

centrum voor onderzoek waterkeringen

ERVARINGEN MET TALUDBEKLEDINGEN

DEEL III

Zeedijken

S-73.088

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen  
opgesteld door ing. H.J. van Donk.  
November 1977.

## INHOUD

BLZ.

1. Inleiding	1
2. Indeling van het rapport	3
3. Enige algemene ervaringen en beschouwingen	4
3.1. Taludhelling	4
3.2. Overgangen van een flauwe naar een steilere helling	4
3.3. Overgangen naar andere materialen	4
3.4. Filterconstructies	5
3.5. Mechanische beschadiging	7
3.6. Palenrijen	7
4. Ervaringen met de verschillende materialen	9
4.1. Algemeen	9
4.2. Grasmatten	9
4.3. Klinkers	10
4.4. Oude natuursteensoorten	12
4.4.1. Maatvastheid	12
4.4.2. Materiaaleigenschappen	12
4.4.3. Levering	13
4.5. Basaltglooiingen	14
4.6. Koperslakblokken	19
4.7. Betonblokken	19
4.8. Systeemglooiingen van beton	20
4.9. Bekledingen van asfaltbeton.	22

## Bijlagen

1. Litteratuurlijst
2. Overzicht van soorten en hoeveelheden van voorkomende taludbekledingen. (3 bladen).

## 1. Inleiding

De huidige taludverdedigingen van zeedijken worden veelal op grond van praktijkervaring gedimensioneerd en aangelegd. In vervolg op de nota's "Ervaringen met taludbekledingen" deel I en II, waarin de ervaringen met de meest voorkomende taludbekledingen langs respectievelijk rivierdijken en boezemwateren of scheepvaartkanalen zijn beschreven, leek het zinvol om in onderstaande hoofdstukken een overzicht te geven van de ervaringen met bekledingen van zeedijken.

Evenals in de voorgaande twee delen moet er hier ook weer op worden gewezen, dat deze nota beslist geen kant en klaar oplossingen biedt voor zee-weringproblemen, omdat de randvoorwaarden, zoals de grondgesteldheid, de windligging, de diepte van de voorliggende strook water, de stroming etc., al over vrij korte afstand van plaats tot plaats kunnen verschillen. Toch blijken de beheerders vaak dezelfde ervaringen te hebben met bepaalde materiaalsoorten of constructietypen van de taludverdediging. De ervaringen met een aantal hoofdtypen zijn in onderstaande hoofdstukken beschreven. Een beschrijving van de ervaringen met teenbestortingen en -constructies is achterwege gelaten vanwege de grote diversiteit in de vooroevertypen en toegepaste materialen.

De inventarisatie is beperkt tot de zeedijken van Groningen, Friesland, de dijken in Noord-Holland ten zuiden van Den Helder, Texel, de Afsluitdijk, de Rotterdamse Waterweg en Zeeuws-Vlaanderen. Ook zijn enige ervaringen verwerkt die zijn opgedaan bij de aanleg van de Deltadammen. Door de volgende instanties is medewerking verleend en zijn de gegevens verstrekt, waarvan in deze nota dankbaar gebruik is gemaakt:

- a) Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier.
- b) Provinciale Waterstaat van Friesland.
- c) Provinciale Waterstaat van Zeeland.
- d) Rijkswaterstaat, Deltadienst, afd. Waterbouwkundige Werken West
- e) Rijkswaterstaat, Dienst Zuiderzeewerken, dienstkring Afsluitdijk
- f) Rijkswaterstaat, Directie Groningen, Meet- en Adviesdienst.
- g) Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, dienstkring Noordzeekust
- h) Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland, afd. Voorbereiding en uitvoering van natte werken.
- i) Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren, dienstkring Hoek van Holland.

Aan bovenvermelde instanties zijn de volgende vragen voorgelegd:

1. Met welke materialen is het buitentalud van de dijk verdedigd en wat heeft de keuze van de constructie en materialen bepaald.

2. Wordt de kust zwaar of licht aangevallen.
3. Waar vindt op het talud de zwaarste aanval plaats.
4. Wat is de lichtste verdediging en wat zijn de ervaringen hiermee.
5. Wat zijn de ervaringen met de overige toegepaste materialen, zowel bij aanleg als erna.
6. Worden er filters toegepast onder de bekleding en welke materialen zijn hierbij toegepast.
7. Treedt er vaak mechanische beschadiging op door bijvoorbeeld aanvaring, wrakhout en wat is de omvang van deze schade.

De antwoorden op deze vragen zijn in de volgende hoofdstukken uitgewerkt. Het viel op dat bij de constructie en toepassing van materialen bij bekledingen van zeedijken veel op de praktijkervaring wordt afgestaan. In principe komt het er vaak op neer dat men op een zwaardere constructie overgaat als er in het verleden te veel schade is opgetreden, zodat de onderhoudskosten te hoog oplopen en/of de veiligheid van de dijk in gevaar komt. Er bestaat bij deze gang van zaken de mogelijkheid dat men de nieuwe constructie overdimensioneert. In dit kader is vraag 4 van belang. Men kan de lichtst toegepaste verdediging in een bepaald gebied dan wellicht als een ontwerp beschouwen, waarbij de schadefrequentie juist toelaatbaar kan worden geacht.

In tegenstelling tot de delen I en II was het onmogelijk een beschouwing te geven over de kostprijs van de verschillende taludbekledingen. Deze liep voor een soort bekleding die op verschillende plaatsen werd toegepast al ver uiteen.

## 2. Indeling van het rapport

Evenals in deel I is in deze nota een hoofdstukindeling aangehouden naar de meest voorkomende bekledingsmaterialen en -constructies. Hiervan zijn de algemene ervaringen beschreven. Deze worden geïllustreerd met voorbeelden uit de verschillende dijkvakken van Nederland.

In hoofdstuk 3 zijn enige algemene ervaringen en beschouwingen weergegeven. In hoofdstuk 4 zijn de ervaringen beschreven met de verschillende materiaalsoorten. In de tekst wordt verwezen naar literatuur. Achterin de nota bevindt zich een lijst van gebruikte en aanbevolen literatuur.

### 3. Enige algemene ervaringen en beschouwingen

#### 3.1. Taludhelling.

Bij de inventarisatie is gebleken dat de keuze van de helling van het buitentalud voornamelijk van twee factoren afhangt:

A) De mate waarin de dijk wordt aangevallen.

B) De keuze van de toegepaste materialen.

Ad A: Bij een licht aangevallen dijk kan men volstaan met een steilere taludhelling dan bij een zwaar aangevallen dijk. Zo kan men bij de zuidoostkust van Texel volstaan met een helling van 1:3 voor een gezette steenglooiing. Bij zwaar aangevallen dijken is de taludhelling flauwer. De Hondsbossche zeekering heeft bijvoorbeeld een taludhelling van 1:7 voor een gezette steenglooiing. Een flauwere helling kan echter ook voortvloeien uit de behoefte van een lager gewenste kruin. Vaak ook stamt de flauwere helling uit het verleden. Men had toen nog niet de mogelijkheden of gelden om zware steen en asfaltbekledingen aan te brengen, terwijl grondwerk wel goed uitvoerbaar was en minder kostbaar dan aankoop van kostbare materialen voor de steenbekleding.

Ad B: Bij de toepassing van gezette steenglooiingen wordt meestal met een steilere helling volstaan dan bij de toepassing van asfaltbeton. Bij de Deltadammen en in Friesland wordt het asfaltbeton bijvoorbeeld onder een helling van 1:6 en 1:4 à 4,25 aangebracht. De gezette constructies op de dijken van Zeeuws Vlaanderen worden onder een helling van 1:3<sup>5</sup> aangebracht.

#### 3.2. Overgangen van een flauwe naar een steilere helling.

Op sommige plaatsen gaat men in de richting van teen naar kruin van een flauw talud over op een steiler talud. Bij sommige waterstanden kan de ligging van deze overgang zodanig zijn dat hier de samenkomst van aankomende en terugtrekkende golf plaatsvindt, waarbij door het bots-effect de nodige energie vrijkomt. Hieraan wordt vaak beschadiging bij een dergelijke overgang toegeschreven.

#### 3.3. Overgangen naar andere materialen.

De ervaring van veel beheerders is, dat bij overgang van het ene naar een ander bekledingsmateriaal schade optreedt. Het komt vaak voor dat

de grasmat op de grens van bekleding en grasmat wordt beschadigd (4.2.). Ook komt het voor dat de steenbekleding aan de voet van een asfaltbekleding wordt beschadigd. In Friesland tracht men dit tegen te gaan door een strook basaltzuilen aan de voet van een asfaltbekleding te penetreren met een asfaltmengsel (fig. 1). Bij de Helderse zee-wering heeft men volgens hetzelfde principe gewerkt. Dit is echter alleen mogelijk bij een steenzetting met een voldoende open structuur, zoals basalt. Bij een koperslak- of betonblok-glooïng is dit niet mogelijk.

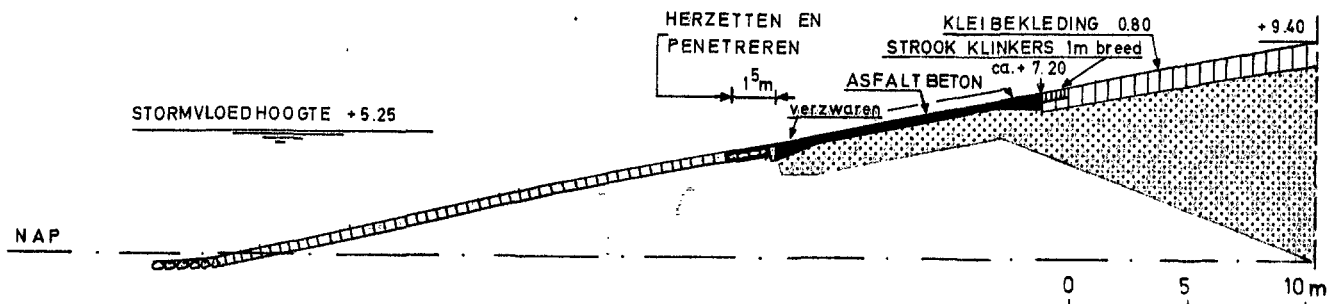


FIG. 1

### 3.4. Filterconstructies.

Filters worden meestal aangebracht om uitspoeling van materiaal tussen de bekleding te voorkomen of op plaatsen waar men wateroverspanningen onder de bekleding verwacht. De opbouw van en de materiaalkeuze voor die filters is nagenoeg altijd een ervaringskwestie. Toch staat in deze paragraaf weinig vermeld over de ervaringen met filters, want de rechtstreekse ervaring over het al of niet functioneren van een filter is gering. Men constateert namelijk na een storm dat een glooiïng is beschadigd, maar het is meestal moeilijk vast te stellen of dit is veroorzaakt door de slechte werking van het filter.

