berekende golfrandvoorwaarden zoals deze met het aangepaste voorlandgeometrie zijn uitgerekend zijn vervolgens ingevoerd in het GOLVEN werkblad van het programma STEENTOETS.

Uit de STEENTOETS berekeningen voor het basalt 20/30 in het onderste vak van het ondertalud op de trajecten:

- 10,5 – 13,0 km,
- 13,0 – 16,0 km,
- 16,0 – 19,5 km, en
- 29,0 – 31,5 km.

komt een score “goed”. In al deze vakken gold bij de eerder uitgevoerde gedetailleerde toets dat de F- waarde groter was dan 6. Indien F groter is dan 6 dan vallen de berekeningen buiten het geldigheidsgebied van het programma Anamos wat een score “goed” uitsluit.

$$F = (\xi)^{2/3} H_s / D$$

Hierin is:

- ξ : de brekerindex = $\tan \alpha / (H_s / L_o)^{1/2}$
- H_s : de significante golfhoogte (m)
- L_o : golflengte op diep water (m)
- Δ : relatieve dichtheid $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$
- ρ_s, ρ_w : soortelijke massa van respectievelijk water en steen
- D : dikte van het toplaagelement

Door de invloed van het voorland op de golfrandvoorwaarden mee te nemen is met name de golfhoogte voor deze vakken iets afgenomen, waardoor de waarde voor F onder de 6 komt, zodat het Anamos resultaat voor de stabiliteit van de steenbekleding voor de toetsing mag worden meegenomen.

Voor het vak basalt 20/30 in het ondertalud van traject 19,5 – 23,0 km geldt dat bij gebruikmaking van de iets gereduceerde golfrandvoorwaarden als gevolg van het voorland de score van “onvoldoende” naar “twijfelachtig” gaat. Om voor dit vak tot een definitieve score te komen wordt gebruik gemaakt van bekende modelresultaten.

In 1984 zijn in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium grootschalige proeven op diverse typen steenbekledingen waaronder basalt uitgevoerd [WL, 1985]. Basaltblokken met een gemiddelde dikte van 0,30 m op een talud 1 : 3,5 zijn beproefd.

Beschrijving van de bekleding in de golfgoet:

- Basaltblokken op puin, waaronder twee vlijlagen aanwezig waren, dit gehele pakket lag op een kleilaag.
- De gemiddelde dikte van de basaltblokken was 0,30 m, de (aangenomen) soortelijke massa was $\rho_s = 3000 \text{ kg/m}^3$.
- De taludhelling was 1 : 3,5.

Na 8,5 uur golven met $H_s = 1,85$ m en $T_p = 6,1$ s kwam er een blok uit de zetting. Deze schade werd hersteld en opnieuw werd de proef opgestart. Bij deze proef kwamen er na 19 uur golven twee blokken uit de zetting, zonder deze schade te herstellen is de proef voortgezet. Het schadegebied bleef groeien en na nog eens 15 uur golven waren er al 27 blokken uit de zetting verdwenen.

Het lijkt dus redelijk om te constateren dat voor een ΔD -waarde van 0,6 voor basalt onder een taludhelling 1 : 3,5 deze golfconditie begin van schade geeft.

Voor het laagste deel van het ondertalud van de Noordoostpolderdijk geldt een ΔD -waarde van 0,5 en de golfrandvoorwaarden liggen hoger dan bij de modelproeven alleen de verwachte duur van de belasting is voor de Noordoostpolderdijken korter dan bij de modelproeven.

Op basis van deze overweging moet de score voor het basalt 20/30 op het traject 19,5 – 23,0 km “onvoldoende” worden.

Referenties

1. RIZA, 1999; Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied. Deelrapport 9; Modelleren dammen, voorlanden en golfoploop. RIZA, maart 1999
2. Infram, 2000;; Toetsing op veiligheid IJsselmeerdijken Noordoostpolder. Eenvoudige- en gedetailleerde toets; i314, juni 2000
3. WL, 1985; Sterkte Oosterscheldedijken onder geconcentreerde golfaanval. Onderzoek naar de stabiliteit van enkele veel voorkomende taludverdedigingen onder langdurige golfaanval bij een vaste waterstand. Verslag grootschalig modelonderzoek. M2036, maart 1985

tabel 1.1: traject 10,5 km – 13 km

	a	b	c
x [m]	y [m]	y [m]	y [m]
0	-2.60	-3.35	
20	-3.30	-4.05	
60	-3.60	-4.35	
95	-3.80	-4.50	
130	-3.90		
270	-4.00		
520	-4.30		
720	-6.60		
w.s. [m + NAP]	1.37	1.32	1.28
H _s [m]	1.71	1.98	2.35
T _p [s]	6.5	6.5	6.5

tabel 1.2: traject 13,0 km – 16,0 km

	a	b	c
x [m]	y [m]	y [m]	y [m]
0	-3.30	-4.05	
28	-4.00	-4.73	
58	-4.30		
118	-4.30		
578	-4.40		
w.s. [m + NAP]	1.33	1.27	1.24
H _s [m]	1.95	2.19	2.34
T _p [s]	6.5	6.5	6.5

tabel 1.3: traject 16,0 km – 19,5 km

	a	b	c
x [m]	y [m]	y [m]	y [m]
0	-3.30	-4.05	
70	-4.30	-4.75	
750	-5,00		
w.s. [m + NAP]	1.46	1.39	1.37
H _s [m]	2.00	2.22	2.41
T _p [s]	6.7	6.7	6.7

Legenda:

x is de afstand tot de teen van de dijk (= eerste ladingpunt)

y is de waterdiepte t.o.v. NAP

kolom a geeft de oude schematisatie van de bodemgeometrie en de bijbehorende golfrandvoorwaarden

kolom b de voor deze geavanceerde toets gebruikte schematisatie

kolom c geeft de resultaten indien de invloed van het voorland niet wordt meegenomen

w.s. is maatgevende waterstand (toetspeil)

tabel 1.4: traject 19,5 km – 23,0 km

	a	b	c
x [m]	y [m]	y [m]	y [m]
0	-3.50	-4.05	
30	-4.10	-4.36	
130	-4.30		
940	-4.30		
w.s. [m + NAP]	1.63	1.60	1.60
H _s [m]	2,13	2.26	2.41
T _p [s]	6.6	6.7	6.6

tabel 1.5: traject 29,0 km – 31,50 km

	a	b	c
x [m]	y [m]	y [m]	y [m]
0	-3.40	-4.15	
35	-4.00	-4.75	
375	-4.20		
725	-5,00	-5,20	
w.s. [m + NAP]	1.77	1.75	2,14
H _s [m]	2,05	2.19	2.26
T _p [s]	6.5	6.5	6.8

Appendix 3

Toetsing herzette gedeelte van de bekleding tussen km 21,95 en km 22,45,
oktober 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Toetsing van het herzette gedeelte van de bekleding tussen km 21.95 en km 22.45

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 4 oktober, 2000

Inleiding

De bekleding van het benedentalud en een deel van de berm tussen km 21,95 en 22,45 van de Noordoostpolderdijk is eind september 2000 herzet. Deze werkzaamheid bood de mogelijkheid (en de noodzaak) om aanvullende metingen aan de bekleding te uit te voeren, zoals:

1. Het uitvoeren van waterpassingen om de (nieuwe) helling van het talud te bepalen.
2. Het bepalen van de hoogte en soortelijke massa van de basaltblokken.
3. Het bepalen van de sortering en de dikte van de filterlaag.

De waterpassingen zijn uitgevoerd door het waterschap Zuiderzeeland. Twee bezoeken zijn er tijdens de werkzaamheden aan de dijk gebracht. Het eerste bezoek was op 19/9 en het tweede op 21/9. Tijdens het eerste bezoek waren de steenzetters bezig met het herzetten van het laatste gedeelte van het vak met basalt 20/30, tijdens het tweede bezoek werd het laatste gedeelte van het vak met basalt 30/40 herzet. Tijdens deze bezoeken zijn de hoogtes van de basaltzuilen gemeten en zijn er monsters van het filtermateriaal genomen en zijn er enkele blokken meegenomen waarvan later de soortelijke massa werden bepaald. Voor het laboratoriumonderzoek (het bepalen van de zeefkromme van het filtermateriaal en het bepalen van de soortelijke massa van de blokken) is WL/Delft Hydraulics ingeschakeld.

In de voorliggende notitie zullen de bevindingen en de resultaten van de bijbehorende metingen worden gegeven. De resultaten van de toetsing van de herzette constructie worden in Bijlage 1 gepresenteerd.

De basalt- en granietblokken

Tijdens het eerste bezoek, toen de steenzetters bezig waren met het vak met basalt 20/30, is op drie verschillende locaties de hoogte van tien naast elkaar staande blokken gemeten met het volgende resultaat:

Locatie 1: gemiddelde hoogte 26,7 cm, min. 24 cm en max. 30 cm.

Locatie 2: gemiddelde hoogte 26,0 cm, min. 24 cm en max. 28 cm.

Locatie 3: gemiddelde hoogte 28,0 cm, min. 26 cm en max. 31 cm.

Tijdens het tweede bezoek, toen de steenzetters bezig waren met het vak met basalt 30/40, is op één locatie de hoogte van elf van de reeds herzette blokken gemeten met het volgende resultaat.

