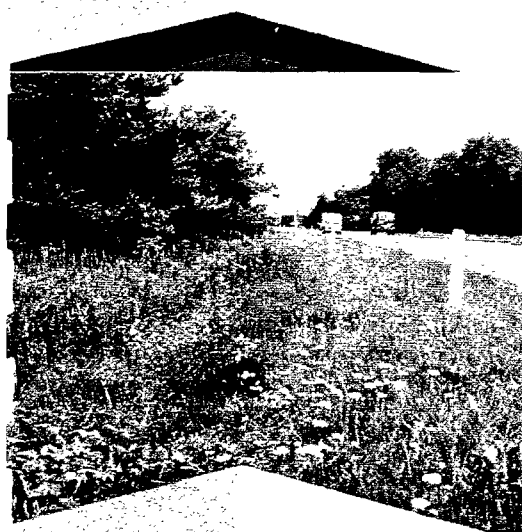




WIB-10-1000
Rijkswaterstaat

dienst **weg en water** bouwkunde



g.5-160
(/s ook opgenomen in
g.6 - 171)

DUINVOETVERDEDIGING
BERGEN AAN ZEE

Rapport : WBA-R-90.062

Project : W.90.05/03

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT

Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Afdeling advisering waterbouw

ir. A.P. de Looff

maart 1990

- 4 JULI 1990

Inleiding

In de zeereep bij Bergen aan Zee bevindt zich lokaal bebouwing waarvan de faalkans begin februari 1990 werd ingeschat op 1/20 à 1/50 per jaar.

De Directie Noord Holland van Rijkswaterstaat is momenteel bezig met een vergelijkende studie van een aantal alternatieven om deze faalkans te verlagen tot 1/500 per jaar. De in behandeling zijnde alternatieven zijn:

- a) Uitvoeren van een lokale zandsuppletie op het strand voor de beschouwde objecten (lengte ca. 500 m). Hierbij wordt veel erosie aan de uiteinden van de suppletie verwacht (koeffecten).
- b) Integratie van bovengenoemde suppletie in een grotere suppletie (van Petten tot Egmond) in het kader van het toekomstige beleid van kustlijnhandhaving. De koeffecten zijn in deze situatie geringer dan onder a)
- c) Aanleg van een duinvoetverdediging voor de beschouwde objecten over een lengte van ca. 500 m.

Door de Directie Noordholland zijn aan de Dienst Weg- en Waterbouwkunde m.b.t. alternatief c) concreet de volgende vragen gesteld:

1. Welke globale liggingdimensies dient een duinvoetverdediging in de situatie voor Bergen aan Zee te hebben, gegeven een faalkans van de objecten in de zeereep van 1/500 per jaar?
2. Welke materialen en constructietypen komen in aanmerking om in de duinvoetverdediging toe te passen? Aan bod dienen te komen:
 - materiaal en dikte-indikatie van de toplaag en van de evt. funderingslaag
 - constructieve beperkingen; ervaringen met bestaande constructies
 - kostenindicatie

In onderhavige notitie is de volgende indeling gevolgd:

1. Hydraulische randvoorwaarden
 2. Liggingdimensies
 3. Constructie
 4. Conclusies
- Literatuurlijst
Bijlagen

1. Hydraulische randvoorwaarden

Voor beide vragen is het van belang de hydraulische randvoorwaarden te bepalen. Uitgangspunt hierbij is de te bereiken faalkans van de bebouwing van 1/500 per jaar. Vertaald naar de duinvoetverdediging wordt als volgt geredeneerd: Falen duinvoetverdediging = Falen bebouwing. Derhalve dient de duinvoetverdediging ontworpen te worden op een faalkans van 1/500 per jaar. Veiligheidshalve wordt aangenomen dat de duinvoetverdediging een stormvloed met hoogwater-overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar zonder noemenswaardige schade moet kunnen weerstaan.

* Hoogwater:

In de "Getijtafels voor Nederland" worden de volgende hoogwaterstanden vermeld bij een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar: Den Helder: 4.20 m

IJmuiden : 4.15 m

Op basis hiervan wordt voor Bergen aan Zee een hoogwaterstand van 4.20 m aangehouden behorend bij een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar.

* Opbouw van de stormvloed:

Op het gemiddeld astronomisch getij is een windopzet gesuperponeerd, zodanig dat het maximum van de windopzet samenvalt met het maximum van het astronomisch getij. De som van beide maxima bedraagt 4.20 m. T.b.v. berekeningen is met een relatief korte duur van de windopzet gewerkt, nl 24 uur. In bijlage 1 is de opbouw van de stormvloed in grafiekvorm weergegeven.

* Golfhoogte:

Analoog aan de methode, gehanteerd in de "leidraad duinafslag" (lit.1) is de significante golfhoogte op "diep" water (NAP -20m) gerelateerd aan de optredende waterstand. Voor de berekening zijn hiertoe waarden gebruikt, variërend tussen 4 en 8 meter.

T.b.v. de berekening van de bekledingslaag is m.b.v. het programma ENDEC de maximale golfhoogte aan de teen van de verdediging bepaald, uitgaande van de maximale diepwatergolf. (bijlage 2)

* Golfperiode:

Als waarde voor de piekperiode (T_p) is voor alle berekeningen $T_p = 11$ sec. gebruikt.

2. Liggingdimensies van de duinvoetverdediging

De afmetingen en de ligging van de duinvoetverdediging worden in grote lijnen bepaald door de volgende factoren:

- inpassing in het bestaande dwarsprofiel
- de verdediging moet voldoende diep doorgetrokken worden om geen schade te ondervinden van de te verwachten ontgrondingskuil
- de verdediging moet voldoende hoog doorgetrokken worden opdat geen noemenswaardige afslag boven de verdediging optreedt.

Het bestaande dwarsprofiel is als volgt opgebouwd:

< NAP : helling 1:50
tussen NAP en NAP +3m : helling 1:10
> NAP +3m : helling 1:2

Op basis van deze opbouw zijn een drietal mogelijke liggingen van de verdediging beschouwd:

- helling 1:2 volgens bestaande profiel, ook beneden NAP +3m.
- helling 1:2 en 1:10 volgens bestaande profiel.
- helling 1:2 boven NAP +6m; helling 1:4 beneden NAP +6m.
(Deze configuratie is gebaseerd op de duinvoetverdedigingen Ter Heijde en 's Gravezande)

Dwarsdoorsneden van het bestaande profiel en de beschouwde liggingmogelijkheden zijn getekend in bijlage 3.

T.b.v. de factoren b) en c) zijn berekeningen uitgevoerd met de door het WL ontwikkelde rekenmodellen DUINVOET en DUROSTA. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de resultaten.

