

STUDIEGROEP GLOOIINGEN

1<sup>e</sup> voortgangsrapport.

januari 1974

## 1e VOORTGANGSRAPPORT STUDIEGROEP GLOOIINGEN.

### 1. Taakstelling

Medio juni 1973 werd door ir. De Nekker, chef van de afdeling Havenwerken, de "Studiegroep Glooiingen" opgericht die ten doel heeft de ervaringen met de huidige glooiingstypen te evalueren en theoretische achtergronden te verdiepen.

In eerste instantie werd de groep samengesteld uit de volgende personen:

ir. J.U. Brolsma	- studiebureau (voorzitter)
ir. R.G.J. van Orden	- project Biesbosch
ing. Alb. Bokslag	- glooiingen Rotterdam+Botlek
ing. K.H. van de Ridder	- glooiingen Europoort

Later werd hier aan toegevoegd:

ir. P. van der Veer - Grondmechanica

De in de eerste alinea vermelde taakstelling kan nog nader worden uitgewerkt. Tabel 1 (volgende pagina) geeft een overzicht van de punten die zoal aan de orde zullen komen. Inmiddels heeft de voorzitter van deze studiegroep zitting genomen in de z.g. Technische Adviescommissie van de Vereeniging van Kunst- en Oeverwerken. Deze commissie bestaat uit vertegenwoordigers van de aannemerij, Rijkswaterstaat en Waterloopkundig Laboratorium en heeft een taak die enigszins parallel loopt aan de onze.

Het is te voorzien dat een gedeelte van de theoretische grondslagen beter tot haar recht zal komen in de Technische Adviescommissie. Daarentegen zal de Rotterdamse groep op het praktische vlak een inbreng in de commissie moeten hebben.

Tabel 1

Taken	Groepsleden	Anderen
1. Theoretische grondslagen a. criteria golfaanval b. criteria steenzwaarte c. kwaliteitsbeoordeling d. grondwaterstroming	Van Orden Brolsma  V. d. Veer	ad hoc
2. Standaardglooiing(en) incl. economische aspecten zoals schadeverwachting	Van Orden Brolsma Bokslag v.d. Ridder	De Gast
3. Hartelkanaal a. onderhoudsprogramma + budget gezette gedeelten  b. onderzoek bezwijken prepact + adviezen herstel + beoordeling "advies Kant"	v.d. Ridder Bokslag  v. Orden Brolsma v.d. Veer	
4. Europoort planning onderhoud + budget (advies steenzwaarte, zie 1b)	v.d. Ridder	Tanis De Gast
5. Rotterdam + Botlek planning onderhoud + budget + overzicht van in het verleden gemaakte kosten	Bokslag	Cornelisse De Gast
6. Samenstelling glooiingboek	v.d. Ridder Bokslag	Terlouw

## 2. Stand van zaken

Sedert de installatie van de groep is ca. een half jaar verlopen. Door de grote urgentie van een aantal werken in het Hartelkanaal en Europoort heeft accent tot op heden meer gelegen op het praktisch adviserende, dan op het theoretische vlak.

Onderstaand zullen in het kort de tot nu toe bereikte resultaten gemeld worden.

### - theoretische grondslagen:

Met betrekking tot golfaanval door wind en scheepsgolven is enige informatie verzameld met behulp waarvan reeds adviezen voor de zwaarte van bembestortingen in Europoort en Hartelkanaal werden afgegeven. Toch zal dit onderwerp nog aanmerkelijk uitgediept moeten worden. Criteria voor steenzwaarte (bij een gegeven randvoorwaarde) zijn uit de literatuur verzameld. Het lijkt vooralsnog niet nodig eigen onderzoek te verrichten. Enkele kwaliteitsbeoordelingen van stortmateriaal en kunststofweefsels zijn aan (voornamelijk) Rijkswaterstaat-nota's ontleend. Dit soort informatie verdient binnen de afdeling een ruime bekendheid te hebben.

### - standaardglooiingen:

Zowel in de Europoort als in de stad Rotterdam is via de "trial and error"-methode een zekere standaardglooiing tot ontwikkeling gekomen. De geschiedenis van de glooiing wordt beschreven, onder vermelding van de argumenten die tot verandering hebben geleid.

Vooraf de economische aspecten, zoals schadeverwachting, zullen in de komende tijd nader beschouwd moeten worden.

### - Hartelkanaal:

Zoals reeds vermeld werden voor het Hartelkanaal adviezen gegeven. Het toekomstige open Hartelkanaal stelt de groep voor de taak een oordeel te vormen over de noodzakelijke aanpassingen, waarbij het door de heren Sturm en Gijzel (Studiebureau) verrichte werk als basis kan dienen.

In eerste instantie zal alle aandacht echter gericht moeten worden op de bepaling van de randvoorwaarden, met name scheepsgolven. Parallel daaraan dient een studie te lopen naar de oorzaak van het bezwijken van de prepactglooiing. Contacten hierover met de afdeling Grondmechanica zijn reeds gelegd.

### - Europoort:

Ook hier werd spoedshalve reeds een advies afgegeven. Naar ons gevoel zullen de randvoorwaarden verder bestudeerd moeten worden.

Vooral voor de Europoort maar ook voor het Hartelkanaal geldt, dat het moeilijk is om een planning voor het onderhoud op te stellen, omdat er tot op heden geen bepaalde routine of verantwoordelijkheden voor onderhoud afgesproken zijn.

- glooiingen Rotterdam + Botlek

Uit een overzicht van de sinds 1955 voor onderhoud uitgegeven bedragen blijkt dat de jaarlijkse kosten variëren van ca. f 2,50/m op beschutte plaatsen tot ca. f 10,00/m op zeer geëxposeerde locaties. Het zwaartepunt ligt rond de f 4,-- à f 5,--. In de afgelopen jaren is de groei van de scheepsgrootte (ook binnenschepen) duidelijk voelbaar geweest waardoor regelmatig aanstortingen van de bermen (met het relatief goedkope betonpuin) nodig waren.

- glooiingenboek:

In de Europoort heeft men steeds beschikt over een vrij volledig overzicht van de in het verleden gemaakte glooiingen. Op dit moment is men bij de afdeling van hr. Bokslag doende eenzelfde overzicht te produceren.

Te zijner tijd zullen de twee delen samengebracht worden.

Uit deze opsomming volgt al min of meer waar de prioriteiten voor de komende tijd liggen.

In de eerste plaats zal het onderwerp scheepsgolven nader uitgediept moeten worden. Tegelijkertijd verdient het aanbeveling ideeën op papier te zetten omtrent de aanpassing van de glooiingen langs het Hartelkanaal aan de open toestand.