Locatie 4: gemiddelde hoogte 36,4 cm, min. 32 cm en max. 41 cm.

Conclusie: De bij de toetsing aangehouden laagdiktes (is gemiddelde hoogte van de blokken) van respectievelijk 0,25 m en 0,35 m lijken goede veilige benaderingen van deze parameter te zijn.

Van drie basaltblokken uit het herzette vak is de soortelijke massa bepaald. Dit is met dezelfde weegschaal en op dezelfde wijze gedaan als de vorige keer (ten behoeve van de globale toetsing). Toen kwamen de beproefde blokken uit de opslag.

De soortelijke massa van de dit keer geselecteerde blokken was respectievelijk 3022 kg/m^3 , 3000 kg/m^3 en 3023 kg/m^3 . Deze waarden komen overeen met de eerder bepaalde waarden voor de

soortelijke massa van het basalt. Eén kleiner stuk basalt (een grote scherf) is gewogen met een uitermate gevoelige (nauwkeurige) weegschaal. De bepaalde soortelijke massa van deze scherf basalt is 3037 kg/m^3 .

Conclusie: Uit deze analyse van de soortelijke massa van het basalt mag worden geconcludeerd dat de voor basalt aangehouden soortelijke massa van 2960 kg/m^3 een veilige aanname is.

Ook van een klein stuk graniet (door de steenzetters omschreven als "bloksteen") uit het bermvak is met behulp van de nauwkeurige weegschaal de soortelijke massa bepaald. De soortelijke massa van dit stuk graniet bleek 2633 kg/m^3 te bedragen. Ook voor het graniet mag daarom worden geconcludeerd dat de toegepaste soortelijke massa van 2600 kg/m^3 een veilige aanname is.

Van vier granietblokken was het goed mogelijk om de hoogte te bepalen. De gemiddelde hoogte van deze granietblokken was 26,2 cm met 23 cm als minimum en 28 cm als maximum. Dit resultaat wijkt nogal af van de in de toetsing aangehouden laagdikte voor granietblokken op de berm van 0,20 m.

De taludhelling

Met betrekking tot het "nieuwe" profiel van de dijk op het herzette gedeelte zijn tijdens het bezoek de volgende observaties gedaan:

- naast de houten damwand, die direct aan de bestorting van het kraagstuk grenst, is een rij van basaltblokken met een lengte van ca 50 cm geplaatst,
- hiernaast ligt een horizontaal stuk zetting. Het niveau van dit min of meer horizontale gedeelte ligt ca. 10 cm boven het waterpeil,
- het ca. 1,3 m brede horizontale gedeelte gaat over in talud met basalt 20/30,
- vervolgens gaat de bekleding op het talud over van basalt 20/30 in basalt 30/40,
- op de berm gaat het talud over in een min of meer horizontaal gedeelte met granietblokken,
- deze zetting grenst op de berm voor een gedeelte aan een 3 m brede betonplaat en voor een ander gedeelte aan zetting met betonzuilen.

In het werk was duidelijk te zien dat de hellinghoek van het nieuw gezette gedeelte van het talud aanmerkelijk flauwer is dan die van de niet herzette, aangrenzende delen van het talud. Dit wordt bevestigd uit de uitgevoerde waterpassingen bij kilometerpaal 22,0. Het vak met basalt 20/30 blijkt een taludhelling van 0,25 ook de gemiddelde hellinghoek van het bovenliggende vak met 30/40 heeft een taludhelling van 0,25.

Analyse van de uitgevoerde waterpassingen op de kilometerpalen 19,5, 20,0, 20,5, 21,0, 21,5, 22,5 en 23 geeft aan de tot nu voor het traject 19,5 km tot 23,0 km aangehouden taludhellingen van 0,29 voor de basaltvakken zeker geen conservatieve inschatting van deze parameter is.

Het filter

Met betrekking tot de opbouw van de bekleding zijn tijdens de bezoeken de volgende gegevens verzameld:

1. er is een dubbele vleilaag aanwezig,
2. van het oorspronkelijke filtermateriaal (puin) is op het lage deel van het talud niet veel meer terug te vinden, wel is er een laagje slib, zand en schelpen aanwezig,
3. op het hoger gelegen deel van het talud (onder het basalt 30/40) is nog wel een laag van de oorspronkelijke puinlaag te vinden,
4. boven de oude filterlaag wordt een ca. 15 à 20 cm dikke laag Grauwakker gelegd,
5. nadat het basalt is gezet worden de openingen tussen de blokken eerst met een zachte steensoort half opgevuld,
6. daarboven worden basaltscherven in de openingen geslagen om zodoende de inklemming te garanderen.

Volgens de steenzetters verschilt de hoedanigheid van de oorspronkelijke filterlaag sterk van locatie tot locatie. Met name de mate van inzanding van het lage gedeelte van het talud schijnt sterk te verschillen.

Van het nieuwe filtermateriaal zijn twee monster voor analyse meegenomen. Het resultaat van deze zeefanalyses is:

- monster 1: $D_{15} = 32$ mm en $D_{50} = 39$ mm
- monster 2: $D_{15} = 29$ mm en $D_{50} = 35$ mm

Resultaten

In bijlage 1 zijn de invoer en de resultaten van de globale en de gedetailleerde toets met het programma Steentoets voor het traject 21,95 – 22,45 km gegeven. Belangrijk hierbij is dat het basalt 20/30 net als de rest van de bekleding van het benedentalud de score “goed” behaalt.

De bevindingen van de observaties alsmede die van de waterpassingen geven geen aanleiding om veranderingen in de toetsing van de rest van het traject 19,5 – 23,0 km in te voeren.

N.B.

Op 2-11-2000 heeft het waterschap Zuiderzeeland extra metingen gedaan naar de dikte van de basaltblokken, die in het onderste deel van het talud zijn toegepast op het traject km 19,4 – 21,9. Uit de metingen blijkt dat tijdens een eerdere aanpassing van de teen van het talud in het gedeelte van het talud tussen de plasberm (NAP – 0,21 m) en NAP 0,5 m geen basalt 20/30 maar basalt 30/40 is toegepast. Van de 48 dikte metingen blijkt de gemiddelde dikte 0,35 m te zijn, de minimale dikte is 0,28 m. Indien op een dikte van 0,35 m in de Steentoets berekeningen wordt ingevoerd dan scoort dit vak bij de gedetailleerde toets “goed”.

Westermeerdijk 21,95 – 22,45 km									
		1	2	3	4a	4b	5	6	7
waterstand	NAP m	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
golfhoogte H_s	[m]	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
golfperiode T_p	[s]	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
h laag	NAP m	-0,02	0,50	1,72	1,77	1,77	1,90	2,81	3,72
h hoog	NAP m	0,50	1,72	1,77	1,90	1,90	2,81	3,72	4,60
helling	[-]	0,25	0,25	0,03	0,05	0,05	0,36	0,36	0,32
toplaag		basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras
onderlaag		filter	filter	puin	klei	klei	klei	klei	klei
berm (-factor)				x(0,48)	x(0,48)	x(0,48)	0,48	0,48	
toplaag:									
dikte	[m]	0,25	0,35	0,26	0,05	0,15	0,25	0,20	
breedte/lengte	[m] [m]	0,15/0,15	0,20/0,20	0,20/0,30		0,20/0,20	0,20/0,20	0,20/0,30	
s. m.	[kg/m ³]	2960	2960	2600	2350	2350	2350	2500	
gat opp.	[%]	10	10		0				
spleet	[mm]			5		1	1	6	
filter:									
dikte	[m]	0,20	0,30	0,30					
D_{15} (D_{50})	[mm]	31 (37)	31 (37)	22					
porositeit	[-]	0,35	0,35	0,35					
Resultaten:									
afschuiving		goed	goed	goed	n.v.t.	goed	twijfel.	twijfel.	n.v.t.
materiaaltransport		goed	goed	goed	n.v.t.	goed	goed	goed	n.v.t.
stabiliteit		twijfelachtig	twijfelachtig	goed	n.v.t.	onvol.	twijfel.	onvol.	n.v.t.
Anamos		goed	goed		n.v.t.	geavan.	geavan.	geavan.	n.v.t.
Eindresultaat		goed	goed	goed	n.v.t.	geavan.	twijfel.	twijfel.	n.v.t.

$$w.s. + 0,5 \times H_s = 1,60 + 0,5 \times 2,41 = 2,80 \text{ m}$$

Resultaten van Steentoets voor de herzette bekleding op het traject 21,95 – 22,45 km

Appendix 4

Toepasbaarheid van Anamos voor bekledingen op de berm,
augustus 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Toepasbaarheid van Anamos voor bekledingen op een berm

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 11 augustus 2000

Inleiding

De voorgeschreven volgorde van toetsen van dijkbekledingen is:

1. Eenvoudige toets.
2. Gedetailleerde toets.
3. Geavanceerde toets.

Bij de eenvoudige toets wordt aan de hand van simpel toepasbare relaties tussen belasting (golfhoogte, golfsteilheid) en sterkte (soortelijke massa en dikte van de bekledingselementen en constructietype) de bekleding getoetst. De uitkomst van deze toets kan een score "goed", "twijfelachtig" en "onvoldoende" zijn. Bij een score "twijfelachtig" kan bij blokken op een granulair filter de gedetailleerde toets worden uitgevoerd om tot een meer aangescherpte score te komen.