L I G G I N G	Ontgrondingskuil				Afslag boven verdediging treedt op als top v.d. ver- dediging lager ligt dan: (DUROSTA)
	DUINVOET		DUROSTA		
	max.kuil- diepte(m)	max.ontgr. niveau (m NAP)	max.kuil- diepte(m)	max.ontgr. niveau (m NAP)	
1	5.0	-4.5	4.0	-2.0	NAP +12m
2	4.0	-5.0	2.0	-2.5	NAP +12m
3	3.5	-3.8	2.7	-2.5	NAP +12m

Er blijkt een verschil te bestaan tussen de resultaten van DUINVOET en DUROSTA. DUINVOET geeft aanmerkelijk grotere ontgrondingen te zien dan DUROSTA.

Sinds de ontwikkeling van DUINVOET in 1987 zijn er weinig concrete berekeningen mee gemaakt. Gebleken is uit vergelijkingen met (summiere) prototypewaarnemingen dat DUINVOET de diepte van de ontgrondingskuil overschat.

DUROSTA is in december 1989 beschikbaar gekomen en bevindt zich momenteel in een stadium waarin het programma door een aantal gebruikers getest wordt.

Een reële interpretatie van de resultaten lijkt te zijn een waarde voor de ontgrondingskuil aan te houden die ligt tussen de gevonden waarden van de beide berekeningsmethoden.

N.B. Aan de randen van de verdediging (in langsrichting gezien) treedt bij afslag van de naastgelegen duinen een minder diepe ontgrondingskuil op dan in het midden van de verdediging. Dit verschijnsel is in bij de stormvloed van eind februari dit jaar op meerdere plaatsen waargenomen. De lengte van dit invloedsgebied ligt in de orde van ca. 100 meter.

Door enige afslag boven de constructie te accepteren, hoeft deze niet zo hoog opgetrokken te worden en kan bespaard worden op de constructiekosten. Als voorbeeld is hier gesteld dat 5 meter resp. 10 meter afslag boven de constructie (horizontaal gemeten) nog acceptabel is. Volgens de methoden, afkomstig uit WL-onderzoek (lit.2) kan de hoeveelheid afslag boven de constructie berekend worden. Uitgangspunt hierbij is een duinhoogte van 15 meter.

Niveau v.d. top v.d. verdediging (m tov NAP)	berekende af- slag meth. 1 (m ³ /m)	berekende af- slag meth. 2 (m ³ /m)	te accepte- ren afslag (m ³ /m)	
			5m	10m
7	89	80	40	80
8	57	39	35	70
9	32	19	30	60
10	14	9	25	50

Als 5 meter afslag acceptabel is, dient de top van de constructie tot NAP + 9m doorgetrokken te worden. Bij 10 meter afslag kan de top van de constructie rond de NAP + 7 m aangelegd worden.

Resumerend:

1. Het ontgrondingsniveau wordt (per methode beschouwd) marginaal beïnvloed door de helling van het onderste taludgedeelte
2. Als te hanteren waarden voor de ontgrondingsdiepte lijkt de aanname reëel de uitkomsten van DUINVOET en DUROSTA als boven- resp. ondergrens te gebruiken.

3. De oploop wordt m.n. bepaald door de helling van het bovenste gedeelte. In de drie beschouwde gevallen treedt geen afslag meer op met de top op NAP + 12m. Als enige afslag geaccepteerd wordt kan dit niveau enige meters lager komen te liggen.
4. Ter indicatie is het oppervlak verdedigingsconstructie per vierkante meter berekend:

Benodigde verdediging (m ² /m)					
Ligging	top NAP + 12m		top NAP + 9m		top NAP + 7m
	Duinv. Durosta		Duinv. Durosta		Duinv. Durosta
1	33	28	27	22	23 18
2	98	73	92	67	88 63
3	51	46	45	40	41 36

3. De constructie

3.1. Constructieve aspecten:

Bij het ontwerp en onderhoud van een duinvoetverdediging dient algemeen rekening gehouden te worden met de volgende aspecten:

- Bekledingsconstructie stabiel en zandondoorlatend
- Opsluitingsconstructie aan de teen
- Opsluitconstructie aan de top
- Horizontale inkassing aan de top
- Goed doorlatende laag onder de teen (bv grindkist)
- Handhaving van het zandpakket boven de teenconstructie

In bijlage 4 is bovenstaande in figuurvorm verduidelijkt.
In het onderstaande worden enkele ontwerpaspecten kort toegelicht

Bekledingsconstructie: zie 3.2

Horizontale inkassing aan de top

Ter voorkoming van erosie achter het talud is het gebruikelijk bij de top van de verdediging een erosieremmende laag (ca 0.5m dik) horizontaal in te kassen in het duin. De lengte van de inkassing is in de meeste gevallen ca. 5m. Indien echter afslag boven de verdediging geaccepteerd wordt, dient de lengte minimaal gelijk te zijn aan de geaccepteerde afslag (horizontaal gemeten). Toegepaste materialen hiervoor zijn klei en mijnsteen.

Goed doorlatende laag aan de teen

Bij een waterondoorlatende buitenbekleding kunnen grote overdrukken t.g.v. uitstromend duinwater optreden. Om dit te voorkomen moet dit duinwater afgevoerd kunnen worden onder de teen door. Een beproefde constructie hiervoor is een zgn. grindkist.

Handhaving van het zandpakket boven de teenconstructie

Als het niveau van het strand in de loop der jaren daalt, komt ook het niveau van de ontgrondingskuil t.g.v. de ontwerpstormvloed lager te liggen. De constructie kan in dat geval ondermijnd worden waardoor bezwijken op kan treden. Voor de werking van de duinvoetverdediging is handhaving van het zandpakket boven de teen derhalve noodzakelijk

3.2. Opbouw van de bekledingsconstructie

De bekledingsconstructie kan als volgt opgebouwd zijn:
toplaag / vlijlaag / filterlaag / fundering.

De bekledingsconstructie dient:

- a) zandondoorlatend of
- b) zandondoorlatend en waterondoorlatend te zijn.

Zandondoorlatendheid kan bereikt worden door een filterconstructie (geotextiel of granulair filter). Waterondoorlatendheid kan bereikt worden door een dichte toplaag (asfalt) of door een dichte funderingslaag (klei)

Op basis van de mogelijk toe te passen toplaag zijn de volgende constructietypen beschouwd:

- a) asfalt/asfaltbeton
- b) gezette glooiing
- c) zandzakken van kunststof op kunststof filterdoek
- d) gepenetreerde stortsteen
- e) schanskorven

Voor alle constructietypen zijn in Nederland in meer- of mindere mate toepassingen bekend. In het navolgende is, voor zover mogelijk, per constructietype een overzicht gegeven van:

- opbouw van de constructie
- ervaringen van het constructietype in duinvoetverdedigingen (lit.3)
- indicatie van de dikte-maten van de toplaag
- kostenindicatie van de prijs per m² van levering en aanbrengen van de beschouwde constructie (op basis van bekende gegevens van recent opgeleverde werken en een in 1987 uitgevoerde inventarisatie)

* asfalt/asfaltbeton

Opbouw:

toplaag:	asfaltbeton	dicht steenasfalt	open steenasfalt
filter:	-	-	zandasfalt of filterdoek
fundering:	zand, klei of zandasfalt		

Ervaringen:

Texel (1956) geen schade aan bekleding; dikte 0.35m. Huisduinen (1955) schade bij aansluiting bij (rond NAP gelegen) teenconstructie. Dikte 0.35, fundatie op zandasfaltlaag.