Ten slotte zal het onderzoek naar bezwijken en herstel van de prepactglooiing met kracht ter hand genomen worden.

### 3. Theoretische grondslagen

#### 3.1 Golfaanval

Golfaanval wordt veroorzaakt door wind of scheepvaart. De wijze waarop windgolven worden opgewekt, wordt zeer duidelijk beschreven door Groen en Dorrestein /1/, die onder meer de onderstaande grafiek afleidden.

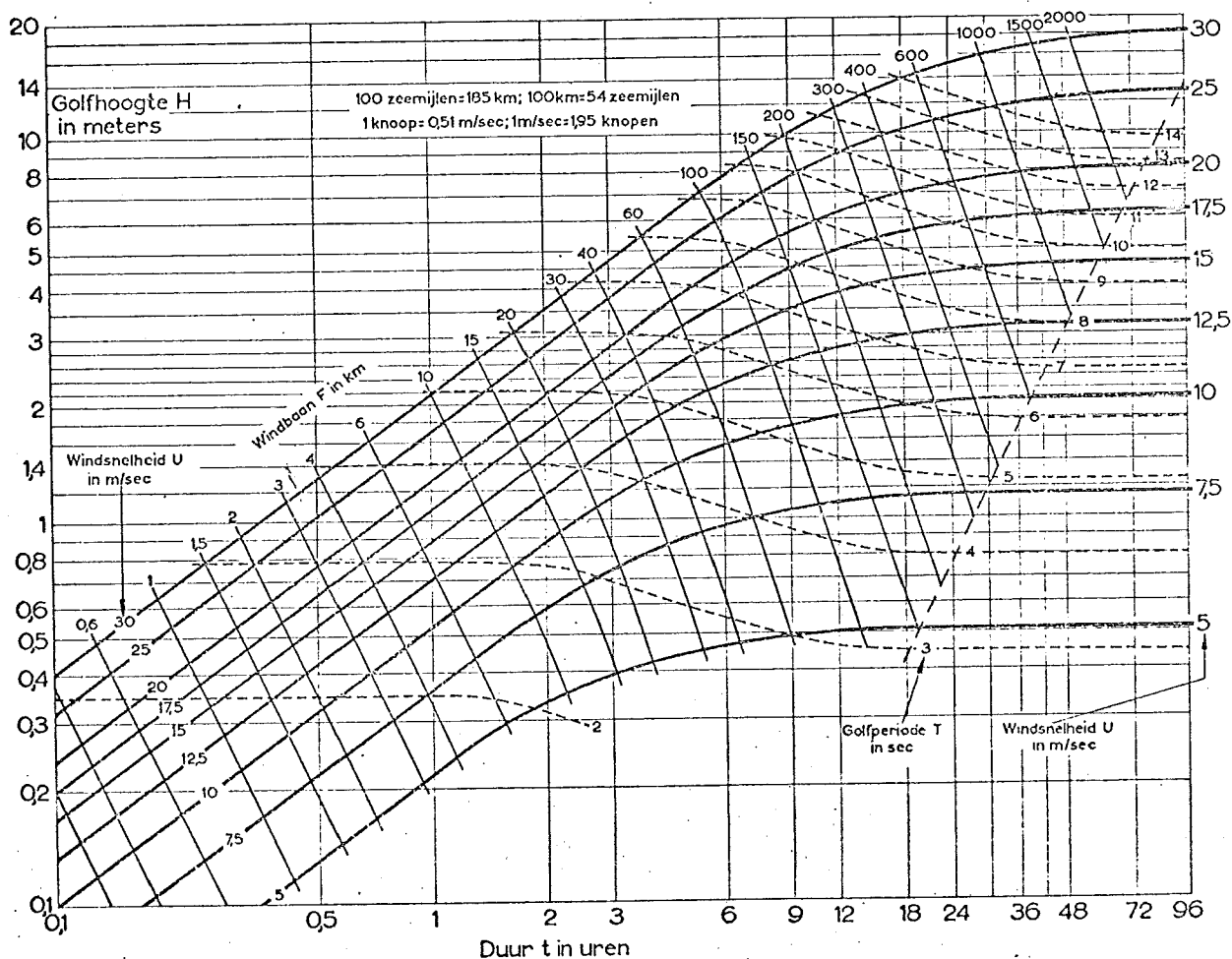


fig. 1: grafiek ter bepaling van de dominerende golfhoogte H en golfperiode T in zeegang uit de windsnelheid U, de duur t of de windbaan F.

De grafiek heeft slechts geldigheid op diep water, d.w.z. de golflengte is kleiner dan twee maal de diepte; op ondiep water worden grenzen gesteld aan golfhoogte en golfperiode. De maxima voor de uit fig. 1 verkregen resultaten volgen uit figuur 2.

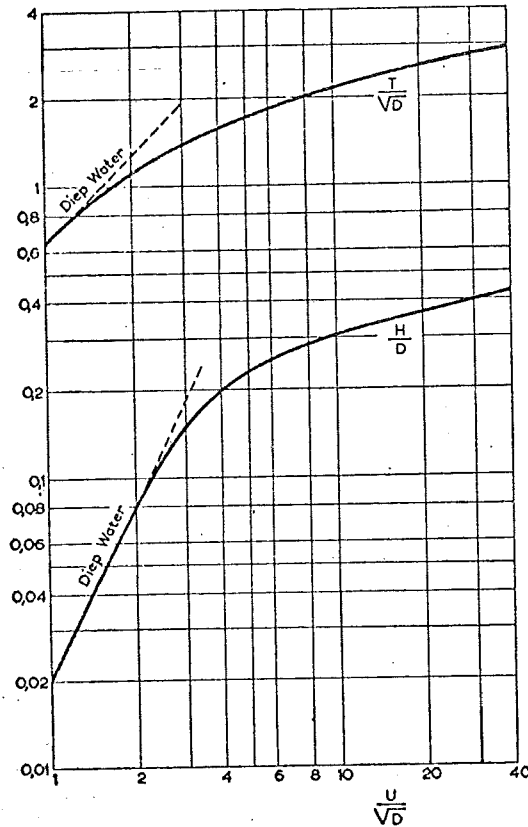


fig. 2: maximale dominerende golfhoogte  $H$  (in m) en periode  $T$  (in sec.) onder invloed van een windsnelheid  $U$  (m/s) op water van beperkte diepte  $D$  (m).