Voor de gedetailleerde toetsing voor de bekledingstype blokken op een granulair filter wordt gebruik gemaakt van de analytische methode zoals deze in het programma Anamos is verwerkt. Deze analytische methode biedt de mogelijkheid om op een meer verfijnde wijze onderscheid te maken tussen dichte en open toplagen, fijne en grove filters en dergelijke. Een begrenzing van het Anamos programma is de taludsteilheid tot waar het programma toepasbaar is, namelijk steiler dan 1:6.

Een berm is een onderdeel van de dijk dat een helling heeft die flauwer is dan 1:9. Een steenzetting op een berm is over het algemeen stabielere dan dezelfde steenzetting op een talud. Om deze verandering van de stabiliteit bij de toetsing in rekening te kunnen brengen wordt de volgende manier van toetsen aanbevolen, zie bijvoorbeeld "Handleiding STEENTOETS":

1. Bepaal de maximale waterdiepte t.o.v. buitenknik van de berm, d_B . Bij een waterstand lager dan het niveau van de berm is d_B negatief bij een hogere waterstand positief.
2. Bereken d_B/H_s .
3. Lees in de grafiek de waarde van de invloeds-(of berm)factor af.
4. Bepaal de rekenwaarde voor de blokdikte op de berm. Deze rekenwaarde is de werkelijke blokdikte op de berm gedeeld door de bermfactor.
5. Toets nu de bekleding op de berm als zijnde een bekleding op een talud (met dezelfde taludhelling als het talud onder de berm) en met de onder punt 4 bepaalde rekendikte.

Voor de eenvoudige toets voert het programma STEENTOETS de handelingen 4 en 5 automatisch uit als de kolommen onder bermbekleding correct worden ingevuld. Voor een gedetailleerde toets (dit is het toepassen van Anamos) voert het programma STEENTOETS dit niet automatisch uit.

STEENTOETS geeft onder de Anamos berekeningen "n.v.t.". Dit komt omdat Anamos geen taluds flauwer dan 1 : 6 aan kan. Binnen STEENTOETS is dit te "trucen" door zelf de bermfactor te berekenen daar mee de dikte handmatig aan te passen en de helling van het ondertalud in te voeren. Als op deze manier de bermbekleding wordt ingevoerd dan rekent Anamos wel.

Vraag: "Is deze "invoertruc" in Anamos toegestaan?"

Analyse

Zoals in de inleiding al is aangegeven is over het algemeen de stabiliteit van de steenbekleding op de berm groter dan op het talud onder de berm. Een uitzondering vormt de situatie waarbij de waterspiegel zich meer dan $0,75 H_s$ boven de berm bevindt.

Deze verandering (veelal toename) van de stabiliteit van de bekleding op de berm kan worden toegeschreven aan zowel een verandering (veelal verlaging) van de belasting als aan een verhoging van de sterkte. De mate waarin de stabiliteit van de bekleding op een berm toeneemt (is grootte van de bermfactor) is deels middels modelproeven vastgesteld. Navraag bij ir. M. Klein-Breteler van WL/Delft Hydraulics leert dat de bermfactor als volgt is bepaald. Bij de modelproeven is zowel het drukverloop op de berm als op het ondertalud gemeten. Met behulp van de daarvoor beschikbare formuleringen is vervolgens op basis van deze gemeten drukken de maximale verschildruk op zowel de berm als op het ondertalud berekend. De maximale verschildruk, die bij een bepaalde omstandigheid (type bekleding, niveau van de waterspiegel ten opzichte van het niveau van de berm e.d.) over de bekleding op de berm is bepaald is vergeleken met de overeenkomstige maximale verschildruk over de overeenkomstige bekleding op het ondertalud. Het quotiënt van beide maximale verschildrukken (max. verschil druk over een blok op de berm en over dat op het ondertalud) is de bermfactor.

De gevonden bermfactoren bleken afhankelijk te zijn van de volgende parameters, zie o.a. het rapport "Grootschalig modelonderzoek naar de stabiliteit van taludbekledingen; H3272, mei 2000":

- de golfsteilheid H_s/L_{op} ,
- de taludhelling (de helling van het talud onder de berm),
- bermbreedte, en
- bermdiepte.

Bermfactoren zijn beschikbaar voor de volgende situaties:

- talud 1 : 4 en $H_s/L_{op} = 0,045$,
- talud 1 : 4 en $H_s/L_{op} = 0,035$,
- talud 1 : 3 en $H_s/L_{op} = 0,045$,
- talud 1 : 3 en $H_s/L_{op} = 0,035$.

Zowel voor een bermbreedte van 5 m en van 10 m zijn voor de bovenstaande situaties grafieken waarin de bermfactor als functie van d_b/H_s . Voor alle tussen deze parameters liggende waarden mag middel interpolatie de bermfactor worden bepaald. De bermfactor is zowel toepasbaar voor bekledingen die direct op de klei geplaatst zijn als voor bekledingen die op een filter geplaatst zijn.

Daar het om een correctie van de belasting op de steenbekleding gaat zou men veronderstellen dat de belastingcomponent in de stabiliteitsrelatie (H_s) middels de bermfactor zou worden aangepast. Dit wordt niet gedaan omdat dan ook de waarde van $>$ (de brekerparameter) verandert vandaar dat er gekozen is om de sterkte middels de blokdikte (D) aan te passen. Bij de eenvoudige toets is de waarde van H_s/D bepalend en het maakt niet uit of H_s wordt verlaagd of dat D wordt vergroot.

Bij een gedetailleerde toetsing wordt de doorlatendheid van de toplaag en het filter in de berekeningen meegenomen. Vooral het verschil tussen beide doorlatendheden, uitgedrukt in de zogenaamde "lek lengte", is hierbij van belang. Deze berekeningen gebeuren middels het programma Anamos. Met het programma Anamos is het dus mogelijk om een nauwkeuriger van de verschildruk over de blokken van het talud te bepalen. Gezien de wijze waarop de bermfactor is bepaald is er niets op tegen om deze met Anamos berekende verschildruk middels de bermfactor te vertalen in een te verwachten maximale verschildruk op de berm. Ook nu mag dit verschil in verschildruk worden uitgedrukt in de sterkte van de bekleding, de waarde van $>D$. Het aanpassen van de dikte van het blok heeft echter nu een bijwerking namelijk bij een vergroting van de blokdikte wordt bij een gelijkblijvend percentage openruimte tussen de blokken de doorlatendheid van de toplaag kleiner, wat weer invloed heeft op de berekende verschildruk. Echter een minder doorlatende toplaag is ongunstig voor de verschildruk. Wat inhoudt dat deze benadering een veilige benadering is.

Conclusie deze “invoertruc” mag worden toegepast zolang de bermfactor kleiner is dan 1.

Consequenties

De conclusie dat de “invoertruc” mag worden toegepast heeft voor de toetsing van de bekledingen op de dijken van de Noordoostpolder de volgende consequentie. In het rapport met de eenvoudige en de gedetailleerde toetsing is voor de bekledingen op de berm reeds deze “invoertruc” toegepast. Tussen haakjes is het resultaat van deze methode van toetsen aangegeven.

Op basis van deze resultaten wordt geadviseerd om op de volgende trajecten de in de onderstaande tabel aangegeven bekledingsvakken een aangepaste eindscore toe te kennen.

Traject	Type bekleding	Toetsresultaat
7,0 – 10,5 km	graniet op puin	goed
27 – 29 km	graniet op puin	goed
29 – 29,7 km	graniet op puin	twijfelachtig

Appendix 5

Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject km 29 – 31,5,
oktober 2000 van Infram

Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject km 38 – 38,5,
oktober 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject 29 – 31,5

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 16 oktober, 2000

Bij de toetsing van de steenbekledingen op de IJsselmeerdijken scoort het vak met granietblokken op de berm van het traject 29 – 31,5 km zowel bij de eenvoudige als bij de gedetailleerde toets “twijfelachtig”. Het overeenkomstige vak op het aangrenzende vak 27 – 29 km scoort bij de eenvoudige toets “twijfelachtig” en bij de gedetailleerde toets “goed”. Zowel de constructie als de golfrandvoorwaarden zijn op beide trajecten vrijwel gelijk. Het verschil in score wordt veroorzaakt door het verschil in maatgevende waterstand. Voor vak 27 – 29 km is de maatgevende waterstand NAP + 1,47 m voor het traject 29 – 31,5 km is deze waterstand NAP + 2,14 m. De invloed van de waterstand laat zich met name gelden voor de grootte van de bermfactor, voor het traject 27-29 km is deze 0,41 terwijl voor het traject 29-31,5 km de bermfactor 0,67 is.

tabel 1: Maatgevende hydraulische randvoorwaarden uitgaande van verschillende uitvoerpunten

Uitvoerpunt	km	ws	Hs	Tp
N273*	27	1,47	2,24	4,6
N290	29	1,60	2,42	6,6
N308	30,5	2,08	2,36	6,8
N312*	31	2,14	2,26	6,8

- Bij de toetsing gebruikte randvoorwaarden

Tot twee keer toe zijn er metingen gedaan naar de soortelijke massa van het graniet dat toegepast is op de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder met als resultaat een s.m. van 2645 kg/m³ en 2633 kg/m³. Voor de toetsing is tot nu consequent de aanbevolen waarde van 2600 kg/m³ toegepast. Op het traject 29 – 31,5 km is steekproefsgewijs de hoogte van de granietblokken gemeten. Dit is gedaan voor gezette blokken wat de meting moeilijk maakt waardoor een conservatieve inschatting van het resultaat van de meting is gemaakt. De gemiddelde waarde van de aldus gemeten hoogtes van blokken is 0,24 m. Dit resultaat komt goed overeen met de eerder gemeten hoogten op het traject 21,95 – 22,45 km, op dit traject waren de blokken uit de zetting gehaald en was een nauwkeurige meting mogelijk met als resultaat een gemiddelde blokhoogte van 0,26 m.

