

24 NOV 2000

24 NOV 2000

Rijkswaterstaat, Projectbureau Zeeweringen
 T.a.v. ing. Y. Provoost
 Postbus 114
 4460 AC GOES

Postbus 69
 2600 AB Delft
 Stieltjesweg 2
 2628 CK Delft
 Telefoon (015) 269 35 00
 Telefax (015) 261 08 21
 info@geodelft.nl
 www.geodelft.nl

Datum
 2000-11-23
 Ons kenmerk
 CO-395730/18

Onderwerp
 Rapportage Borssele

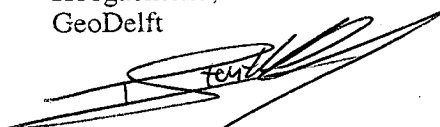
Doorkiesnummer
 015 269 38 16
 E-mail
 std@geodelft.nl

Geachte heer Provoost,

Hierbij zenden wij u 5 exemplaren van de definitieve rapportage van de "Geavanceerde toetsing van de Borsselepolder 1".

Wij hopen hiermee de opdracht naar tevredenheid te hebben afgerond.

Hoogachtend,
 GeoDelft



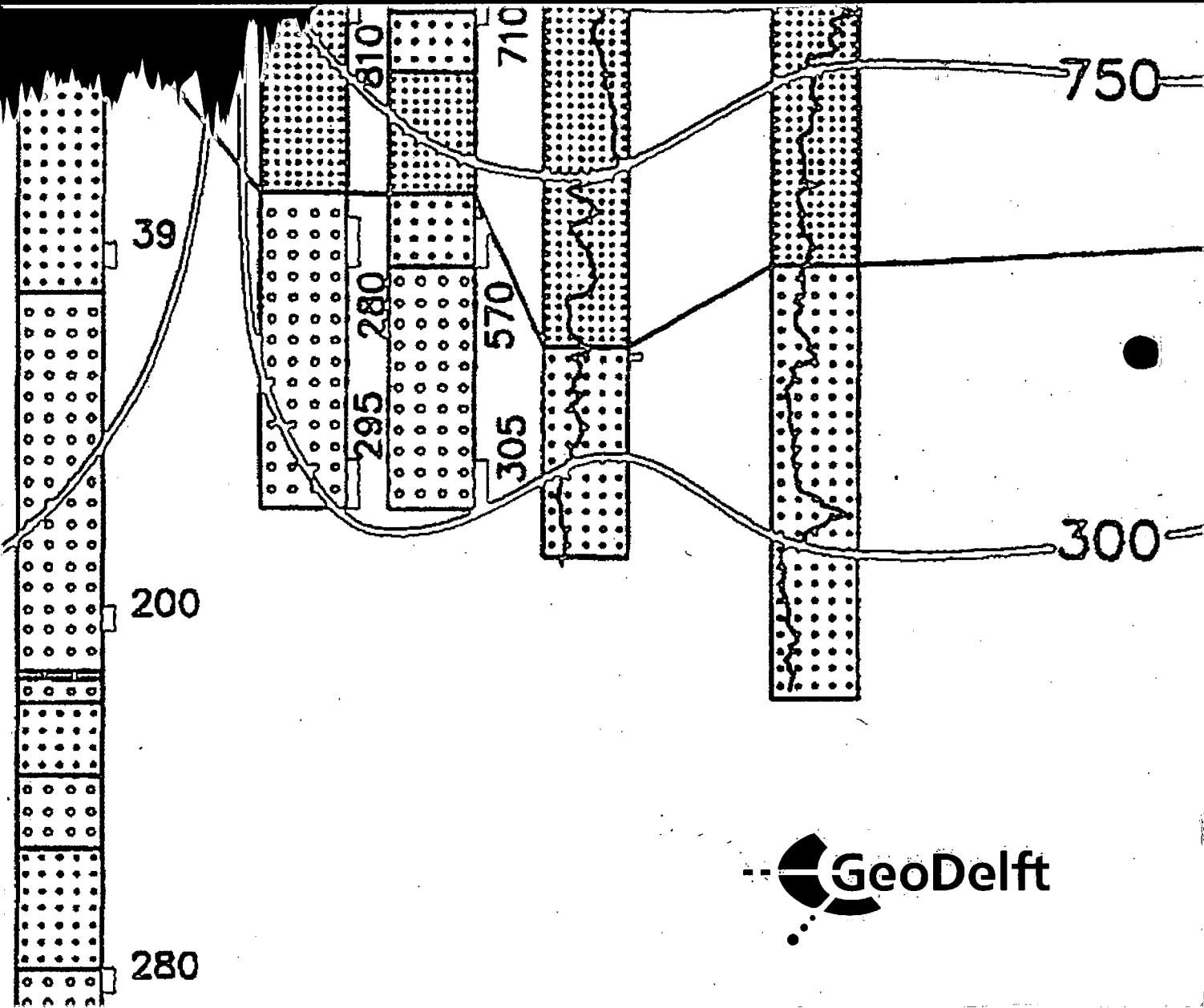
Ir. T. P. Stoutjesdijk
 Senior adviseur

PROJECTBUREAU ZEEWERINGEN	ACTIE	INFO
PROJECTLEIDER <i>ub</i>		X
SECRETARESSE		
PROJECTSECRETARIS <i>ub</i>		X
MEDEWERKER FINANCIËN <i>ub</i>		X
MEDEWERKER KWALITEIT <i>+ bjl</i>		X
TEAMLEIDER ONTWERP <i>kor + bjl</i>		X
HOOFD UITVOERING		
COORDINATOR / BESTEKSCRIJVER		
<i>Piet + bjl</i>		X
<i>Goop W. ub</i>		X
<i>Hansy. ub</i>		X
<i>POBT-R-290-ken + bjl</i>		X
REGULATIE MAP		



004971 2000 PZDT-R-00290 ken

Definitieve rapportage geavanceerde toetsing.B



**Geavanceerde toetsing van de
Borsselepolder 1
definitief**

**CO-395730.0018 versie 2
november 2000**

**Geavanceerde toetsing van de
Borsselepolder 1**

definitief

CO-395730.0018
november 2000

Opgesteld in opdracht van:
RIJKSWATERSTAAT, PROJECTBUREAU
ZEEWERINGEN
POSTBUS 114
4460 AC GOES

AFDELING GRONDCONSTRUCTIES
Projectleider : ir. P. Meijers / ir. T.P.
Stoutjesdijk
Projectbegeleider: ir. M. Klein Breteler (WL|Delft
Hydraulics)

GeoDelft
Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT
Postbus 69, 2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21
Postbank 234342
Bank MeesPierson NV
Rek nr 25 92 35 911

rapportnr: CO-395730.0018		datum rapport: november 2000			
titel en subtitel: Geavanceerde toetsing van de Borsselepolder 1		behandelende afdeling: Grondconstructies			
		projectnaam:			
projectleider(s): ir. P. Meijers / ir. T.P. Stoutjesdijk		projectbegeleider(s): ir. M. Klein Breteler (WL Delft Hydraulics)			
naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat, projectbureau zeeweringen Postbus 114 4460 AC Goes		referentie opdrachtgever:			
		verzenden in: -voud			
		type rapport: definitief			
samenvatting rapport: Bij de Borsselepolder 1 is een geavanceerde toetsing van een ingegoten basaltbekleding uitgevoerd. Deze toetsing bestond uit 2 fasen. Fase 1 is uitgevoerd in juli 1999. Op basis van de bevindingen van fase 1 zijn in fase 2 op 5 plaatsen getijmetingen uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven en geanalyseerd. Uit de meetresultaten zijn de relevante eigenschappen van de bekleding (doorlatendheid toplaag en filter) bepaald. Hiermee is bepaald wat de overdrukken onder de ingegoten basaltbekleding zijn onder maatgevende omstandigheden. Resultaat van deze toetsing is dat slechts één van de onderzochte (deel-)vakken voldoet.					
opmerkingen:					
trefwoorden: steenetting, geavanceerd toetsen, getijmeting, Borssele polder		verspreiding: RWS, WL, GD			
opgeslagen op: onder titel: N:\projecten.gd\395000\395730\grond\Rapport\co395730rap.0018.doc				aantal blz.:	
versie:	datum:	opgesteld door:	paraaf:	gecontroleerd door:	paraaf:
01	2000-09-08	Meij / Std		MKB (WL)	
02	november 2000	Meij/Std	<i>Meij</i>	MKB (WL)	<i>MKB</i>

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Fase 1 geavanceerde toetsing	3
2.1	Algemene beschrijving bekleding	3
2.2	Locatiebezoek	4
2.3	Voorlopige conclusies	7
2.3.1	Bekledingnummer 51103, niet ingegoten basalt	7
3	Gegevens meetlocaties	11
4	Getijmeting	13
	Principe getijmeting	13
4.2	Plaats opnemers	14
4.3	Resultaten verwerking	14
4.4	Interpretatie getijmeting	15
5	Narekenen getijmeting	19
5.1	Beschrijving Steenzet getij versie	19
5.2	Aanpassing invoer	19
5.3	Resultaten narekenen	20
6	Voorspelling van het gedrag tijdens maatgevende condities	25
6.1	Schematisatie statische overdruk	25
6.2	Beschouwing buigspanning	26
6.3	Resultaten	28
6.4	Samenvatting	30
6.5	Nadere analyse van de uitkomsten	31
7	Samenvatting	33

BIJLAGEN

2.1	Locatie
4.1	Getijmeting dp4
4.2	Getijmeting dp6
4.3	Getijmeting dp8

- 4.4 Getijmeting dp24
 - 4.5 Getijmeting dp29
 - 5.1 Resultaat narekenen getijmeting dp4
 - 5.2 Resultaat narekenen getijmeting dp6
 - 5.3 Resultaat narekenen getijmeting dp8
 - 5.4 Resultaat narekenen getijmeting dp24
 - 5.5 Resultaat narekenen getijmeting dp29
 - 6.1 Stijghoogteverschillen toetsing dp4
 - 6.2 Stijghoogteverschillen toetsing dp6
 - 6.3 Stijghoogteverschillen toetsing dp8
 - 6.4 Stijghoogteverschillen toetsing dp24
 - 6.5 Stijghoogteverschillen toetsing dp29
- Fotobijlage

1 Inleiding

In juli 1999 is in opdracht van Rijkswaterstaat, Projectbureau Zeeweringen, fase 1 van de geavanceerde toetsing van de bekleding van de dijk aan de Westerschelde langs de Borsselepolder 1 uitgevoerd. Deze fase 1 van de geavanceerde toetsing heeft bestaan uit:

- het bestuderen van de door Rijkswaterstaat en de beheerder ter beschikking gestelde stukken
- het ten behoeve van het locatiebezoek aangeven of, en zo ja waar, er gaten in de bekleding gemaakt dienen te worden
- het uitvoeren van een locatiebezoek
- het opstellen van een notitie met de bevindingen en de voorlopige conclusies
- het bespreken van de conclusies met het Projectbureau Zeeweringen, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde en de beheerder, het Waterschap de Zeeuwse Eilanden

De notitie met de bevindingen en voorlopige conclusies van fase 1 is in dit rapport opgenomen als hoofdstuk 2.

In overleg met de betrokken partijen is besloten om op vijf plaatsen een getijmeting uit te voeren. Dit wordt fase 2b van de geavanceerde toetsing genoemd.

Fase 2b bestaat uit:

- het uitvoeren van een getijmeting
- het narekenen van het resultaat van de getijmeting, met als doel het zo goed mogelijk bepalen van de fysische eigenschappen van de bekleding, met name de doorlatendheid van de filterlaag en de toplaag
- het berekenen van de optredende maximale belasting op de bekleding onder maatgevende omstandigheden, op basis van de fysische eigenschappen zoals die bij het narekenen van de getijmeting zijn bepaald
- het bepalen van de stabiliteit van de bekleding onder maatgevende omstandigheden
- het rapporteren van de resultaten

De getijmeting is op vijf locaties uitgevoerd:

- 2 metingen in vak 51203 (dp 4 en 6)
- 1 meting in vak 51602 (dp 8)
- 2 metingen in vak 53108 (dp 24 en 29)

In dit rapport wordt ingegaan op de betreffende bekleding en de bevindingen en voorlopige conclusies van fase 1 van de geavanceerde toetsing (hoofdstuk 2), de relevante gegevens van de onderzochte locaties (hoofdstuk 3), de getijmeting en de resultaten van de meting (hoofdstuk 4), de resultaten van het narekenen van de meting (hoofdstuk 5) en de resultaten van de berekeningen bij maatgevende omstandigheden (hoofdstuk 6). In hoofdstuk 7 worden de conclusies gegeven.

Alleen in het gat bij dp 27 (hoog op het talud) is geconstateerd dat het filter niet is dichtgeslibd. De zaksnelheid van het in het gat gegooide water bleek 7 cm/min te zijn, hetgeen duidt op een doorlatendheid die net iets hoger is dan 1 mm/s.

Wel blijkt het gietasfalt tot diep tussen de basalt te zitten, en lokaal zelfs tot iets in de vlijlagen.

Foto 12 toont een overzicht waarin perkoenpalen te zien zijn. Deze perkoenpalen zijn slechts over een deel van het vak aanwezig. Voor dit vak geldt dat de ingieting, vanaf het oppervlak bekeken, minder goed gelukt lijkt dan op de andere vakken. Aan de bovenzijde is er asfalt verdwenen. Met uitzondering van het gat bij dp 28 (km 53,8) blijkt de ingieting wel overal goed in de gaten tussen de zuilen te zijn doorgedrongen.

Bij dp 28 is een gat bij de onderste overgangsconstructie gemaakt en daar is geconstateerd dat de basalt slechts overgoten is met gietasfalt. Onder de zuilen zit nat slib dat weinig doorlatend is. De Doornikse blokken onder dit vak zijn niet overgoten met gietasfalt.

Lager op het talud zijn een aantal vochtplekken waar te nemen (foto 13). Dit duidt er op dat de bekleding niet overal volledig waterdicht is. Bij dp 28,5 is duidelijk zichtbaar dat sommige naden niet gepenetreerd zijn.

Ook bij dp 30 (km 54,0) is een gat in de bekleding gemaakt (hoog op het talud). Hier lijkt de kwaliteit van het ingieten met gietasfalt vrij slecht te zijn (zie foto 14), maar blijken de naden toch tot op het filter ingegoten te zijn. Hier en daar is er een verzakte zuil.

De Doornikse stenen onder dit vak zijn hier overgoten met gietasfalt.

Een andere bijzonderheid is dat de gerenoveerde boventafel hier destijds is ontworpen zonder de 6ξ-regel in acht te nemen, zoals die nadien is voorgeschreven. Hierdoor zou deze bekleding volgens de gedetailleerde toetsing juist niet meer voldoen. Op de boventafel zijn hier geen Hydroblocks toegepast maar Basalton-ecozuilen.

2.3 Voorlopige conclusies

2.3.1 Bekledingnummer 51103, niet ingegoten basalt

De aangetroffen laagdikte is circa 20 cm. De golfaanval is met golven van meer dan 2 meter hoog zeer aanzienlijk. Dit leidt tot een extreem hoge belastingfactor: $F = 11$. Het vak is weliswaar volledig ingezand, maar dat is bij deze relatief hoge belasting niet voldoende. Dit blijkt ook uit het feit dat de naastgelegen bekledingen zijn ingegoten: dit duidt erop dat deze maatregelen noodzakelijk zijn geweest doordat deze vergelijkbare vakken schade hebben geleden.

Het lijkt onvermijdelijk dit vak af te keuren.

Bekledingnummers 51203, 51602, 51904 en 53108, ingegoten basalt

Voor de ingegoten taludbekledingen geldt dat vooral de statische overdrukken een probleem kunnen vormen voor de stabiliteit. In de uitgevoerde fase 1 is in eerste instantie uitgegaan van de benadering dat de grootte van de statische overdruk bepaald wordt door:

$$\phi_{\max} = (z_{\text{boven}} - z_{\text{onder}})/4$$

Hier geldt voor z_{onder} het laagste niveau op de bekleding waar het waterdicht is ingegoten of overgoten. Op de locaties waar onder het vak met ingegoten basalt er overgoten Vilvoordse steen ligt, moet dat dus ook meegeteld worden.

Als sterkte (tegenwerkende kracht) geldt de component haaks op het talud van het eigen gewicht van de bekleding per m^2 :

$$\phi = \Delta D \cos \alpha$$

Op basis hiervan kan voor deze locaties de volgende tabel worden samengesteld, rekening houdend met het al dan niet overgoten zijn van de onderliggende bekleding (doorgaans Vilvoordse steen). De relatieve soortelijke massa van de basalt is gesteld op $\Delta = 1,83$:

Nummer	Onderkant ingieting [m+NAP]	Bovenkant [m+NAP]	ϕ_{\max} [m]	D [m]	$\cos \alpha$ [-]	$\Delta D \cos \alpha$ [m]	voldoet [j/n]
51203	0,5	2,56	0,52	0,24	0,95	0,42	nee
51602	0,1	2,46	0,59	0,23	0,95	0,40	nee
51904 tot dp 13	0,9	2,45	0,39	0,23	0,93	0,39	ja
51904 vanaf dp 13	0,5	2,45	0,49	0,23	0,93	0,39	nee
53108 tot dp 26	0,7	2,63	0,48	0,23	0,95	0,40	nee
53108 dp 26 tot 30	1,0	2,63	0,41	0,29	0,95	0,50	ja
53108 vanaf dp 30	0,4	2,63	0,56	0,29	0,95	0,50	nee

Tabel 2.4 Schatting overdrukken

Twee bekledingvakken blijken op basis van deze beschouwing te voldoen. Hierbij moet echter direct een belangrijke kanttekening te worden gemaakt. De aanname dat de grootte van de statische overdruk bepaald wordt door:

$$\phi_{\max} = (z_{\text{boven}} - z_{\text{onder}})/4$$

is afgeleid voor een situatie waarin de onderrand van de bekleding als doorlatend mag worden aangemerkt. Sinds het uitvoeren van de fase 1 in Borssele is het inzicht ontstaan dat dit in de praktijk niet altijd het geval is. Als de onderrand volledig ondoorlatend is, dan geldt voor de grootte van de statische overdruk:

$$\phi_{\max} = (z_{\text{boven}} - z_{\text{onder}})$$

Dit is dus 4 maal zo groot. De praktijk ligt tussen deze beide uitersten in. De bekledingen die in fase 1 van Borssele oorspronkelijk waren goedgekeurd zijn op basis van deze nieuwe inzichten echter niet meer 'goed' maar 'twijfelachtig'. Er zouden getijmetingen noodzakelijk zijn om na te gaan hoe groot de statische overdruk in werkelijkheid kan worden. Voor bekleding 53108 is dit gedaan (zie hoofdstuk 3 en verder), voor bekleding 51904 niet. Bekleding 51904 voldoet in de destijds uitgevoerde fase 1 maar net aan het criterium, zodat bij de huidige inzichten geconstateerd moet worden dat de kans nihil is dat de bekleding kan worden goedgekeurd.