Om een indruk te krijgen welke typen filters worden toegepast, zijn in onderstaande figuren enige filters getekend (fig. 2 en 3).



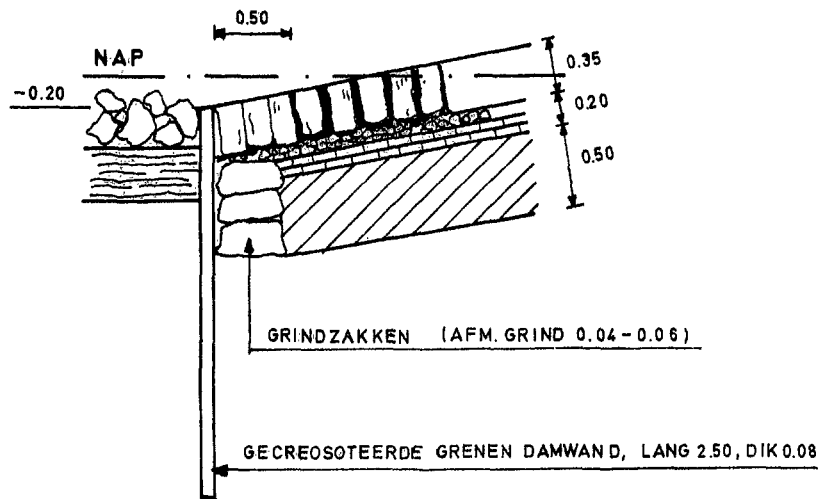


FIG. 2

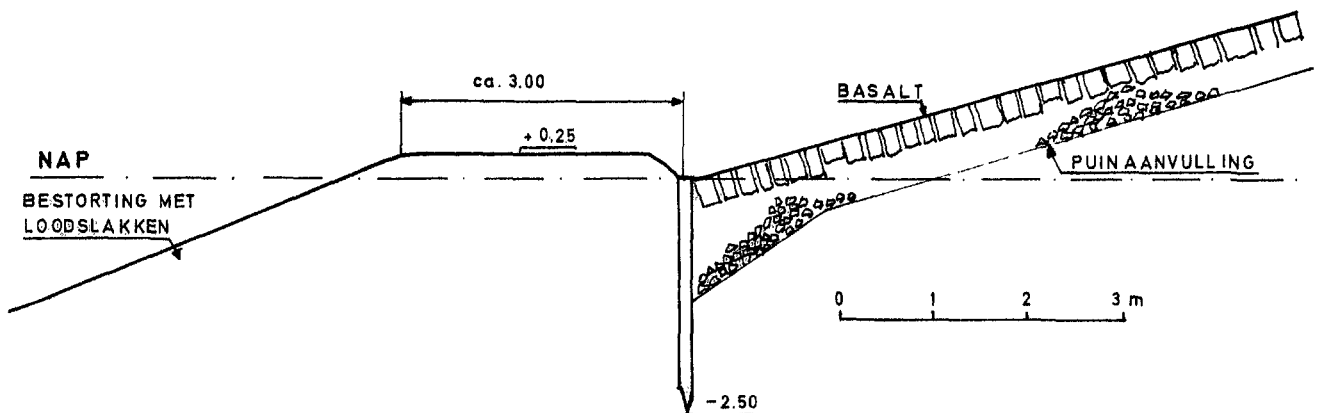


FIG. 3

Bij de verlengde Helderse zeekering is een grindfilter toegepast. Dit filter rust tegen een damwand, maar werkt niet optimaal, omdat de damwand weinig waterdoorlatend is. Volgens de beheerder was het beter om in plaats van de damwand een doorlatender palenrij toe te passen. Tegenwoordig past men veel kunststoffilters toe, waarmee men reeds enige ervaring heeft. Er zijn veel studies uitgevoerd en aan de gang, over materiaaleigenschappen, dichtheid, waterdoorlatendheid en toepassingsmogelijkheden in de dijkbouw (litt. 1). In sommige gevallen is de aanleg van een filter niet noodzakelijk.

Bij de dijkverbeteringen in Zeeland komt het vaak voor dat de oude kleidijk in de buitenzijde van het (zwaardere) nieuwe profiel is opgenomen. Wateroverspanningen van binnen uit de dijk zijn hierdoor niet te verwachten.

Er zijn theoretische studies over filters gepleegd.

Over de opbouw van filters is o.a. gepubliceerd door Terzaghi (litt. 2). Over de toepassing van mijnsteen als filtermateriaal lopen de meningen en ervaringen uiteen. Sommige beheerders zijn van mening dat mijnsteenfilters dichtslibben door verwerking van de mijnsteen. Er zijn gevallen bekend dat de mijnsteen uiteen viel. Hierdoor trad verschuiving en uitspoeling van het filter op met als gevolg een verzakking van de glooiing.

De Deltadienst werkt met mijnsteen en heeft hiermee goede ervaringen. Voor toepassing in dunne lagen bleek mijnsteen ongeschikt vanwege het dichtslibben. Bij toepassing van dikke lagen bleek de mijnsteen te voldoen. Bij opgravingen trof men de mijnsteen in zijn oorspronkelijke staat aan. Uit onderzoek door de Deltadienst blijkt dat de verwerking van mijnsteen sterk afhangt van de soort (litt. 3).

Bij toepassing van mijnsteen direkt op het zand zijn bij de Eemshavenuitbreiding in Groningen enkele plaatselijke zakkingen geconstateerd, waarvan niet zeker is of deze zijn ontstaan door vermenging van mijnsteen met onderliggend zand, dan wel door klink van het zandpakket. Soms wordt dan ook een filterdoek toegepast tussen het mijnsteen- en zandpakket.

### 3.5. Mechanische beschadiging.

In tegenstelling tot de in deel I en II beschreven bekledingen heeft men bij de zeedijken weinig hinder van mechanische beschadiging door bijvoorbeeld deklasten. Een voorwaarde is wel dat men regelmatig het vuil van de dijk verwijdert. Wel veroorzaken gestrande schepen de nodige schade. Deze kan vrijwel altijd gemakkelijk worden gerepareerd.

### 3.6. Palenrijen.

Staketwerken, zoals deze vroeger werden uitgevoerd, zijn alle verdwenen. Wel komen op sommige dijken nog palenrijen voor die boven de glooiing uitsteken en daardoor een golfoploppremmende functie hebben.

In Zeeland staan nog veel palenrijen in de nog niet verbeterde zeedijken. In nieuw werk worden zij niet meer toegepast, omdat zij van-

wege het veel zwaarder geworden dijkprofiel niet meer noodzakelijk zijn en vanwege ondergenoemde nadelen.

Enige nadelen van palenrijen zijn:

- a) Dure constructie.
- b) Er komen extra krachten op de glooiing door de golfklappen.
- c) De naden rond de palen worden snel aangetast, waardoor de bekleding uit de glooiing slaat.
- d) Palen zijn kwetsbaar voor mechanische beschadiging b.v. door dek-ladingen en ijsgang.

Er worden nog wel veel palenrijen toegepast, waarvan de koppen van de palen op gelijke hoogte staan met de bekleding. Met behulp van de palenrijen wordt de glooiing in vakken verdeeld. Bij schade aan een vak dient de palenrij er dan voor dat deze schade beperkt blijft tot dat vak. In de praktijk blijkt deze methode over het algemeen effectief.

#### 4. Ervaringen met de verschillende materialen

##### 4.1. Algemeen.

Er is reeds veel studie verricht betreffende de golfaanval op de dijken, o.a. de golfoploop en de golfoverslag (litt. 4).

In verband met de in onderstaande tekst besproken voorbeelden, waarin ervaringen met materialen in bepaalde dijkvakken worden beschreven, is het volledigheidshalve gewenst om een overzicht te hebben van de zwaarst aangevallen zone op de beschouwde dijken. In onderstaande tabel zijn enige ervaringscijfers opgenomen voorzover deze bekend zijn.

<u>Hoogte van de zwaarst aangevallen zone in m t.o.v. N.A.P.</u>		
<u>Plaats</u>	<u>Van</u>	<u>Tot</u>
Groningen	+ 4.00	+ 5.00
Friesland	+ 4.00	+ 5.00
Texel	0.00	+ 2.50
Afsluitdijk	+ 4.00	+ 6.00
Noord-Holland	+ 2.00	+ 4.00
Zuid-Holland		
(Rotterdamse Wa- terweg)	+ 1.00	+ 1.50
Zeeland	+ 1.00	+ 4.00

N.B. Bovenstaande zones worden frequent zwaar aangevallen. Bij extreme waterstanden zal deze zone waarschijnlijk nog wat hoger liggen.

##### 4.2. Grasmatt.

De meeste dijken zijn voorzien van een steen- of bitumineuze bekleding op het buitentalud met daarboven een grasmatt. Er zijn echter nog enige dijken (bijv. in Friesland) die alleen met een grasmatt zijn bekleed. Deze dijken worden weinig aangevallen. De grasmatt voldoet goed en bij de tot nu toe opgetreden stormvloed en is er weinig schade aangericht. Bij de dijken waarvan het buitentalud is voorzien van een steen- of bitumineuze bekleding komt veelal boven de bekleding en op de kruin een grasmatt voor. De ondergrens van de grasmatt wordt vaak bepaald door het peil waar het zoute water vrij frequent komt. Beneden dit peil is goede

grasgroei onmogelijk.

In Zeeland begint de grasmat meestal op het peil dat gemiddeld niet meer dan éénmaal per winter wordt overschreden. De ervaring is dat de grasmat over het algemeen weinig beschadigingen vertoont na een storm, mits de grasmat al enige jaren ligt en bovendien groeit op goede grond (bijvoorbeeld klei). Wel komt vaak, zij het in beperkte omvang, beschadiging en ontgronding voor op de overgang van de bekleding naar de grasmat. Sommige beheerders ondervinden een nadelige invloed van het zout en stuifzand op de groei van de grasmat.

Over de optimale groei en het beheer van grasmatten op dijken zijn studies verricht (litt. 5a). Onder andere heeft een daartoe ingestelde werkgroep een nota hierover uitgebracht (litt. 5).

#### 4.3. Klinkers

Vroeger werden veel klinkers op glooiingen toegepast.

Voor toepassing in de zwaarst aangevallen zone blijken ze te licht.