Indien op basis van het bovenstaande een blokdikte van $D = 0,24$ m in steentoets wordt ingevoerd dan is het resultaat voor de eenvoudige toets nog steeds “twijfelachtig” maar de score van de gedetailleerde toets met Anamos wordt “goed”.

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de granietblokken op de berm op het traject 38 – 38,5

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 16 oktober, 2000

Bij de toetsing van de steenbekledingen op de IJsselmeerdijken scoort het vak met granietblokken op de berm van het traject 38 – 38,5 km zowel bij de eenvoudige als bij de gedetailleerde toets “twijfelachtig”. Met het programma HYDRA_Q zijn de hydraulische randvoorwaarden bepaald voor dit traject en wel voor het uitvoerpunt N382. Dit uitvoerpunt is gepositioneerd in het verlengde van de havendam van Schokkerhaven op een afstand van ongeveer 200 m van de kop van de havendam. De volgende maatgevende hydraulische randvoorwaarden zijn voor dit punt berekend en zijn voor de toetsing toegepast.

tabel 1: Maatgevende hydraulische randvoorwaarden voor verschillende uitvoerpunten

Uitvoerpunt	golfrichting	ws	Hs	Tp
N382	260°	NAP +2,31 m	1,03 m	6,1 s

De oriëntatie van de Ramsdijk is precies Oost-West, dit betekent dat golven met 260° als golfvoortplantingsrichting vrijwel parallel aan de dijk lopen. Direct ten oosten van Schokkerhaven is er voor golven uit westelijke richting een diffractie-gebied waar de golfhoogte vele malen lager zal zijn dan de berekende golfhoogte in het uitvoerpunt. De diffractiecoëfficiënt voor het gedeelte van de dijk waar zich het graniet bevindt zal voor golven uit de richting 260° zeker lager zijn 0,5, zie figuur 2-38 van Shore Protection Manual 1977.

Voor het graniet in de beschouwde vak geldt dat bij een golfhoogte van $H_s = 0,70$ m de score bij de gedetailleerde toets “goed” wordt.

Uit bovenstaande mag blijken dat met het in beschouwing nemen van de diffractie de golfhoogte in dit vak ruim onder deze waarde van $H_s = 0,70$ m komt te liggen en dat derhalve dit vak de score “goed” mag krijgen.

Een logische vraag die uit het voorgaande opkomt is of dit ook consequenties heeft voor de andere bekledingsvakken in het traject km 38 tot km 38,5. Hiertoe is het goed om hier de observaties, die gedaan zijn tijdens een bezoek aan het betreffende traject te herhalen.

“Aan de Ramspolzijde van Schokkerhaven tussen 38,0 km en 38,2 km heb ik de dijkbekleding bekeken. Volgens de opgave zou deze bestaan uit van onder naar boven:

- basalt 30/40 (ondertalud),
- betonblok (ondertalud),
- betonblok (berm)
- asfalt op klinkers (berm)
- gras (boventalud).

Het volgende heb ik aangetroffen.

- op het ondertalud basalt,
- op de berm tegels 40/40/10, deze tegels liggen duidelijk op het horizontale deel iets (10 cm) lager dan het asfalt.
- asfalt op klinkers (berm),
- gras (boventalud).

Verderop liggen er in plaats van betontegels granietblokken op de berm.”

Uit oriënterende berekeningen met Steentoets blijkt dat zelfs met een golfhoogte van $H_s = 0,20$ m de betontegels nog onvoldoende scoren (Let wel: De bermfactor op deze locatie bedraagt 1,18 wat zeer ongunstig is). Vandaar dat aan de betontegels op de berm tussen km 38 en km 38,2 de score “onvoldoende” gegeven moet worden.

Appendix 6

Geavanceerde toetsing van de betonplaten op de NOP-dijken,
oktober 2000 van Infram

Geavanceerde toetsing van de betonplaten in het proefvak nabij km 14,5,
oktober 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de betonplaten op de NOP-dijken

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 4 oktober, 2000

Inleiding

Betonplaten komen als taludverdediging bij de Noordoostpolderdijken op beperkte schaal voor. Op het traject tussen 10,5 km en 23,0 km komt op de berm over een breedte van enkele meters betonplaten voor. Bij de eenvoudige toetsing van de NOP-dijken [Infram, 2000] zijn de betonplaten getoetst op basis van een actualisering van de geavanceerde toetsing uit 1998 [GD, 1998]. Hierbij werd nagegaan in hoeverre de conclusies die toen [GD, 1998] getrokken zijn moeten worden aangepast op basis van de nu vigerende hydraulische randvoorwaarden.

Bij de geavanceerde toets uit 1998 [GD, 1998] werd geconcludeerd dat, indien de betonplaat in de klapzone ligt, deze niet de score "voldoende" kan worden toegekend. Door de nieuwe inzichten met betrekking tot de hydraulische randvoorwaarden blijken de betonplaten op alle locaties binnen de klapzone te vallen en zodat als nog de volledige toets moet worden uitgevoerd.

De eenvoudige toets voor de betonplaten

Voor de beoordeling van de betonplaten wordt het beoordelingsschema in figuur 5.2.1. uit katern 8 van de LTV [LTV, 1999] toegepast.

Stap 1: goed gedrag

Door de beheerder zijn geen problemen met de betonplaten op de dijk van de Noordoostpolder gemeld. Vandaar dat "het gedrag" als "goed" kan worden beoordeeld.

Stap 2 en 3: plaats bekleding in het dwarsprofiel

De betonplaten vormen een onderdeel van de bekleding op de berm van het buitentalud van de dijk. Op het traject tussen 10,5 km en 23,0 km ligt de berm beneden toetspeil + 0,5 H_s, zie onderstaande tabel.

tabel 1: Locatie van de betonplaten

traject (km)	toetspeil (NAP+ ... m)	golfhoogte H _s (m)	toetspeil + ½ H _s (NAP+ ... m)	niveau betonplaat (NAP +.... m)
10 – 10,5	1,54	2,09	2,59	1,78
10,5 – 13,0	1,28	2,35	2,46	1,83
13,0 – 16,0	1,24	2,34	2,41	1,71
16,0 – 19,5	1,38	2,42	2,59	1,61
19,5 – 22,5	1,60	2,41	2,81	1,77

De hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald middels het programma HYDRA_Q waarbij voor de bekledingsparameters (in analogie met de belasting op een asfaltbekleding) a = 2,5 en b = 0 zijn gebruikt [HKV, 1999].

Stap 4: afschuiving

De betonplaten bevinden zich op de berm van het talud aan de meerzijde van de dijk. De taludhelling op deze berm veel flauwer dan 1 : 4 (de helling varieert tussen 1 : 20 en 1 : 25). Het gevaar voor afschuiving is dus niet aanwezig, zie figuur 2.2.2.1 van katern 8 van de LTV [LTV, 1999].

Stap 5: materiaaltransport

De betonplaten zijn zeker 0,05 m dik en liggen goed aaneengesloten tegen elkaar. Onder de betonplaat bevindt zich een 0,30 m dikke laag gecementeerde stortsteen en daaronder bevindt zich keileem [GD, 1998]. Materiaaltransport door de betonplaat is niet mogelijk. Rapportage van verschijnselen die op materiaaltransport zouden kunnen wijzen is er niet. Conclusie is derhalve "materiaaltransport is goed".

Stap 6: stabiliteit element buitentalud

Twee mogelijke bezwijkmechanismen worden voor de toetsing van betonplaten beschouwd, namelijk:

1. bezwijken door wateroverdrukken, en
2. bezwijken als gevolg van golfbelasting.

Wateroverdrukken treden op in de zone tussen de maatgevende hoogwaterstand en de onderkant van de betonplaten. Voor het bezwijkmechanisme "wateroverdrukken" is de grondwaterstand in de dijk een belangrijke parameter. De ervaring bij rivier- en meerdijken leert dat de grondwaterstand in de dijk beduidend lager ligt dan de maatgevende hoogwaterstand. Bij zeedijken wordt als conservatieve inschatting een grondwaterstand gehanteerd die midden tussen de gemiddelde waterstand (hier meerpeil NAP -0,20 m) en de maatgevende hoogwaterstand ligt. Alle betonplaten van de Noordoostpolderdijken liggen boven het toetspeil en derhalve is toetsen op wateroverdrukken niet nodig. Voor wat betreft de toetsing van de stabiliteit van de topplaat, geldt een methodiek, die is afgeleid van voor steenzettingen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de stabiliteit van de betonplaat wordt bedreigd door de opwaartse kracht, die samenhangt met een stijghoogteverschil over de topplaat, dat wordt bepaald door de mate waarin de golfdruk op het talud wordt doorgegeven aan de onderliggende filterlaag.