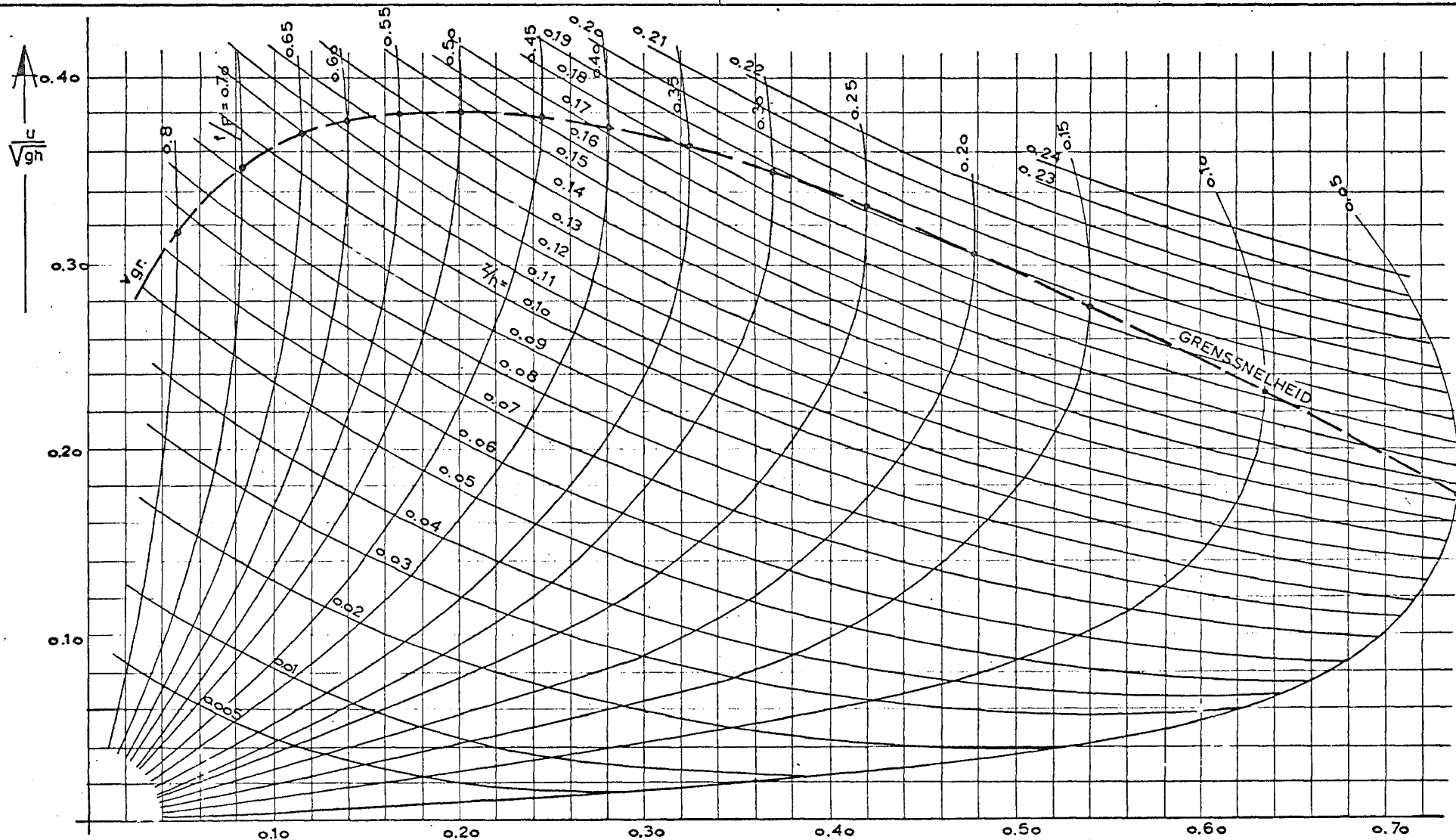
De opwaaiing in een (recht) kanaal kan tevens worden bepaald met de z.g. Zuiderzee-formule van prof. Thijsse:

$$s = a \frac{v^2}{h} \cdot l \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

- waarin:  $s$  = niveauverschil tussen 2 punten  
 $l$  = afstand tussen deze punten  
 $v$  = windsnelheid (m/s)  
 $h$  = waterdiepte  
 $\alpha$  = hoek tussen kanaalas en windrichting  
 $a$  = factor, voor kanalen bepaald op 0,2.10

Voor frequenties van windkracht en windverdeling wordt verwezen naar het informatiebulletin van het Studiebureau Havenwerken /2/. Voor specifieke gebieden als Europoort heeft het geen zin met dergelijke grafieken te werken: de frequenties zijn afgeleid uit een lange reeks van waarnemingen (hierop komen we later terug bij het advies over de toe te passen steenzwaartes in Europoort).

figuur 3



- v = VAARSNELHEID
- u = SNELHEID RETOURSTROOM
- z = SPIEGELDALING
- g = VERSNELLING v.d. ZWAARTEKRACHT
- h = WATERDIEPTE
- f = NATTE DOORSNEDE VAARTUIG
- F = " " KANAAL

RETOURSTROOM en SPIEGELDALING  
in SCHEEPVAARTKANAAL

GEMEENTEWERKEN ROTTERDAM .  
AFD. HAVENWERKEN - STUDIEBUREAU



Scheepsgolven in kanalen kunnen nog niet goed berekend worden. Wel is het mogelijk met behulp van de theorie van Schijf een indruk te krijgen van de hiermee verwante verschijnselen van spiegeldaling en retourstroom (zie fig. 3). De grafieken zijn echter opgesteld voor een over het volle kanaalprofiel gelijkmatige spiegeldaling en gelijke retourstroom, hetgeen beduidend naast de werkelijkheid is vooral in brede kanalen.

Betere informatie wordt verkregen uit modelonderzoeken en praktijkmetingen. Te noemen zijn o.m. het zeer uitgebreide meetprogramma voor het Main-Donaukanaal /3/, de publikaties van Sorensen /4/, prototypemetingen in het Hartelkanaal /5/ en modelonderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium /6/. De genoemde onderzoeken zullen nu aan een nadere evaluatie onderworpen moeten worden.

### 3.2 Steenzwaarte

Het benodigde steengewicht kan berekend worden met de door Hudson verbeterde formule van Iribarren:

$$W = \frac{\rho_s \cdot H^3}{K \cdot \Delta^3 \cdot \cotg \alpha} \quad (2)$$

waarin: W = steengewicht

$\rho_s$  = soortelijke dichtheid van de steen

H = golfhoogte

K = vormcoëfficiënt, lopend van 3 voor stortsteen tot 15 voor speciale vormen

$\Delta = \frac{\rho_{st} - \rho_w}{\rho_w}$

$\rho_w$  = dichtheid water = 1000 kgf/m<sup>3</sup> (zoet) à 1030 kgf/m<sup>3</sup> (zeewater)

$\alpha$  = helling van het talud.