3 Gegevens meetlocaties

Na het uitvoeren van Fase 1 werd besloten op 5 locaties een getijmeting uit te voeren. De reden hiervoor was deels om na te gaan of bij twijfel tot goedkeuring kon worden gekomen, deels om de theoretische beschouwingen te kunnen onderbouwen en deels om na te gaan of aangetoond kon worden of er inderdaad een hoge fretatische lijn onder de bekleding zou worden aangetroffen (waardoor wellicht duidelijk zou worden dat de gehanteerde theoretische beschouwingen aan de conservatieve kant zijn).

Details van de bekleding voor de vijf meetlocaties zijn hierna weergegeven. De gegevens zijn ontleend aan de toetstabellen, de beschikbare dwarsprofielen en de hoogtemetingen ten tijde van de getijmeting.

* dp4

Vak: 51203

Dikte toplaag (volgens toetstabel): 0,24 m

Taludhelling (volgens hoogtemeting tijdens getijmeting): 1 : 3,18

Type bekleding onder basalt: Vilvoordse steen

Niveau onderkant natuursteen: NAP + 0,61 m

Niveau onderkant basalt: NAP + 1,06 m

Niveau bovenkant basalt: NAP + 2,50 m

Niveau bovenkant overgangsconstructie: NAP + 2,9 m

* dp6

Vak: 51203

Dikte toplaag (volgens toetstabel): 0,24 m

Taludhelling (volgens hoogtemeting tijdens getijmeting): 1 : 3,18

Type bekleding onder basalt: Vilvoordse steen

Niveau onderkant natuursteen: NAP + 0,33 m

Niveau onderkant basalt: NAP + 0,91 m

Niveau bovenkant basalt: NAP + 2,48 m

Niveau bovenkant overgangsconstructie: NAP + 2,94 m

* dp8

Vak: 51602

Dikte toplaag (volgens toetstabel): 0,23 m

Taludhelling (volgens hoogtemeting tijdens getijmeting): 1 : 3,02

Type bekleding onder basalt: Vilvoordse steen

Niveau onderkant natuursteen: NAP + 0,12 m

Niveau onderkant basalt: NAP + 0,29 m

Niveau bovenkant basalt: NAP + 2,43 m

Niveau bovenkant overgangsconstructie: NAP + 2,9 m

*** dp24** (profiel volgens tekening dp23)

Vak: 53108

Dikte toplaag (volgens toetstabel): 0,23 m

Taludhelling (volgens hoogtemeting tijdens getijmeting): 1 : 3,30

Type bekleding onder basalt: Doornikse steen

Niveau onderkant natuursteen: NAP + 0,44 m

Niveau onderkant basalt: NAP + 0,99 m

Niveau bovenkant basalt: NAP + 2,63 m

Niveau bovenkant overgangsconstructie: NAP + 2,9 m

*** dp29**

Vak: 53108

Dikte toplaag (volgens toetstabel): 0,29 m

Taludhelling (volgens hoogtemeting tijdens getijmeting): 1 : 3,38

Type bekleding onder basalt: Doornikse steen

Niveau onderkant natuursteen: NAP + 0,54 m

Niveau onderkant basalt: NAP + 1,06 m

Niveau bovenkant basalt: NAP + 2,56 m

Niveau bovenkant overgangsconstructie: NAP + 2,9 m

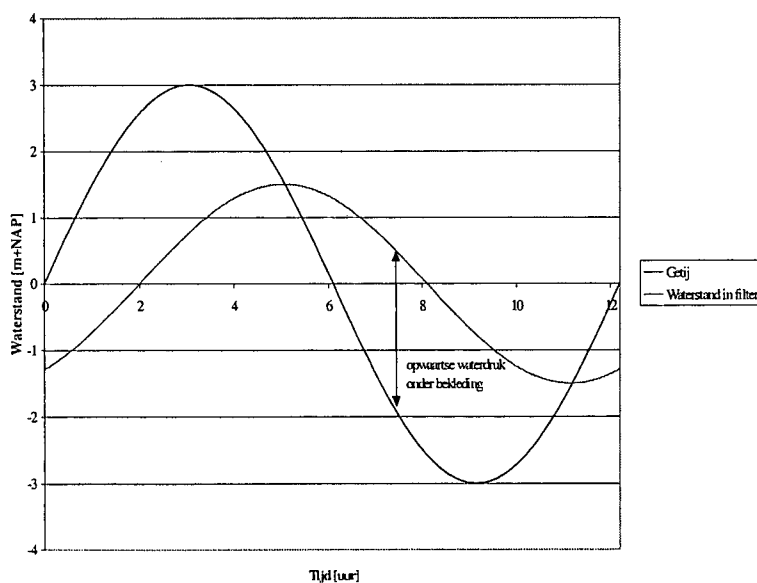
Bij dp6 is nabij de overgangsconstructie een gat in de bekleding aanwezig met uittredend water. Zelfs lang na hoogwater komt hier nog water uit de bekleding. Onduidelijk is waar dit water vandaan komt.

4 Getijmeting

4.1 Principe getijmeting

Het principe van de getijmeting is als volgt. Ter plaatse van de teen van de dijk wordt aan de buitenzijde van de bekleding een waterspanningsmeter aangebracht die het verloop van de getijwaterstand registreert. Op verschillende plaatsen worden gaten in de toplaag geboord waardoor een waterspanningsmeter in de filterlaag wordt geplaatst. De opnemers zijn gefixeerd door het gat gedeeltelijk te vullen met fijn grind. De gaten worden door middel van zogenaamde packers waterdicht afgesloten.

Met de geplaatste opnemers wordt simultaan de waterstand op de bekleding en in de filterlaag gemeten. Als er sprake is van een open (goed waterdoorlatende) constructie, dan zijn getijwaterstand en waterstand in het filter vrijwel gelijk. Bij dichte (slecht waterdoorlatende) constructies ontstaan verschillen tussen de getijwaterstand en de waterstand in het filter. Bij opkomend tij kan de waterstand in het filter niet even snel stijgen, bij afgaand tij blijft er geruime tijd een waterstand in het filter aanwezig die hoger is dan de getijwaterstand (zie figuur 4.1). Dit laatste kan gevaarlijk zijn: er ontwikkelt zich een waterdruk onder de bekleding die er in extreme gevallen voor zou kunnen zorgen dat de bekleding omhoog wordt gedrukt en van de dijk afschuift. De bekleding faalt en het filter en de kern van de dijk blijven onverdedigd achter. Dit bezwijkmechanisme wordt 'bezwijken door statische verschilddrukken' genoemd.



Figuur 4.1 Voorbeeld: de waterstand in het filter reageert vertraagd en gedempt op het getij

Met de getijmeting kan worden bepaald hoe groot de opwaartse verschilddrukken voor een specifieke bekleding gedurende één specifiek (spring)tij worden. Dit zegt echter nog niet wat de opwaartse statische verschilddruk bij maatgevende omstandigheden zal zijn. Om hier iets van te kunnen zeggen

wordt de meting nagerekend. Het gemeten getij wordt als randvoorwaarde opgelegd, en berekend wordt bij welke doorlatendheid van het filter en de toplaag de gemeten waterstand in het filter het beste overeenkomt met de berekende waterstand in het filter. Het resultaat hiervan is dat er een goede schatting van de doorlatendheden gemaakt kan worden.

Met die schatting van de doorlatendheden kan vervolgens een berekening worden uitgevoerd waarbij een maatgevende hydraulische randvoorwaarde wordt opgelegd. Uit de berekening volgt dan een voorspelling van de grootte van de opwaartse verschildruk die zich op kan bouwen onder de bekleding bij maatgevende omstandigheden.

De bekleding moet bij de opwaartse verschildruk bij maatgevende omstandigheden stabiel zijn wil de score 'goed' kunnen worden toegekend.

4.2 Plaats opnemers

Voor de vijf meetlocaties zijn in tabel 4.1 de plaatshoogte van de opnemers gegeven. Dit zijn de hoogten zoals deze door GeoDelft ten tijde van de meting zijn geregistreerd. Bij dp6 en dp29 wijkt de hoogte af van beschikbare profielen. Correctie van de gemeten hoogten met 0,30 m (dp6) en 0,36 m (dp29) geeft een goede overeenstemming met beschikbare tekeningen en van het gemeten getij met het astronomisch getij. Waarschijnlijk is op deze punten bij de hoogtemeting sprake van een nulpuntsfout. Omdat de waterspanningsmeters dezelfde nulpuntsfout hebben is de relatieve positie ten opzichte van elkaar toch correct.

opnemer	meetlocaties				
	dp4	dp6 ¹⁾	dp8	dp24	dp29 ¹⁾
1 (getij)	0,55	0,15	0,04	0,22	0,18
2	0,55	0,19	-0,10	0,39	0,16
3	0,91	0,47	0,29	0,87	0,47
4	1,03	0,53	0,49	1,05	0,68
5	1,20	0,69	0,79	1,19	0,81
6	1,42	0,85	1,19	1,39	0,94
7	1,52	1,06	1,44	1,45	1,07
8	1,66	1,19	1,82	1,53	1,20

¹⁾: niet gecorrigeerde hoogten

Tabel 4.1 Plaatshoogte opnemers (t.o.v. NAP)

4.3 Resultaten verwerking

Het resultaat van de meting is een meetbestand dat is gevuld met meetwaarden in Volts. Deze waarden worden omgerekend naar waterdrukken in meters waterkolom volgens de formule:

$$\text{Data[mBar]} = \left[\frac{(\text{ruw meetgetal [V]} * 1000) \text{ [mV]}}{100} - \text{nulpunt[mV]} \right] * \text{reciproke gevoeligheid}$$

$$\text{Data [m waterkolom]} = \frac{\text{data [mBar]} }{98,07}$$

De factor 100 in de eerste formule is alleen nodig omdat het meetsignaal met een factor 100 wordt versterkt. Het nulpunt en de reciproke gevoeligheid zijn ijkfactoren die in het laboratorium voor iedere waterspanningsmeter worden bepaald.

Zowel voor als na de meting zijn alle waterspanningsmeters geijkt. Uit de resultaten blijkt dat er slechts een minimaal verloop heeft plaatsgevonden. De omrekening van milliVolt naar meters waterkolom heeft plaatsgevonden op basis van het gemiddelde van beide ijkingen. Deze gemiddelde waarden zijn opgenomen in tabel 4.2.

Waterspanningsmeter	nulpunt [mV]	reciproke gevoeligheid [-]
WSM 1 (getij)	-0,06873	9,973115
WSM 2	-0,401095	7,02873
WSM 3	0,656985	6,995125
WSM 4	0,637605	6,999525
WSM 5	1,059765	6,98839
WSM 6	0,605455	7,268415
WSM 7	0,163645	6,98566
WSM 8	0,535795	6,976865

Tabel 4.2 Ijkfactoren van de waterspanningsmeters

Om een beeld te krijgen van wat de metingen voorstellen worden de gemeten drukken in meters waterkolom vervolgens omgerekend naar stijghoogtes, volgens het principe:

$$\text{Stijghoogte} = \text{plaatshoogte} + \text{drukhoogte}$$

De plaatshoogte van iedere waterspanningsmeter is gegeven in tabel 4.1. De drukhoogte is de waterdruk in meters waterkolom.

De ondergrens van iedere stijghoogte wordt gevormd door de plaatshoogte.

De resultaten van de meting zijn nu toegankelijk voor interpretatie. In de bijlagen 4.1 t/m 4.5 zijn de resultaten gepresenteerd als stijghoogte per waterspanningsmeter, uitgezet als functie van de tijd. Voor de meting bij dp6 en dp29 moet de stijghoogte nog worden gecorrigeerd voor de nulpuntsfout, zie hiervoor de opmerking in paragraaf 4.2.

4.4 Interpretatie getijmeting

Uit de registraties van de stijghoogten zijn een aantal observaties te maken. Die worden hierna per meetlocatie weergegeven.

dp4:

De getijhoogte blijft lager dan de onderkant van de open basaltbekleding die boven het gepenetreerde gedeelte zit. Vollopen van de filterlaag via de open bekleding boven het basalt is dus niet mogelijk, zodat verwacht wordt dat het filter voornamelijk van onderen naar boven volloopt. Dit zou tot uiting moeten komen in het van onder naar boven 'aanslaan' van de opnemers.

Opnemer 2 slaat als eerste aan. Deze is geplaatst onder de Vilvoordse steen. De stijghoogte hier blijft sterk achter bij de getijhoogte. Dit in tegenstelling tot de overige meetlocaties waarbij de opnemer onder de natuursteen het getij min of meer volgt.

De overige opnemers zijn geplaatst onder de ingegoten basalt. De volgorde van aanslaan is 4, 3, 8, 7, 5, 6. De volgorde van 'aanslaan' lijkt tamelijk random. Bij afgaand getij komen opnemers 1, 2, 3 en 5 samen in een punt ongeveer op NAP + 1,2 m. Dit suggereert dat dit ongeveer de maximale hoogte van de freatische lijn is. Opnemers 6, 7 en 8 liggen boven dit niveau, en zouden dus niet aan mogen slaan. Toch gebeurt dit wel. Hierbij valt op dat opnemer 8 eerst reageert, daarna opnemer 7 en vervolgens opnemer 6. Opnemer 6 heeft een kleinere amplitude dan opnemer 7 en 8. Dit kan verklaard worden als dichtbij opnemer 8 aan de bovenzijde een doorlatende plek in de bekleding zit. Opnemer 8 reageert het eerst en met de grootste amplitude. Na enige tijd reageert opnemer 7 maar doordat er ook zijdelings water weglekt is de amplitude minder. Tot slot opnemer 6, met de kleinste amplitude. Opnemer 4 vertoont een afwijkend gedrag: op het moment dat de getijwaterstand en de freatische lijn gelijk zijn geeft opnemer 4 een circa 0,1 m hogere stijghoogte. Hierna neemt de stijghoogte bij WSM 4 maar langzaam af. Dit afwijkende gedrag lijkt niet te verklaren uit alleen een verkeerde nulpuntscorrectie.

dp6:

De volgorde van 'aanslaan' van de opnemers is van onderen naar boven. Het filter loopt dus vanaf de onderkant vol.

Opnemer 2 (onder de Vilvoordse steen) volgt het getij bijna zonder vertraging. De doorlatendheid van de Vilvoordse steen c.q. de doorlatendheid van de ondergrond en teenconstructie, is blijkbaar groot. De maximum stijghoogte van de opnemers 3, 4, 6, 7 en 8 is ongeveer gelijk. Opnemer 5 heeft een significant lagere maximum stijghoogte, ongeveer 0,15 mwk. Bij afgaand getij komt de stijghoogte van WSM 5 te liggen tussen die van WSM 3 en WSM 4.

Bij de opnemers 3 en 4 blijft de stijghoogte in de periode tussen twee hoogwaters altijd boven de plaatshoogte. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de waterstand in het filter niet veel verder zakt dan ongeveer NAP + 0,6 m (ongecorrigeerde waarde). Uit het samenkomen van de lijnen van de verschillende waterspanningsmeters bij NAP + 1,4 m blijkt dat de freatische lijn in het filter onder de gepenetreerde basalt ongeveer dit niveau bereikt. Hieruit, en uit de betrekkelijk snelle wijze waarop de waterspanningsmeters reageren blijkt dat het vollopen van het filter betrekkelijk snel plaatsvindt. Des te opmerkelijker is het dat de zetting niet geheel leegloopt.

Ook hier vertoont WSM 4 een afwijkend gedrag. Op het moment dat WSM 5 droogvalt (plaatshoogte NAP + 0,69 m) geeft WSM 4 een stijghoogte die hoger is (NAP + 0,75 m). Verwacht wordt dat deze juist lager zou zijn.

Tijdens fase 1 van de geavanceerde toetsing en tijdens de meting is geconstateerd dat hoog op het talud sprake is van uittredend water. Bij de gemeten waterspanningen is dit niet te herkennen. Blijkbaar is dit een lokaal verschijnsel wat wordt bepaald door de werkelijke opbouw van de constructie nabij de overgangsconstructie.

dp8:

De volgorde van 'aanslaan' van de opnemers is: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 6. Er zijn daarbij twee clusters te onderscheiden: de opnemers 3 en 4 reageren vrij snel op het getij, de opnemers 5 t/m 8 met enige vertraging. Ook in de rest van de meting geven de opnemers 3 en 4 een ander gedrag dan de overige opnemers: de stijghoogte is hoger dan die in opnemers 5 en 6 en lager dan in opnemers 7 en 8.

Uit het samenkomen van de stijghoogten van opnemers 4 en 5 op ongeveer NAP + 1,1 m blijkt dat de freatische lijn in het filter waarschijnlijk niet hoger komt dan dit niveau. Dit betekent echter dat opnemers 6, 7 en 8 droog zouden staan. Toch reageren deze opnemers. Hier zijn drie hypothesen te bedenken om dit te verklaren:

- Er is sprake van een tweede of zelfs een derde freatische lijn. Dit wordt echter onwaarschijnlijk, omdat bijvoorbeeld opnemer 7 meestijgt en meedaalt met het getij en als de getijwaterstand weer gelijk is aan de stijghoogte van opnemer 7 en vervolgens droog staat. Bovendien kruisen de lijnen van opnemer 6, 7 en 8 elkaar nergens, en dat zou logisch zijn als dit één en dezelfde freatische lijn is op het moment dat deze gelijk is aan de stilwaterstand.
- De tweede hypothese is dat hier sprake is van een registratie door de drie opnemers van een ingesloten luchtbel. De tweede top in de registratie van opnemer 6 zou dan kunnen komen doordat hier een freatische lijn passeert.
- Er is ook geopperd dat het verloop van opnemers 6, 7 en 8 aangeeft dat er neerwaartse 'kwel' of 'lek' plaatsvindt. De getijwaterstand geeft een hogere stijghoogte dan de drukopnemers, dus moet er water het talud instromen. Als de freatische lijn stijgt, dan neemt de stijghoogte in het filter met de hoogte op het talud af. De stijghoogte bij opnemer 8 is echter hoger dan de stijghoogte bij opnemer 7, en die is weer hoger dan die bij opnemer 6. Er stroomt water naar beneden, ondanks dat er water het talud instroomt en je dus zou verwachten dat de freatische lijn omhoog komt. Er moet dus lek naar de ondergrond optreden.

Opnemer 3 geeft nog langere tijd (totdat het getij is gezakt tot NAP + 0,7 m) een stijghoogte lager dan het getij. Tot die tijd blijft er kennelijk, om nog onbekende redenen, water het talud instromen. De stijghoogte van WSM 1 ligt altijd onder de getijhoogte. Dit geeft aan dat er t.p.v. de Vilvoordse steen altijd water het filter instroomt, ongeacht of er sprake is van opkomend of afgaand getij. Dit kan alleen als hier sprake is van een inzigggebied. Mogelijk is onder de opnemers 2 en 3 een doorlatende ondergrond aanwezig.

De stijghoogte van de opnemers 3 en 4 blijft boven de plaatshoogte liggen. Dit geeft aan dat aan de onderzijde van het talud het filter niet geheel leegloopt. Kwalitatief komt dit beeld overeen met de meting bij dp6.

dp24:

Met de opnemers 6 en 8 worden geen drukken gemeten. Met opnemer 5 en 7 worden slechts kleine drukverhogingen gemeten. Dit geeft aan dat het filter onder het bovenste deel van het talud (boven NAP + 1,2 m) waarschijnlijk droog staat. De freatische lijn in het filter komt tot ongeveer NAP + 1,2

m. Met opnemer 7 wordt gedurende korte tijd wel een drukverhoging gemeten. Dit zou het resultaat kunnen zijn van een ingesloten luchtbel.