Dikte:

Uitgaande van een verdicht zandpakket als ondergrond kunnen de volgende maten voor de toe te passen laagdikte als indicatie gegeven worden (lit.4):

Laagdikte	talud: 1:2/1:4	talud 1:10
Asfaltbeton	0.25 m	0.20 m
Dicht Steenasfalt	0.25 m	0.20 m
Open Steenasfalt	0.50 m	0.40 m

Kosten:

Leveren en aanbrengen bij "normale" dijkconstructies:

Waterbouwasfaltbeton: ca. f 150 per ton
Dicht Steenasfalt : f 160 à f 200 per ton
Open Steenasfalt : f 100 à f 130 per ton
Zandasfalt : f 50 à f 80 per ton

Voor het leveren en aanbrengen in de hier minder toegankelijke situatie wordt een factor 1,2 toegepast. De prijzen per vierkante meter aan te brengen materiaal worden dan:

Asfaltbeton : ca. f 110 per m²
Dicht steenasfalt: f 115 à f 145 per m²
Open steenasfalt : f 60 à 80 per m²)
Zandasfalt (50cm): f 45 à 70 per m²) f 105 à f 150 per m²

* Gezette glooiing

Opbouw:

Toplaag	betonblokken	betonzuilen
Vlijlaag	evt.	slakken; steenslag
Filter	geotextiel + evt. grindlaag	geotextiel + evt. grindlaag
Fundering	verdicht zandbed evt. kleilaag	verdicht zandbed evt. kleilaag

Ervaringen:

Ter Heijde (1921,1964), 's Gravezande (1953) en Vlissingen (1954) geven tot nu toe geen schade te zien.

Dikte:

Berekening van de dikte van een beton-elementen-glooiing met de empirische formules uit lit.4 levert de volgende resultaten:

Blokdikte (m)	ingewassen basalt- zuilen ($\phi = 4.0$)	betonblokken ($\phi = 5.0$)
talud 1:2	1.0	0.8
talud 1:4	0.7	0.5
talud 1:10	0.4	0.3

De hoofdoorzaak van de relatief grote afmetingen is de grote golfhoogte aan de teen van de dijk ($H_s = 3.4\text{m}$). Toepassing van uitgekiende filterconstructies kunnen enige reductie in bovenstaande diktes opleveren, zeer waarschijnlijk is dit marginaal.

Kosten: Levering + verwerking: blokken f 160,- per m^3
zuilen f 280,- per m^3

Kosten (guldens per m^2)	ingewassen basalt- zuilen	betonblokken
talud 1:2	280	128
talud 1:4	196	80
talud 1:10	112	48

bijkomende kosten:

geotextieldoek : f 5 à f 10 per m^2
granulair filter (ca.20cm) : f 20 à f 30 per m^2
vlijlaag (slakken ca 20 cm): f 12 à f 15 per m^2

* Zandzakken

Ervaringen:

Texel, Sluftervallei (1971 - 1976) Doek van polyetheenweefsel waarop buidels van hetzelfde materiaal zijn aangebracht. Deze buidels zijn gevuld met zand. Schade aan de constructie is opgetreden doordat de constructie geen weerstand kon bieden aan een ontgrondingskuil: zand is onder en uit de constructie weggespoeld. Dit is wellicht te ondervangen door de constructie dieper door te trekken en een voldoende dik zandpakket op het onderste deel van de constructie te houden.

Dikte: ontwerpcriteria zijn niet bekend.

Kosten: (schatting)

geotextiel: f 10 à f 20 per m^2

grondverzet (= ontgraven en vullen) f 10 à f 20 per m^3

Opmerking:

Gevoelig voor vandalisme (gemakkelijk te beschadigen). Bij aanval door golven comprimeert zandpakket; een holle ruimte ontstaat in de "zandzak" waardoor bezwijken (barsten) op kan treden.

*** Gepenetreerde stortsteen**

Opbouw:

Breuksteen, gepenetreerd met gietasfalt of mastiek, direct op zand gefundeerd, evt. met geotextielfilter.

Ervaringen:

Op Noord-Beveland heeft een duinvoetverdediging met gepenetreerde stortsteen goed voldaan over een periode van ca. 10 jaar

Dikte:

Ontwerpregels zijn slechts bekend voor niet-gepenetreerde stortsteen.

Kosten:

Aanbrengen en penetreren van breuksteen (10 -60 kg) bij een laagdikte van 2D kost ca. f 100 per m²

*** Schanskorven**

Opbouw:

Een taludverdediging van schanskorven bestaat uit een aaneenschakeling van elementen van gazen manden, gevuld met grofgrind met een diameter van 2 à 3 maal de korfhoogte. In het zoute milieu dient het gaas geplastificeerd te zijn of in roestvast staal te zijn uitgevoerd. Als filter wordt een geotextiel gebruikt, evt. in combinatie met een granulair filter.

Ervaringen:

In Nederland is in de Brouwersdam een strook schanskorven opgenomen; de ervaringen hiermee zijn goed. In Australië zijn ca. 15 jaar geleden schanskorven in duinvoetverdedigingen toegepast. Deze hebben al enkele zware stormen goed doorstaan.

Dikte:

Rekenregels voor ontwerp zijn bekend als gevolg van onderzoek, uitgevoerd door verschillende Waterloopkundige Laboratoria, in opdracht van de fabrikant. Toepassing van de ontwerpregels voor aanval door onregelmatige golven (lit 5) geven de volgende afmetingen van de schanskorven:

taludhelling	Korfdikte (m)
1:2	0.85
1:4	0.53
1:10	0.39

Kosten:

Korven: levering f 25 per m' (0.5m hoog, 1 m breed)
(verzinkt = 100%; geplastificeerd = 135%; rvs = 230%)
verwerking: f 15 per m'

Steen: de kosten van grofgrind (80 - 200mm) liggen een factor 1,6 hoger dan de kosten van gewone breuksteen, nl
ca. f 65 per ton (levering + aanbrengen)

filter: leveren + aanbrengen filterdoek: f 5 à f 10 per m²

De totale kosten voor schanskorven met geplastificeerd gaas bedragen:

korfdikte 85 cm: ca. f 200 per m².

korfdikte 50 cm: ca. f 140 per m².