Als voorbeeld kan de Hondsbossche zeewering worden genoemd. Hier lag op ongeveer N.A.P. + 2,50 m een berm van op de kant geplaveide klinkers. Aan deze berm trad veel schade op bij een waterstand van N.A.P. + 2.00 m. De klinkerberm wordt vervangen door een basaltglooiing 40/50 tot een hoogte van N.A.P. + 3,80 m.

Wel worden klinkers net boven de zwaarst aangevallen zone toegepast.

In de meeste gevallen zijn ze dan op de kop gezet, omdat een op de kant gezette glooiing te licht is. Wel is geconstateerd dat de grasgroei tussen een op de kant gezette glooiing beter is dan bij op de kop gezette klinkers. Bij licht aangevallen dijken, zoals de zuidoostelijke dijken van Texel, wordt een klinkerglooiing als overgang naar een groen talud gebruikt (fig. 4). Ook op enige gedeelten van de Afsluitdijk worden ze nog toegepast. (fig. 5). Op andere gedeelten van de Afsluitdijk zijn de klinkers vervangen door bloksteen (fig. 6 en 7). Het buitentalud van de Friese zeedijken was vroeger in de getijzone meestal met basalt bekleed. Daarboven lag een glooiing van op de kop gezette klinkers. De ervaring was dat er weinig schade optrad op die gedeelten waar het gras reeds goed door de voegen was gegroeid. Op plaatsen waar dit niet het geval was, trad in het eerste stormseizoen na aanleg veel schade op.

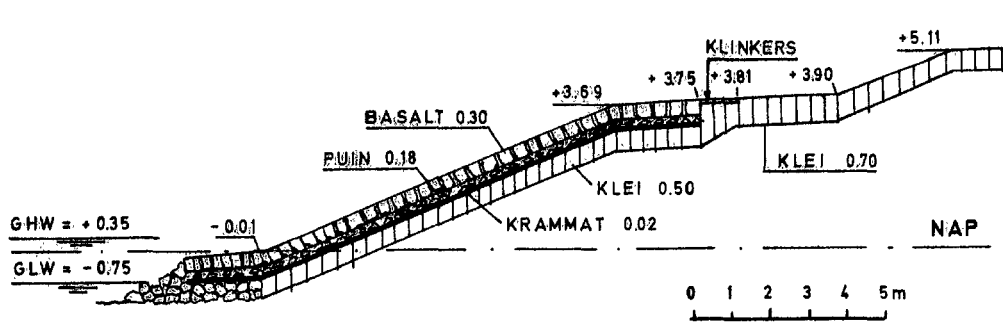


FIG. 4

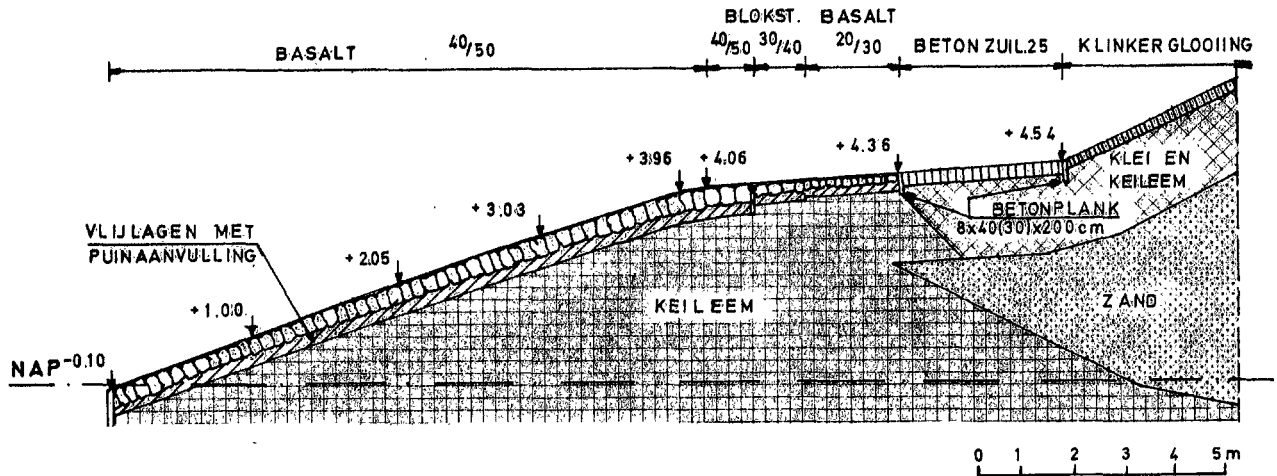


FIG. 5

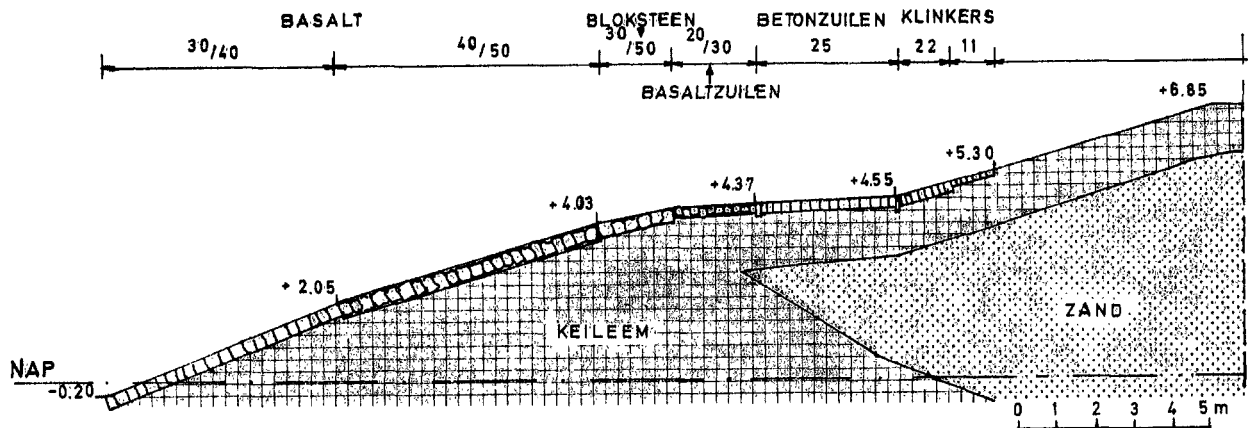


FIG. 6

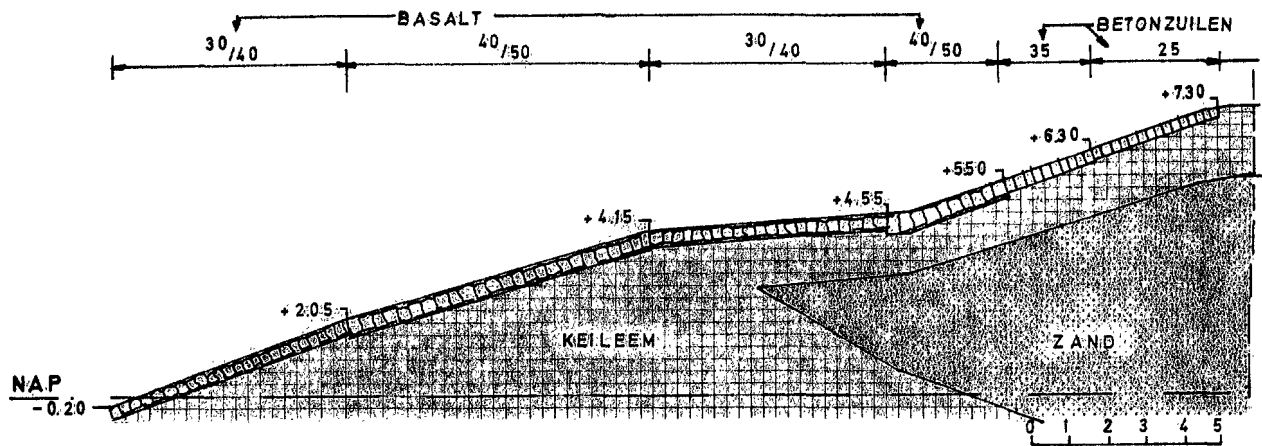


FIG. 7

#### 4.4. Oude natuursteensoorten.

Over de ervaringen met oude natuursteensoorten zoals Vilvoordse steen, Doornikse steen, Lessinese steen etc. is al veel gepubliceerd in oude boeken en tijdschriften (litt. 6). De oude natuursteensoorten worden tegenwoordig weinig meer toegepast in nieuwe werken. Als voornaamste redenen kunnen hiervoor worden opgegeven:

##### 4.4.1. Maatvastheid.

De maatvastheid van de steensoorten is gering. Hierdoor worden aan het zetten te veel arbeidsuren besteed.

Zo heeft Lessinese steen een geringe maatvastheid. Ook de Scandinavische bloksteen (graniet) is tegenwoordig slecht behakt, zodat er veel lichte stukken tussen zitten, die òf helemaal niet verwerkt kunnen worden òf na een geringe golfaanval reeds uit de glooiing worden geslagen.

Pools en Portugees graniet hebben een betere maatvoering, omdat in deze landen hier meer aandacht aan wordt besteed.

Ten oosten van Breskens heeft men nog Portugees graniet 25/30 toegepast. De ervaringen hiermee zijn goed.

##### 4.4.2. Materiaaleigenschappen.

In Zeeland worden de meeste met Vilvoordse steen beklede glooiingen gesloopt. Deze zandsteensoort slijt te hard, waardoor hij al snel niet meer voldoet.

Vroeger werd in de glooiing van de Afsluitdijk veel Belgische bloksteen (30/40 en 40/50) verwerkt. Een nadeel van deze steen is de gelaagdheid van sommige blokken, waardoor deze na verloop van tijd uiteenvallen. Bij hergebruik is ongeveer 30% van de totale hoeveelheid onbruikbaar. In 1953 bleek de steen te licht te zijn, omdat het verband tussen de stenen veelal minder bleek dan bij bijvoorbeeld basaltzuilen. In Zeeland kent men bij het ontwerpen van bloksteenglooiingen daarom geen klemvermogen toe aan de stenen onderling, wat een zware constructie met zich meebrengt.

Op de Afsluitdijk past men de bloksteen nog toe boven de zone met de zwaarste aanval. (fig. 8).