De getijmeting en de stijghoogten bij WSM 2, 3 en 5 gaan bij afgaand getij praktisch door 1 punt. De stijghoogte in WSM 4 ligt hier ongeveer 0,1 m boven. Mogelijk is er sprake van een soort schijnwaterstand in de filterlaag. Dit kan als tussen WSM 3 en WSM 4 de filterlaag lokaal ondoorlatender is dan gemiddeld. Opnemer 3 en 5 vertonen coherent gedrag (de stijghoogten in deze punten snijden de getijlijn in hetzelfde punt) zodat dit niet waarschijnlijk is. Mogelijk is er precies ter hoogte van opnemer 4 een sterke invloed van zijdelingse stroming, waardoor de meting wordt beïnvloed maar ook dit is gissen. Na verloop van enkele uren staan alle opnemers droog. Opvallend is dat opnemer 4 ongeveer 1 uur later droogvalt dan opnemer 3.

dp29:

De volgorde van aanslaan van de opnemers is van onderen naar boven.

De opnemers 2, 4 en 8 komen in de periode tussen de twee hoogwaters droog te staan, bij de overige opnemers is er sprake van een doorlopende afname van de stijghoogte. Bij deze opnemers is er blijkbaar gedurende de gehele tijperiode sprake van water in de filterlaag.

Uit het feit dat eerst opnemer 4 droogvalt en veel later pas opnemer 8 kan haast niet anders worden geconcludeerd dan dat er twee freatische lijnen in het filter aanwezig zijn. Dit kan als er tussen opnemer 4 en 5 een slecht doorlatend gedeelte in de filterlaag aanwezig is. De opbouw van de toplaag ter plaatse geeft geen aanleiding om te veronderstellen dat hier een constructieve overgang zit.

Zelfs met de veronderstelling dat er sprake is van twee freatische lijnen is nog moeilijk te bepalen tot welke hoogte deze komen tijdens de meting. Volgens bovenstaande conclusie zouden de stijghoogten in opnemer 5 t/m 8 het getij in hetzelfde punt moeten snijden. Dit is echter niet het geval zodat andere fenomenen een rol moeten spelen.

5 Narekenen getijmeting

5.1 Beschrijving Steenzet getij versie

De getijversie van Steenzet is begin jaren 90 ontwikkeld. Het programma is geschreven in Fortran en werkt onder DOS.

De Steenzet getij versie is gebaseerd op het computerprogramma Steenzet/1+. Steenzet/1+ is een numeriek computerprogramma dat de waterspanningen in het filter van een steenzetting berekent op basis van een externe (korte) golfrandvoorwaarde en de fysische eigenschappen (doorlatendheden) van de constructie. In de getijversie wordt in plaats van een korte golf een gemeten getij ingevoerd als externe hydraulische randvoorwaarde, alsmede de geometrie en eigenschappen van toplaag en filterlaag. Het rekenschema van beide programma's is vrijwel identiek.

In de Steenzet getij versie wordt per tijdstap op basis van de actuele getijwaterstand en de ingevoerde eigenschappen van de glooiing uitgerekend hoeveel water er netto in- of uitstroomt van of naar het filter. Op basis van deze hoeveelheid water die in- of uitstroomt wordt de waterstand in de filterlaag aangepast. Hierna wordt het stijghoogteverloop in het filter berekend op basis van de bekende steenzettingentheorie.

De uitvoer van het programma bestaat uit berekende stijghoogtes op een aantal plaatsen onder de bekleding. Verder bestaat de uitvoer uit het verloop van de freatische lijn. Aan de hand van deze uitvoer kunnen de berekende en de gemeten stijghoogtes worden vergeleken, waarna indien nodig de eigenschappen van de bekleding of het filter kunnen worden aangepast.

5.2 Aanpassing invoer

Het programma kiest als startwaarde voor getij het referentieniveau.

Het mist onder het huidige operating systeem de mogelijkheden om een grafische presentatie van de uitvoer te maken. Omdat meerdere berekeningen nodig waren voor het doen van een goede schatting van de eigenschappen van de steenzetting is met het spreadsheetprogramma Excel een template gemaakt. Hiermee konden de berekende waterspanningen snel worden ingelezen en vergeleken met de gemeten waterspanningen. Daarmee diende de Excel template als een vervangend uitvoerscherm voor het programma.

Steenzet kiest als startwaarde voor de freatische lijn het NAP-niveau. Dit is in dit geval niet juist omdat het filter bij aanvang van de meting al gedeeltelijk met water is gevuld. Daarom zijn een aantal aanpassingen aan de invoer doorgevoerd:

- aangepast referentieniveau voor de ingevoerde stijghoogtes
- aangepast referentieniveau voor de geometrie: alle waarden (niveaus) zijn gegeven t.o.v. het referentieniveau

Dankzij deze aanpassingen komt de beginwaarde van de freatische lijn (relatief gezien) op de juiste hoogte te liggen.

Steenzet bepaalt uit het ingevoerde niveau van de waterspanningsmeters de plaats op het talud. De gemeten niveaus zijn daarom omgerekend naar de niveaus van de onderkant van de bekleding. Deze niveaus zijn gebruikt als invoer voor de berekening.

De dikte van de basaltbekleding kan variëren. De diepte van de opnemers beneden de bovenkant van de steen varieert dus ook. In Steenzet/1 wordt een vaste dikte van de toplaag gebruikt. Het niveau van de opnemers is daarom bepaald zodanig dat bij de ingevoerde dikte van de toplaag deze op de juiste plaats onder het talud liggen.

5.3 Resultaten narekenen

Uit het gemeten verloop van de stijghoogten is het tijdstip bepaald waarop de freatische lijn gelijk is met de buitenwaterstand. Theoretisch gaan op dit tijdstip alle stijghoogten door 1 punt. In de praktijk wordt dit meestal niet gevonden, o.a. als gevolg van de invloed van anisotrope doorlatendheid van de toplaag, verschil in werkelijk gedrag filterlaag en gemodelleerd gedrag en meetonnauwkeurigheden. Desalnietemin is voor de vijf metingen het punt bepaald waarbij naar verwachting de freatische lijn gelijk is met de buitenwaterstand. In tabel 5.1 zijn deze punten vermeld.

profiel	tijdstip	hoogte [m+NAP]	opmerkingen
dp4	18.55hr	1,20	WSM 2 en 3, WSM 4 ligt hoger
dp6	19.10	1,41	WSM 4 ligt te hoog
dp8	20.48	1,10	WSM 4 en 5, WSM 3 ligt lager
dp24	21.12	1,20	WSM 2 en 3, WSM4 ligt 0,1 m hoger
dp29	21.16	1,20	WSM4 en WSM 5, WSM 2 en 3 liggen lager, WSM 5 t/m 8 worden bepaald door een tweede freatische lijn

Tabel 5.1 Tijdstip gelijke waterstand binnen en buiten

Belangrijke parameters bij het fitten zijn:

- doorlatendheid toplaag
- doorlatendheid filter
- bergingscapaciteit filter (dikte en porositeit)
- doorlatendheid teen

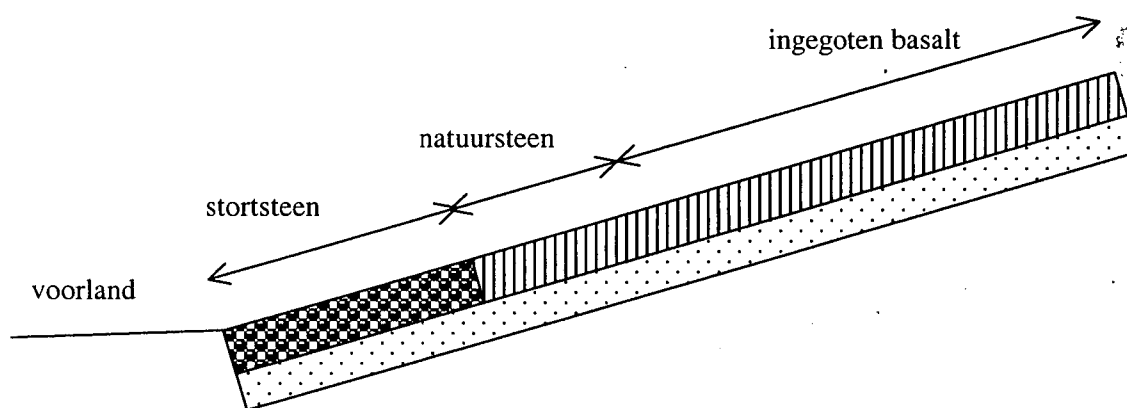
De toplaagdoorlatendheid is geen constante voor de totale bekleding. Grofweg zijn er drie gebieden te onderscheiden:

- ingegoten basalt, eventueel onderverdeeld in een hoog gebied waar het asfalt van het basalt is gestript en een lager gelegen gebied
- natuursteen
- gedeelte met bestorting

Om het aantal variabelen niet te groot te maken zijn de volgende vereenvoudigingen toegepast:

- de gezette bekleding is als homogeen beschouwd, er is dus geen onderscheid gemaakt tussen het ingegoten basalt en de (ingeslibde) natuursteen
- de bestorting is beschouwd als een toplaag (met dezelfde dikte als het basalt) met een eigen (hogere) toplaagdoorlatendheid
- de onderkant van de bekleding is ongeveer gelijk genomen met het niveau van het voorland: de doorlatendheid van de teen kan worden gevarieerd om de doorlatendheid van de teenconstructie mee te nemen.

In figuur 5.1 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 5.1 Schematisatie talud

Een alternatief voor deze modellering is om de natuursteen en de stortsteen samen te nemen en de ingegoten basalt apart te beschouwen. Enige sturing kan verder door de teendoorlatendheid worden gegeven. Het mooiste (dichtste bij de werkelijkheid aansluitend) is om stortsteen, natuursteen, ingegoten basalt en teendoorlatendheid allemaal apart te beschouwen. Dat geeft, door het aantal variabelen waarmee gefit kan worden echter alleen maar een schijnnaauwkeurigheid.

Bij het narekenen zijn de meetresultaten is niet getracht een goede fit met de resultaten van WSM 2 te krijgen. De reden hiervoor is dat WSM 2 is geplaatst in de Vilvoordse of Doornikse steen. Deze heeft mogelijk een andere karakteristiek (doorlatendheid) dan de ingegoten basaltbekleding en daardoor een ander gedrag.

Het getij dat in de berekening wordt meegenomen is gelijk aan het gemeten getij. Deze wordt echter nooit lager dan de plaatshoogte van de opnemer. Dit betekent dat er in het verloop van het gemeten

getij een knik aanwezig is. In werkelijkheid is deze niet aanwezig. Daarom is de getijmeting handmatig aangepast om een realistischer verloop bij het narekenen te krijgen.

Het bereiken van een goede fit op alle meetpunten blijkt niet mogelijk te zijn. Mogelijke oorzaken hiervan zijn:

- inhomogeniteiten in doorlatendheid en dikte filterlaag
- inhomogeniteiten in doorlatendheid toplaag
- invloed teen bekleding

De teruggerekende waarden voor de bekleding staan in tabel 5.1.

locatie	k_{top} [m/s]	k_{teen} [m/s]	k_{filter} [m/s]	n_{filter} [-]	b_{filter} [m]
dp4	5E-8	2E-6	3,1E-4	0,2	0,2
dp6	2.5E-7 / 2,5E-6	5E-6	1E-4	0,2	0,2
dp8	5E-8	1E-6	4E-4	0,2	0,3
dp24	1E-8 / 5E-8	3E-6	1E-4	0,2	0,5
dp29	1E-8	3E-6	0,6E-4	0,2	0,2

Tabel 5.1 Resultaten narekenen getijmeting

De resultaten van het narekenen zijn gepresenteerd in bijlage 5.1 t/m 5.5.

Hierna wordt een korte toelichting gegeven op de gekozen waarden.

* dp4

In het algemeen wordt een goede fit gevonden, zelfs voor WSM 2. Bij WSM 4 is er sprake van een systematisch verschil, ongeveer gelijk aan de het verschil in stijghoogte en referentieniveau op starttijdstip narekenen.

De doorlatendheid van de toplaag blijkt weinig invloed op het resultaat te hebben. Een toplaagdoorlatendheid van 5E-7, dus 10 keer zo groot, geeft resultaten welke even goed met de meting overeenkomen.

* dp6

In tegenstelling tot de berekening bij dp4 is hier voor de toplaagdoorlatendheid wel onderscheid gemaakt tussen de ingegoten basalt en de Vilvoordse steen. Het is niet mogelijk gebleken om een zodanige combinatie van parameters te maken die de resultaten voor alle relevante waterspanningsmeters tegelijk goed weergeeft. Bij de gekozen set parameters is in het algemeen sprake van een overschatting van de stijghoogte. De gekozen waarden worden daarom als conservatief aangemerkt.

* dp8

Er is sprake van een goede fit bij WSM 4. Bij WSM 3 is sprake van een overschatting van de stijghoogte van ongeveer 0,1 m. Bij de analyse van de meting was al geconstateerd dat WSM 3 vergeleken met de andere opnemers een te lage waarde laat zien. De gekozen parameters zijn als conservatief te beschouwen.

***dp24**

Een schematisatie waarbij de topplaagdoorlatendheid van de Doornikse steen gelijk is genomen aan de topplaagdoorlatendheid van het ingegoten basalt gaf bij het narekenen van de getijmeting geen acceptabele overeenstemming. Daarom is hier, evenals bij dp6, onderscheid gemaakt tussen de topplaagdoorlatendheid van het ingegoten basalt en de Doornikse steen.

De fit volgt voor WSM 3 de gemeten waarde redelijk goed. Voor WSM 4 is de helling van de gemeten en de berekende waarde gelijk, er is wel sprake van een verticale verschuiving. Dit komt overeen met de eerdere constatering dat deze meting niet door het snijpunt gaat. Bij WSM 2 is de berekende stijghoogte hoger dan de meetwaarde. Bij het narekenen ligt het moment waarop deze opnemer droogvalt beduidend later dan in de meting. In de getijmeting is gevonden dat WSM 2 en WSM 3 ongeveer gelijk droog komen te staan. Bij de modellering in de berekening zal WSM 2 altijd later droog vallen dan WSM 2, zodat op dit punt de schatting van de eigenschappen van de bekleding niet valt te verbeteren.

***dp29**

Bij het narekenen is de aandacht toegespitst op de resultaten van WSM 3 en 4. WSM 2 ligt onder de Doornikse steen welke naar verwachting een hogere doorlatendheid heeft. WSM 5 en hoger liggen in een zone waarvan wordt verwacht dat daar de waterdruk door een andere freatische lijn wordt bepaald.

De gemeten druk in WSM 3 ligt systematisch ongeveer 0,1 m boven de gemeten druk. Dit komt overeen met het verschil in gemeten en berekende druk bij het startpunt van de berekening. De berekende druk van WSM 4 ligt iets boven de gemeten druk. Verwacht wordt dat de geselecteerde parameters een conservatieve schatting van de situatie tijdens toetsomstandigheden geven.

Opvallend is dat de doorlatendheid van de top laag binnen ruime grenzen kan worden gevarieerd zonder dat dit een merkbare invloed heeft op de berekende drukken. Blijkbaar is de afstroming via de teen het bepalende mechanisme voor de ligging van de freatische lijn.

***algemeen**

De berekende waarden met de gegeven fitparameters liggen vrijwel steeds boven de gemeten waarden. Bij het geven van een voorspelling van de stabiliteit onder maatgevende condities wordt daarom ook een naar verwachting conservatief resultaat verkregen.

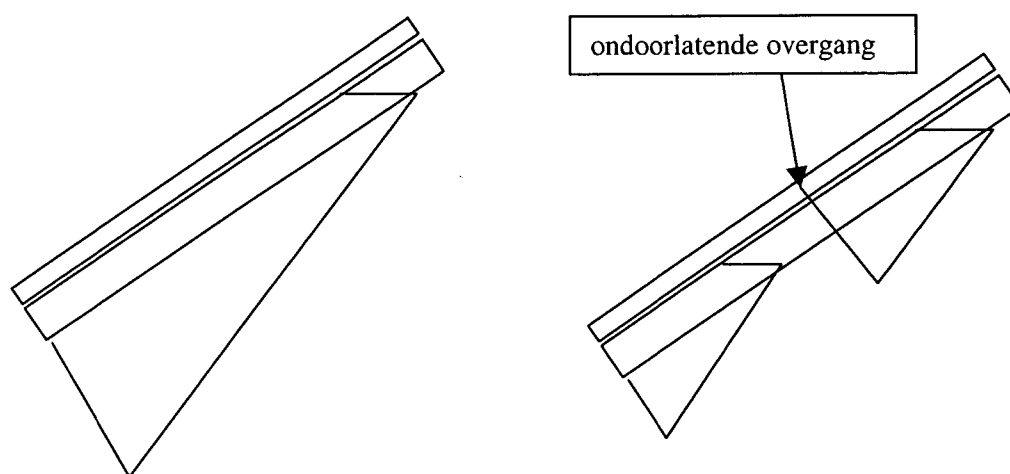
In figuren 5.1 t/m 5.5 zal wellicht zijn opgevallen dat de plaatshoogte van de meting en de plaatshoogte van de berekeningen niet overeenkomen. Dit is te zien als de meters droogvallen: het horizontale deel van de lijntjes ligt dan niet even hoog. Dit komt niet door een foute verwerking, maar doordat in werkelijkheid basaltzuilen tussen 20 en 30 aanwezig kunnen zijn, terwijl de gemiddelde laagdikte 23 cm is. De opnemers kunnen dus bijvoorbeeld onder een 30 cm dikke zuil hebben gezeten en enkele centimeters het filter in zijn geduwd, terwijl bij de berekening een constante laagdikte van bijvoorbeeld 23 cm is aangehouden.

6 Voorspelling van het gedrag tijdens maatgevende condities

6.1 Schematisatie statische overdruk

In hoofdstuk 5 zijn uit de getijmeting de eigenschappen van de toplaag en de filterlaag geschat. Met deze schatting is een berekening gemaakt voor de maatgevende conditie voor de bekleding. Uitgangspunt hierbij is dat het filter onder het ingegoten basalt volledig is gevuld met water. Ten tijde van de meting is de stijghoogte in de filterlaag op ongeveer NAP +1,2 à +1,5 m gekomen. Dit is ongeveer 0,5 à 0,8 m boven overgang natuursteen/basalt. Ten tijde van de ontwerpstorm staat veel langer water op het buitentalud (ongeveer 35 uur i.p.v. 6 uur) en is de gemiddelde waterdruk op het talud ook hoger. Het filter zal dus verder volstromen dan tijdens de meting. Het filter is volledig volgestroomd als de freatische lijn tot ongeveer NAP + 2,5 m stijgt. Voor volledig volstromen moet er dus globaal 3 keer zoveel water het filter instromen als tijdens de meting. Gezien de langere duur en grotere stijghoogte op het talud lijkt dit een redelijke veronderstelling.