Voor deze berekening wordt ervan uitgegaan dat de bermfactor mag worden toegepast. Deze keuze kan als volgt worden gemotiveerd. Bij grootschalige modelproeven is zowel het drukverloop op de berm als op het ondertalud gemeten. Met behulp van de daarvoor beschikbare formuleringen is vervolgens op basis van deze gemeten drukken de maximale verschildruk op zowel de berm als op het ondertalud berekend. De maximale verschildruk, die bij een bepaalde omstandigheid (type bekleding, niveau van de waterspiegel ten opzichte van het niveau van de berm e.d.) over de bekleding op de berm is bepaald is vergeleken met de overeenkomstige maximale verschildruk over de overeenkomstige bekleding op het ondertalud. Het quotiënt van beide maximale verschildrukken (max. verschil druk over een blok op de berm en over dat op het ondertalud) is de bermfactor.

Berekening voor de zwaarst aangevallen betonplaat wordt hier gegeven, namelijk voor het traject 19,5 km en 22,0 km.

Gegevens:

- taludhelling, dit is de helling van het ondertalud, $\tan \alpha = 0,29$
- dikte van de betonplaat is $D = 0,05 / 0,48 = 0,10$ m (bermfactor is 0,48)
- dikte filterlaag $b = 0,30$ m
- H is $1,4 \times H_s = 1,4 \times 2,41 = 3,37$ m ($T_p = 6,6$ s)
- $\xi_{op} = 1,3$
- Uit de grafieken in figuur 5.2.4 volgt $v = 2,4$ m en $\tan \beta = 0,6$
- de leklengte is 1,7 m
- op basis van de grafieken in figuur 5.2.5 is de belastinglengte $L_{max} = 3,5$ m
- op basis van de grafieken in figuur 5.2.6. is $S_{max} = 0,85$ m

$$\sigma_{b,max} = 0,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{max} = 74,4 \cdot 10^{-4} \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{b,toel.} = 0,5 \text{ à } 1 \text{ kN/cm}^2 \times v.c. = 0,25 \text{ à } 0,5 \text{ kN/cm}^2 \text{ (v.c. is veiligheidscoëfficiënt} = 0,5)$$

Op basis van de ter beschikking gestelde informatie over de opbouw van de betonplaat en de eenvoudige toets uit de LTV kunnen de betonplaten niet de score "voldoende" krijgen.

De geavanceerde toets voor de betonplaten

Het resultaat van de eenvoudige toets, die op basis van de summier gegevens uit het toetsrapport uit 1998 zijn gehaald, heeft genoopt tot naderonderzoek van constructie. Hiervoor is gebruik gemaakt van observaties bij een openbreking van de betonplaat bij de kilometerpalen 12,8 en 14,6 en van informatie van het waterschap.

De opbouw onder de betonplaten zou globaal als volgt moeten zijn:

- op het keileem ligt een dubbele vleilaag,
- op de vleilaag ligt een dunne laag puin,
- deze constructie is afgevlakt middels een ca. 25 cm dikke laag basalt, dat gecementeerd is,
- dit geheel is afgewerkt met een 4 à 5 cm in het werk gestorte vlakke betonlaag.

Op basis van de observaties bij de "opengebroken" stukken betonplaat kan worden geconcludeerd dat de gecementeerde laag stortsteen een geheel vormt met de 4 à 5 cm dikke afwerklaag. Gezien de afmetingen van de individuele stenen van stortstenen laag kan worden verwacht dat deze laag zo'n 20 à 25 cm dik moet zijn.

Deze constructie wordt begrensd door een opsluitconstructie, die er aan de meerzijde als volgt zou moeten uitzien. Op het keileem ligt een dubbele vleilaag waarop een plaat staat die een hoogte heeft van 40 cm een dikte van 10 cm en een lengte 2 m.

Op basis van de observaties bij de opengebroken stukken betonplaat kan worden geconcludeerd dat deze opsluitrand inderdaad aanwezig is. De hoogte van de opsluitrand is zeker 20 cm of deze daadwerkelijk 40 cm bedraagt en samen met de vleilaag de ruimte tussen het keileem en de betonplaat afdicht kon niet worden gecontroleerd.

Indien de sterkte berekening uit het voorgaande hoofdstuk wordt herhaald, maar nu met een effectieve plaatdikte van 0,25 cm dan is het resultaat.

Gegevens:

- taludhelling, dit is de helling van het ondertalud, $\tan \alpha = 0,29$
- dikte van de betonplaat is $D = 0,25$ m
- dikte filterlaag $b = 0,10$ m
- H is $1,4 \times H_s = 1,4 \times 2,41 = 3,37$ m ($T_p = 6,6$ s)
- $\xi_{op} = 1,3$
- Uit de grafieken in figuur 5.2.4 volgt $v = 2,4$ m en $\tan \beta = 0,6$
- de leklengte is 1,6 m
- op basis van de grafieken in figuur 5.2.5 is de belastinglengte $L_{max} = 1,6$ m
- op basis van de grafieken in figuur 5.2.6. is $S_{max} = 0,65$ m

$$\sigma_{b,max} = 0,013 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{max} = 10,4 \cdot 10^{-4} \text{ kN/cm}^2$$

Indien een effectieve dikte van de betonplaat van 0,25 m in rekening wordt gebracht voldoet de stabiliteit ruimschoots

Uit de gegevens over de aanwezige constructie zijn twee conclusies te trekken, namelijk:

1. De werkelijke, effectieve dikte van de betonplaat is veel meer dan de opgegeven 5 cm, een effectieve dikte van ca. 15 à 20 cm lijkt zeer goed verdedigbaar.

2. Door de aanwezigheid van de opsluitrand wordt de openconstructie onder de betonplaat vrijwel afgesloten. Het is daarom niet voorstelbaar dat de waterdruk als gevolg van de golfbeweging bij de berm onder de betonplaat kan manifesteren.

Beide overwegingen zijn alleen al voldoende om tot een score "goed" voor de betonplaten te komen.

Referenties

1. LTV, 1999; Leidraad Toetsen op Veiligheid van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen d.d. augustus 1999
2. GD, 1998; Geavanceerde toetsing talusbekledingen IJsselmeerdijken Noordoostpolder. Rapport CO-370560/47 van Grondmechanica Delft, juni 1998
3. Infram, 2000; Toetsing op veiligheid IJsselmeerdijken Noordoostpolder, Eenvoudige- en gedetailleerde toets. Rapport i314, juni 2000.
4. HKV, 1999; Rekenmodel Dijkbekleding HYDRA_Q, Handleiding. Rapport PR287, augustus 1999

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de betonplaten in het proefvak nabij km 14,5

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 16 oktober, 2000

Inleiding

In de zomer van 1991 is er een proefproject uitgevoerd op een gedeelte van de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder nabij km 14,5. Dit project was ingepast in de dijksverbeteringswerken die ten behoeve van de overdracht van het beheer werden uitgevoerd. In het kader van dit proefproject is over een lengte van 200 m op het buitenbeloop van de dijk een bekleding van open colloïdaal beton aangebracht. De bekleding sluit beneden aan op de damwand bij de kreukelberm (NAP -0,25 m) en loopt door tot op de berm op NAP + 1,55 m.

Het doel van het project was het invullen van leemten in kennis met betrekking tot cementbetonnen plaatbekledingen op dijken en oevers, zoals:

- uitvoering van dagnaden,
- gedrag van de bekleding op een minder draagkrachtige ondergrond,
- gedrag onder belasting door kortere golven,
- mate van aanslibbing in een situatie waarin geen droogvallend voorland aanwezig is.

Ontwerputgangspunten

De ontwerpwaterstand was NAP +1,190 m, de ontwerpgolfhoogte bedroeg $H_s = 2,50$ m. De belasting door onderhoudsverkeer kan aanzienlijk zijn vandaar dat van een maatgevende wiellast van 50 kN is uitgegaan. De ondergrond bestaat uit keileem dat is afgedekt met een krammat van gebitumineerde jute en een dubbele vlijlaag van gebroken puin. Deze puinlaag fungeert als filterlaag en waar nodig is de laag met gebroken steen 10/40 mm aangevuld.

Op basis van de bovengenoemde uitgangspunten en de ontwerpmethodiek zoals deze beschreven staat in "Cementbetonnen plaatbekledingen op dijken en oevers; CUR 156 maart 1992" is de betonplaat berekend.

De benodigde plaatdikte om de golfbelasting te kunnen weerstaan is 0,20 m. N.B. Verkeersbelasting is bij extreem hoogwater niet aan de orde daar de onderhoudsweg op de berm dan onder water staat. De dikte van de betonplaat is 0,25 m.

Toetscondities

De vigerende hydraulische condities voor het toetsen van dijkbekledingen op het traject 13,0 km – 16,0 km zijn:

- waterstand NAP = 1,24 m,
- golfhoogte $H_s = 2,34$ m,

Ervaring

De ervaringen tijdens de constructie van de betonnen plaatbekleding waren goed, zodat kan worden gesteld dat de uiteindelijke constructie voldoet aan de ontwerpspecificaties. Later werden er krimp-scheuren in de betonnen plaat waargenomen. deze scheuren lopen van boven naar beneden over het talud en hebben een breedte van ca. 1 mm en de onderlinge afstand 20 à 25 m.