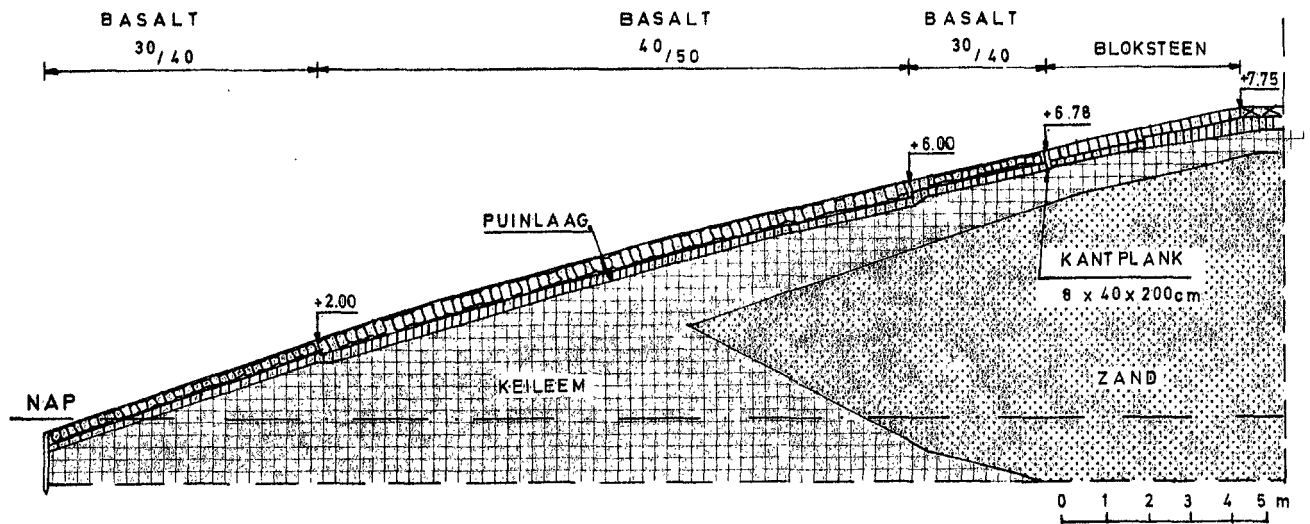


FIG. 8

In de meeste gevallen wordt de glooiing opgevangen door een betonnen plank. Het opsluitwerk vraagt veel aandacht omdat hier anders beschadiging optreedt. Aanvankelijk werd de bloksteen ingewassen met klei. Dit bleek qua uitvoering op bezwaren te stuiten, omdat er bonkvorming optrad. Later werd asfalmortel gebruikt. Dit mengsel kan zonder meer tussen de stenen worden verwerkt.

Hiermee wordt ook het bovenvermelde opsluitwerk tegen de betonnen plank vergemakkelijkt. Met deze constructie heeft men goede ervaringen.

#### 4.4.3. Levering.

Sommige steensoorten zijn vaak moeilijk te verkrijgen en daardoor kostbaar.



#### 4.5. Basaltglooiingen.

Zuilenbasalt wordt veel op zeedijken toegepast. Met basalt is al veel ervaring opgedaan. Ook is er vroeger al veel over gepubliceerd o.a. litt. 6 en 7. Tegenwoordig wordt basalt nog steeds toegepast, hoewel minder dan vroeger. Op de zeedijken vindt die toepassing bijna uitsluitend plaats in de zwaarst aangevallen zone. Ook bij zwaar aangevallen dijken voldoen deze glooiingen uitstekend. Tegenwoordig wordt bij nieuwe dijkwerken in de zwaarst aangevallen zone asfaltbeton in plaats van basalt toegepast, vanwege de kosten en het snellere verwerkingsaspect. In de normaal dagelijkse getijzone en ca. 1 m daarboven wordt echter nog steeds basalt verwerkt. (Zie ook 4.9.).

Als voorbeelden worden genoemd: De Afsluitdijk (fig. 6, 7, 8), de Helderse zeewering (fig. 9), de Pettemer zeewering (fig. 10) en de Hondsbossche zeewering (fig. 11).

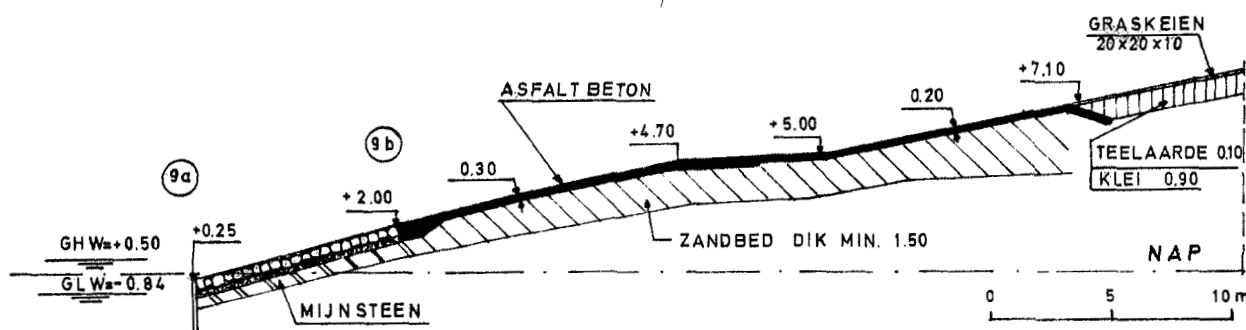


FIG. 9

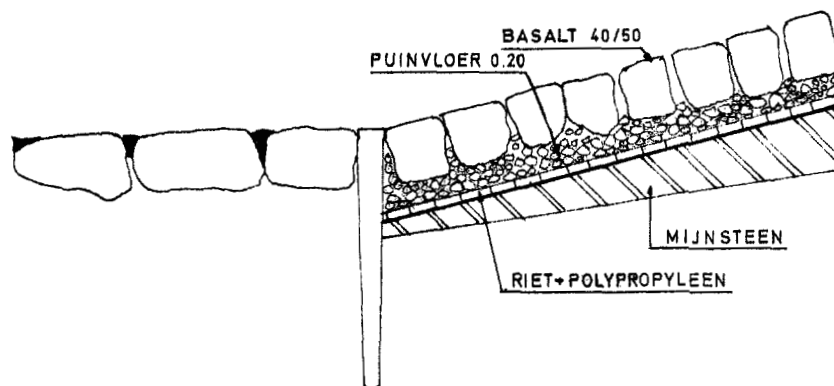


FIG. 9a

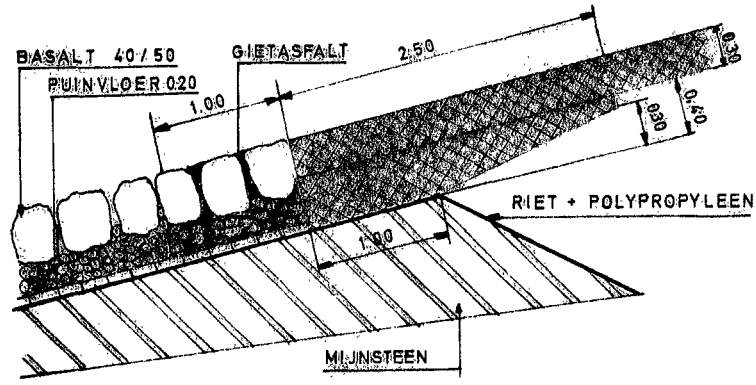


FIG. 9b

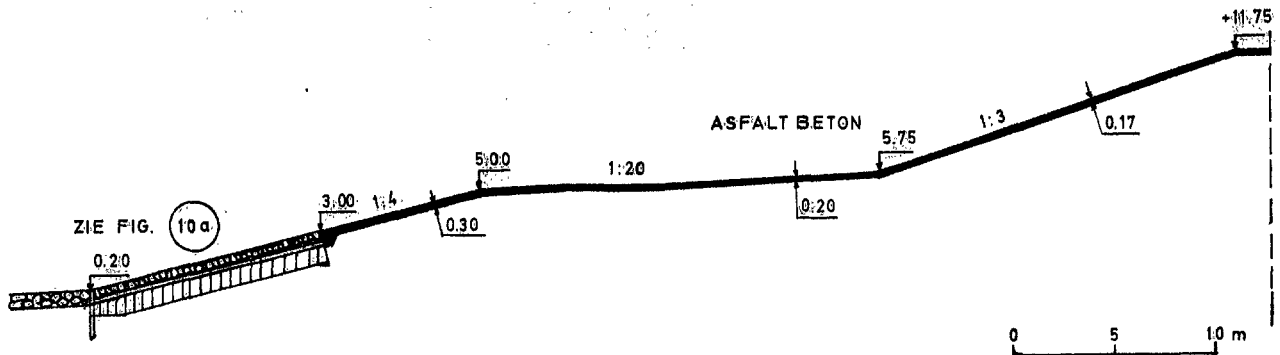


FIG. 10

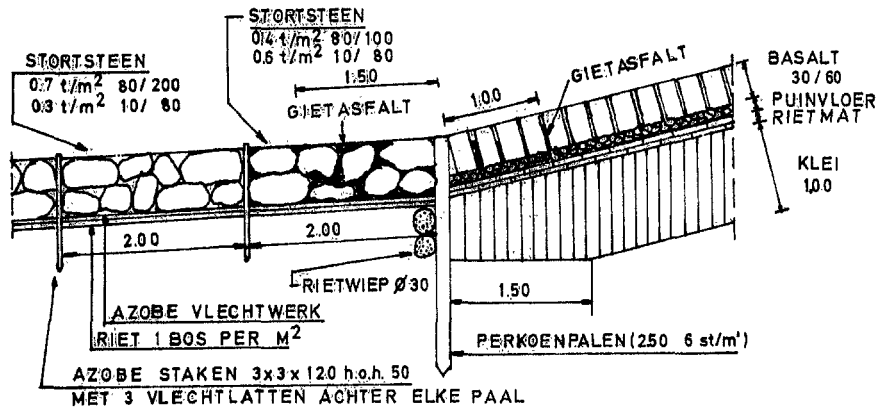


FIG. 10a

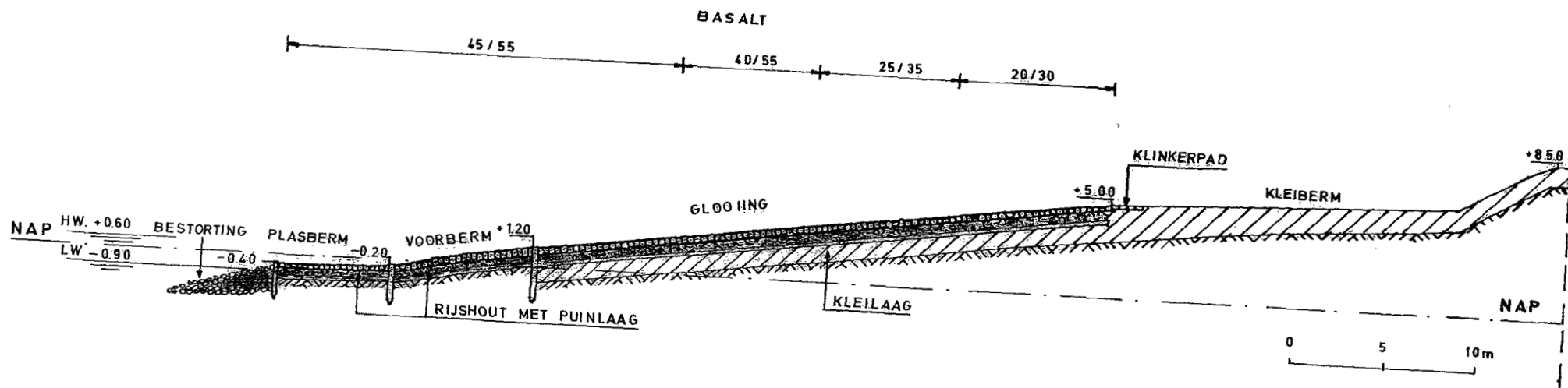


FIG. 11

Het valt bij bovenstaande voorbeelden op dat aan de teen van de glooiing meestal lichter basalt is gebruikt. Langs de Afsluitdijk heeft men in de zwaarst aangevallen zone basaltzuilen 40/50 toegepast. Onder N.A.P. + 2,00 m liggen echter zuilen 30/40. Bij storm bij laag water wordt de glooiing 30/40 op sommige plaatsen beschadigd.