Bij meerdere metingen is geconstateerd dat er zich mogelijk meerdere freatische lijnen in kunnen stellen omdat er ergens onder de bekleding sprake lijkt van een ondoorlatende overgang. In de voorspelling van het gedrag tijdens maatgevende condities is dit niet meegenomen; er wordt gedaan alsof er één bekleding is met één freatische lijn. Dit is naar verwachting een conservatieve aanname. Als wordt uitgegaan van hydrostatische druk is dit evident, zie figuur 6.1, maar ook als de overgang doorlatend is mag verwacht worden dat de overdrukken groter worden als er geen overgang aanwezig is.



Figuur 6.1 Statische overdruk bij talud zonder (links) en talud met ondoorlatende overgang

Een onzekere factor in de modellering vormt de overgang aan de bovenzijde van de gepenetreerde stortsteen. In principe werkt deze als een afsluitende laag. Het filter onder het basalt is dan gevuld tot de onderzijde van de toplaag t.p.v. de overgang basalt-stortsteen.

Indien er echter onder de gepenetreerde stortsteen enige ruimte is of via kanaaltjes in verbinding staat met het filter onder de boventafel kan het filter verder volstromen. Deze situatie is ongunstiger. Uit de getijmeting is hierover geen informatie te halen. Conservatief is om aan te nemen dat het filter in feite ook onder de gepenetreerde stortsteen aanwezig is. De werkelijkheid zal ergens tussen deze twee uitersten liggen, en mogelijk dicht bij de eerste dan bij de tweede benadering.

Als startwaarde voor de berekening wordt daarom de freatische lijn gelijk genomen met de bovenkant van het ingegoten basalt op de overgang basalt-stortsteen. Hiermee wordt indirect enige extra berging onder de overgangsconstructie meegenomen.

Voor het bepalen van het getijverloop zijn er de volgende mogelijkheden:

- bepaling volgens de leidraad toetsing, werkelijk verloop
- idem, hieruit maximum daalsnelheid bepalen en deze als invoer gebruiken
- bepaling maximum daalsnelheid uit de getijmeting

Voor de hier beschouwde situatie is vallend tij maatgevend. Een eerste indicatie van de verschillende benaderingen geeft dat de verschillen tussen deze methoden niet groot zijn (tussen 0,018 m/min en 0,02 m/min).

Gerekend zal worden met een gemiddelde daalsnelheid van 0,02 m/min. Een indicatieve berekening met een lagere daalsnelheid toont echter aan dat de invloed hiervan niet groot is, en verwaarloosbaar t.o.v. de onzekerheden m.b.t. de eigenschappen van de constructie zelf.

Met deze benadering zijn de stijghoogten onder de bekleding bepaald. Door dit te vergelijken met de stijghoogte op het talud (maximum van getijwaterstand en plaatshoogte bovenkant) zijn de bijbehorende stijghoogteverschillen over de bekleding bepaald.

Het maximale berekende stijghoogteverschil kan worden vergeleken met de weerstand tegen oplichten die de bekleding kan leveren op basis van het gewicht van de bekleding. Deze weerstand kan worden uitgedrukt met de formule:

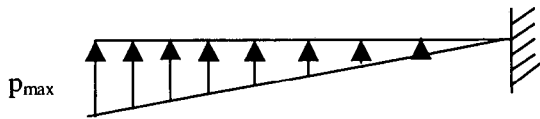
$$\phi_g = \frac{\rho_t - \rho_w}{\rho_w} D \cos \alpha$$

Met: ϕ_g de weerstand tegen oplichten als gevolg van het eigen gewicht van de bekleding [m]
 ρ_t het volumiek gewicht van de toplaag [kg/m^3]
 ρ_w het volumiek gewicht van water [kg/m^3]

6.2 Beschouwing buigspanning

Als de bekleding volgens deze benadering niet voldoet dan kan nog worden gekeken naar de optredende buigspanning in de toplaag. Hiervoor wordt het moment waarop de netto opwaartse belasting maximaal is beschouwd.

Indien de bekleding aan de onderzijde waterdicht is ontstaat er in het filter een hydrostatische waterdruk. In dat geval heeft de onderkant van de bekleding nog een netto opwaartse belasting. Het moment wordt dan bepaald door de bekleding te beschouwen als een uitkragende ligger.



Figuur 6.2 Schematisatie als uitkragende ligger

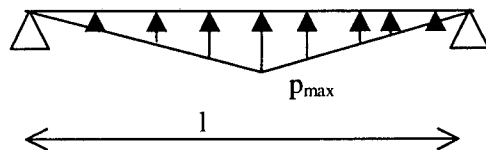
Het moment volgt uit:

$$M = \frac{1}{2} p_{\max} * l * \frac{2}{3} l = \frac{1}{3} p_{\max} l^2$$

Uit het moment volgt de optredende buigtrekspanning. Deze kan worden vergeleken met de toelaatbare waarde, welke bedraagt: $0,03 \text{ MN/m}^2$ (30 kPa).

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{1}{6} * D^2}$$

Als de teen van de bekleding volledig open is en een netto een neerwaartse belasting op de ondergrond uitoefent, wordt de bekleding beschouwd als een ligger op twee steunpunten, belast door een driehoeksbelasting.



Figuur 6.3 Schematisatie als ligger op twee steunpunten

De lengte van de ligger volgt uit de lengte waarover netto een opwaartse druk aanwezig is. Uit het moment volgt de optredende buigtrekspanning. Deze kan worden vergeleken met de toelaatbare waarde, welke bedraagt: $0,03 \text{ MN/m}^2$ (30 kPa).

$$M = \frac{1}{12} * p_{\max} * l^2$$

De werkelijkheid ligt tussen deze twee uitersten in.

Uiteraard zijn dit sterke schematisaties van de werkelijkheid, die ter discussie kunnen worden gesteld. Er is nog heel erg weinig bekend over de sterkte en het bezwijkgedrag van dit type constructies. Als commentaar op de bovenstaande tekst is geleverd:

Indien de bekleding aan de teen de maximale overdruk kent, dan spelen de volgende punten een belangrijke rol:

1. Als de onderzijde van de bekleding waterdicht is, is het zeer waarschijnlijk dat hij ook enige schuifspanning kan opnemen, schuifspanningen die kunnen verhinderen dat de bekleding wordt opgelicht, die in ieder geval verhinderen dat buiging als bij een vrij uitkragende ligger kan optreden. Voor een dergelijke vervorming is losscheuren noodzakelijk. De consequentie van losscheuren is dat de waterdruk ontsnapt, oftewel de belasting wegvalt. De schematisatie

tot een uitkragende ligger is dan niet terecht. Alleen een netto overdruk is gerechtvaardigd als de teenconstructie de bekleding bij de teen op zijn plaats houdt. De schematisatie kent ter plaatse van de teen dan tenminste een scharnieroplegging.

2. Als wordt aangenomen dat het uiteinde vrij kan bewegen waarbij toch de waterdichtheid intact blijft, dan zal het punt waar de bekleding weer op de bedding aanligt verder van het vrije uiteinde afliggen dan de afstand tot het nulpunt van de netto belasting. Aannemende dat een schematisatie met een vrije uitkraging reëel is, zal het moment dan aanzienlijk groter worden dan hier berekend.

Dit soort overwegingen en discussies zal een rol gaan spelen op het moment dat er stappen gezet gaan worden die moeten leiden tot een beter begrip en een betere modellering van het bezwijkgedrag van gepenetreerde bekledingen. In dit rapport is de discussie echter enigzins academisch, omdat geen van de bekledingen op basis van buigsterkte goedgekeurd kan worden.

6.3 Resultaten

Voor de verschillende locaties worden de volgende resultaten gevonden.

* dp4

Met de gekozen parameters wordt als grootste stijghoogteverschil over de bekleding gevonden $\Delta h = 0,83$ m. Deze treedt op aan de teen van de bekleding, over de Vilvoordse steen. Voor het gedeelte met ingegoten basalt is het maximum stijghoogteverschil 0,65 m (ter plaatse van de overgang basalt-Vilvoordse steen). Toelaatbaar is een stijghoogteverschil van 0,42 m zodat de bekleding (plaatselijk) zal worden opgelicht. Dat het maximum stijghoogteverschil optreedt ter plaatse van de Vilvoordse steen is ook bij de getijmeting gevonden. NB: er is in de berekeningen constant uitgegaan van stijghoogteverschillen cq netto opwaartse druk (opwaartse waterdruk minus het eigen gewicht van de toplaag) en niet van optredende waterdrukken onder de bekleding. Dit betekent dat de genoemde stijghoogteverschillen met het onderwatergewicht van de bekleding worden vergeleken, en niet met het bovenwatergewicht.

Een stijghoogteverschil dat groter is dan de neerwaartse component ten gevolge van het eigen gewicht hoeft nog niet tot bezwijken te leiden. De bekleding zal nog voldoen als deze de optredende buigspanning kan opnemen. De maximale netto opwaartse belasting wordt gevonden voor het tijdstip $t = 1\text{hr}34\text{min}$. Daarbij is de netto opwaartse belasting maximaal t.p.v. de teen van de bekleding en bedraagt 4,1 kPa. De lengte waarover netto een opwaartse druk aanwezig is, is $l = 2,13$ m. Het maximum moment in de bekleding wordt daarmee: $M = 6,20$ kNm/m. Dit geeft als buigtrekspanning $\sigma = 646$ kPa. Dit is veel meer dan de toelaatbare waarde zodat geconcludeerd moet worden dat de bekleding niet voldoet.

Opgemerkt wordt dat bij deze beschouwing de Vilvoordse steen is beschouwd als een onderdeel van de ingegoten basaltbekleding. Dit gedeelte kan theoretisch geen moment opnemen. Als 'lengte' waarover een opwaartse druk aanwezig is zou dan het gedeelte tot de overgang basalt-Vilvoordse steen beschouwd kunnen worden. In werkelijkheid zal de Vilvoordse steen door inklemkrachten mogelijk wel een moment kunnen opnemen en dus bijdragen aan het moment in de ingegoten basaltbekleding. Omdat dit ongunstiger is, is hiervan bij de bepaling van het moment uitgegaan.

Het gedeelte waarover de bekleding tijdens de toetsomstandigheden een netto opwaartse belasting ondergaat is het gedeelte onder NAP + 1,85 m.

***dp6**

Het maximale stijghoogteverschil is 0,36 m. Toelaatbaar is een stijghoogteverschil van 0,42m. De bekleding voldoet dus:

Bij de berekening is sprake van een onzekerheid over de werkelijke eigenschappen van de bekleding. De verwachting is dat de gebruikte parameters een overschatting geven van de werkelijk optredende waterdrukken in het filter, zodat geconcludeerd kan worden dat de bekleding voldoet.

***dp8**

Bij de gekozen eigenschappen van de toplaag en filterlaag wordt als maximum stijghoogteverschil gevonden $\Delta h = 0,69$ m. Toelaatbaar is $\Delta h = 0,40$ m. De bekleding voldoet dus niet.

Op $t = 1\text{hr}19\text{min}$ is de netto opwaartse druk maximaal. De grootste waarde van de netto opwaartse druk is 2,9 kPa. Deze is aanwezig op NAP + 0,85m. Aan de teen is de netto opwaartse druk praktische nul. De lengte waarover de bekleding wil worden opgetild is 3,9 m.

Door de bekleding te beschouwen als een ingeklemde ligger volgt voor het maximum moment $M = 10,1$ kNm/m. De buigtrekspanning bedraagt dan 1150 kPa. Dit is veel meer dan de toelaatbare waarde. De gebruikte parameters voor de doorlatendheid worden als conservatief beschouwd. Het verschil tussen de toelaatbare en de berekende spanning is echter dusdanig groot dat niet wordt verwacht dat bij een minder conservatieve schatting de bekleding wel zal voldoen. Geconcludeerd moet worden dat de bekleding niet voldoet.

De overdruk is aanwezig onder het onderste gedeelte van de bekleding, onder NAP + 1,9m. Boven dit niveau voldoet de bekleding wel.

*** dp24**

Bij de gekozen eigenschappen van de toplaag en filterlaag wordt als maximum stijghoogteverschil gevonden $\Delta h = 0,59$ m. Toelaatbaar is $\Delta h = 0,40$ m. Het stijghoogteverschil is dus te groot.

De netto opwaartse druk is 1,85 kPa. Op het moment van de maximale overdruk heeft het onderste gedeelte van de Doornikse steen nog een netto neerwaartse druk op de ondergrond.

Voor het bepalen van het moment in de bekleding is de meest optimistische benadering dan ook om de bekleding te beschouwen als een ligger op twee steunpunten. Hierbij wordt verondersteld dat de Doornikse steen dezelfde eigenschappen heeft als het ingegoten basalt. Dit zal niet het geval zijn zodat deze benadering dus een ondergrens benadering is voor de optredende momenten.

De lengte waarover een netto opwaartse druk aanwezig is, is 2,62 m. Dit geeft als moment $M = 1,06$ kNm/m en als buigtrekspanning $\sigma = 120$ kPa. Dit is meer dan de toelaatbare waarde van 30 kPa. De gebruikte benadering is een ondergrensbenadering. De werkelijke buigtrekspanning zal groter zijn zodat geconcludeerd moet worden dat de bekleding niet voldoet.

Tot NAP + 2,05 m is er sprake van een netto opwaartse belasting van de toplaag.

*** dp29**

Het maximale stijghoogteverschil over de ingegoten basaltbekleding bedraagt 0,49 m. Toelaatbaar is 0,51 m. De situatie voldoet dus. Als controle is ook de situatie beschouwd met een doorlatendheid van de toplaag van 1E-10 m/s. Dit gaf vrijwel dezelfde resultaten.

6.4 Samenvatting

In tabel 6.1 is een samenvatting van de resultaten gegeven.

bekleding	dijkpaal	D [m]	Δh_{\max} [m]	σ_{buigtrek} [kPa]	bovenkant overdrukzone [m+NAP]	resultaat
51203	dp4	0,24	0,83	646	+1,85	voldoet niet
	dp6	0,24	0,36	--	--	voldoet
51602	dp8	0,23	0,69	1150	+1,9	voldoet niet
53108	dp24	0,23	0,52	>120	+2,05	voldoet niet
	dp29	0,29	0,51	--	--	voldoet

Tabel 6.1 Samenvatting toetsberekening

Als de resultaten van deze berekening worden vergeleken met de resultaten van fase 1 valt allereerst op dat de maximale stijghoogten groter zijn. Dit geldt met name voor vak 53108. Dit heeft te maken met de methode waarop bij fase 1 de overdruk is geschat. Bij fase 1 is nog uitgegaan van de toen als eerste benadering gehanteerde veronderstelling dat de overgang tussen basalt en natuursteen volledig open is. Het maximale stijghoogteverschil is dan een kwart van het hoogteverschil van de geopeneteerde bekleding.

Er zijn, mede om de variabiliteit van eigenschappen te onderzoeken, in twee vakken een dubbele getijmeting uitgevoerd: één op een plaats waar een grotere toplaagdoorlatendheid wordt verwacht en één op een ogenschijnlijk ondoorlatende toplaag. Er blijkt dan dat de meer doorlatende locatie zou voldoen, en de locatie met een ondoorlatende toplaag niet. Dit betekent dan overigens toch dat de gehele bekleding wordt afgekeurd.

Vak 51203 werd in fase 1 goedgekeurd. Nu is het resultaat niet éénvoudig. Van de twee beschouwde raaien in dit vak voldoet de een wel en de ander niet. Dit geeft aan dat er zelfs in één vak sprake kan zijn van grote variëteit in de situatie. Omdat van de beide onderzochte raaien er 1 niet voldoet zal dit vak toch afgekeurd moeten worden.

Vak 51602 werd bij fase 1 afgekeurd. Ook nu wordt de bekleding afgekeurd. De maximale buigtrekspanning is wel groter dan waarvan bij fase 1 is uitgegaan.

Vak 53108 tot dp26 voldoet nu niet. Bij fase 1 was dit vak twijfelachtig.

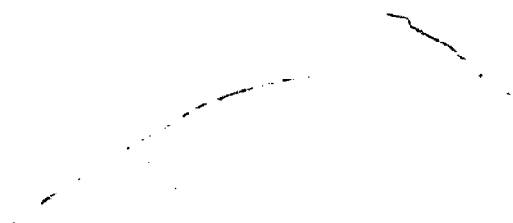
Vak 53108 vanaf dp 26 tot dp 30 voldoet wel. Dit werd ook gevonden bij fase 1.

6.5 Nadere analyse van de uitkomsten

Er zijn meerdere kanttekeningen mogelijk bij de gehanteerde werkwijze:

- De eigenschappen van de steenzetting zijn weliswaar gebaseerd op het narekenen van een getijmeting, maar omdat er meerdere parameters zijn om de ijking mee te beïnvloeden is er toch sprake van geschatte parameters. De gekozen parameters hebben een zekere geloofwaardigheid voor dit type bekleding, maar vertegenwoordigen geen absolute waarheid.
- Het maximale stijghoogteverschil onder maatgevende omstandigheden is afhankelijk van de doorlatendheid van de toplaat. Bij het narekenen van de getijmeting kan deze grootte echter binnen ruime grenzen worden gevarieerd zonder dat dit veel invloed heeft op de berekende stijghoogten tijdens de getijmeting. Dit betekent dat de nauwkeurigheid waarmee deze parameter kan worden bepaald beperkt is
- Bij de modellering is uitgegaan van de veronderstelling dat de eigenschappen van de bekleding in een raai constant zijn. Dit hoeft echter niet het geval te zijn, en is in een aantal gevallen zelfs onwaarschijnlijk. De gebruikte parameters vormen dan ook een schematisatie van de werkelijkheid.

In het geheel genomen zijn er meerdere redenen de resultaten van de analyse van de stabiliteit bij maatgevende omstandigheden met enige voorzichtigheid te beoordelen.



7 Samenvatting

Voor het dijkgedeelte Borssele 1 is een geavanceerde toetsing uitgevoerd. Deze bestond uit een fase 1 en een fase 2. Als onderdeel van fase 2 zijn op 5 locaties getijmetingen uitgevoerd. De meetresultaten zijn geanalyseerd. Op basis van de meetresultaten is een voorspelling gedaan voor het gedrag van de bekleding tijdens toetsomstandigheden.