Door de beheerder zijn geen andere negatieve ervaringen met de betonplaten gemeld.

De toetsing voor de betonplaten

De betonplaten zijn ontworpen volgens de meest recente ontwerpmethodieken voor cementbetonnen plaatbekledingen. Deze zijn vastgelegd in het CUR rapport, nummer 156.

De gehanteerde hydraulische randvoorwaarden bij het ontwerp liggen hoger dan de nu vigerende hydraulische condities voor de toetsing.

De ervaringen met de constructie zijn goed.

Op basis van bovenstaande punten mag de score "goed" aan deze dijkbekleding worden gegeven, zie paragraaf 2.5.3 van katern 2 van het centrale gedeelte van de Leidraad Toetsen op Veiligheid.

Appendix 7

Geavanceerde toetsing van de betonzuiltjes op de berm van de NOP dijk,
oktober 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de betonzuiltjes op de berm van de NOP dijk

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 16 oktober, 2000

Op enkele locaties op de berm van de Noordoostpolderdijk zijn betonzuiltjes toegepast als bekledingmateriaal.

traject (km)	dikte (m)	bijzonderheden
6,15 – 10,00	0,15	op zand dan wel grind/aarde
22,16 – 24,25	0,15	op klei

De betonzuiltjes maken deel uit van de bestrating van de onderhoudsweg op de berm. De vakken met betonzuiltjes zijn gesitueerd op de helft van de berm die aan het boventalud grenst. Op de helft van de berm die grenst aan het benedentalud liggen veelal graniet- dan wel basaltblokken.

In alle gevallen scoort het vak met betonzuiltjes bij de eenvoudige toets "twijfelachtig" en bij de gedetailleerde toets voor zover van toepassing "geavanceerd".

Op meerdere locaties komen dezelfde betonzuiltjes voor op het direct aan de berm grenzende deel van het boventalud. In de notitie "Toetsen van bekledingen boven de berm op de IJsselmeerdijken langs de Noordoostpolder" d.d. augustus 2000 van WL Delft Hydraulics, GeoDelft en Infram zijn de vakken boven de berm getoetst. Voor alle vakken met betonzuiltjes op het boventalud resulteerde dit in de score "goed", dit was onafhankelijk van of deze zuiltjes een hoogte van 0,15 m of 0,25 m hadden. Hieronder worden de afwegingen die hiertoe hebben geleid nogmaals herhaald:

begin quote

- er is sprake van een betrekkelijk gunstige constructie: een toplaag op een vrij ondoorlatende ondergrond zonder geulen;
- er is sprake van een ligging op het talud waarbij de belasting alleen bestaat uit golfploop en golfneerloop, en niet in de aanzienlijk zwaarder aangevallen zone beneden de stilwaterlijn;
- er is sprake van een beperkte belastingduur, waardoor een grote mate van uitspoelen van materiaal tussen en onder de blokken, en derhalve aantasting van de gunstige constructie onwaarschijnlijk is;
- er kan waarschijnlijk een dusdanig beperkte hoeveelheid water door de toplaag heendringen gedurende de beperkte duur dat er water op de bekledingen boven de berm komt, dat het onwaarschijnlijk is dat er een waterdruk onder de blokken opgebouwd kan worden.

In 1998 zijn de eerste twee effecten (de vrij ondoorlatende ondergrond en de plaats op het talud) in rekening gebracht door STEENZET berekeningen te doen. Hieruit bleek dat er op die wijze beschouwd geen opwaartse drukken onder de blokken kon ontstaan waardoor blokbeweging zou optreden, behalve bij de plat geplaatste klinkers.

Gezien deze 4 punten lijkt de conclusie van 1998 nog steeds verdedigbaar: alle bekledingen boven de berm, behalve de klinkers, worden 'goed' getoetst. Dit gebeurt niet op basis van een vaststaande toetsprocedure, maar door 'expert opinion'.

einde quote

Op het traject 22,16 km – 24,25 km is de constructie op de berm gelijk aan de in de genoemde notitie getoetste vakken met zuiltjes op het boventalud namelijk betonzuiltjes op klei. De motivatie voor de

score “goed” voor de zuiltjes op het boventalud zijn zonder meer ook toepasbaar voor de zuiltjes op berm.

Op het traject 6,15 km – 10,0 km ligt dit iets anders. Hier zit er onder de zuiltjes een filterlaag. Hoewel deze niet erg waterdoorlatend is (zand dan wel grind/aarde) moet drukopbouw onder de zuiltjes tot de mogelijkheden worden gerekend. Echter de zuiltjes en de waterdoorlatende onderlaag zijn aan de meerzijde opgesloten middels een betonnen band die op de keileem is geplaatst. Hierdoor bestaat er geen open verbinding tussen de filterlaag onder de zuiltjes en die onder de aangrenzende graniet dan wel basaltlaag. Onder het boventalud is helemaal geen filter onder de zuiltjes aanwezig dus ook vanuit die kant kan er geen drukopbouw geschieden. Gezien het feit dat het filter onder de zuiltjes vrijwel waterdicht is afgesloten laat deze constructie zich goed vergelijken met een constructie zuiltjes op klei. Vandaar dat ook hier geen reden aanwezig is om de constructie af te keuren.

Verder geldt met name voor bekledingen op de berm als extra veiligheid de reststerkte die aan het filter en vooral aan de dikke keileemlaag onder de berm mag worden toegekend.

Appendix 8

Geavanceerde toetsing van de grasbekleding op het buitentalud,
september 2000 van Infram

Toetsing Noordoostpolderdijken

Geavanceerde toetsing van de grasbekleding op het buitentalud

Opgesteld door : ir. J. Wouters
Datum : 20 september, 2000

Inleiding

Op de kruin en aan de meer- en polderzijde van de IJsselmeerdijken van de Noordoostpolder wordt gras als taludbekleding aangetroffen. De voorliggende notitie behandelt de toetsing van de grasbekleding aan de meerzijde van de dijk.

Lopend langs de dijk lijkt het alsof direct boven de berm de grasbekleding begint. Dit is echter niet juist, want onder het gras bevindt zich over de eerste meters boven de berm een gesloten steenbekleding. De echte grasbekleding begint globaal op het niveau NAP + 2,50 m. Voor zes representatieve locaties op de Noordoostpolderdijk is de toets voor het gras op het buitentalud uitgevoerd, namelijk:

- 0,5 – 3,75 km, representatief voor de Noordermeerdijk tot de Friese hoek;
- 7,0 – 10,5 km, representatief voor de Noordermeerdijk;
- 19,5 – 23,0 km, representatief voor de Westerveerdijk;
- 27,0 – 29,0 km, representatief voor de Zuidermeerdijk (West);
- 35,0 – 36,2 km, representatief voor de Zuidermeerdijk (Oost); en
- 38,0 – 44,0 km, representatief voor de Ramsdijk.

Verder is de kwaliteit van de kleilaag onder de grasbekleding over de gehele lengte van de dijk gecontroleerd. Hiertoe is om de 1000 m een handboring uitgevoerd.

Stabiliteit

De toetsing van het gras aan de meerzijde van de dijk is uitgevoerd volgens hoofdstuk 4.7 van katern 8 van [LTV, 1999]. Figuur 4.7.2.1 van katern 8 vat het beoordelingsschema voor erosie van grasbekledingen samen.

Stap 1a

Er is geen ervaring met betrekking tot het gedrag van de bekleding onder de maatgevende hydraulische condities.

Stap 2 (en 3)

Beheertype:

Vanaf de sluis bij Lemmer zijn de dijken verpacht als schapenweide. Op het benedenbeloop van de dijk zijn in de zomer ook koeien toegestaan. Er bestaan geen richtlijnen t.a.v. de bemesting van het gras. Indien het gras niet kort genoeg wordt gehouden door de schapen, moet er worden gemaaid. Hierbij wordt het gras niet afgevoerd. Op basis van deze gegevens moet volgens tabel 4.6.1 [LTV, 1999; katern 8] de kwaliteit van de zode als "slecht" worden gekenmerkt. Deze kwalificatie komt gedeeltelijk overeen met de kwalificatie, zoals deze door ir. P. Wondergem van de DWW is geformuleerd op basis van een globale observatie tijdens zijn bezoek aan de dijk in de zomer van 1999, zie [Wondergem, 1999]. In deze notitie wordt de grasmat voor het traject oostelijk van Schokkerhaven als slecht erosiebestendig gekwalificeerd en voor de rest van de locaties wordt de kwalificatie matig erosiebestendig gehanteerd. Een verbetering van de erosiebestendigheid van de grasmat zelfs tot "goed" zou kunnen worden bereikt door het beheer aan te passen.

Stap 4

Voor het gedeelte van het talud waar zich een grasbekleding bevindt geldt niet dat er een belastingskans $> 1/10$ per jaar heerst.

Stap 5

De factor $4H_s \tan \alpha$ is groter dan 0,2.