Onder die omstandigheden blijkt hij te licht. Dit bezwaar komt ook voor bij de Pettemer en Hondsbossche zeewering.

Op de plasberm (die als werkberm voor de onderliggende constructie dient en tevens als remmend element op de golfoploop) zijn zuilen 30/40 gebruikt. Daarboven worden zwaardere zuilen 50/60 toegepast. Ook op deze plasberm is in het verleden schade opgetreden bij storm tijdens lage waterstand. Om het uitslaan van de zuilen te voorkomen heeft men de berm van de Pettemer zeewering gepenetreerd met gietasfalt. Bij de Hondsbossche zeewering is dit niet gedaan, omdat de beheerder hier het bezwaar heeft dat men geen zekerheid heeft over een volledige penetratie van de glooiing en de onderliggende constructie.

In Friesland is de glooiing op een dijkvak ten zuiden van Harlingen herzet en met zeezand ingewassen. Daarna werd het zeezand gedeeltelijk uit de voegen gespoten en de voegen gepenetreerd met asfaltimulsie. Het lag in de bedoeling om zodoende een voegvulling van 0,15 m te krijgen, maar vaak bleek deze slechts 0,05 m te bedragen. De angst bestaat dat de voegvulling hierdoor uit de voegen slaat.

De ervaring van de meeste beheerders is dat in de zwaarst aangevallen zone minstens basalt 40/50 moet worden toegepast om zo min mogelijk schade te krijgen. Een andere ervaring is dat de gradatie tussen de zuilafmetingen niet te groot moet zijn, anders slaan de kleine zuilen uit de glooiing.

De nadelen van het tegenwoordig geleverde basalt zijn:

- a) Het materiaal wordt niet meer zo netjes gesorteerd en op maat geleverd als vroeger en is daardoor moeilijker te zetten. Dit heeft vaak tot gevolg dat te korte zuilen in een glooiing worden verwerkt op een puinstapeling (op stoeltjes zetten van de zuilen), wat later schade kan geven.
- b) Het aantal ervaren steenzetters is gekrompen.

- c) De aanleg van een basaltzetting kan niet machinaal gebeuren en is zeer arbeidsintensief en daardoor kostbaar.

Om een goede basaltglooiing te maken, is het vooral wat de punten a en b betreft, noodzakelijk om veel toezichthoudend personeel op het werk te hebben. Om aan de onder a en b genoemde bezwaren het hoofd te kunnen bieden, is er een nieuw soort betonzuilensysteem op de markt gebracht (zie hoofdstuk 4.8.). Langs de Rotterdamse Waterweg heeft men goede ervaringen ermee.

Het onderling vastzetten van de basaltzuilen d.m.v. stopstukken gebeurt tegenwoordig weinig meer.

Het afstoppen heeft tot nadeel dat een verse glooiing na iedere storm moet worden nagelopen en herstopt.

Een ander nadeel is dat bij kantelen van de zuilen, de kans bestaat dat de stoppen verdwijnen.

Vooraf het laatste nadeel wordt opgevangen door de glooiing in te wassen met grind of ander materiaal. Het grind wordt over het talud gestort en verdwijnt grotendeels in de voegen. De optimale structuur van het grind wordt meestal pas bereikt nadat de glooiing enige malen aan golfaanval heeft blootgestaan. De zuilen geraken dan in trilling, zodat het grind vasttrilt tussen de zuilen. In Friesland bijvoorbeeld spreidt men het grind over de gehele basaltglooiing en laat de zee het grind vanzelf inwassen. Om echter te voorkomen dat een grote hoeveelheid grind in zee verdwijnt, brengt men het grind in twee fasen aan. Per keer wordt ongeveer  $35 \text{ t/m}^2$  over het talud gespreid.

Over het al dan niet toepassen van grind als voegvulling lopen de meningen uiteen. Daarom zijn hieronder enige meningen en ervaringen weergegeven. Enige beheerders zien gevaar dat de voegen na het inwassen te dicht worden, waardoor wateroverspanningen onder de glooiing kunnen ontstaan. Anderen menen dat dit bezwaar niet geldt en anders op te vangen door grind van gelijke grootte toe te passen en deze af te laten hangen van de grootte van de holle ruimten tussen de zuilen. De meeste beheerders hebben met het inwassen van grind goede ervaringen. In sommige gevallen bleek het grind door te zware golfaanval tussen de naden uit te slaan. In deze gevallen zijn loodslakken ingewassen. Deze doorstaan deze zware aanval goed.

#### 4.6. Koperslakblokken.

Aan de kust van Friesland en Groningen worden koperslakblokken toegepast in de zone beneden de zwaarst aangevallen asfaltbekleding. (fig. 12). In Groningen heeft men hier ongeveer 5 jaar goede ervaringen mee. Ook andere beheerders, o.a. in Zeeland hebben goede ervaringen. Het gewicht van de blokken kan zodanig worden gekozen dat dit van basalt wordt geëvenaard.

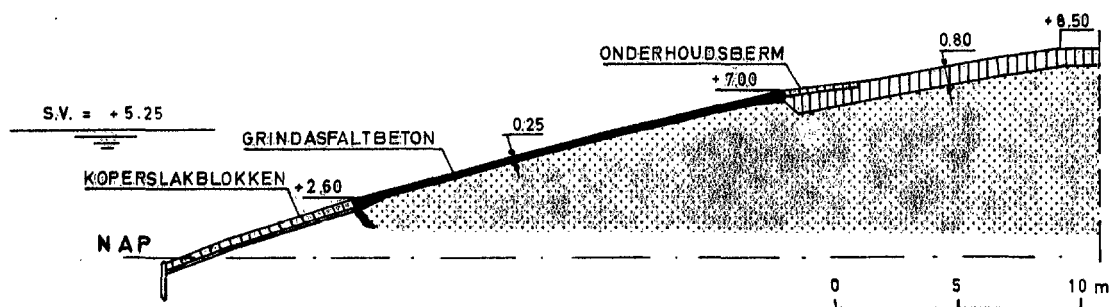


FIG. 12

#### 4.7. Betonblokken.

Betonblokken worden vrijwel langs de gehele kust toegepast boven de zwaarst aangevallen zone. Voor toepassing in de zwaarst aangevallen zone zijn ze te licht gebleken.

De ervaringen met de vroeger gemaakte betonblokken zijn slechter dan met de huidige betonblokglooiingen. De vroegere betonblokken hadden weinig weerstand tegen verwerking door zout water en vorst. De huidige betonkwaliteit is sterk verbeterd: De verbeterde trilmethoden laten weinig open ruimten en de keuze van de juiste watercementfactor heeft men beter in de hand. Door de verwerking van niet al te verse betonblokken kan men ook beschadiging door vorst en zout voorkomen.

Een groot voordeel van betonblokken is hun maatvastheid. Daarom kan een glooiing machinaal worden gezet, wat een arbeidskostenbesparing met zich meebrengt. Wel is een nauwkeurige maatvoering vereist.

In Zeeland worden veel betonblokken boven de meest aangevallen zone gebruikt (fig. 13). Men heeft hier goede ervaringen mee. De blokken worden op klei gezet, waarbij men extra aandacht besteedt aan een goede aansluiting van de blokken op de klei, opdat waterstroming onder de blokken wordt voorkomen. Daarom dient men in verband hiermee, gerijpte klei toe te passen. De ervaring is dat betonglooiingen die op ongerijpte klei zijn gezet, door de werking van deze klei na verloop van tijd moesten worden herzet. Om de naden tussen de blokken zo klein mogelijk te krijgen, houdt men de tonronde van de glooiing zo klein mogelijk.