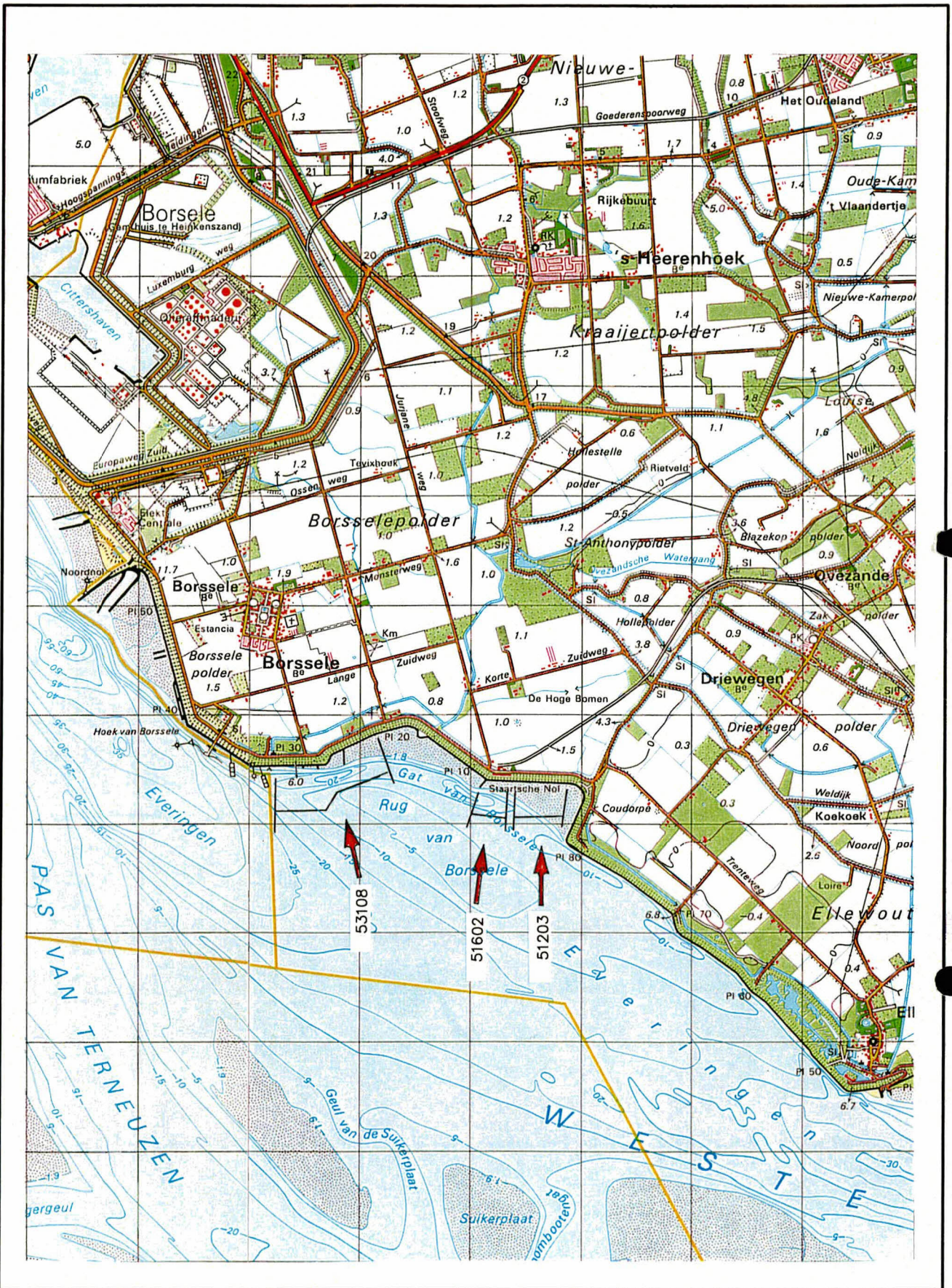
In tabel 7.1 zijn de resultaten van fase 1 en 2 van de geavanceerde toetsing weergegeven.


nummer	resultaat fase 1	resultaat fase 2	bovenzijde instabiele zone [m+NAP]
51103	voldoet niet		
51203	voldoet	voldoet niet	+1,85
51602	voldoet niet	voldoet niet	+1,9
51904 tot dp13	voldoet	voldoet niet*)	
51904 vanaf dp13	voldoet niet		
53108 tot dp26	voldoet?	voldoet niet	+2,05
53108, dp26 tot 30	voldoet	voldoet	
53108 vanaf dp30	voldoet?	voldoet niet**)	

Tabel 7.1 Samenvatting toetsresultaat

- *) In Fase 1 is uitgegaan van een te optimistische aanname voor de grootte van de statische overdrukken. Volgens de huidige inzichten kan de bekleding niet worden goedgekeurd.
- **) Vak 53108 vanaf dp 30 is tijdens fase 2 niet apart getoetst. Bij fase 2 is wel gevonden dat het stijghoogteverschil groter is dan waarvan bij fase 1 is uitgegaan. Verwacht wordt dat dit ook voor vak 53108 zal gelden. Hierdoor zal de buigspanning hoger zijn dan waarvan bij fase 1 is uitgegaan zodat dit deel van de bekleding alsnog afgekeurd moet worden.

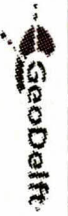
BIJLAGEN



		Filenaam: B-Si-01b .dwg Afdeling: 600 Gewijzigd: 2000-11-10		
 Postbus 69, 2600 AB DELFT Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT	Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	Homepage: www.geodelft.nl	datum 2000-11-10	get. wth
			Geavanceerde toetsing van de Borsselepolder – Oost	
LOCATIE vak 51203, 51602 en 53108			BIJL. 2.1b	form. A4

Getijmeting dp4

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELE POLDER



Postbus 69,
2800 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

Datum
2000-08-25

get.
Meij

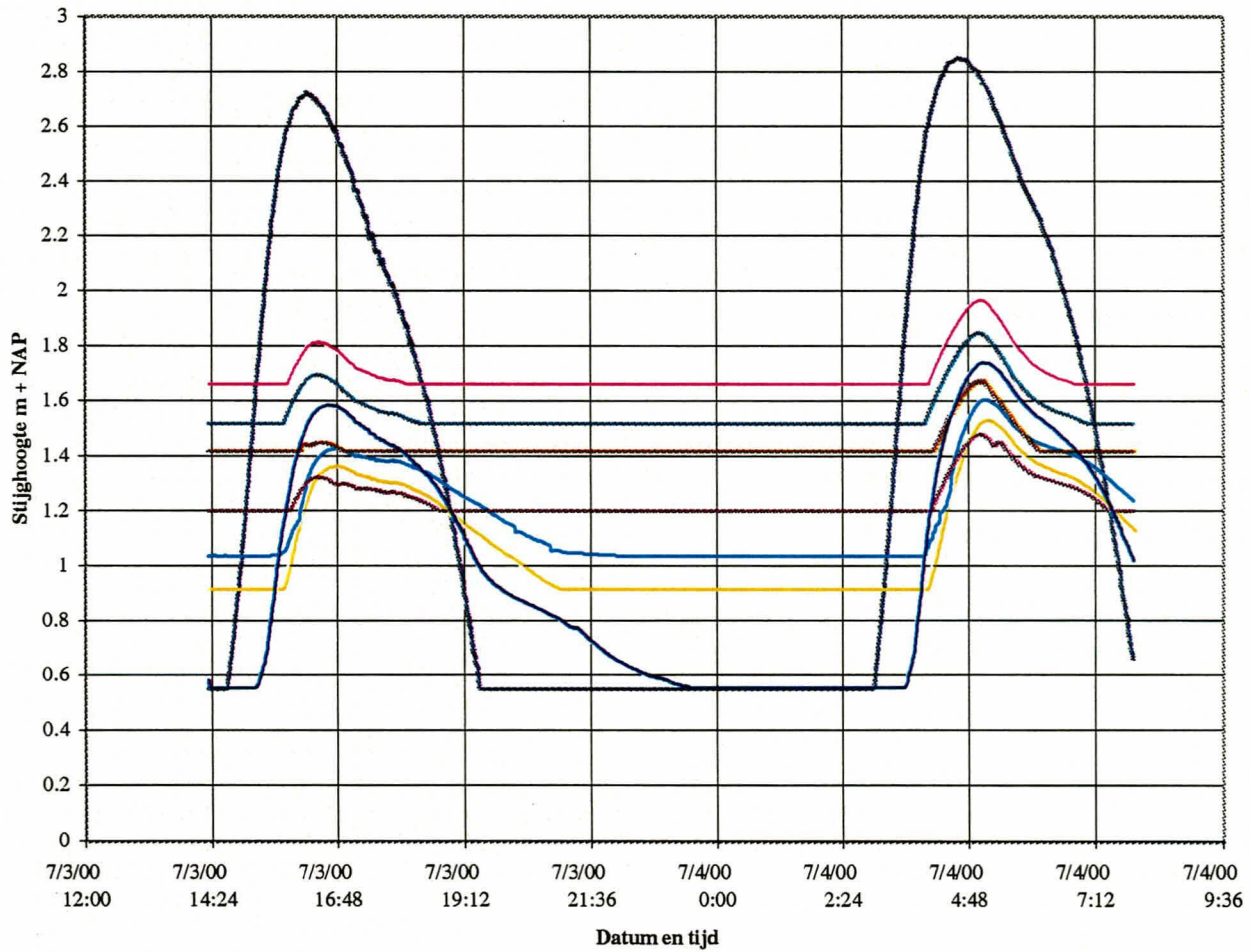
CO - 395730

gez.

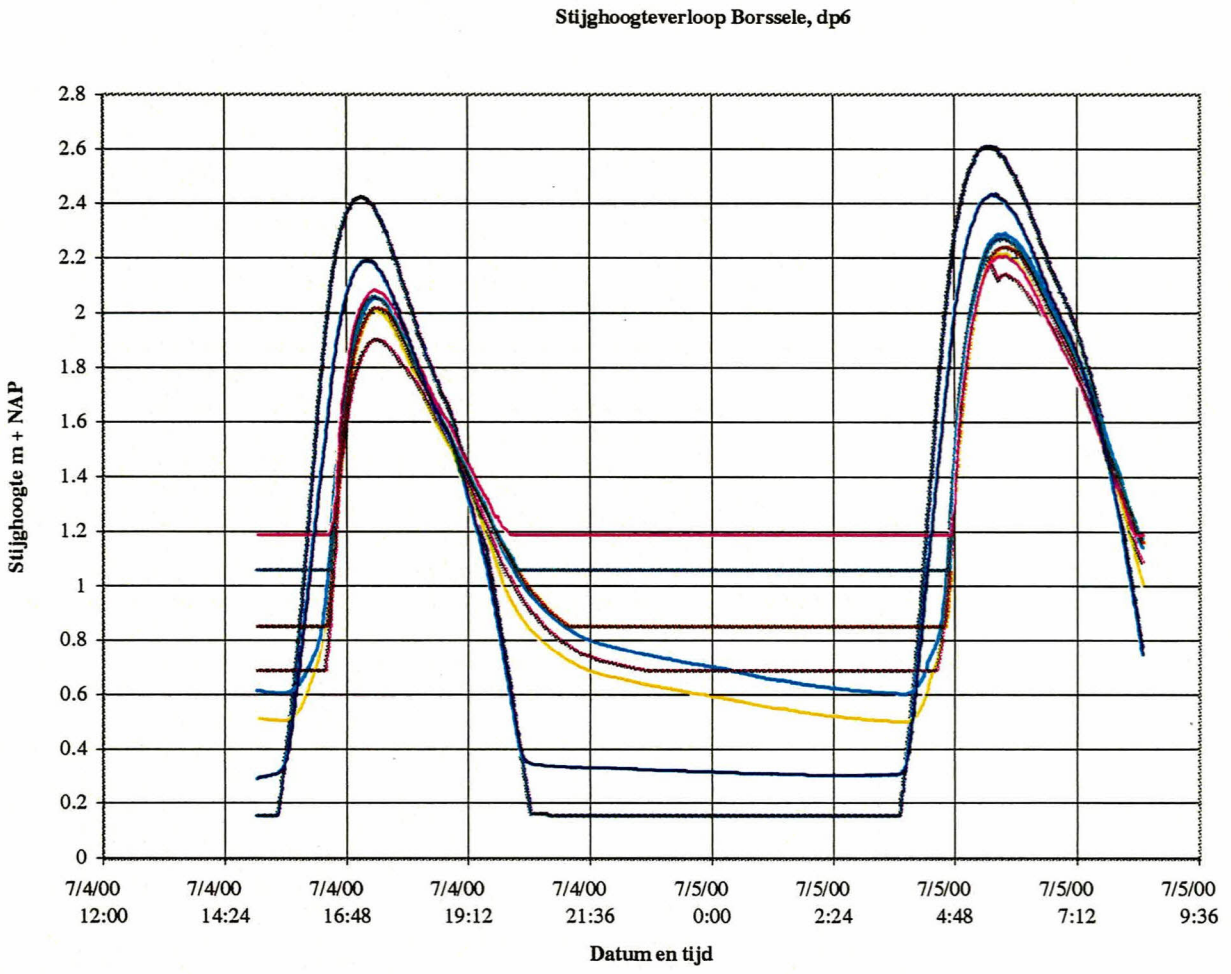
BIJL. 4.1

form.
A4

Stijghoogteverloop Borssele, dp4

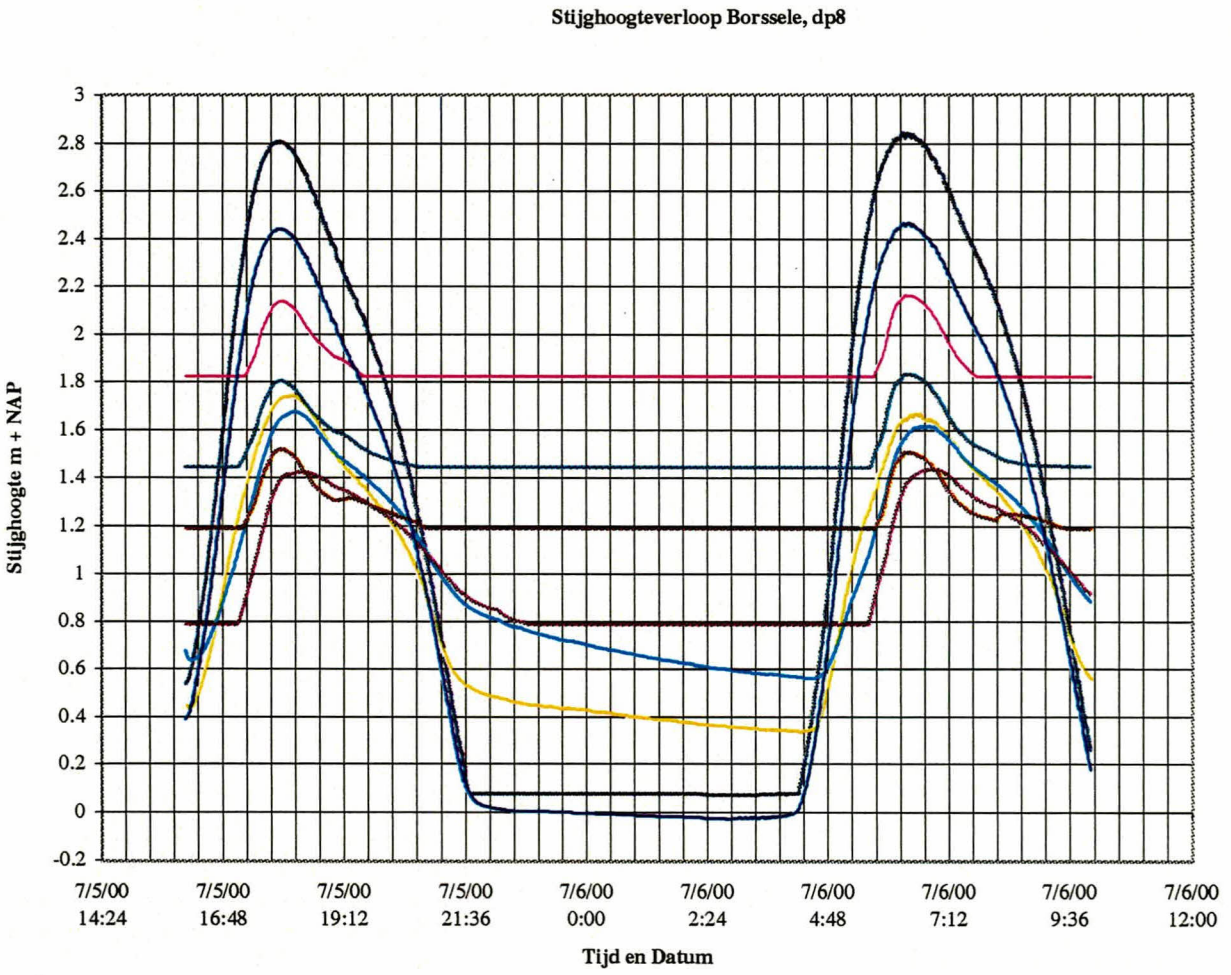


- Getij
- Chan 3
- Chan 4
- Chan 5
- Chan 6
- Chan 7
- Chan 8
- Chan 2



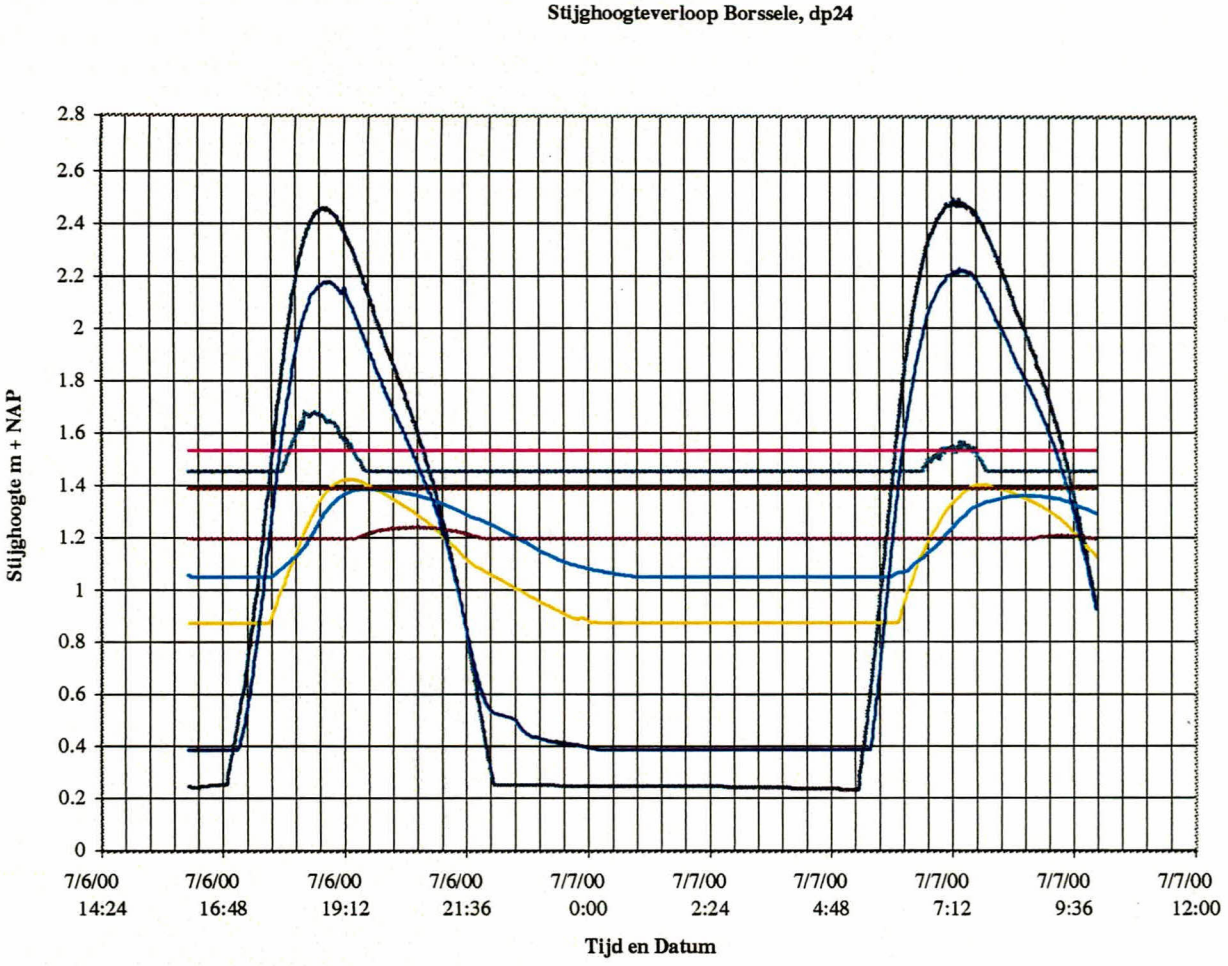
- Getij
- Chan 3
- Chan 4
- Chan 5
- Chan 6
- Chan 7
- Chan 8

		Postbus 69, 2600 AB DELFT		Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	
GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELE POLDER					
Getijmeting dp6		Datum 2000-08-25		get. Meij	
BIJL. 4.2		CO - 395730		gez. 	
A4		form.			