Het gebruik van de formule en de overwegingen bij de keuze van de K-factor worden uitgebreid beschreven in het z.g. "Technical Report nr. 4 /7/.

Een overzicht van de gevonden informatie is als bijlage 1 aan dit rapport toegevoegd.

Het gebruik van de formule impliceert een zekere schadeverwachting. Op dit moment wordt in Rotterdam feitelijk nog niet gewerkt volgens een dergelijk criterium, maar bij de ontwikkeling van een standaardglooiing kan hieraan niet voorbij worden gegaan. Een publicatie van het W.L. /8/ en de colleges van prof. Bijker /9/ bieden wellicht een ingang.

### 3.3 Kwaliteitsbeoordeling

De omschrijvingen en handelsbenamingen van de diverse in de waterbouw toegepaste materialen bieden een royale mogelijkheid voor verwarring.

De A.V. 1952 geeft in art. 67, § 305 t/m § 313 een aantal bepalingen ten aanzien van de kwaliteitsnormen voor natuursteen. Te zamen met enkele omschrijvingen, geput uit een nota van R.W.S.-Directie Bovenrivieren /10/, zijn deze bepalingen als bijlage 2 aan het rapport toegevoegd.

Ook op het gebied van de kunststoffen is een grote verscheidenheid te constateren. Nuttige informatie volgt uit het WL-onderzoek R 678 /11/.

#### 4. Standaardglooiing

Aan de hand van ervaring en (soms) onderzoek zijn bepaalde typen glooiing tot ontwikkeling gekomen. Hoe een dergelijke ontwikkeling verloopt, kan gedemonstreerd worden aan de hand van de z.g. binnenwaterglooiing.

De glooiingen in het "oude" havengebied zijn zonder uitzondering vervaardigd van zetwerk.

In verband met de kostprijs van het materiaal werden vroeger, naast basaltzuilen ook betonzuilenglooiingen toegepast. Onder de betonzuilenglooiingen bevond zich een kleilaag (dik 0,50 m) afgedekt met een krammat van stro of riet en vastgezet met beugels. Deze constructie had van begin af aan een groot bezwaar. Door de tonrondte, die bij de aanleg werd toegepast, ontstond er een soort "toogwerking" (zie fig. 4).

Als de klei onder de zuilen wegspoelde, bleef de glooiing toch staan en pas na verloop van tijd ontstond er door de één of andere oorzaak een gat. Vaak bleek dat er grote holle ruimten aanwezig waren zodat herstel dringend noodzakelijk was, soms wel over tientallen en honderden meters lengte.

De in die tijd ook veel toegepaste basaltzuilenglooiing vertoonde dit verschijnsel niet. (zie fig. 5), omdat basaltzuilen veel minder klemmen en dus een gat eerder zichtbaar werd.

Na de watersnood bleek nog een ander bezwaar. Door de hoge waterstanden was ook het grondwater gestegen en in de daarop volgende laagwaterstanden kon dit grondwater niet snel genoeg afgevoerd worden. Het gevolg was overdruk en dus uitpuilende glooiingen. Besloten werd toen om tot 0,75 m +N.A.P. een draineerkoffer van baksteenpuin te maken en daarop een basaltzuilenglooiing aan te brengen; daarboven kwam dan een 0,50 m dikke kleilaag met krammat en een betonzuilenglooiing of een 0,50 m dikke kleilaag met krammat, 2 vlijlagen, 0,10 m stortsel en een basaltzuilenglooiing. Ook dit voldeed niet helemaal en daarom werd later de baksteenkoffer opgetrokken tot 1,00 m +N.A.P. Deze constructie voldeed beter, omdat de hoogwaterlijn er niet ver boven steeg. Een hoogte van 1,25 m +N.A.P. of 1,50 m +N.A.P. zou nog beter geweest zijn.