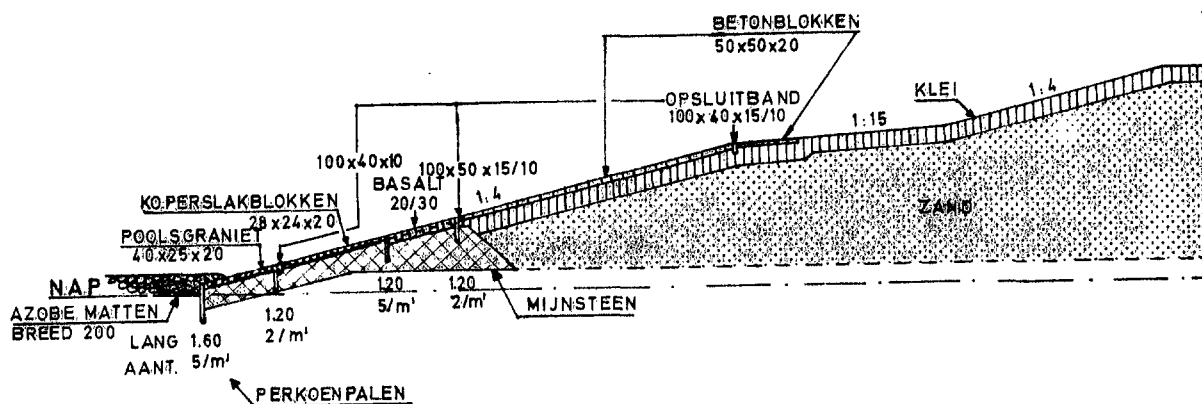
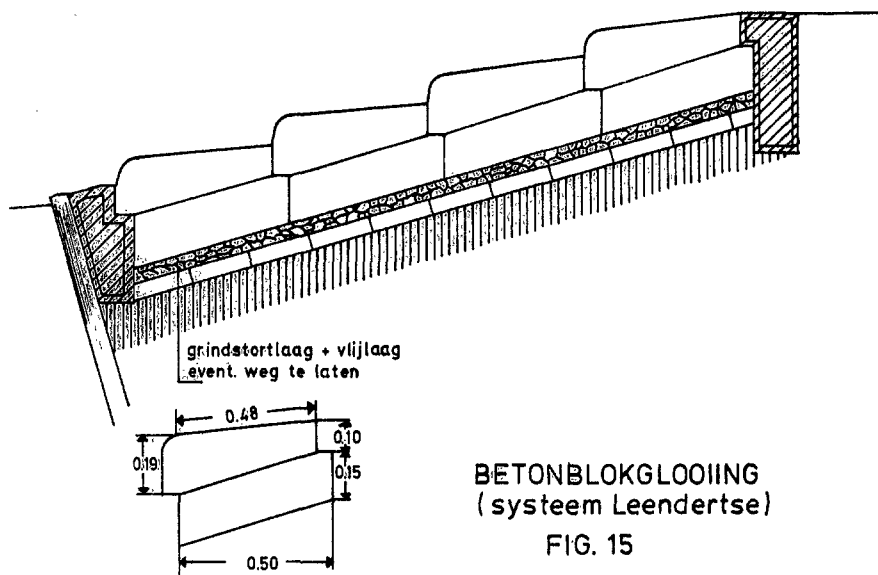
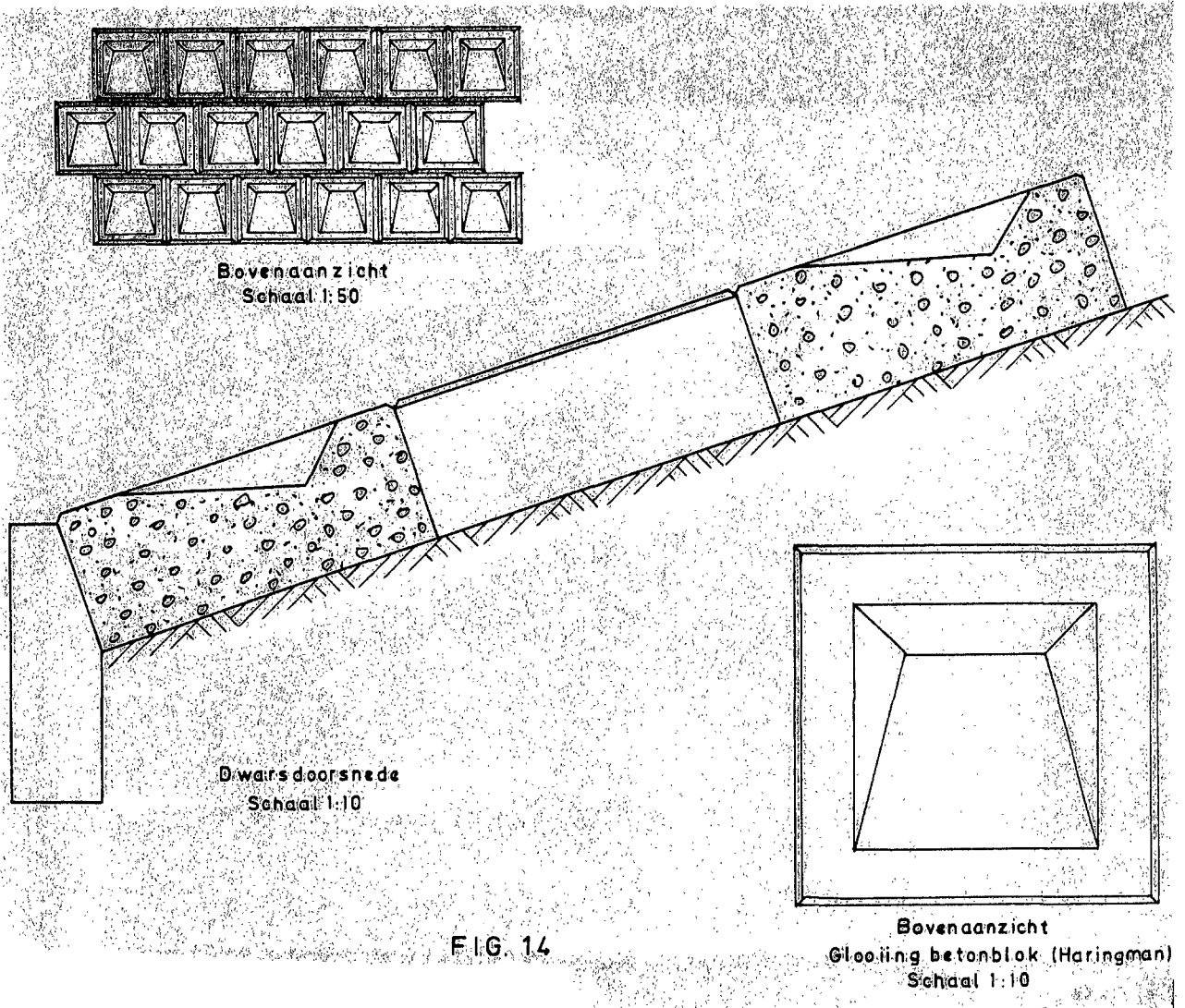


FIG. 13

De toepassing van opsluitbanden wordt van essentieel belang geacht, omdat men een goede aansluiting moet maken, zodat waterstroming onder de blokken zo veel mogelijk wordt voorkomen. Ook kan men vanuit de banden goed op maat zetten. Een nauwkeurig stellen van de banden is dan wel vereist.

#### 4.8. Systeemglooiingen van beton

Op verschillende plaatsen zijn systeemglooiingen toegepast. In de loop der tijd zijn verschillende systemen ontworpen, waarvan hier het systeem Haringman (fig. 14), Leendertse (fig. 15), Kant (Basalton; fig. 16; litt. 15) en systeem Streefkerk (diaboolglooiing; fig. 17) worden genoemd. Met deze systemen heeft men meestal goede ervaringen, ook op zwaar aangevallen taluds.





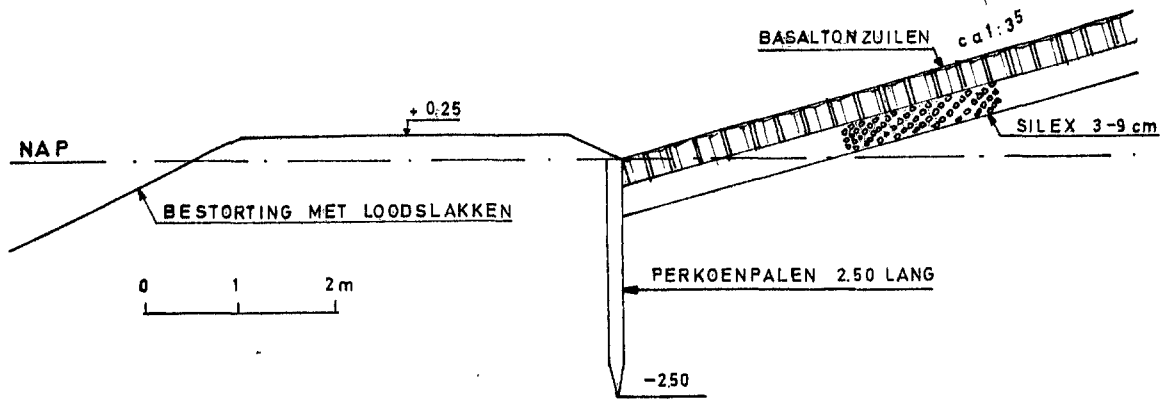
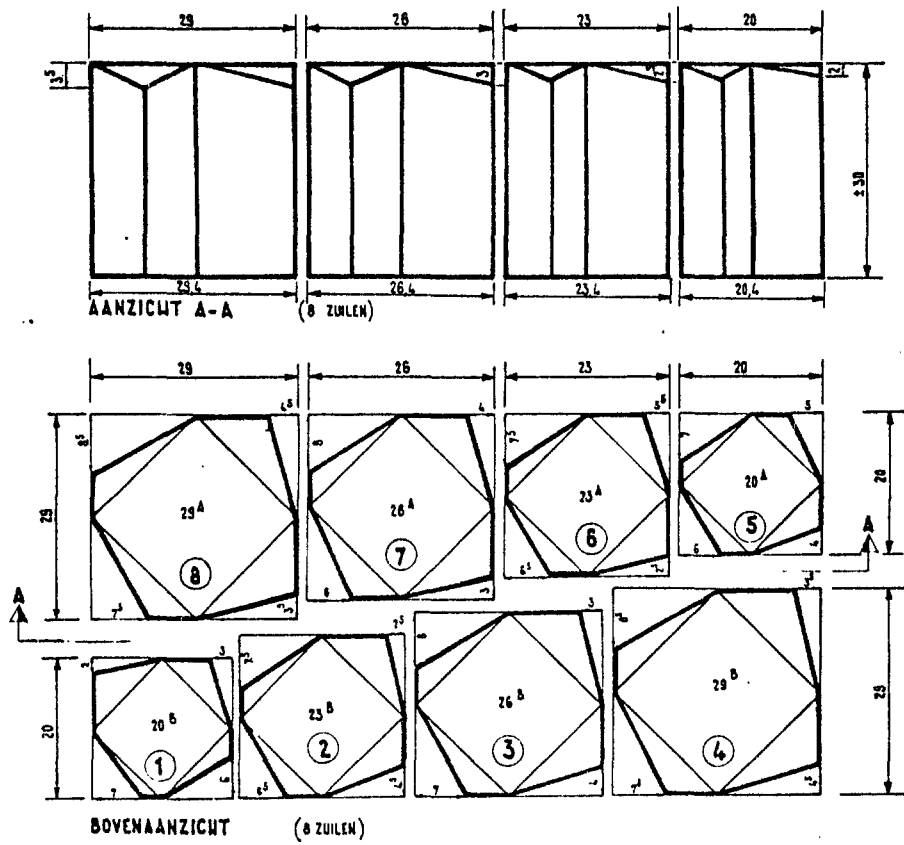
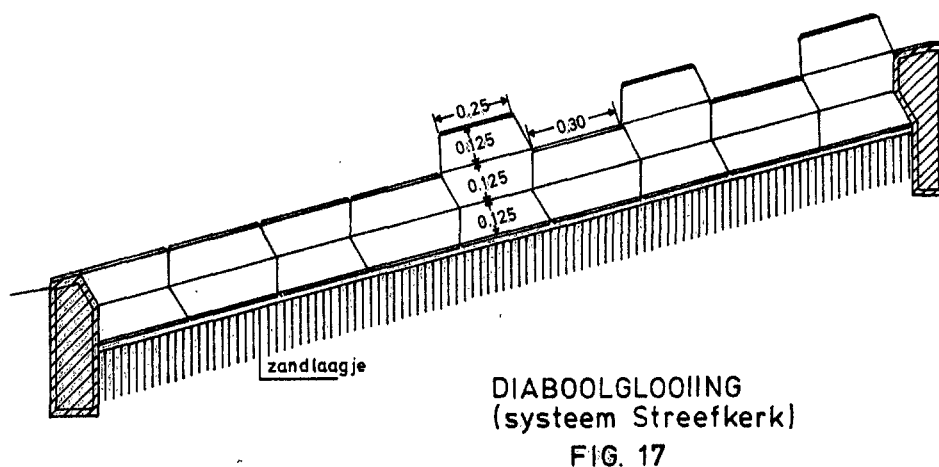