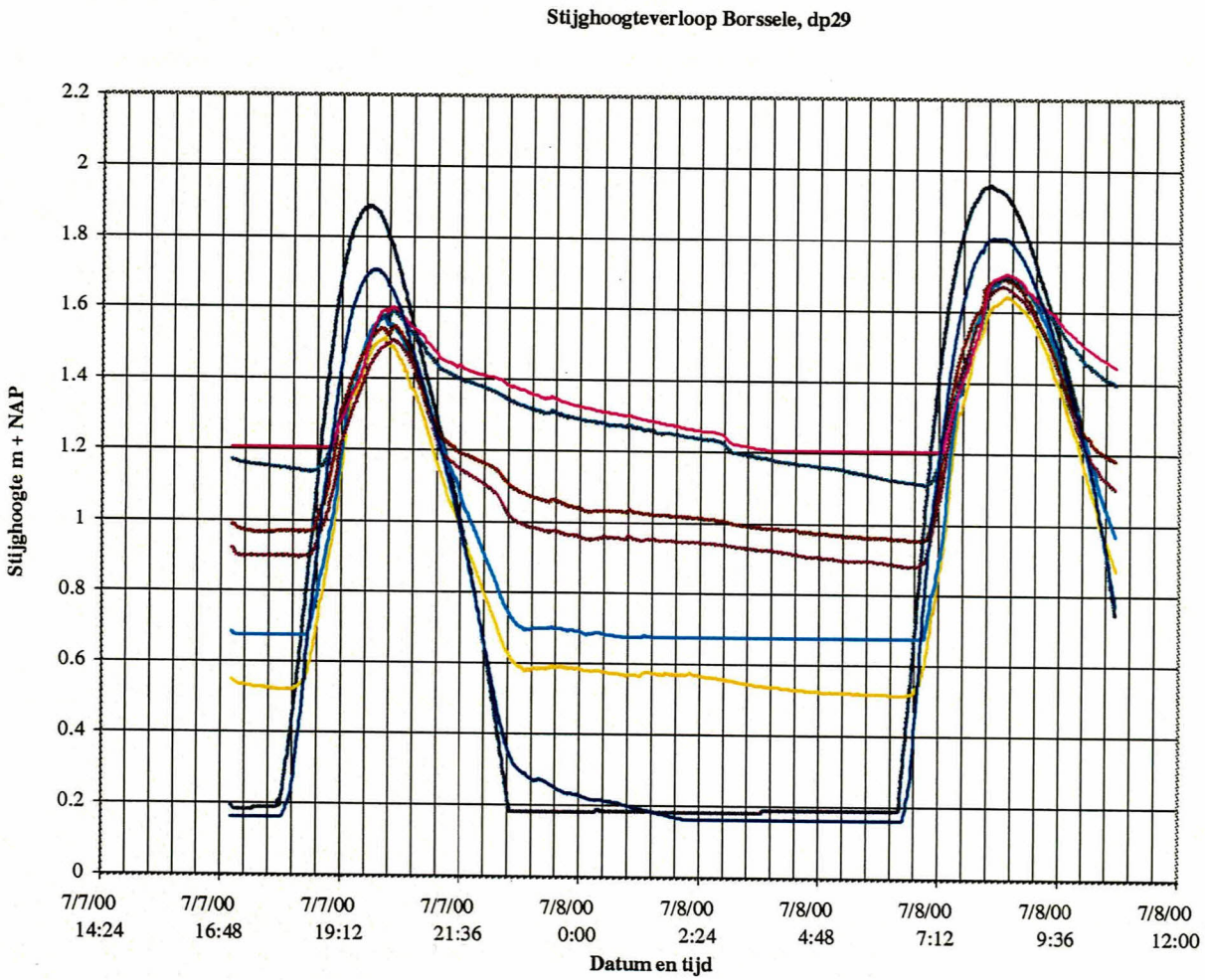
- Getij
- Chan 3
- Chan 4
- Chan 5
- Chan 6
- Chan 7
- CHan 8
- Chan 2

		Postbus 89, 2600 AB DELFT		Telefoon (015) 269 35 00 Telefax (015) 261 08 21	
		Datum 2000-08-25		get. Meij	
GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELE POLDER		CO - 395730		gez. A4	
Getijmeting dp8		BIJL. 4.3		form. A4	



- Getij
- Chan 3
- Chan 4
- Chan 5
- Chan 6
- Chan 7
- Chan 8

Postbus 69, 2900 AB DELFT Telefoon (015) 299 35 00 Telefax (015) 261 08 21	
GEAVANCEERDE TOETSING BORSSSELE POLDER	
Getijmeting dp24	
Datum 2000-08-25	gel. Meij
CO - 395730	gez.
BIJL. 4.4	form. A4



- Getij
- Chan 3
- Chan 4
- Chan 5
- Chan 6
- Chan 7
- Chan 8
- Chan 2



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELE POLDER

Datum
2000-08-25

CO - 395730

get.
Meij

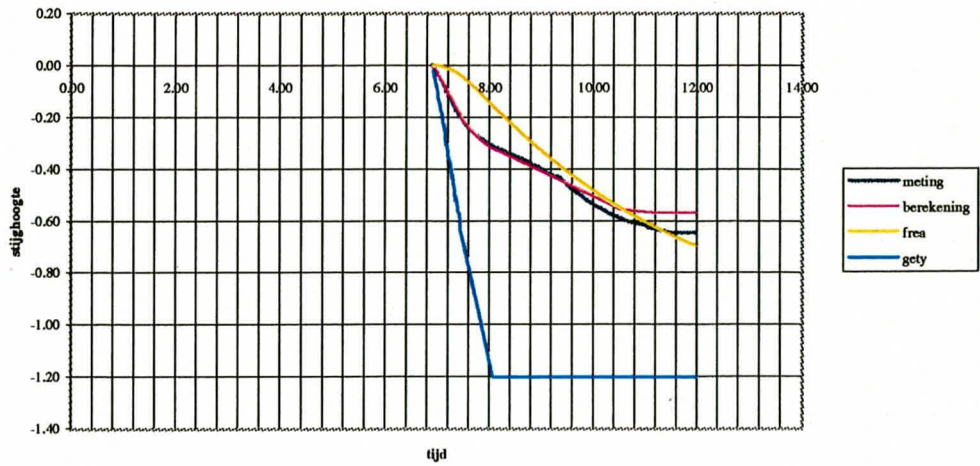
gez.

Getijmeting dp29

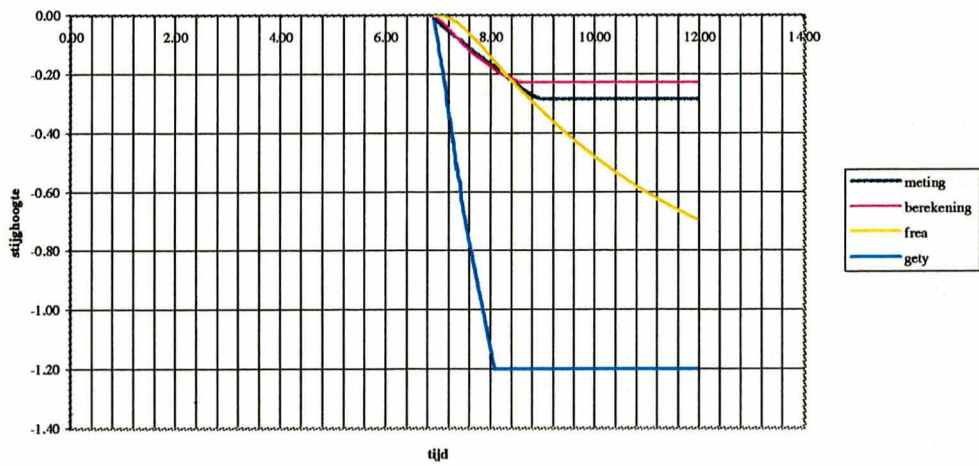
BIJL. 4.5

form.
A4

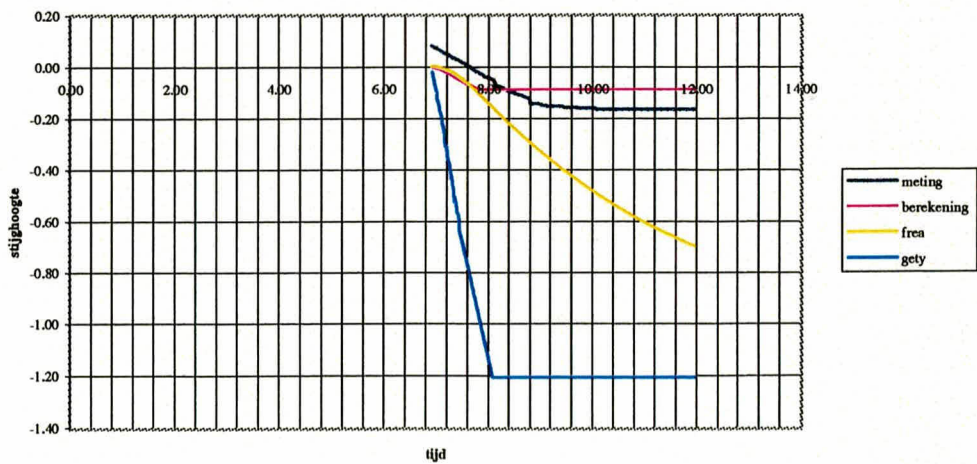
Vergelijking stijghoogtes, dp4, wsm2



Vergelijking stijghoogtes, dp4, wsm2



Vergelijking stijghoogtes, dp4, wsm4



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

datum
2000/08/25

get.
Meij

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELEPOLDER

CO - 395730

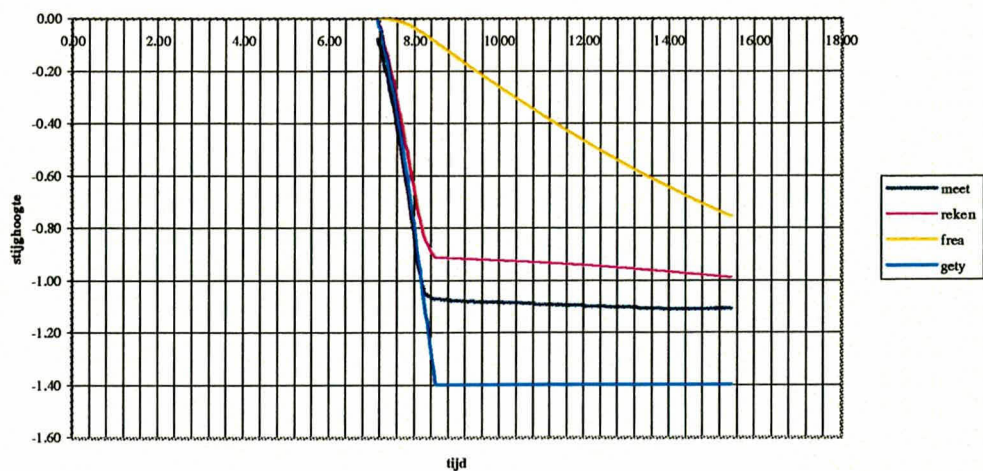
gez.

Resultaat narekenen getijmeting dp4

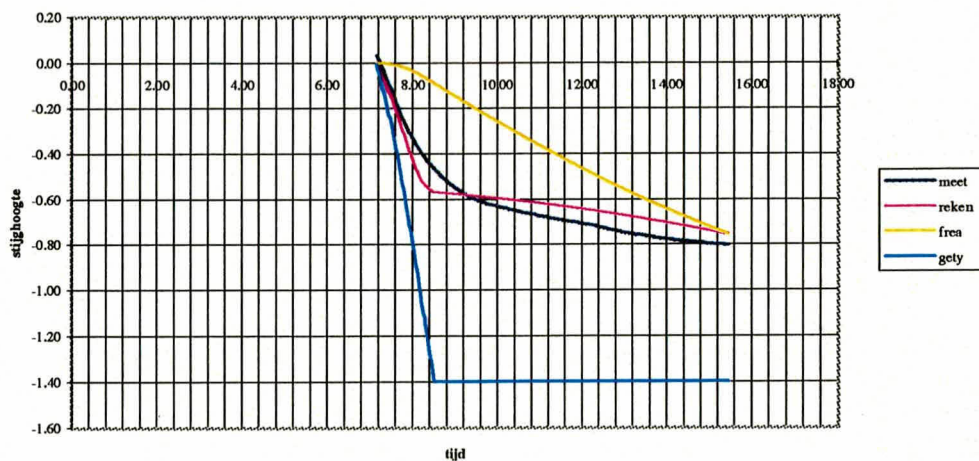
BIJL. 5.1

form.
A4

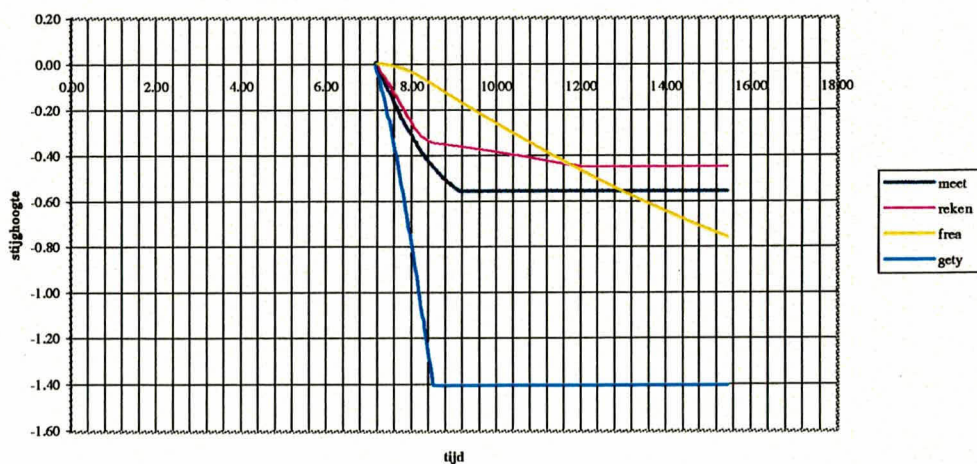
Vergelijking stijghoogtes dp6, wsm2



Vergelijking stijghoogtes dp6, wsm4



Vergelijking stijghoogtes dp6, wsm6



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

datum
2000/08/25

get.
Meij
gez.

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELEPOLDER

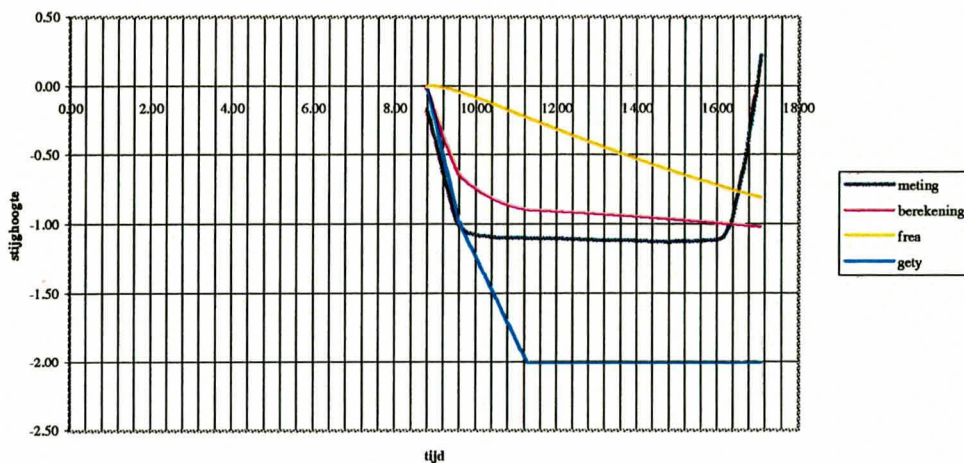
CO - 395730

Resultaat narekenen getijmeting dp6

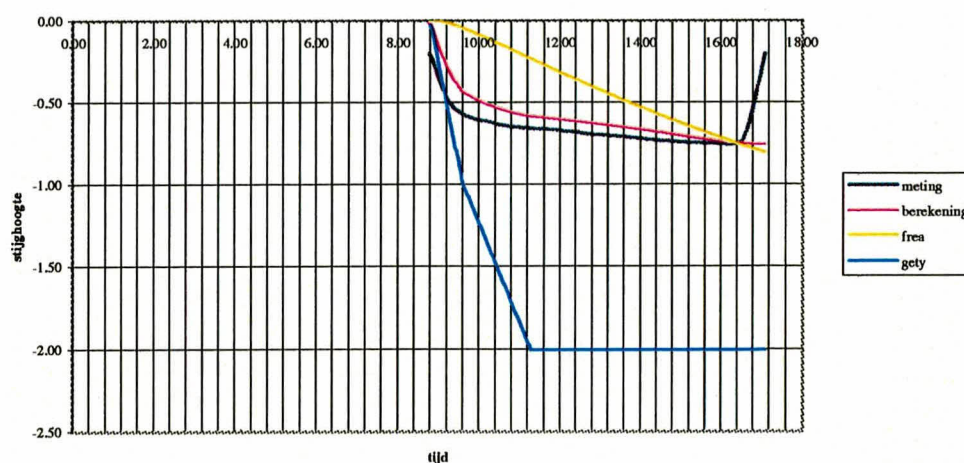
BIJL. 5.2

form.
A4

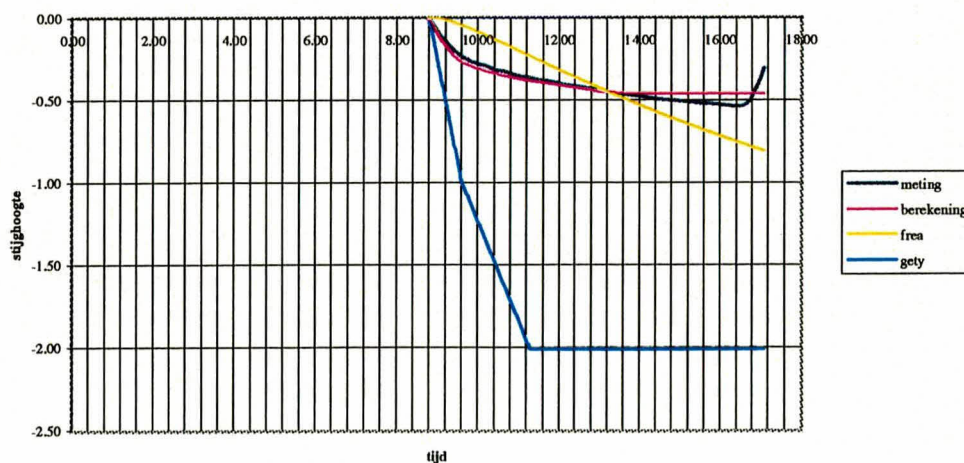
Vergelijking stijghoogtes dp8, wsm2



Vergelijking stijghoogtes dp8, wsm3



Vergelijking stijghoogtes dp8, wsm4



Postbus 69,
2600 AB DELFT

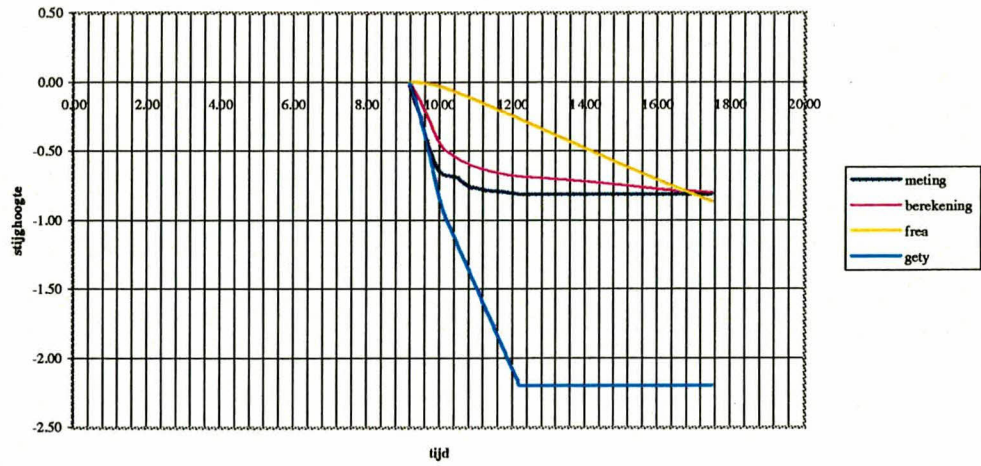
Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