Opmerking:

De korven zijn aaneen gekoppeld tot één geheel. Door deze constructie en door de flexibiliteit van het geheel kunnen grote vervormingen optreden zonder dat noemenswaardige schade optreedt. T.a.v. meer traditionele constructies kan hier winst geboekt worden door de teenopsluiting weg te laten en de constructie minder diep door te trekken.

3.3. Alternatieve uitvoeringen

Een grote kostenpost bij de bovenbeschreven constructievorm is de ontgraving t.b.v het doortrekken van de verdediging beneden NAP. Indien de constructie doorgezet wordt tot NAP - 5m is hiervoor (grove kubering) een grondverzet nodig van 100000 à 150000 m³

Een alternatief hiervoor kan zijn het slaan van een stalen damwand. Het grondverzet kan op deze wijze gereduceerd worden tot ca 20000 m³ (zie bijlage 5). Een economische afweging van beide constructie-typen is zeker aan te bevelen.

4. Conclusies

* Liggingdimensies:

- teen van de constructie: Het ontgrondingsniveau wordt marginaal beïnvloed door de helling van het onderste deel van de constructie. Als te hanteren waarden voor de ontgrondingsdiepte lijkt de aanname reëel de uitkomsten van DUINVOET en DUROSTA als volgt te interpreteren:

Niveau van de teen - niet lager dan NAP - 5.0 m (DUINVOET)

- niet hoger dan NAP - 2.0 m (DUROSTA)

- top van de constructie: De oploep wordt m.n. bepaald door de helling van het bovenste gedeelte. In de drie beschouwde gevallen treedt geen afslag meer op met de top op NAP + 12m. Als enige afslag geaccepteerd wordt kan dit niveau enige meters lager komen te liggen. (bv. 5m afslag; top op NAP +9m)

- helling van de constructie: In de beschouwde alternatieven is alleen de helling van het onderste gedeelte gevarieerd; de helling van het bovenste gedeelte wordt in feite opgelegd door het bestaande profiel. Uit economische overwegingen (minder m² per m') is een helling van 1:2 over de totale hoogte aan te bevelen.

* Constructie:

De volgende kostenindicaties kunnen vergeleken worden:

(talud 1:2)

steenasfalt/asfaltbeton : f 105 à f 145 per m²

gezette betonzuilen : ca. f 300 per m²

gezette betonblokken : ca. f 150 per m²

zandzakken : f 20 à f 40 per m²

gepenetreerde stortsteen: ca. f 100 per m²

schanskorven : ca. f 140 à f 200 per m²

Hieruit blijkt dat de meeste alternatieven in het interval f 100 à f 150 per m² vallen. Uitschieter naar boven zijn de gezette betonzuilen; uitschieter naar onder is het zandzakken-alternatief. Bij dit laatste alternatief moet worden opgemerkt dat de ervaringen niet al te best zijn; tevens is het materiaal vandalisme-gevoelig.

Van de beschouwde liggingsalternatieven is voor de totale constructie (500 m lengte) een kostenindicatie opgesteld op basis van een "bekledingsprijs" van f 100 per m²:

kosten v.d constructie bij f 100 per m ² (* 1000) (*)			
Ligging	Niveau van de teen: NAP +3.5m		
	Top NAP +12m	Top NAP +9m	Top NAP +7m
1 (1:2)	1500	1200	1000
2 (1:2/1:10)	4300	4000	3800
3 (1:2/1:4)	2400	2100	1900

(*) kosten excl. grondverzet, inkassing en opsluitingen

Toepassing van een helling 1:2 over de gehele hoogte blijkt bij deze globale vergelijking de goedkoopste oplossing te zijn. De alternatieven 2 en 3 zullen in werkelijkheid iets goedkoper uit de bus komen dan in bovenstaande tabel, wegens een lichtere bekledingsconstructie.

* Algemeen

- Kostenbesparend m.b.t. grondverzet kan zijn het toepassen van een damwandconstructie (zie 3.3)
- Bij schanskorven is een besparing mogelijk door ze minder diep door te trekken (bv. tot het minimum niveau). Door de flexibiliteit en samenhang van de constructie treedt niet zo gauw beschadiging op en kan een ontgrondingskuil (gedeeltelijk) gevolgd worden.
- Aan de randen van de verdediging (in langsrichting gezien) treedt bij afslag van de naastgelegen duinen een minder diepe ontgrondingskuil op dan in het midden van de verdediging. Dit verschijnsel is bij de stormvloed van eind februari dit jaar op meerdere plaatsen waargenomen. De lengte van dit invloedsgebied ligt in de orde van 100 à 150 meter.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- [1] "leidraad voor de beoordeling van duinen als waterkering"
Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen;
Staatsuitgeverij 's Gravenhage 1984
- [2] "systematisch onderzoek naar de werking van duinvoetverdedigingen"
Waterloopkundig Laboratorium, M 2051, deel 1;
TAW-rapport C1-85.10
augustus 1985
- [3]. "Inventarisatie duinvoetverdedigingen"
RWS, Centrum Onderzoek Waterkeringen, S-78.019
E. v. Velzen, J. Beijersbergen
september 1981
- [4] "Sea-defences; Dutch guidelines on dike protection"
RWS, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, WB-NO-87.110
K.W. Pilarczyk
april 1987
- [5] "Guidelines for the design and construction of flexible
revetments incorporating geotextiles for inland waterways"
Officine Maccaferri;
R. Agostini
januari 1990

BIJLAGEN:

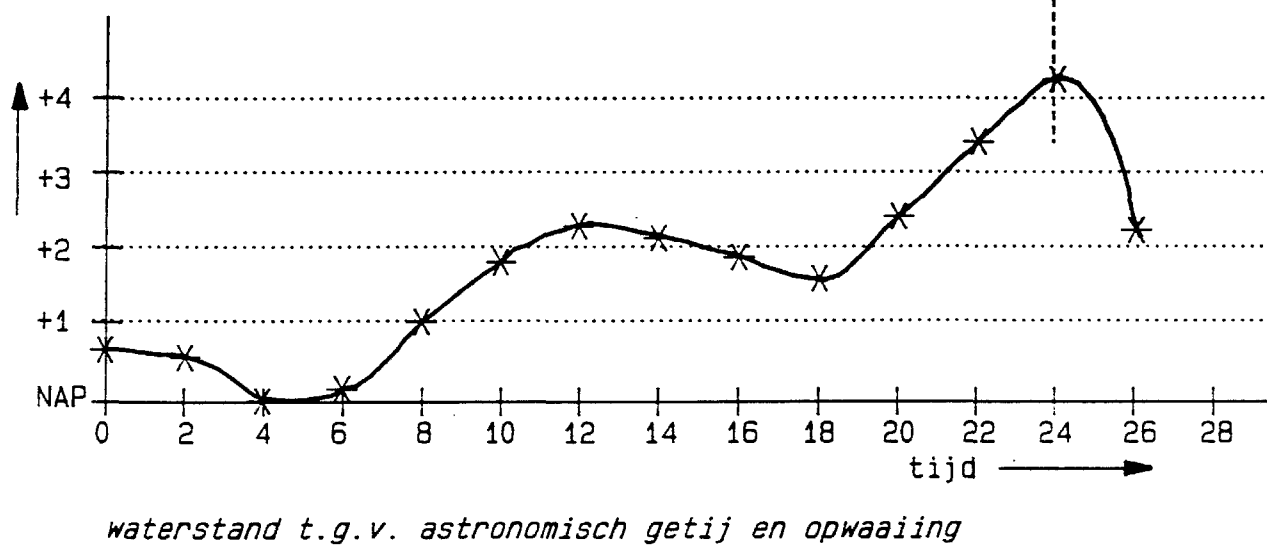
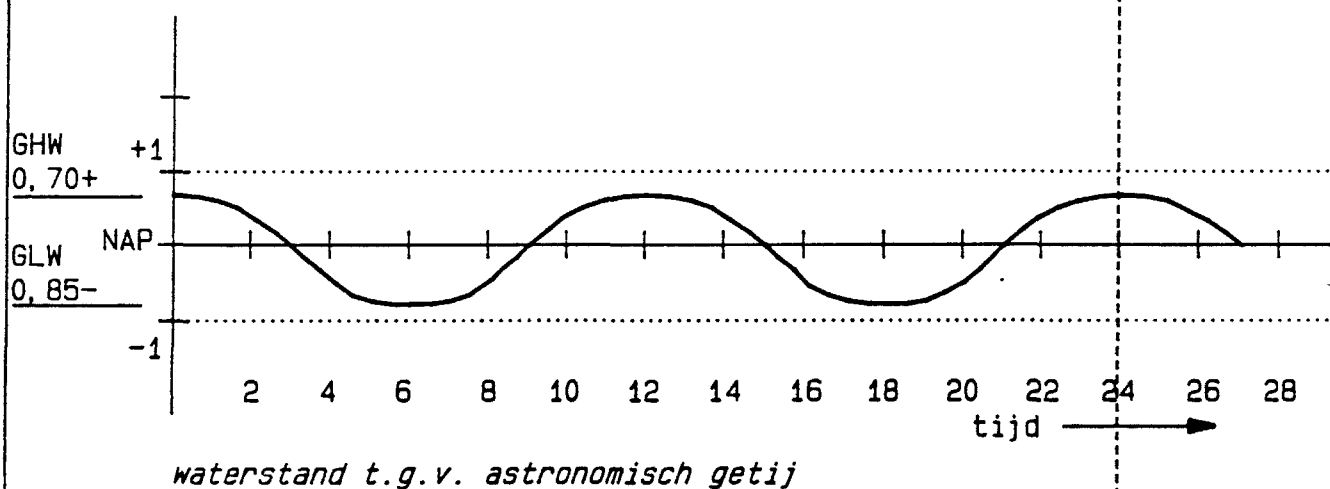
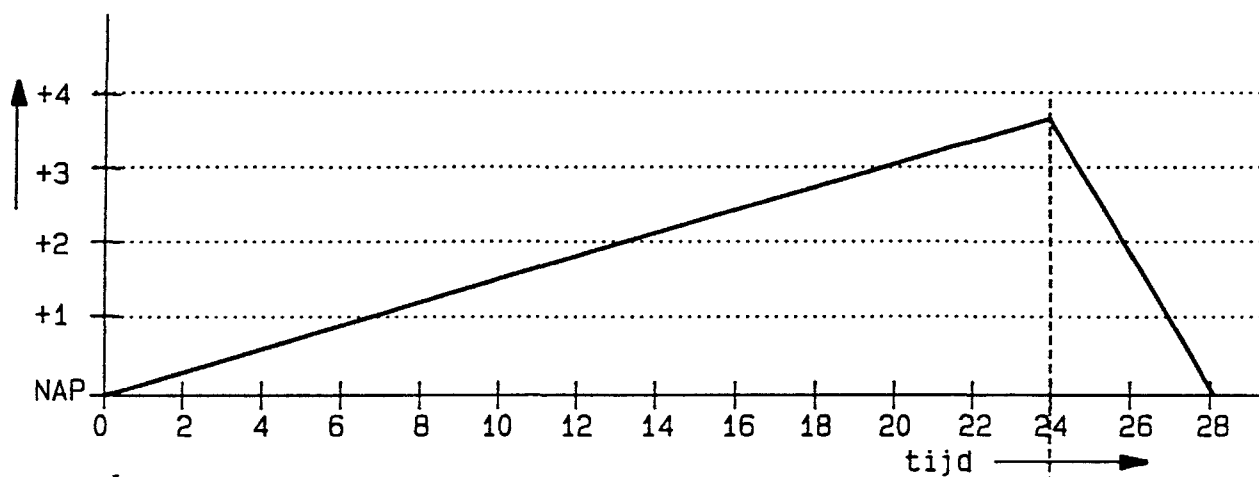
Bijlage 1: opbouw van de ontwerp-stormvloed

Bijlage 2: golfhoogte-afname berekening met ENDEC

Bijlage 3: dwarsdoorsneden van het bestaande profiel en de beschouwde alternatieven