Stap 6

Op vrijwel alle locaties langs de dijk kan worden gesteld dat de onderbegrens van de grasmat boven het toetspeil ligt. Alleen voor het traject oostelijk van Schokkerhaven (De Ramsdijk) ligt de ondergrens van het gras onder toetspeil. Op deze locatie ligt het toetspeil erg hoog, namelijk op NAP + 2,31 m. Bij de situatie dat het gras zich boven toetspeil bevindt hoeft er niet op golfklappen te worden getoetst maar kan worden vervolgd met toetsen op stromen.

Toetsen op stromen

Belangrijke randvoorwaarden voor het toetsen op stromen zijn de waterstand, de golfhoogte en de bijbehorende golfperiode. De voor deze analyse gebruikte waarden zijn gelijk aan die welke voor de kruinhoogte bepaling zijn toegepast (HYDRA_M berekeningen). De invloed van de berm op de golfoploop en de daaruit volgende snelheden op het talud zijn in de HYDRA_M berekeningen meegenomen. N.B. De verschillen tussen de berekende waarden van waterstand, golfhoogte en golfperiode voor HYDRA_Q en HYDRA_M zijn verwaarloosbaar klein (orde enkele cm's), zie tabel I.1.

In tabel 1 zijn de randvoorwaarden alsmede de profielgegevens gepresenteerd.

De rekensnelheid v_r is vervolgens voor de combinatie van randvoorwaarden en profielgegevens bepaald middels de in figuur 4.7.2.3 van katern 8 van de LTV gegevens formule.

$$v_r = 700 H_s / T_p \times (0,085 - H_s / L_o) \times (1 - z / z_q)^{0,5} \times \tan \alpha$$

waarin:

H_s = de significante golfhoogte (m)

T_p = de piekperiode van het golfspectrum (s)

L_o = golflengte op diep water (m)

z = niveau van het beschouwde punt op het buitentalud t.o.v. de stilwaterlijn SWL (m)

z_q = golfoplooppniveau behorende bij een debiet van $q = 0,1$ l/m/s (m)

α = de gemiddelde hoek van het buitentalud tussen SWL + $1,5 H_s$ en SWL - $1,5 H_s$
(hier is de gemiddelde hoek tussen SWL + (kruin - SWL) en SWL - (kruin - SWL) gebruikt)

tabel 1: Erosiebestendigheid van de graszode, zie figuur 4.7.2.3 katern 8 van de LTV

Dijkvak (km)	0,5 – 3,75	7,0 – 10,5	19,5 – 23,0	27,0 – 29,0	35,0 – 36,2	38 – 44
waterstand m+NAP	1,92	1,57	1,58	1,53	2,01	2,31
H_s (m)	1,75	2,12	2,43	2,30	1,35	1,03
T_p (s)	4,9	6,16	6,62	6,46	5,76	6,1
begin gras m+NAP	2,09	2,65	3,11	2,60	2,35	1,75
z (m)	0,17	1,08	1,53	1,07	0,34	-0,56
z_q (m)	1,43	3,41	4,27	3,77	2,14	2,29
$\tan \alpha$	0,225	0,225	0,225	0,225	0,225	0,33
v_r (m/s)	2,02	2,20	2,28	2,35	2,00	$H_r = 1,23$ m
$t_{s,r}$ (uur)	7,5	10	10	11	9	
$t_{s,r,max}$ (uur); slecht	4	3	2	2	5	
$t_{s,r,max}$ (uur); matig	15	10	9	8	15	
Score bij slecht gras	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende	onvoldoende

Geen enkele grasmat is sterk genoeg om onbeperkt stroomsnelheden in de orde van $v_r > 2,0$ m/s te kunnen weerstaan. De belastingduur ($t_{s,r}$) waarin de door middel van v_r gekarakteriseerde belasting aanwezig moet worden verondersteld is daarom een belangrijke parameter.

De veronderstelde stormopzet in het meren gebied staat gegeven in figuur 2.3.7.1 van katern 3 van de LTV [LTV, 1999]. Het is niet logisch om te veronderstellen dat gedurende de gehele periode van stormopzet (35 uur) de maximale golfconditie heerst. Zowel golfgroei (en afname van de golfhoogte) als de stormopzet (en de afname van de opzet) zullen in een relatief klein meer, wat het IJsselmeer is,

snel op de veranderingen in de windsnelheid reageren. Voor de Noordoostpolderdijk is de volgende benadering gehanteerd:

- van $t = 0$ tot $t = 15,5$ uur groeit de windopzet van NAP – 0,20 m (meerpeil) tot de maatgevende waterstand. De golven groeien tot de maatgevende golfcondities. Voor deze groeiperiode wordt aangenomen dat er geen golfbelasting op het gras aanwezig is;
- gedurende 4 uur is een volledige belasting op het gras, maatgevende waterstand met maatgevende golven, aanwezig;
- na deze periode neemt de wind af, de waterstand zakt in 15,5 uur af tot NAP – 0,20 m (meerpeil) en de golfhoogte zal ook afnemen. Hier wordt aangenomen dat de maatgevende golfhoogte tijdens deze fase volledig aanwezig blijft, dit compenseert de aanname dat er geen golfbelasting op het gras is aangenomen tijdens de groeifase.

Voor dijkvak 7,0 – 10,5 km is de berekening van maatgevende belastingduur gegeven:

1. Groeifase: geen belasting;
2. Top van de stormopzet: $t_{sr} = (1 - z/z_q) t_s = (1 - 1,08/3,41) \times 4 = 2,7$ uur;
3. Afname fase: de gemiddelde waarde van z is in deze fase $(1,08 + 2,85)/2 = 1,97$, dus $t_{sr} = (1 - 1,97/3,41) \times 15,5 = 6,6$ uur;
4. De totale belastingduur t_{sr} is dus 10 uur.

Toetsen op golfklappen

Het toetsen op golfklappen is uitgevoerd volgens de werkwijze die in figuur 4.7.2.2 van katern 8 van de LTV staat beschreven.

De rekenwaarde H_r wordt bepaald met de formule:

- $H_r = \delta H_s$
- $\delta = 0,5 H_s^{-0,25} T_p^{0,5}$

De waarde voor $4 H_r \tan \alpha$ is in dit geval hoger dan 1. Alleen een goede grasmat op een kleilaag van minimaal categorie 2 maakt een kans op de score “goed” indien $4 H_r \tan \alpha > 1$. De grasmat op dit deel van de dijk voldoet aan geen van deze eisen. Vandaar de score “onvoldoende”.

Score

Een grasmat scoort “goed” indien geldt dat $t_{sr} < t_{smax}$ en de grasmat scoort “voldoende” indien geldt $t_{sr} < 1,5 t_{smax}$. Uitgaande van een beoordeling van de kwaliteit van de grasmat op basis van beheer moet deze als slecht worden gekwalificeerd. Voor een slechte grasmat geldt op vijf van de zes beschouwde locaties dat de score “onvoldoende” moet zijn.

Indien uit een specialistische beoordeling van de grasmat resulteert dat grasmat het als “matig” kan worden gekwalificeerd dan geldt voor de trajecten 0,5 – 0,3,75 km, 7,0 – 10,5 km, 19,5 – 23,0 km, 27,0 – 29,0 km dat de score voldoende gehaald wordt en voor het traject 35,0 – 36,2 km dat de score zelfs “goed” wordt.

In het geval dat de kwalificatie van de grasmat tussen matig en goed komt te liggen geldt voor alle trajecten tot Schokkerhaven dat de grasmat de score “goed” haalt.

Analyse en aanbeveling

Zuiver op basis van de resultaten van de eenvoudige toets van de grasbekleding aan de meerzijde van de dijk is de score voor het gras “onvoldoende”. Toch zijn er enkele punten die een nadere analyse rechtvaardigen:

1. Bij de geavanceerde toets uit 1998 [GD, 1998] is op basis van een notitie van de DWW de score “goed” aan het gras gegeven. Citaat uit [GD, 1998]: “Volgens de notitie van Johanson en Seijffert is bij een talud 1 : 3,5 in de zone boven de berm toepassing van gras bij een golfhoogte tot 2,3 m mogelijk. Er moet wel aandacht aan de kwaliteit van de grasbekleding worden besteed.”

2. Op basis van het type beheer wordt de kwaliteit van de grasmat als "slecht" beoordeeld. Indien een deskundige beoordeling van gras de beoordeling naar "matig" zou kunnen opwaarderen dan komen de toelaatbare belastingduur en de te verwachten belasting duur dicht bij elkaar en komt de score zeker op minimaal "voldoende". De eerdere globale observaties van de echte kwaliteit van de grasmat rechtvaardigen de verwachting dat specialistisch onderzoek van de grasmat tot een kwalificatie "matig" en misschien wel "goed" zal leiden.

Op basis van de bovenstaande overwegingen wordt aanbevolen om een specialist de kwaliteit van de grasmat te laten beoordelen. Bij deze specialistische beoordeling zal ook aandacht moeten worden besteed aan de relatie tussen de kwaliteit van de klei in de zode en de erosie bestendigheid van de gehele graszode. Op meerdere locaties blijkt uit metingen dat het zandpercentage hoger ligt dan 50%. Volgens de tekst in figuur 4.7.2.3 van katern 8 van de LTV zou dit betekenen dat de graszode niet "voldoende" kan scoren. Echter de achtergrond literatuur is hierin veel minder expliciet. In paragraaf 2.1 "Algemene conclusies en aanbevelingen" van [TAW, 1998] het Technisch rapport erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding" wordt dit minder concreet verwoord. Hier wordt klei met maximaal 50 % zand en enige cohesie aanbevolen.