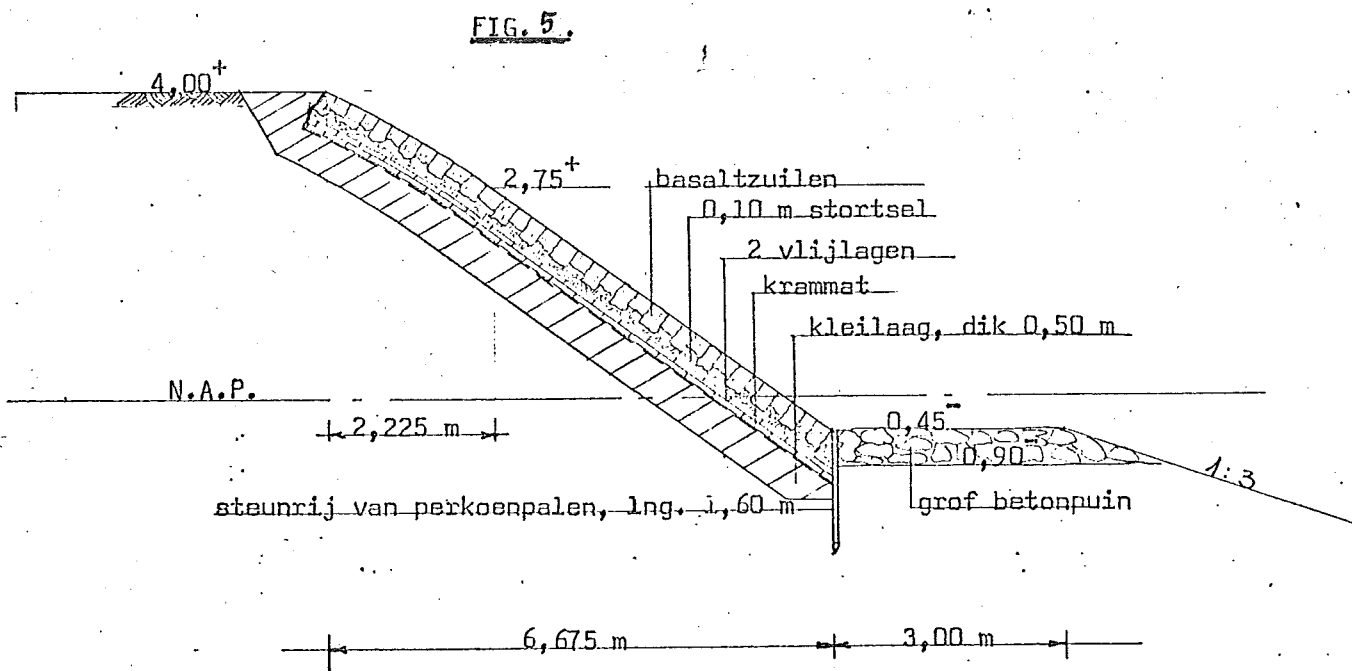
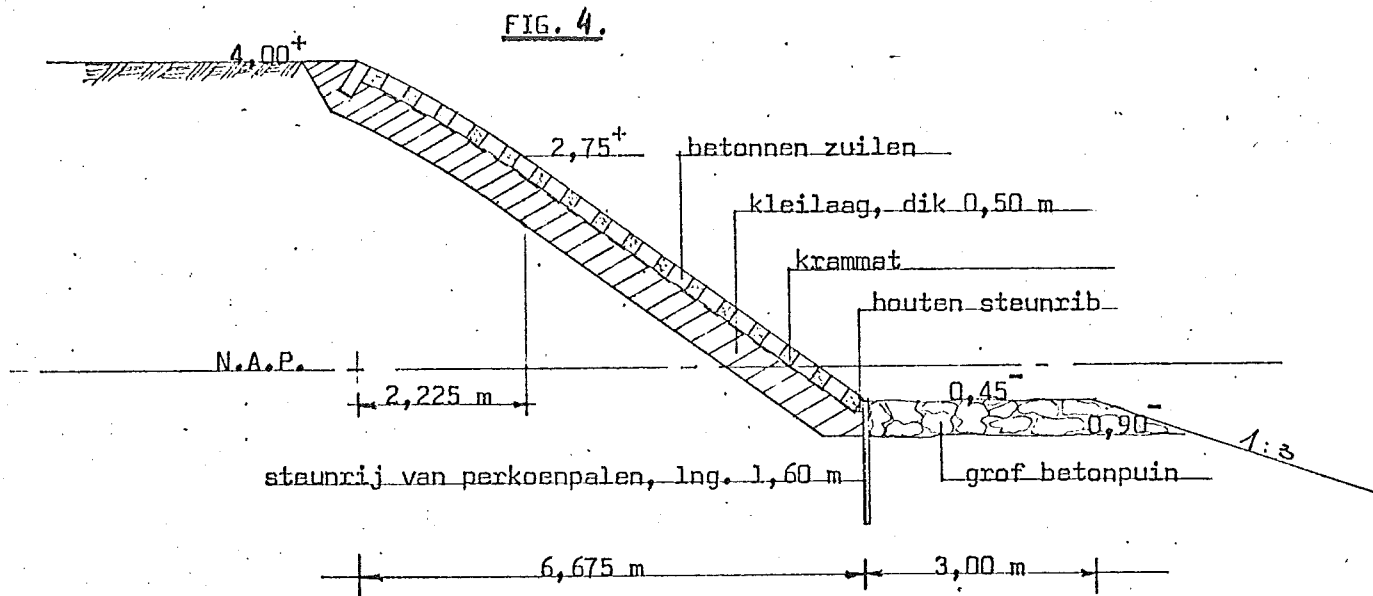
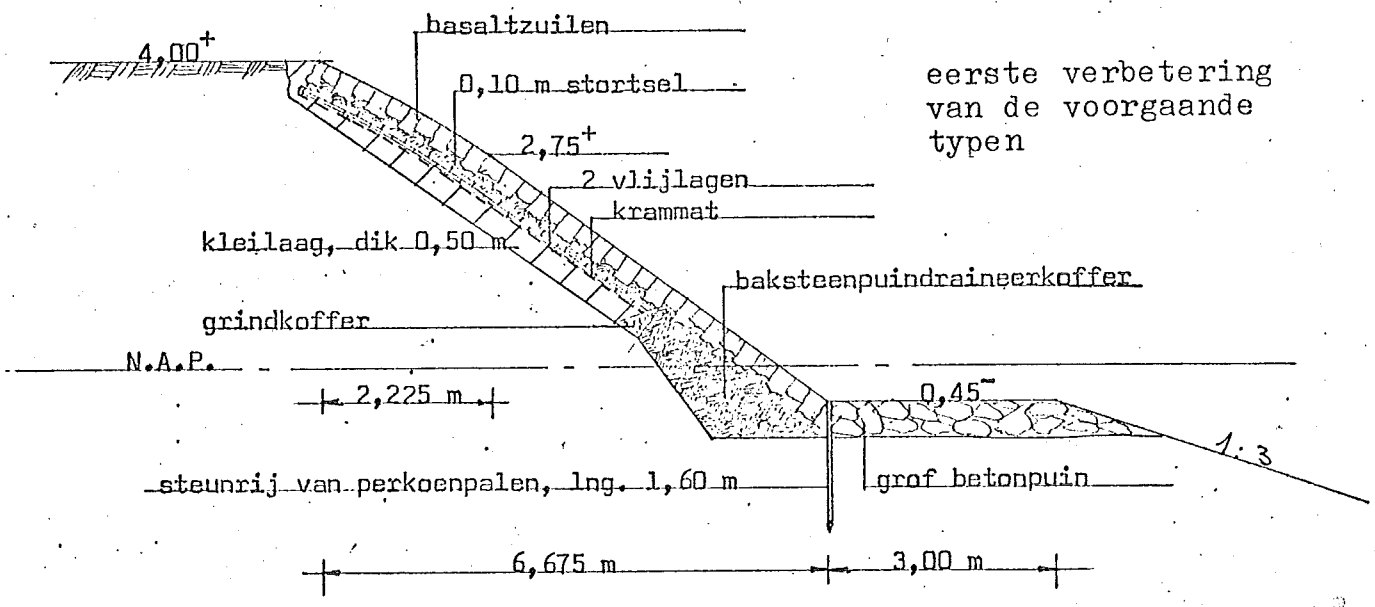