Bijlage 4: constructieve aspecten van een duinvoetverdediging

Bijlage 5: alternatieve uitvoering van de constructie; reductie van grondverzet



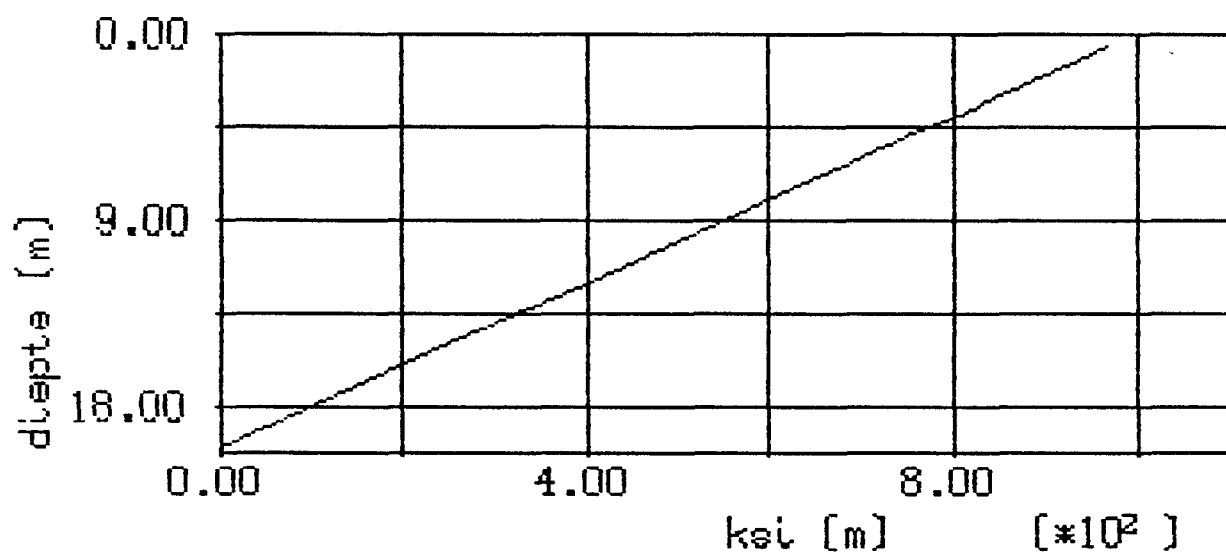
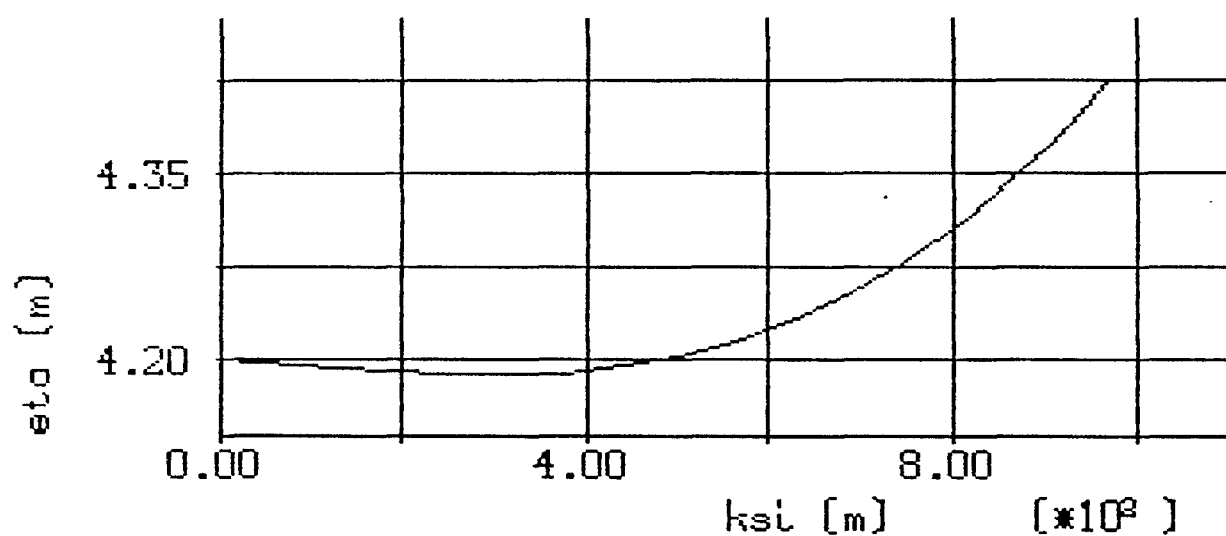
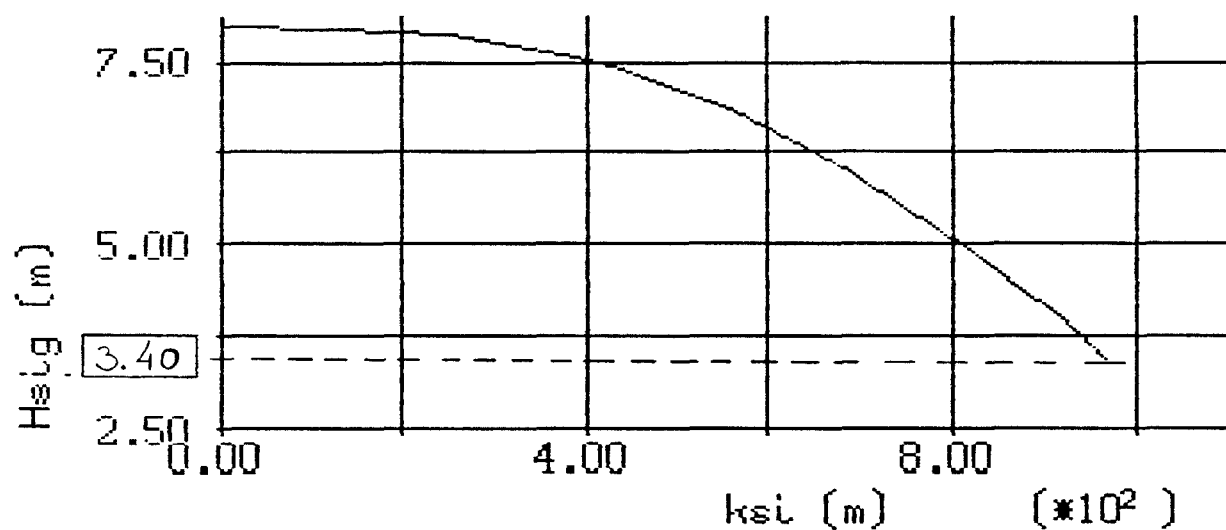
opbouw van de ontwerp-stormvloed



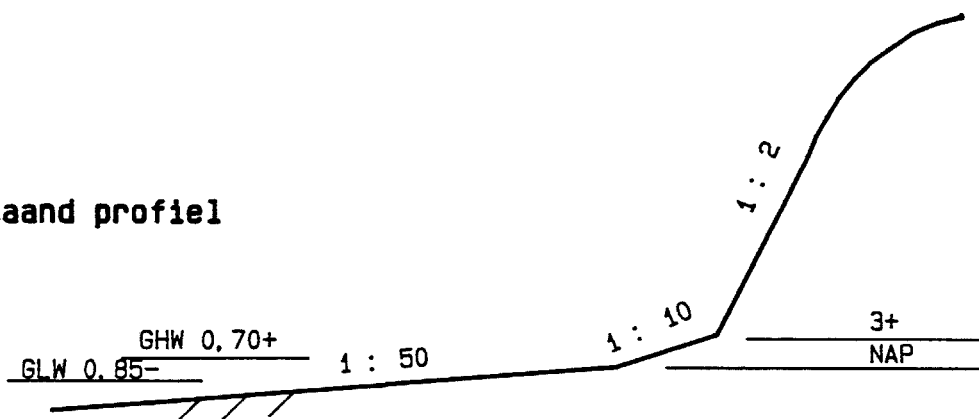
rijkswaterstaat
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