Nawoord

Naar aanleiding van bovenstaande overwegingen is er door een gespecialiseerd bureau onderzoek uitgevoerd naar de kwaliteit van de graszode [Alterra, 2000]. Dit onderzoek resulteerde in de volgende kwalificatie van de graszode:

Noordermeerdijk van Lemmer (km 0,5) tot de Friese hoek (3,75 km)	: slecht
Noordermeerdijk van Friese hoek (km 3,75) tot de Rotterdamse hoek (km 13)	: slecht
Westermeerdijk van de Rotterdamse hoek (km 13) tot Urk (km 24)	: slecht
Zuidermeerdijk West van Urk (km 26) tot de Ketelbrug (km 31,5)	: matig
Zuidermeerdijk Oost van de Ketelbrug (km 31,5) tot Schokkerheven (km 37,5)	: slecht
Ramsdijk van Schokkerhaven (km 38,0) tot Ramspol (km 44)	: slecht

Indien deze resultaten worden gecombineerd met de onderzoeksresultaten zoals deze in het hoofdstuk "Score" zijn verwoord dan resulteert dit in het volgende toetsresultaat:

Noordermeerdijk	: "onvoldoende"
Westermeerdijk	: "onvoldoende"
Zuidermeerdijk West	: "voldoende"
Zuidermeerdijk Oost	: "onvoldoende"
Ramsdijk	: "onvoldoende"

In paragraaf 4.3 van deel 1 van het toetsrapport (eenvoudige- en gedetailleerde toets) wordt de grastoets beschreven voor het gras op de kruin en het binnentalud op vier locaties op de Noordermeerdijk (locaties waarvoor geldt $0,1 \text{ l/m/s} < q < 1,0 \text{ l/m/s}$). De score "goed" kon niet aan de grasbekleding op deze locaties worden toegekend omdat niet aan de 50% zand norm in het klei van de zode werd voldaan. Alterra [Alterra, 2000] constateert dat op de kwaliteit van de graszode op deze locaties over het algemeen slecht is (soms slecht tot matig) en dat de zandfractie veelal binnen de norm van 50% blijft. Tezamen met de al in paragraaf 4.3 van deel 1 opgesomde argumenten kan daarom aan het gras op de kruin en binnentalud van de in paragraaf 4.3 van deel 1 beschouwde vakken de score "voldoende" worden toegekend.

Het rapport van Alterra [Alterra, 2000] geeft aanbevelingen voor aanpassingen in het beheer die er op termijn in zullen resulteren dat de kwaliteit van de graszode voldoende zal verbeteren om tot minimaal de score "voldoende" te kunnen komen voor alle grasbekledingen op Noordoostpolderdijken.

I. HYDRA_Q versus HYDRA_M

Voor de bepaling van de randvoorwaarden voor de grastoets is gebruik gemaakt van de resultaten uit kruinhoogte berekeningen met HYDRA_M voor de beschouwde trajecten. Het gebruik van HYDRA_M heeft als praktisch voordeel dat de waarde van z_q (z_q = golfoploophoogte behorende bij een debiet van $q = 0,1 \text{ l/m/s}$) direct gegeven wordt. Indien we strikt volgens de richtlijnen zouden werken dan zou HYDRA_Q met $a = 2,0$ en $b = 0$ [HKV, 1999] gebruikt moeten worden om de golf randvoorwaarden te berekenen om vervolgens de oploop op het talud te berekenen. De verschillen tussen de golf randvoorwaarden berekend met HYDRA_M en HYDRA_Q zijn dusdanig klein dat deze verwaarloosbaar zijn, zie onderstaande tabel, tabel I.1.

tabel I.1 Hydraulische randvoorwaarden voor gras

traject km	HYDRA_Q			niveau gras NAP + m	HYDRA_M		
	waterstand NAP + m	H_s m	T_p s		waterstand NAP + m	H_s m	T_p s
7,0 – 10,5	1,54	2,09	6,2	2,35	1,57	2,12	6,2
19,5 – 23,0	1,56	2,38	6,6	3,11	1,58	2,43	6,6
27,0 – 29,0	1,48	2,22	6,4	2,60	1,53	2,30	6,5
35,0 – 36,2	1,98	1,33	5,7	2,35	2,01	1,35	5,8

Niet alleen om praktische redenen is gebruik gemaakt van de golf randvoorwaarden zoals deze met HYDRA_M zijn berekend ook om theoretische overwegingen lijkt dit voor gras dat door stroming wordt belast het meest aangewezen model. HYDRA_M berekent de maatgevende randvoorwaarden voor golfoploop en overslag. De stroombelasting op het gras wordt beschreven door de stroomsnelheid op het talud. De beheersende parameters voor deze verschijnselen zijn identiek. Verder suggereert de keuze van $a = 2,0$ en $b = 0$ een proces waarbij de golfperiode niet van belang is dit is niet correct voor de oploop waar de golfperiode wel degelijk van belang is. De keuze van de waarden voor a en b is gebaseerd op de vergelijking $t_{\max} = d/(\sqrt{C_E} H_s^2)$. De achtergronden van deze formulering staan beschreven in hoofdstuk 14 van [Pilarczyk, 1998]. Bestudering van het genoemde artikel leert dat deze formulering is gebaseerd op modelresultaten in de brekerzone en niet in de oploopzone. Het bezwijkmechanisme in brekerzone is echter niet vergelijkbaar met dat in de oploopzone.

Referenties

1. LTV, 1999; Leidraad Toetsen op Veiligheid van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen d.d. augustus 1999
2. Wondergem, 1999; Notitie "Gras op de dijken Noordoostpolder", DWW 20 augustus 1999.
3. GD, 1998; Geavanceerde toetsing taludbekledingen IJsselmeerdijken Noordoostpolder. Rapport CO-370560/47 van Grondmechanica Delft, juni 1998
4. Johanson, Seijffert, 1997; Notitie "Gras", DWW 19 september 1997
5. TAW, 1998; Technisch rapport erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1998
6. Pilarczyk, 1998; Dikes and Revetments, Design, Maintenance and Safety Assessment. Balkema, 1998
7. HKV, 1999; Rekenmodel Dijkbekleding HYDRA_Q, Handleiding. Rapport PR287, augustus 1999
8. Alterra, 2000; "Conceptrapportage van het project beoordeling grasmat IJsselmeerdijk op basis van typologie, bedekking en doorworteling" (het rapport heeft nog geen echte titel), Alterra, oktober 2000

Overzicht toetsresultaten bekleding buitentalud IJsselmeerdijken Noordoostpolder, 08/11/00

Verzinkt toetsresultaat bij boring Benedentalud Bssmeerdijk Noordboezemolder, 08/11/20

km	Benedentalud		Bem		Boventalud		
0,000	gras/klei		gras/klei		gras/klei		
1,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	klinkers			
2,000		leendertae blokken	leendertae blokken				
3,000							
4,000	basalt 30/40		basalt 20/30	klinkers	bloksteen	gras/klei	
5,000							
6,000			graniet	betonzuil	betonzuil	bloksteen	
7,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonzuil	betonzuil	bloksteen	gras/klei
8,000							
9,000							
10,000				betonplaat			
11,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei
12,000							
13,000							
14,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei
15,000							
16,000				basalt 20/30	basalt 30/40	graniet	
17,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei
18,000							
19,000					graniet		
20,000	basalt 30/40		graniet	betonplaat	betonzuil	bloksteen	gras/klei
21,000							
22,000			niet basalt 20/30 basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	klinkers	betonzuil
23,000	betonplaat						
24,000	basalt 20/30	basalt 30/40			graniet	betonzuil	betonzuil

km	Benedentalud		Berm		Boventalud		
		Leend. bl. schanskorven	Leend. bl. schanskorven		betonzuij	gras/klei	
26,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniel	asfalt op klinkers	asfalt		gras/klei
			basalt 20/30		betonzuij	bloksteen	
27,000							
28,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniel	asfalt op klinkers	betonzuij	bloksteen	gras/klei
29,000							
30,000	basalt 20/30	basalt 30/40	graniel	asfalt op klinkers	betonzuij	bloksteen	gras/klei
31,000			basalt 20/30				
			graniel				
Ketelbrug							
32,000			graniel			bloksteen	
33,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	asfalt op klinkers	betonzuij		gras/klei
34,000							
35,000							
36,000	basalt 20/30	basalt 30/40	basalt 20/30	asfalt op klinkers	betonzuij		gras/klei
			graniel				
37,000	basalt 20/30	leendertse blokken	leendertse blokken	klinkers	klinkers	gras/klei	
bekleding oprijt strand schokkerhaven							
Schokkerhaven							
38,000	basalt 30/40	betonblok	betonbl.	asfalt op klinkers			
39,000			graniel				
40,000	graniel	basalt 30/40	basalt 30/40	klinkers plat	gras/klei	gras/klei	
41,000							
42,000							
43,000	klinkers kops	klinkers kant	klinkers plat	gras/klei	gras/klei		
44,000							

LEGENDA

= voldoende / goed
 = onvoldoende

= bekledingsvak
 = overgang in dwarsprofiel van de dijk
 = randvoorwaardenvak

datum: 08 november 2000