datum	get.
2000/08/25	Meij
	gez.
	form.
BIJL. 5.3	A4

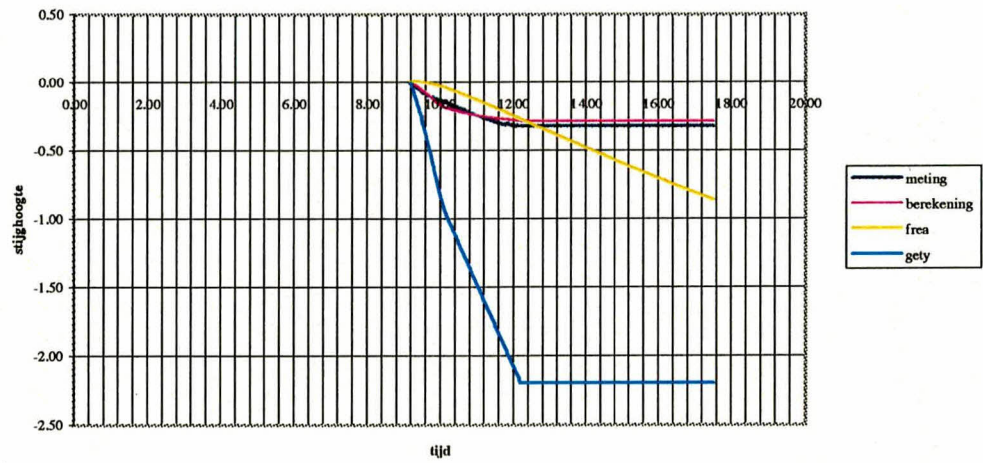
GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELEPOLDER

Resultaat narekenen getijmeting dp8

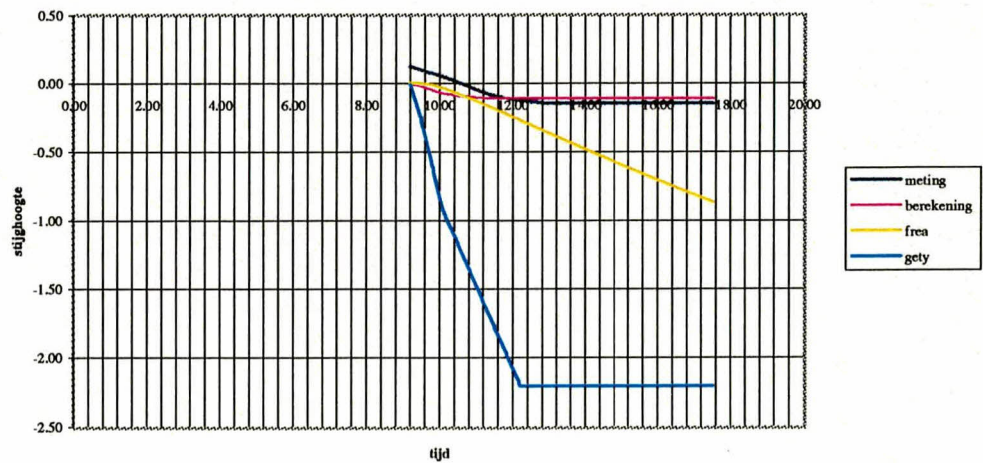
Vergelijking stijghoogtes, dp24, wsm2



Vergelijking stijghoogtes, dp24, wsm3



Vergelijking stijghoogtes, dp24, wsm4



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

datum	get.
2000/08/25	Meij

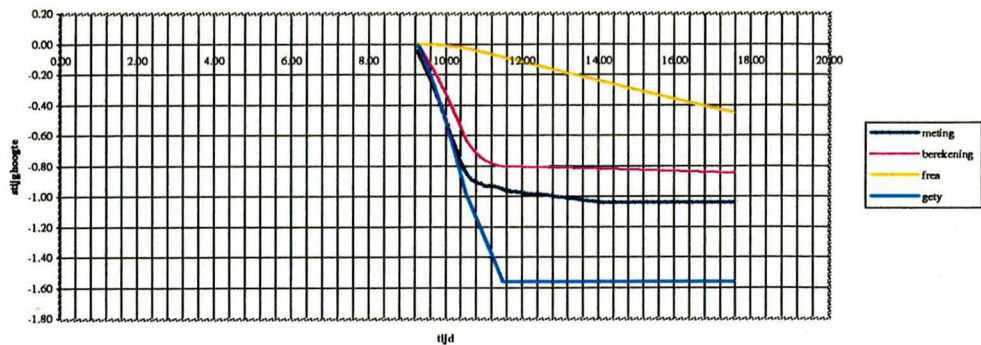
GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELEPOLDER

CO - 395730

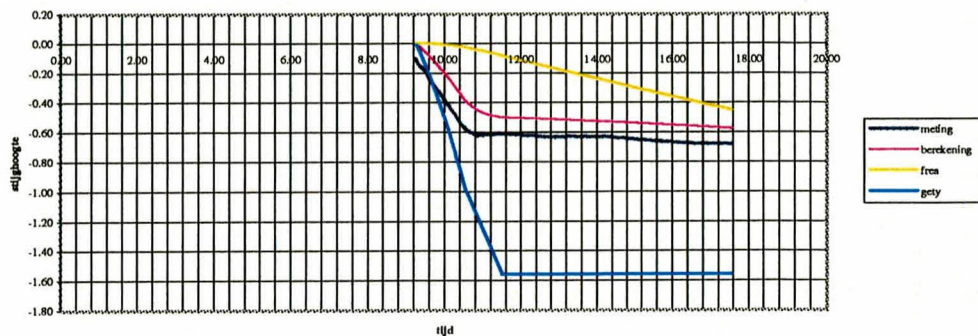
Resultaat narekenen getijmeting dp24

form.
A4

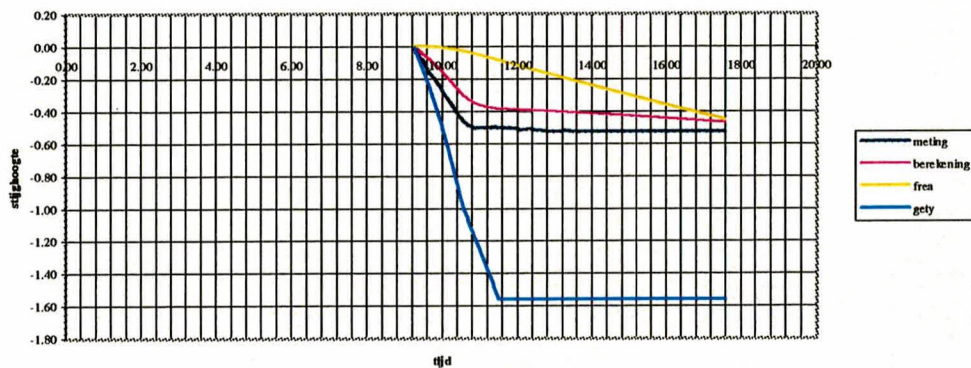
Vergelijking stijghoogtes, dp29, wsm2



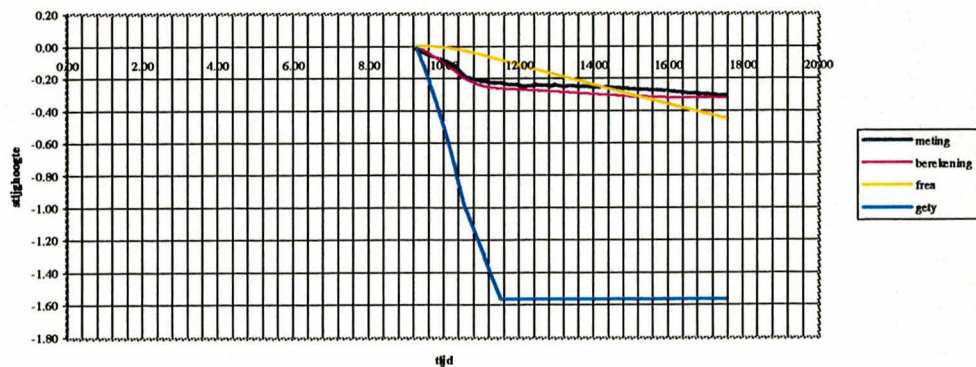
Vergelijking stijghoogtes, dp29, wsm3



Vergelijking stijghoogtes, dp29, wsm4



Vergelijking stijghoogtes, dp29, wsm5



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

datum
2000/08/25

get.
Meij
gez.

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELEPOLDER

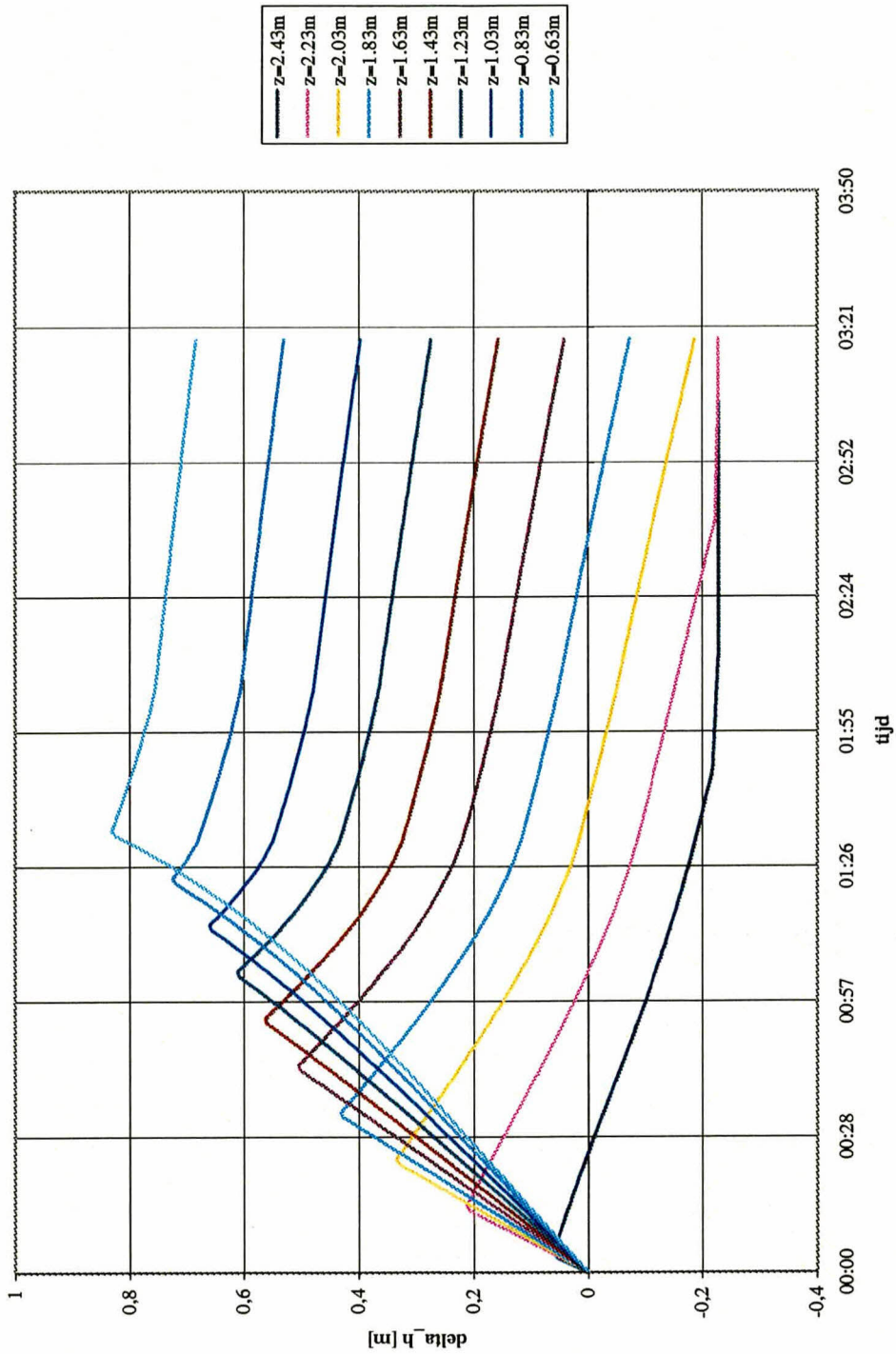
CO - 395730

Resultaat narekenen getijmeting dp29

BIJL. 5.5

form.
A4

dp4, toetsberekening, stijghoogteverschillen



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

Datum
1997-10-16

get.
Meij

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSELE

CO - 395730

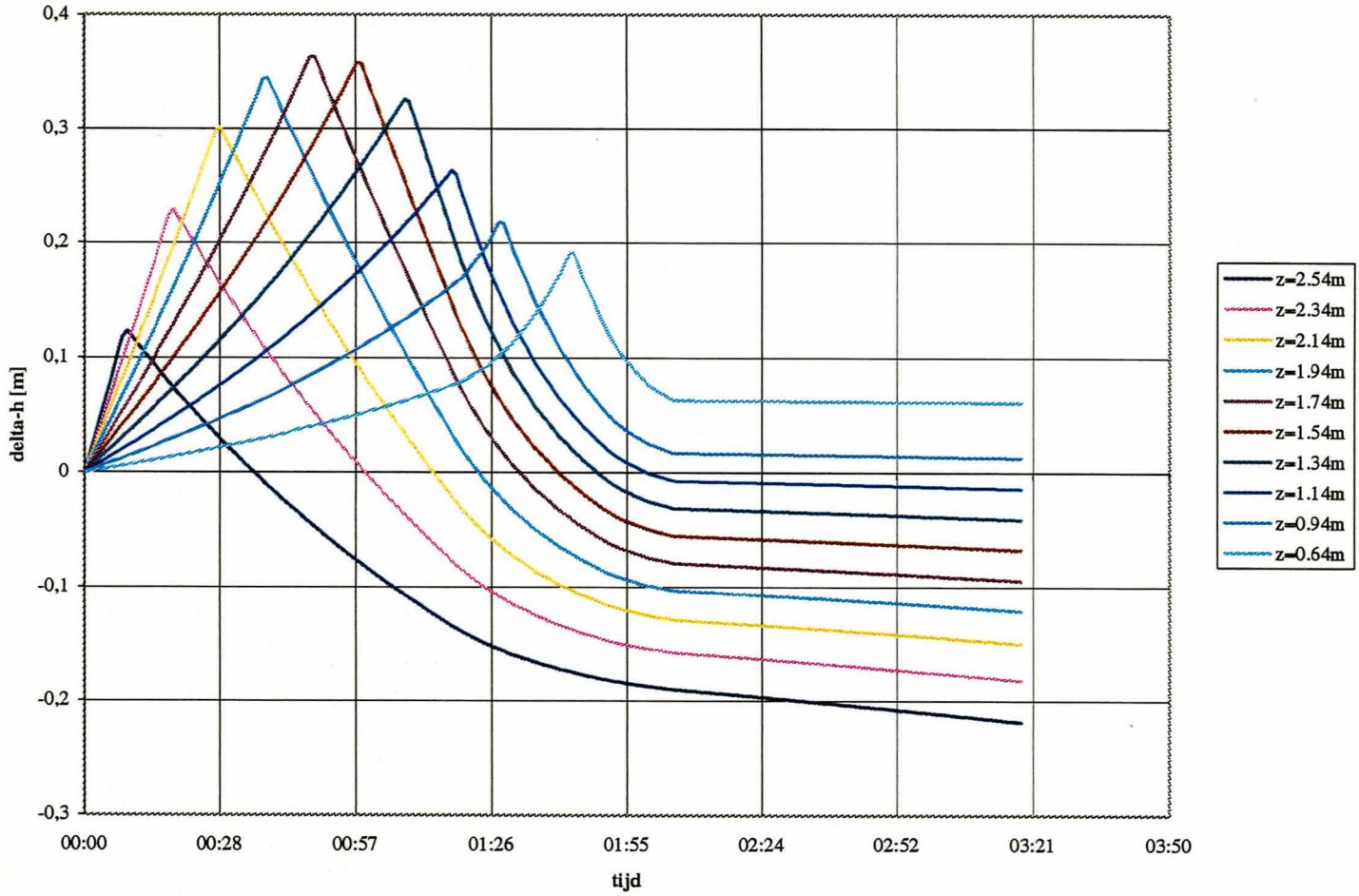
gez.