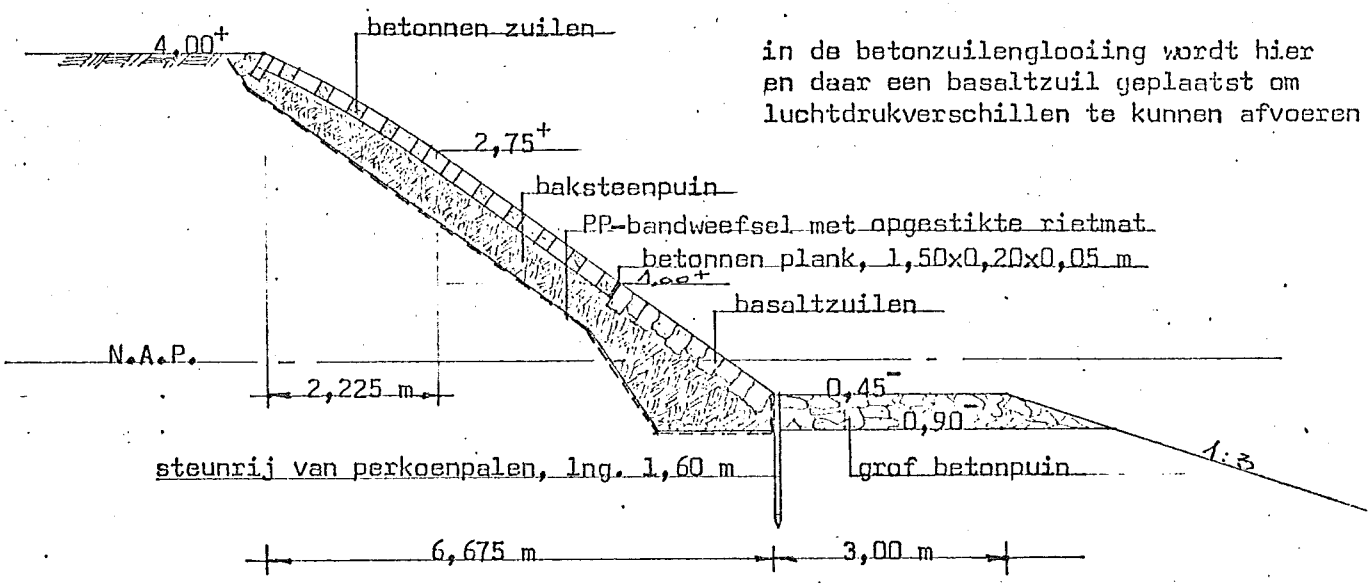
fig. 4 en 5: niet meer in gebruik zijnde glooiingstypen

FIG. 6.



eerste verbetering van de voorgaande typen

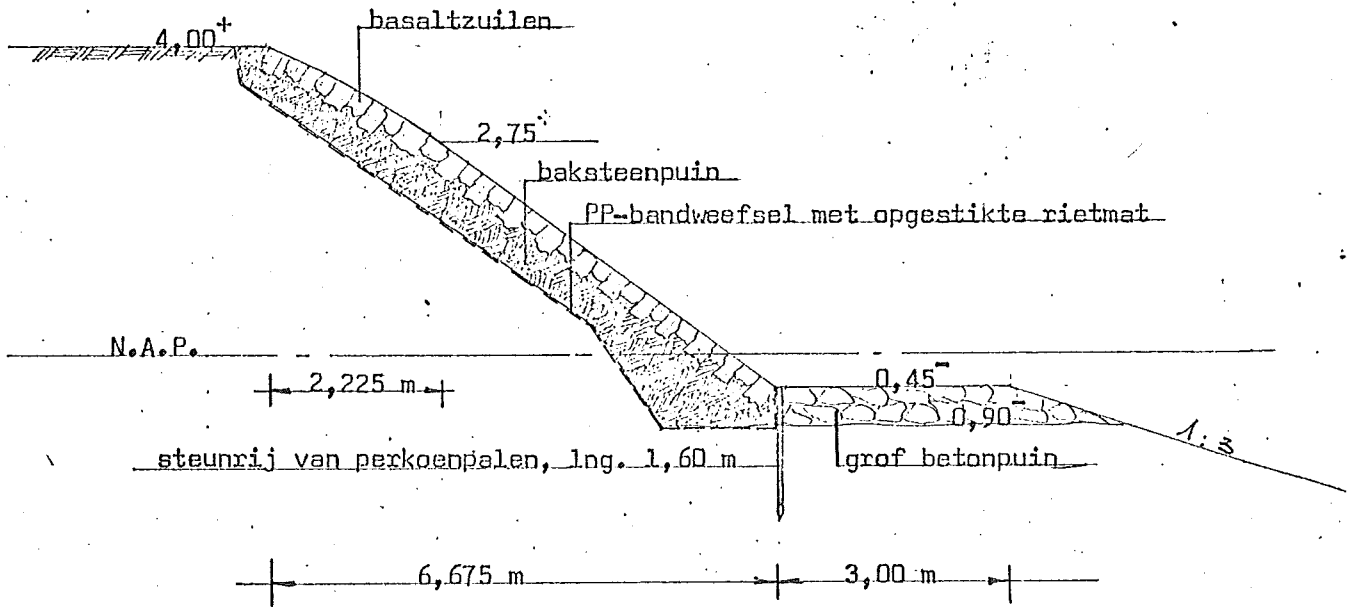
FIG. 7.



in de betonzuilenglooiing wordt hier en daar een basaltzuil geplaatst om luchtdrukverschillen te kunnen afvoeren

fig. 7 en 8: huidige glooiingstypen in de stad en in de Botlek

FIG. 8.



Tussen draineerkoffer en klei werd een grindkoffer aangebracht. Zie fig. 6.

Goede klei werd echter steeds schaarser en duurder. Er werd gezocht naar andere wegen en gedacht werd om de 0,50 m dikke kleilaag te vervangen door een 0,30 m tot 0,50 m dikke baksteenpuinlaag. Genoemde puinlaag zou dan echter direct op het grondtalud moeten worden aangebracht, daardoor spoedig verstopt raken met grond en aldus de drainerende werking teniet doen. Praktische uitvoering was dus niet mogelijk.

Tot uitvoering kwam het pas tot het PP-bandweefsel in de handel kwam. Dit weefsel is zand- en grond dicht en waterdoorlatend en vormt een goede scheiding met het grondtalud. Het weefsel wordt tevens onder de draineerkoffer aangebracht en tegen de perkoenpalen opgezet.

Om de verwerkbaarheid van het materiaal te bevorderen en om beschadiging van het weefsel te voorkomen, moet er een dichte rietmat op worden gestikt. PP-bandweefsel met opgestikte rietmat is nu normaal in de handel. Op de aangebrachte baksteenpuin wordt dan de basalt- en betonzuilenglooiing, resp. de basaltzuilenglooiing gezet, uiteraard na een bepaalde tijd van voorbelasting.

Deze glooiingen doen het tot op heden goed. Zie fig. 8.