FIG. 16



DETAIL BASALTON - ZUILEN



Door de goede onderlinge samenhang tussen de blokken in de systemen hebben ze een grote weerstand tegen uitslaan. Door het aanbrengen van uitstekende profielen hebben de glooiingen ook nog een golfploopremmende functie. Het effect is van vele factoren afhankelijk, maar volgens de ervaring kan op een reductie van minstens 10% worden gerekend.

De aanlegkosten van de meeste systeemglooiingen zijn hoog.

#### 4.9. Bekledingen van asfaltbeton.

Glooiingen van asfaltbeton worden veel toegepast.

Er is veel ervaring opgedaan en studie uitgevoerd wat betreft de samenstelling van het asfaltmengsel, de optimale verdichting en de uitvoering. (litt. 8, 9, 10 en 11). Over het gedrag van waterspanningen onder asfaltbekledingen is reeds het nodige gepubliceerd en wordt nog onderzoek uitgevoerd (litt. 12). Daarom zal in het onderstaande slechts een relatief klein aantal ervaringen worden beschreven, die een algemene strekking zullen hebben.

Asfaltbeton is vroeger in de getijzone aangebracht, o.a. bij een gedeelte van de Veerse dam (fig. 18).

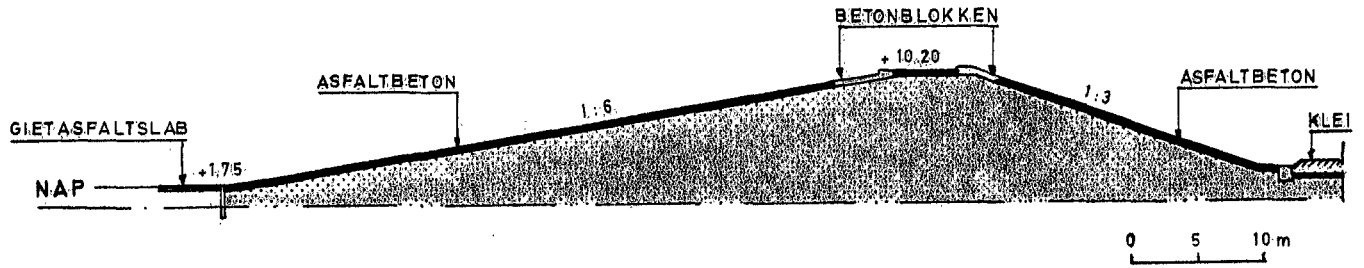


FIG. 18

Over het algemeen moet worden gesteld dat toepassing in de getijzone geen succes is wat betreft uitvoering en levensduur van het asfaltbeton. Het werk kan niet in een keer worden uitgevoerd door de getijwerking. Door het overspoelen van het werk krijgt men een slechte aanhechting van de lagen onderling. Door uitspoeling van de ondergrond tijdens de uitvoering ontstaat een slechte verdichting van het asfaltbeton. Bovendien ontstaat bij de toepassing van asfaltbeton in de getijzone een gesloten teenconstructie, waardoor in de constructie wateroverdrukken kunnen ontstaan. Om deze wateroverdrukken te niet te doen, zijn grote dikten aan asfaltbeton nodig, wat erg duur is en uitvoerings-technisch nauwelijks verantwoord.

Om bovenstaande redenen wordt asfaltbeton nog vrijwel uitsluitend boven de getijzone verwerkt, en past men veel gepenetreerde stortsteen toe in de getijzone (bijv. Brouwenhavense dam; fig. 19). Hiermee heeft men goede ervaringen. Bij de Deltawerken past men in grote hoeveelheden steenasfalt toe, zowel in het werk gemaakt, als geprefabriceerde matten (litt. 13).

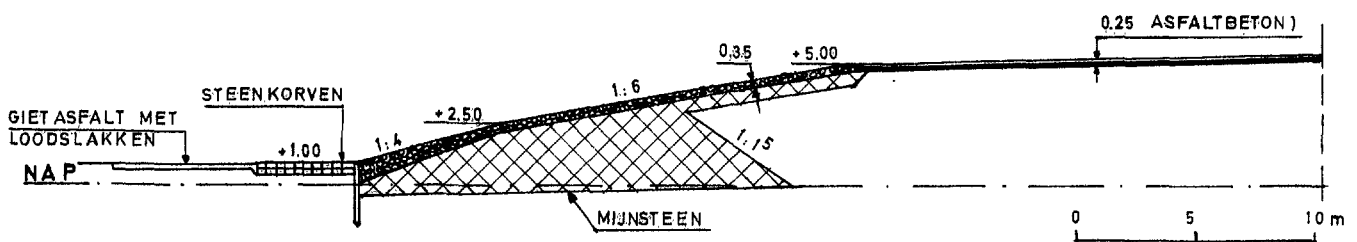


FIG. 19

De bekledingen van asfaltbeton boven de getijzone blijken over het algemeen al sinds lang goed te voldoen. In 1953 is bijvoorbeeld weinig schade opgetreden aan deze bekledingen. Ook in de zwaarst aangevallen zone heeft men met weinig moeilijkheden te kampen gehad. Wel is op sommige plaatsen beschadiging opgetreden aan de bovenste laag. In Friesland is een glooiing zonder slijtlaag aangetast. Waarschijnlijk is de beschadiging ontstaan door inwerking van puinstukken, die los aan de teen waren gestort.

Bij de Helderse zeewering is het asfalt in lagen aangebracht.

Hier trad na ongeveer 5 jaar verwerking op van de slijtlaag.

Voor een goede verdichting is een stevige ondergrond noodzakelijk (litt. 8). In de praktijk blijkt over het algemeen een kleiondergrond ongeschikt om het asfalt hierop direkt te verwerken. Bij de verhoging van de Hondsbossche zeewering wordt het asfalt boven N.A.P. + 5,00 m echter wel direkt op de klei aangebracht, (fig. 20).

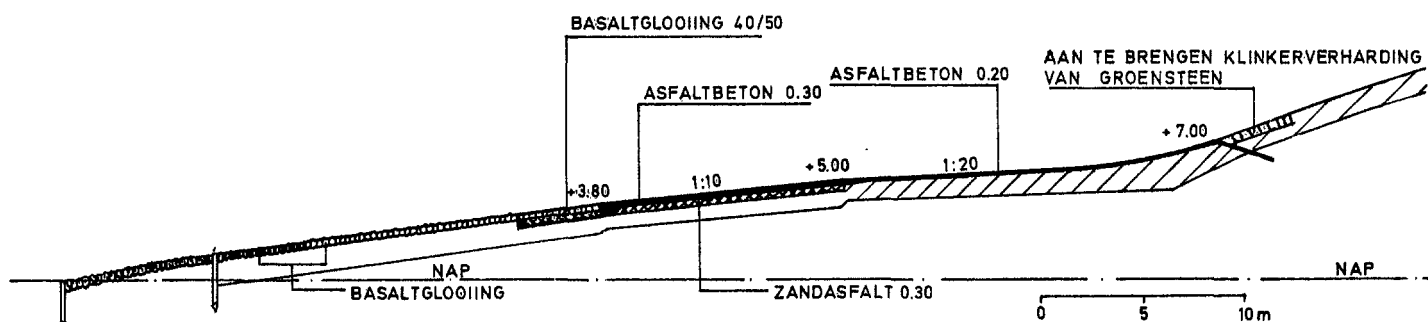


FIG. 20

De klei ligt hier al vele jaren en men verwacht dat deze bijna volledig zal zijn geconsolideerd, waardoor nagenoeg geen wateroverspanningen tijdens het walsen zullen ontstaan. In de zone van N.A.P. + 3,80 m tot N.A.P. + 5,00 m wordt de asfaltbeton op een laag zandasfalt aangebracht. Ook in Friesland heeft men een op klei aangebrachte zandasfaltbekleding, waarop een asfaltbetonbekleding toegepast (fig. 21). Bij de verhoging van de zeedijk langs de voormalige Ternaarderpolder is getracht

een oplossing voor dit probleem te vinden door eerst een als tussenlaag fungerende zandasfaltbekleding dik 0.15 à 0.20 m toe te passen. Hiervoor werd de oude "gezeten" kleidijk onder profiel afgewerkt, waarnodig met 0.10 à 0.40 m droge klei opgehoogd en daarna intensief met Bomag's dicht en vlak gewalst. Verwacht werd dat het op deze wijze tot stand gekomen kleiprofiel voldoende weerstand zou bezitten om de laag zandasfalt te kunnen verdichten. Tijdens de uitvoering werd deze positieve verwachting bevestigd en wel zodanig dat nagenoeg geen walsscheuren optraden en een verdichtingsgraad - bij een helling van 1:4,0 - van 95 à 97% kon worden bereikt. Op het zandasfalt werd de eigenlijke glooiing van asfaltbeton dik 0.20 m aangebracht. Bij het afwalsen van deze laag werd voldoende weerstand van de tussenlaag ondervonden waardoor geen walsscheuren optraden.

De holle ruimte percentages bleken bij onderzoek zelfs lager te zijn dan bij verwerking van asfaltbeton direct op het zandlichaam. Deze constructie was aanmerkelijk goedkoper dan de oorspronkelijk op deze plaats ontworpen verdediging van koperslakblokken, dik 0.25 m.