Stijghoogteverschillen toetsing dp4

BIJL. 6.1

form.
A4

dp6, toetsberekening, stijghoogteverschillen



Postbus 89,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

Datum
1997-10-16

get.
Meij

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSSELE

CO - 395730

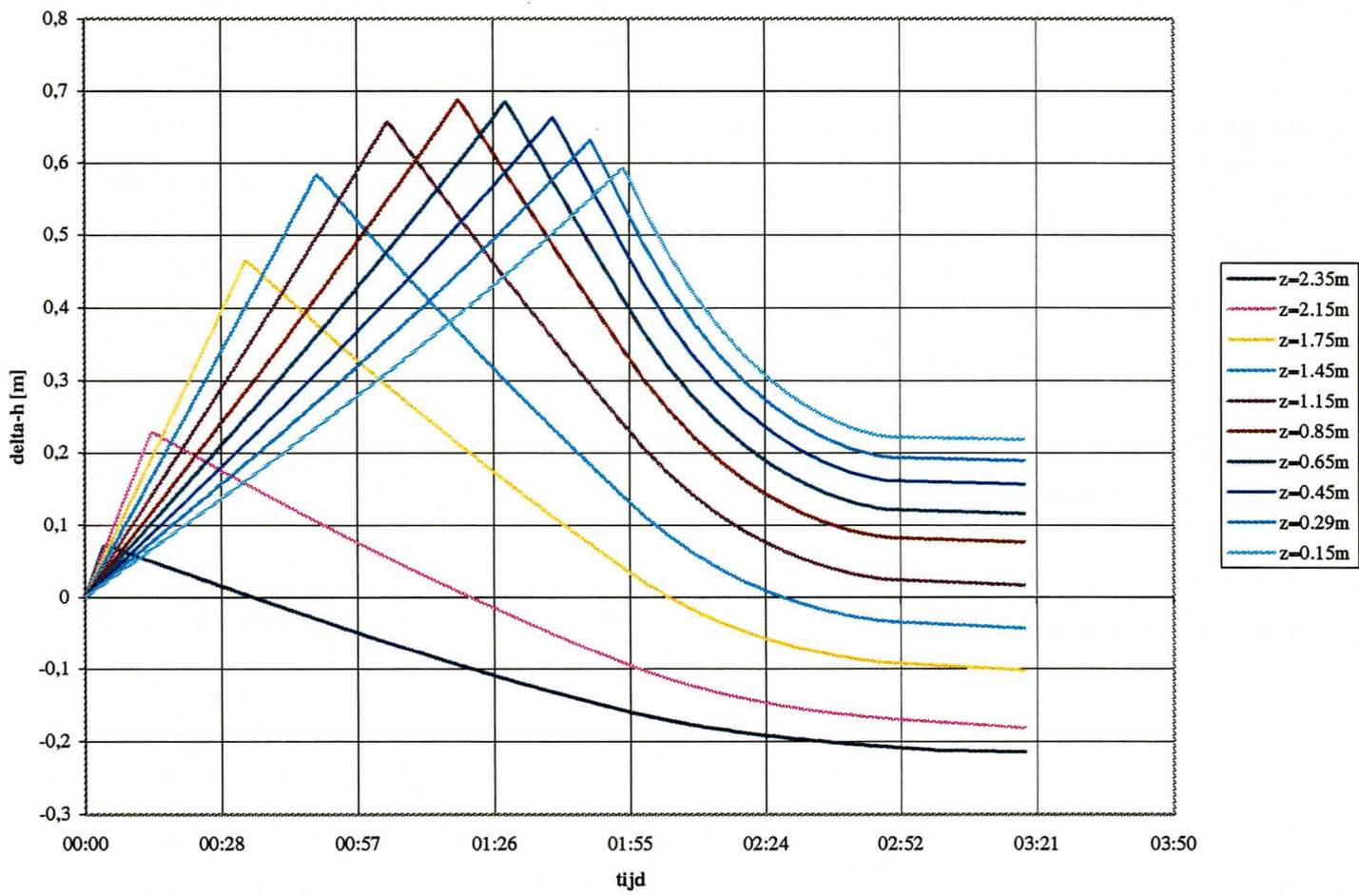
gez.

Stijghoogteverschillen toetsing dp6

BIJL. 6.2

form.
A4

dp8, toetsberekening, stijghoogteverschillen



- z=2.35m
- z=2.15m
- z=1.75m
- z=1.45m
- z=1.15m
- z=0.85m
- z=0.65m
- z=0.45m
- z=0.29m
- z=0.15m



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

GEAVANCEERDE TOETSING BORRSSELE
Stijghoogteverschillen toetsing dp8

Datum
1997-10-16

CO - 395730

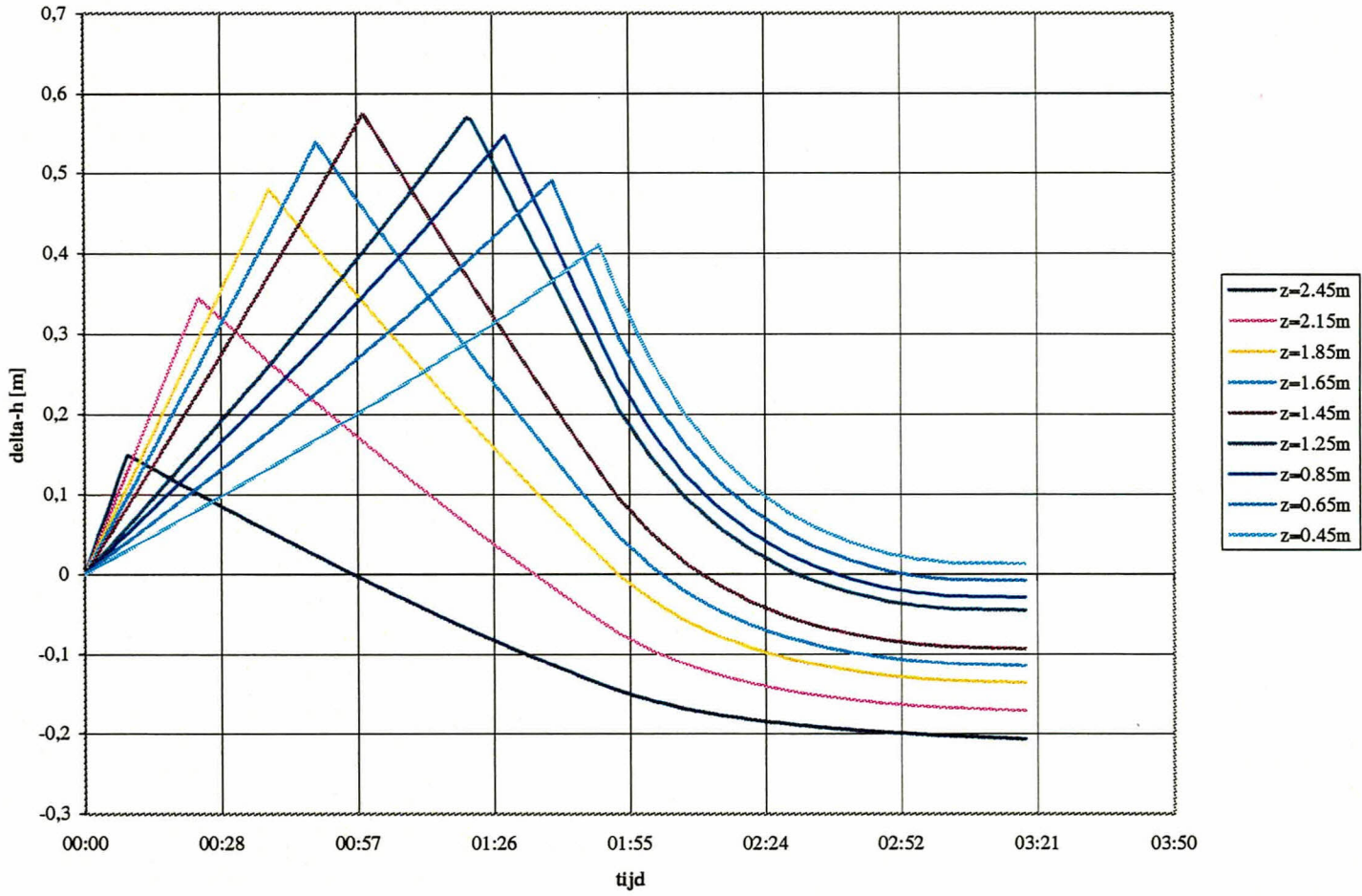
BIJL. 6.3

get.
Meij

gez.

form.
A4

dp24, toetsberekening, stijgheightverschillen



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

GEAVANCEERDE TOETSING BORSSSELE
Stijgheightverschillen toetsing dp24

Datum
1997-10-16

CO - 395730

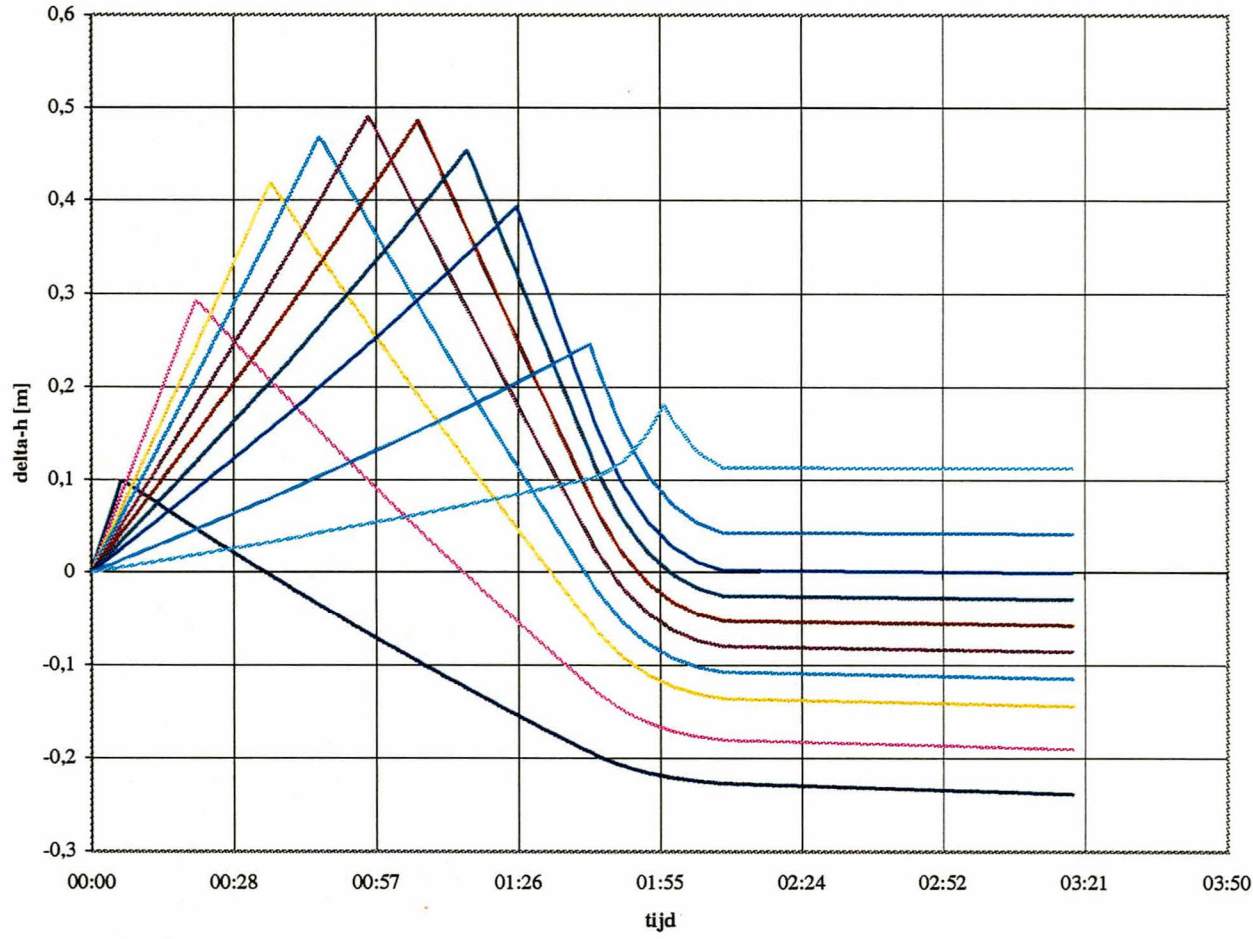
BIJL. 6.4

get.
Meij

gez.

form.
A4

dp29, toetsberekening, stijghoogteverschillen



- z = -2.44m
- z = -2.14m
- z = -1.84m
- z = -1.64m
- z = -1.44m
- z = -1.24m
- z = -1.04m
- z = -0.84m
- z = -0.54m
- z = -0.24m



Postbus 69,
2600 AB DELFT

Telefoon (015) 269 35 00
Telefax (015) 261 08 21

Stijghoogteverschillen toetsing dp29
GEAVANCEERDE TOETSING BORRSSELE

Datum
1997-10-16

CO - 395730

BIJL. 6.5

get.
Meij

gez.

form.
A4

BIJLAGE : Foto's dijkbekleding fase 1





Foto 1 Dichtgeslibde basalt bij dp 2



Foto 2 Dichtgeslibd filter bij dp 2



Foto 3 Verschil tussen de onderste en de bovenste strook gepenetreerde basalt, dp 4



Foto 4 Gepenetreerde granietblokken



Foto 5: Vochtplek op het talud, laag op het talud bij dp 4



Foto 6 Vochtplek onder de overgang hoog op het talud bij dp 6

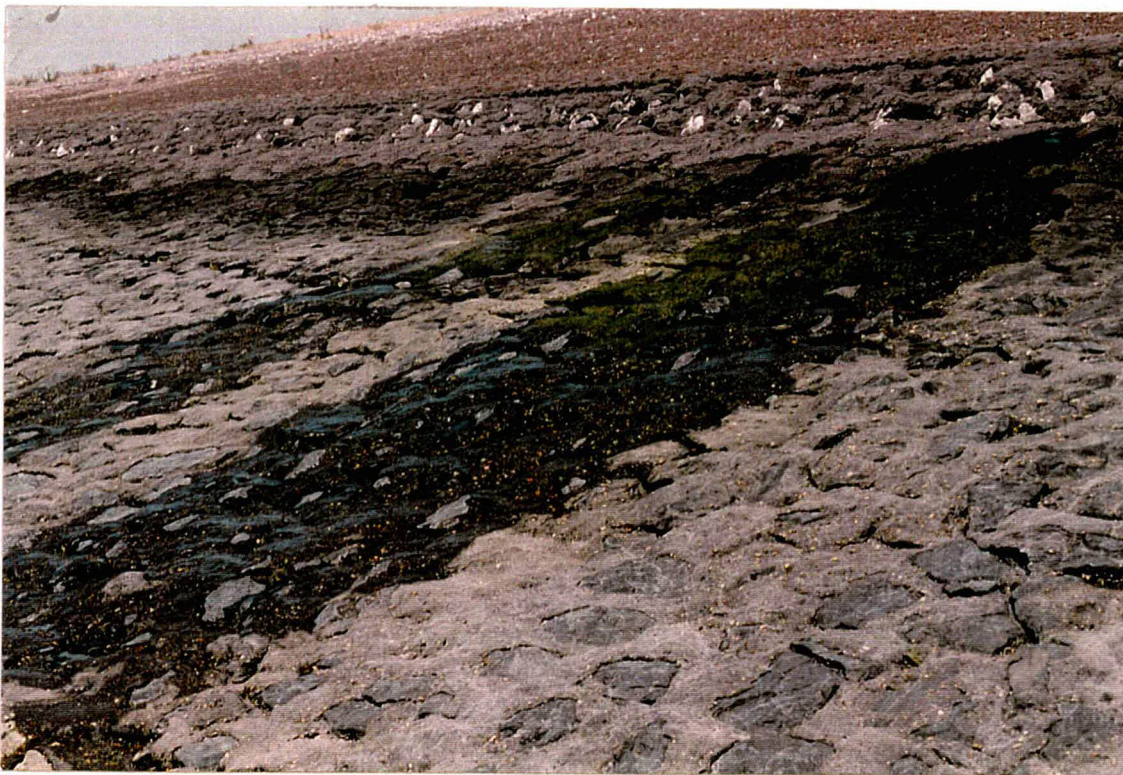


Foto 7 Twee vochtplekken hoog op het talud bij dp 6



Foto 8 Detail van de vochtplek bij dp 6: er stroomt nog steeds zichtbaar water uit



Foto 9 Vochtplekken bij de waterdichte overgang, dp 7 + 70



Foto 10 Bruinige sliblaag in het filter bij dp 8 + 80



Foto 11 Detail van de ingieting van de spleten, dp 10



Foto 12 Overzicht locatie bij dp 23

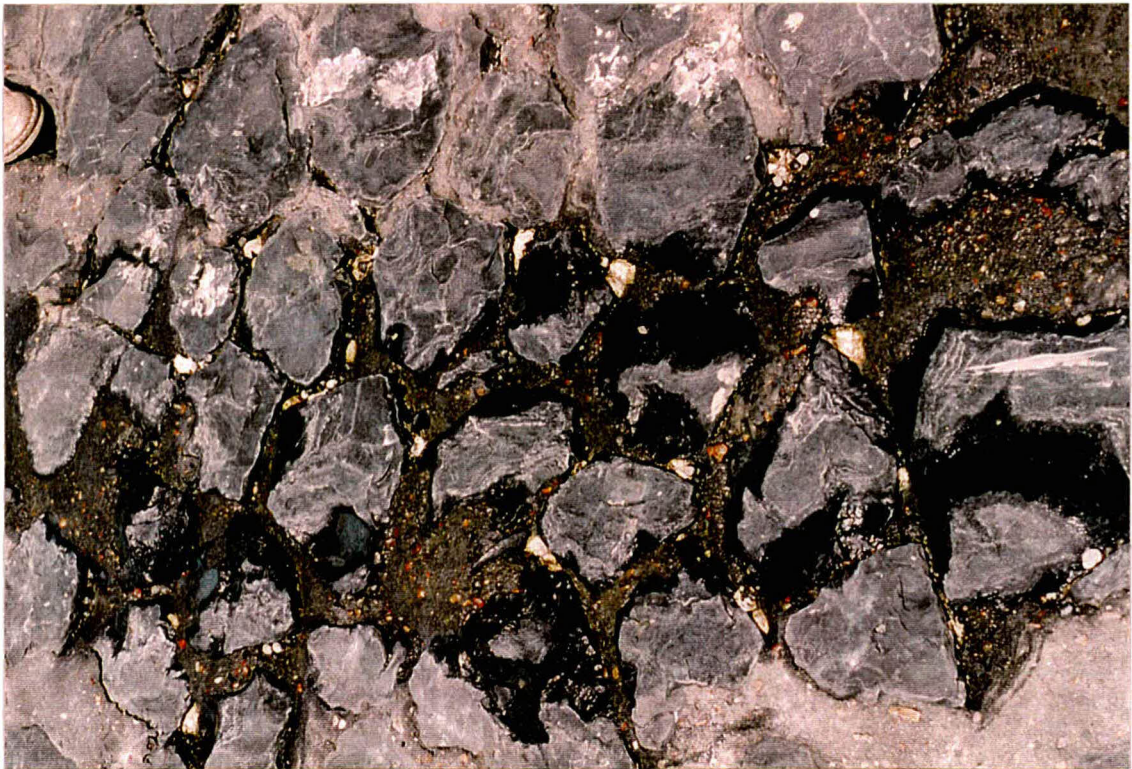


Foto 13 Vochtplekken in de overgoten bekleding bij dp 28



Foto 14 Aantal naden zijn slecht gevuld, dp 30