Een glooiing van betonzuilen boven 1,00 m +N.A.P. had echter nog een bezwaar. Bij haalgolven, storm e.d. werden bepaalde betonzuilen omhoog gedrukt of er zelfs uitgeperst.

De oorzaak was, dat in de baksteenpuinlaag een grote hoeveelheid lucht aanwezig is. Deze lucht wordt door de snel op en neer gaande watergolven samengedrukt. De lucht krijgt, door de vrij dichte betonzuilenglooiing, geen gelegenheid om te ontsnappen en drukt er dan meerdere zuilen uit. Dit euvel is opgelost door op de open plaatsen basaltzuilen te zetten.

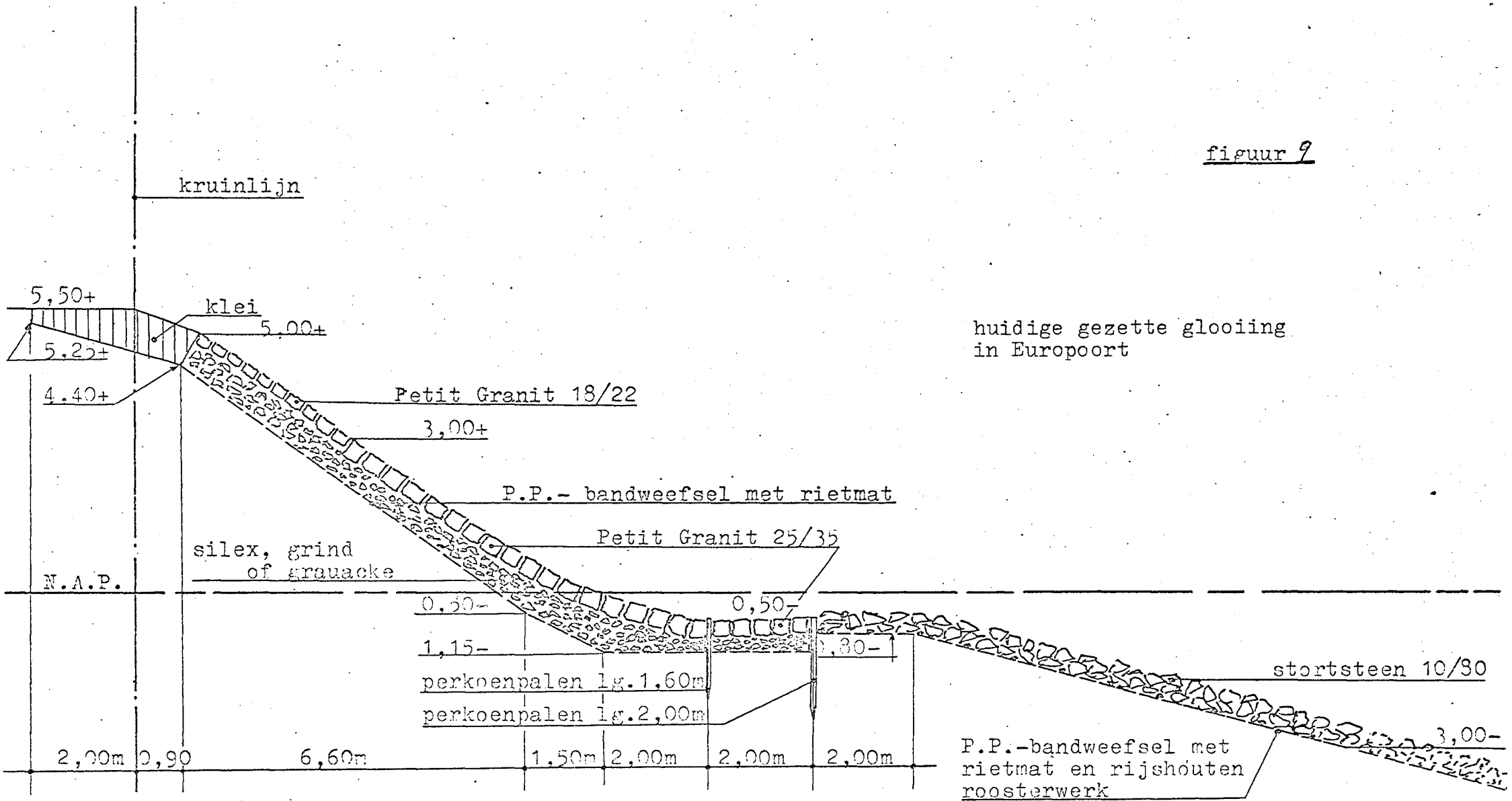
De glooiing krijgt zodoende een voldoende open structuur om de volgende stormen te trotseren.

Het type glooiing dat in fig. 7 getoond wordt, kan samen met de basaltzuilenvariant als standaard voor het stadsgebied gelden, zij het dat de hoogte van de berm na het sluiten van het Haringvliet naar 0,30 m -N.A.P. dient te gaan.

De gezette glooiingen hebben in Europoort nagenoeg eenzelfde ontwikkeling doorgemaakt als hiervoor beschreven. Tevens is een variant in asfalt ontworpen, die o.m. door ir. P. Boer beschreven is /12/. Wij citeren:

"Langs de tot N.A.P. + 5,-- m à 5,50 m opgehoogde haventerreinen wordt daar waar geen kademuur is gemaakt, ter verdediging van het talud een glooiingconstructie en - tot een bepaalde diepte - een verdediging van het onderwaterbeloop aangebracht. In verband met een optimaal gebruik van de bruto havenoppervlakte wordt de glooiingconstructie binnen een zo klein mogelijke ruimte gemaakt.

figuur 9



De verdediging van het onderwaterbeloop bestaat altijd uit een kraagstuk met steenbestorting van de op de laagwaterlijn ca. (N.A.P. - 0,50 m) gelegen plasberm tot N.A.P. -3,-- m à 5,-- m. Voor de samenstelling van de kraagstukken wordt reeds geruime tijd op grote schaal gebruik gemaakt van kunststof filterdoek; m.n. polypropeen bandweefsel.

Voor de verdediging van het boven de laagwaterlijn gelegen taludgedeelte worden een tweetal principieel verschillende glooiingconstructies toegepast, n.l. een open zetsteenglooiing en een dichte asfaltconstructie.

In fig. 9 is het dwarsprofiel van de zetsteenglooiing weergegeven; deze constructie, met een helling van 1 op  $1\frac{1}{2}$  in het steilste deel, heeft ruimschoots haar deugdelijkheid bewezen. Het zeer arbeidsintensieve karakter en de zetsteen maakt de toepassing echter zeer kostbaar; het kenmerkende van deze constructie is dat, vanwege de grote waterdoorlatendheid, nergens wateroverdrukken onder de bekleding kunnen ontstaan.