BIJLAGE 1

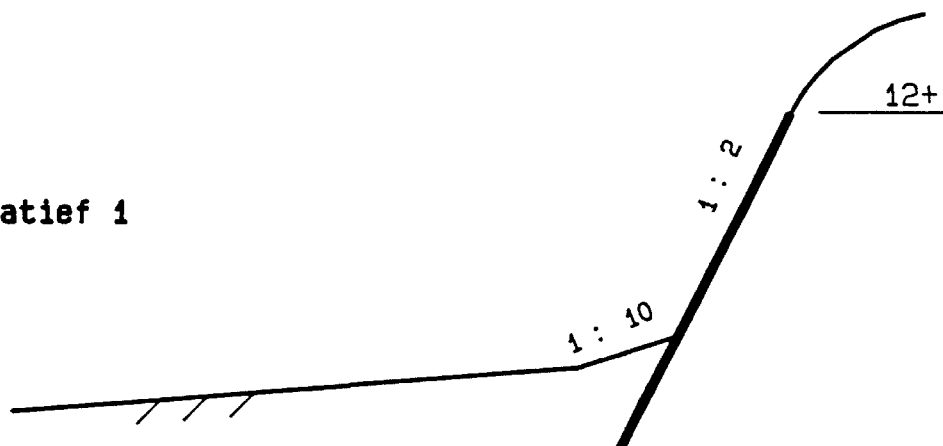
baz 1/500



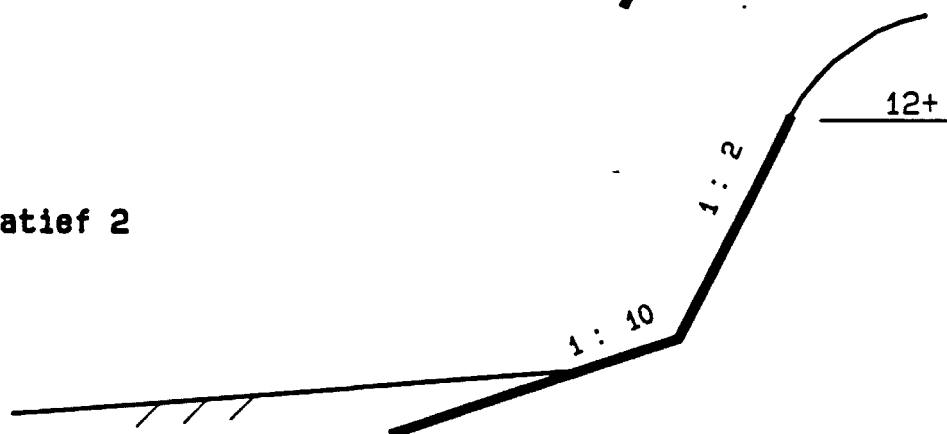
bestaand profiel



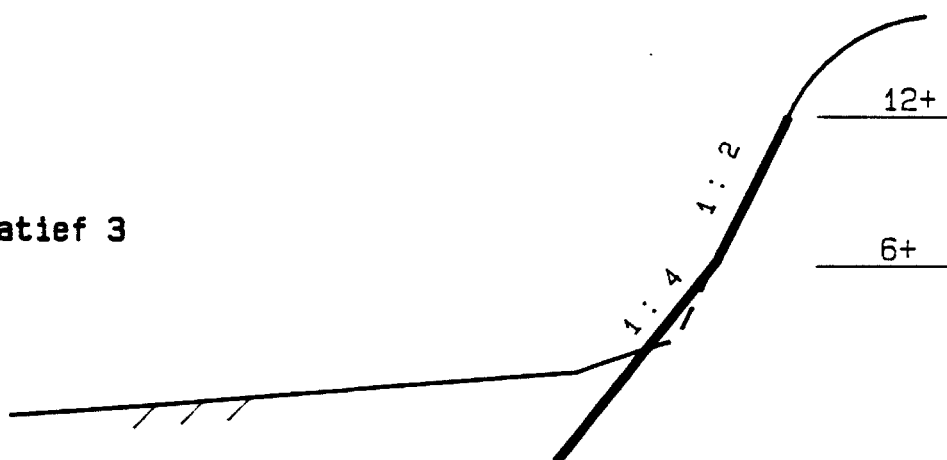
alternatief 1



alternatief 2



alternatief 3

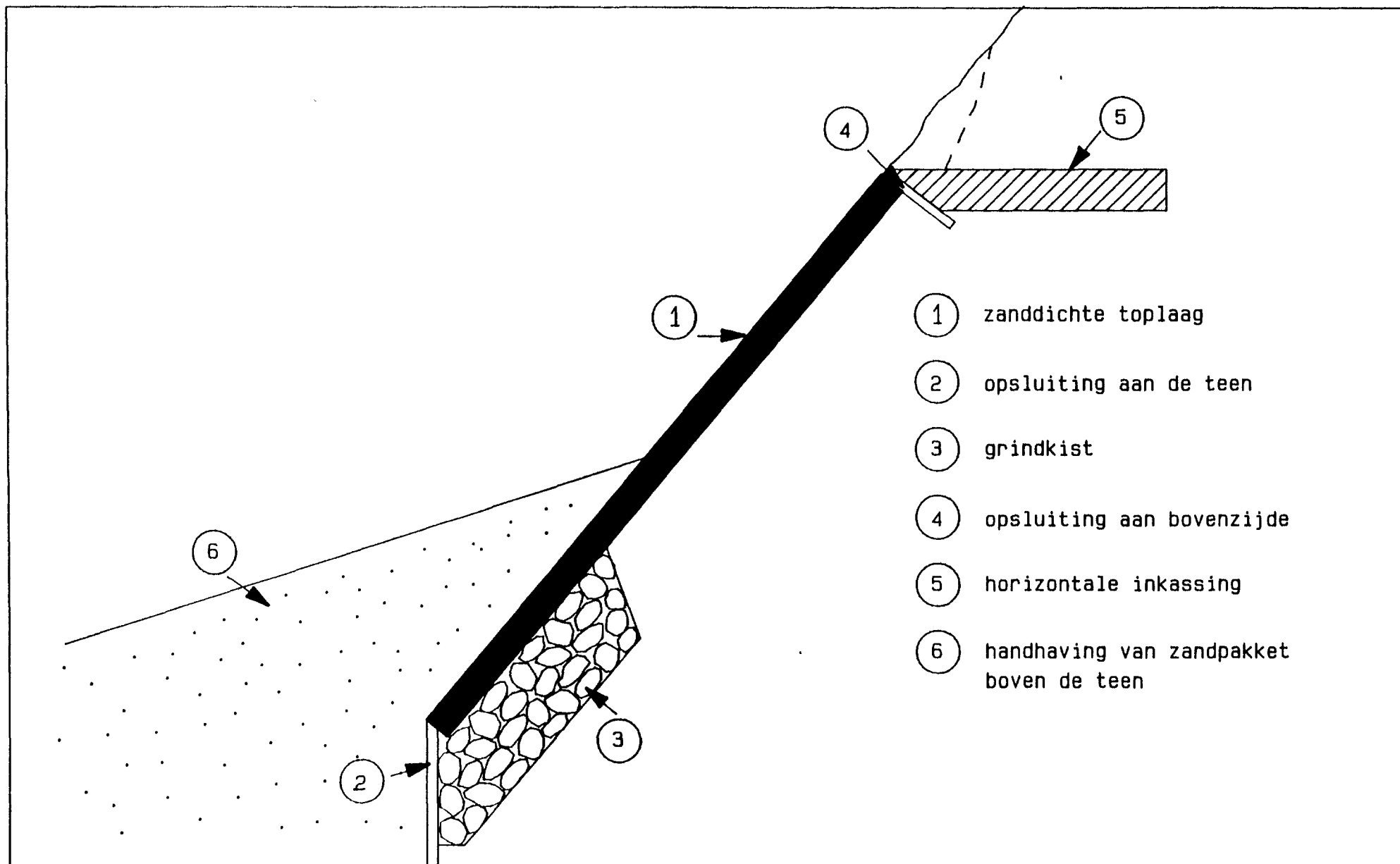


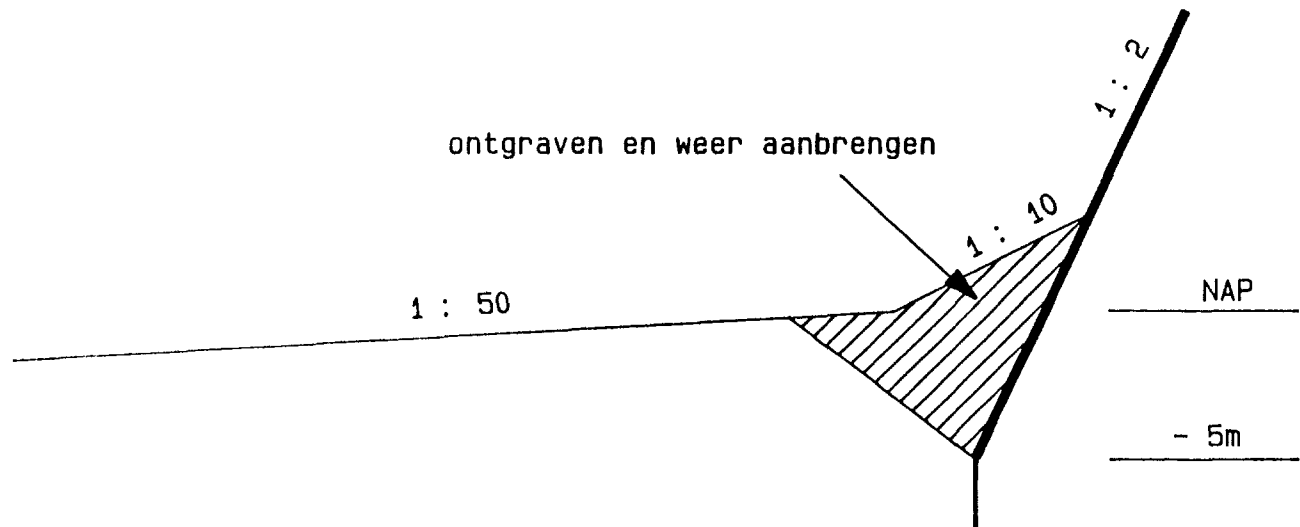
dwarsdoorsneden van het bestaande profiel en de alternatieven