Veel beheerders hebben op de overgang van de bekleding van asfaltbeton naar een steen- of kleibekleding een inslag gemaakt (fig. 20) om ontgronding en opvriezing te voorkomen. Deze inslag ligt ongeveer met 1 meter grond bedekt.

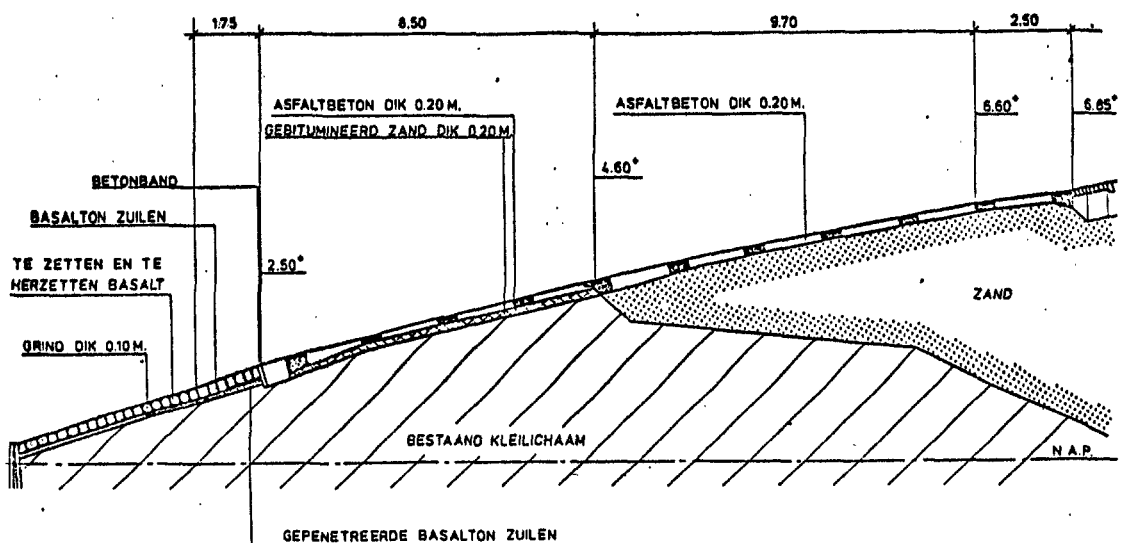


FIG. 21

## Literatuurlijst

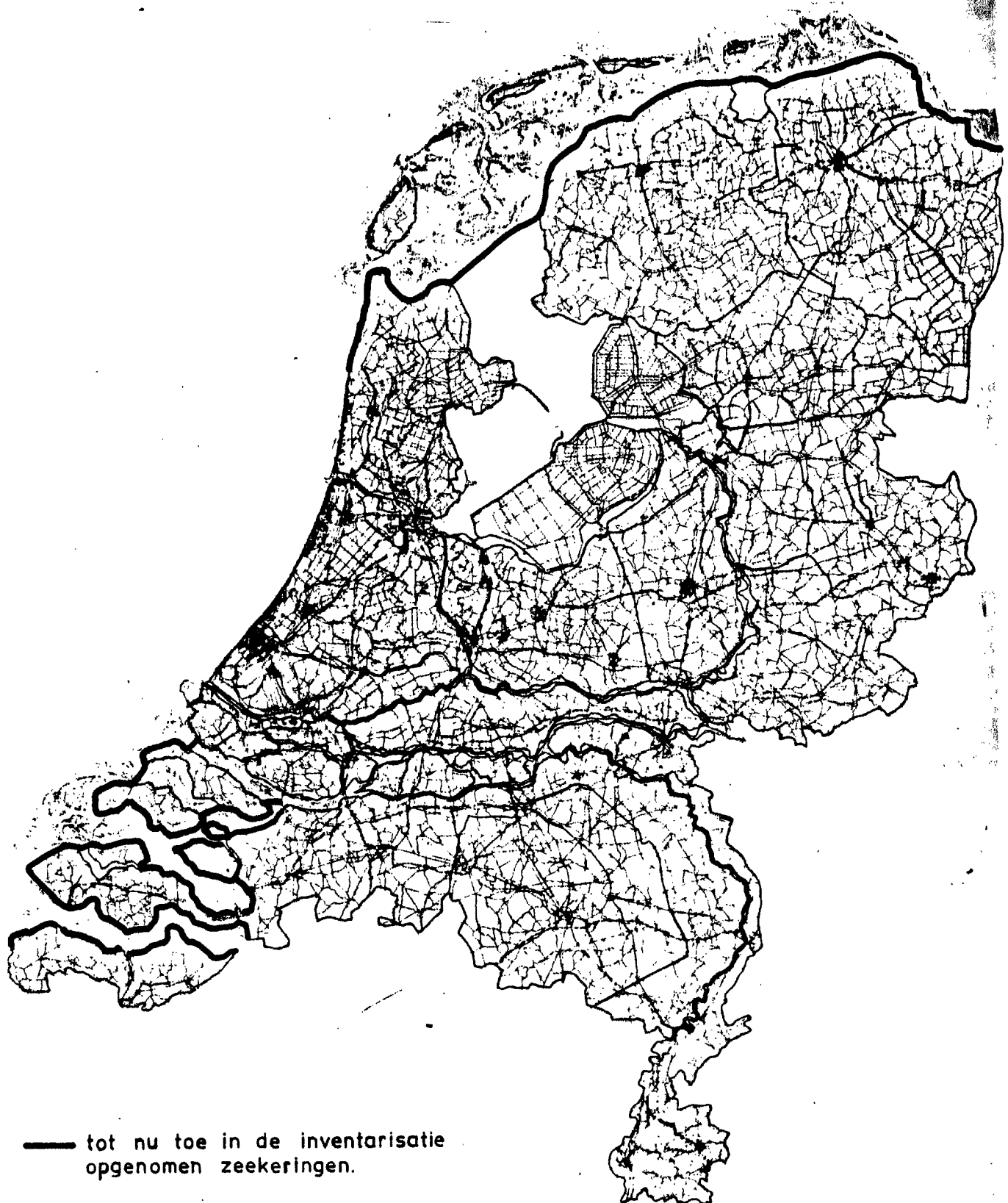
<u>Titel</u>	<u>Schrijver</u>
1. Kunststoffen en oeverbescherming (mei 1975)	Nederlandse Vereniging voor Kust- en Oeverwerken.
2. Soil Mechanics in Engineering Practice	K. Terzaghi
3. Onderzoek naar de bruikbaarheid van mijnsteen voor waterbouwkundige werken (nota K. 212)	Deltadienst (waterloopkundige afdeling)
4. Golfoploop en Golfoverslag	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
5. De grasmat op dijken	(gelijknamige) Werkgroep
5a. De ontziltting en rijping van de bekledingsklei en de ontwikkeling van de grasmat op de afsluitdijk van de Lauwerszee (Flevobericht nr93)	K. Veenstra en P.J. Huisman.
6. Dijken	T. Huitema
7. Glooiïng van zuilenbasalt (OTAR, okt.1958)	T. Huitema
8. Asfaltbekleding van dijktaluds	Commissie Verdichting Asfalt-dijktaluds.
9. De afsluitdam in het Veerse Gat en de toepassing van asfalt (Weg- en Waterbouw, nr. 11-12, 1959)	N. Biezeveld.
10. Het maken van asfaltbekledingen op het eerste gedeelte van de afsluitdam in de mond van het Veerse Gat. (PT, 28 jan. 1960)	J.A. Bruins.
11. Toepassing van asfalt in de waterbouwkunde (Weg- en Waterbouw, nr. 5-6, 1956)	J.H. v.d. Burgt
12. Waterspanningen onder asfaltbekleding van dijken (Voordracht V.B.W., 1961)	W.C. Bischoff van Heemskerck
13. Duurzaamheid van steenasfalt als bodembescherming	Bitumarin (KG 76-01)
14. Bibliografie dijksbekledingen	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
15. Zuilen van basalt "Systeem - Kant" voor oeververdedigingen (OTAR, april 1976)	B. Hakkeling.

Overzicht van soorten en hoeveelheden van voorkomende taludbekledingen.

Natuursteen	Oppervlakte m <sup>2</sup>	%
basalt	2407100	27,50
basalt ingegoten met beton	127800	1,46
basalt ingegoten met bitumen	129300	1,48
vilvoordse steen	512100	5,85
vilvoordse steen ingegoten met beton	147500	1,68
vilvoordse steen ingegoten met bitumen	14400	0,16
Granietblokken	327900	3,75
granietblokken ingeg. met beton	54000	0,62
granietblokken ingeg. met bitumen	59500	0,68
lessinese steen	55400	0,63
lessinese steen ingeg. met beton	9700	0,11
doornikse steen	27300	0,31
noorse- of drentse steen	120900	1,38
noorse- of drentse steen ingeg. met beton	159000	1,82
noorse of drentse steen ingeg. met bitumen	15000	0,17
stortsteen	1100	0,01
stortsteen ingegoten met beton	9000	0,10
stortsteen ingegoten met bitumen	298700	3,41
diversen	4800	0,05
<b>Natuursteen totaal</b>	<b>4480500</b>	<b>51,18</b>

Beton	Oppervlakte m <sup>2</sup>	%
betontegels	717400	8,20
betonplaten	22700	0,26
betonplaten in werk gestort	47700	0,54
betonzuilen	27800	0,32
diaboolglooiing zonder ruwh.elem.	29900	0,34
diaboolglooiing met ruwh. elem.	33000	0,38
I pro-keien	300	-
systeem Haringman	268800	3,07
systeem Leendertse	25300	0,29
systeem de Muralt	58400	0,67
systeem Pit	24500	0,28
diverse betonelementen	6800	0,08
diverse betonelementen ingegoten met bitumen	24000	0,27
grasbeton tegels	35300	0,40
<b>Beton totaal</b>	<b>1321900</b>	<b>15,10 %</b>
<b>Diverse kunststeensoorten</b>		
koperslakblokken	344300	3,93
puinglooiing met bitumen ingegoten op de kantgezette dakpannen	11800	0,13
op de kantgezette dakpannen	2000	0,02
klinkerglooiing	323700	3,70
klinkerglooiing ingegoten met beton	11400	0,13
klinkerglooiing ingegoten met bitumen	16400	0,19
grof puin gestort	6000	0,07
diversen	5000	0,06
<b>totaal kunststeen</b>	<b>720600</b>	<b>8,23 %</b>
<b>Asfalt beton</b>	<b>2230900</b>	<b>25,48%</b>
<b>totaal onderzochte bekleding</b>	<b>8753900</b>	





— tot nu toe in de inventarisatie  
opgenomen zeekeringen.