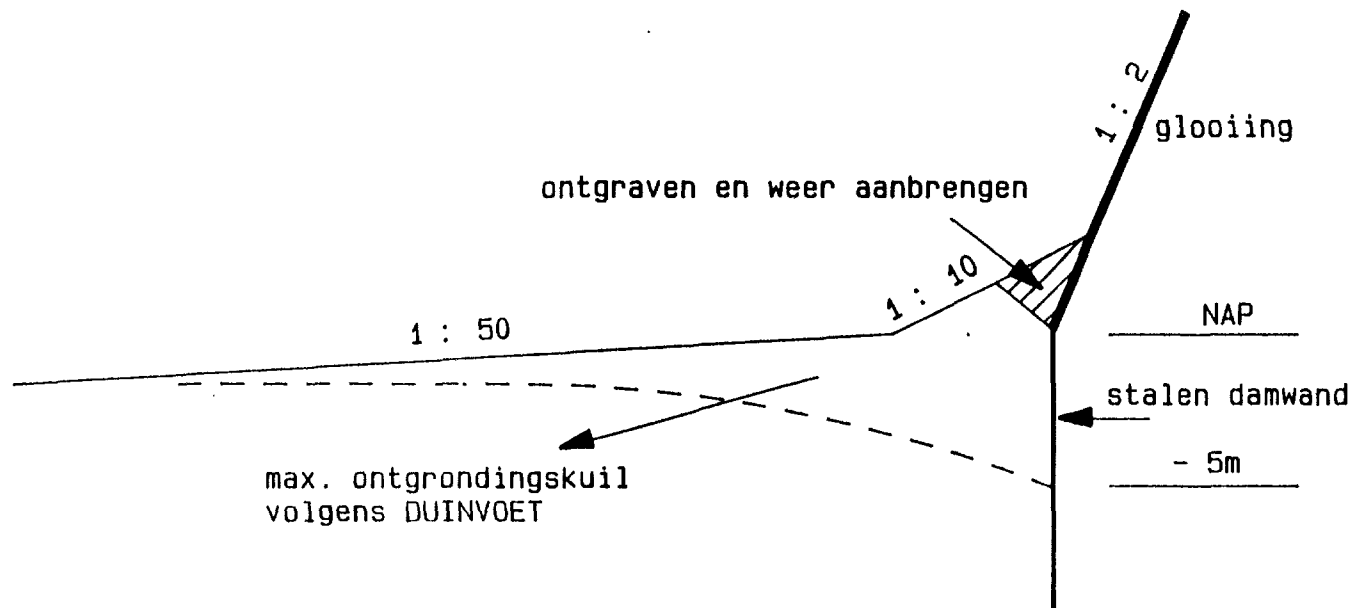
rijkswaterstaat
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

BIJLAGE 3





A : Conventionele
constructie



B : Alternatieve
constructie met
stalen damwand



rijkswaterstaat
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

alternatieve uitvoering van de constructie;
reductie van grondverzet

BIJLAGE 5