Onder meer uit economische overwegingen wordt thans op grote schaal een gesloten bitumineuze bekleding gemaakt. Fig. 10 toont het dwarsprofiel van deze soort glooiing: het resultaat van een uitgebreid onderzoek in een model. Bij een gesloten constructie moet n.l. vooral als de grondwaterstand in de aangrenzende terreinstrook hoog is, onder bepaalde omstandigheden op overdrukken tegen de onderzijde van de bekleding gerekend worden. In de constructie zal het voorkomen van dit verschijnsel door materiaalopbouw en gewicht moeten worden verdisconteerd.

De criteria voor het bepalen van het gewicht van een gesloten bekleding op taluds, belast door quasi-statische overdrukken, kunnen als volgt worden weergegeven (fig. 11):

Schuifcriterium:

evenwicht vereist:

$$\gamma_w \cdot d \cdot \sin \alpha \leq w$$

$$w = (\gamma_w \cdot d \cdot \cos \alpha - P) \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{dus: } P \leq \gamma_w \cdot d \cdot \cos \alpha \cdot \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha} - 1 \right)$$

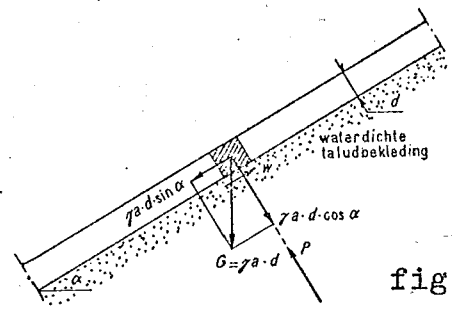


fig. 11

Drijfocriterium:

$$P < \gamma_w \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$P$  = het drukverschil tussen een punt onder de bekleding en een bijbehorend punt boven de bekleding =  $(\Delta h + d \cdot \cos \alpha) \cdot \gamma_w$   
in  $\text{tf/m}^2$ ;

$d$  = de bekledingsdikte in m;

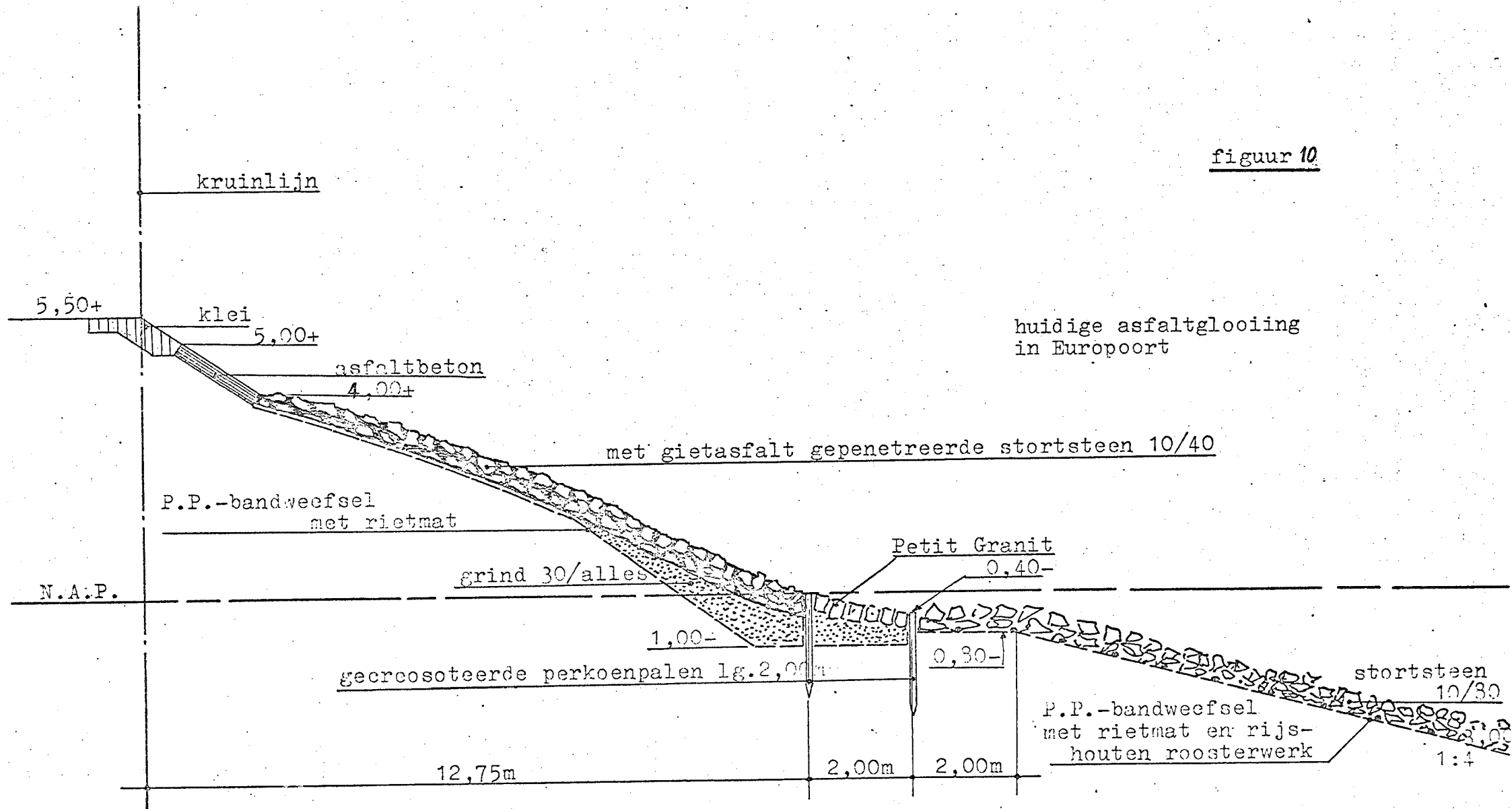
$\gamma_w$  = het s.g. van de bekleding in  $\text{t/m}^3$ ;

$\gamma_w$  = het s.g. van water in  $\text{t/m}^3$ ;

$\alpha$  = de hellingshoek van het talud;

$\varphi$  = de wrijvingshoek tussen bekleding en onderliggend materiaal of hoek van inwendige wrijving van het onderliggend materiaal.

figuur 10





De genoemde criteria worden als volgt toegepast:

- a. onder normale omstandigheden (springtij) moet aan het schuifcriterium worden voldaan;
- b. onder extreme omstandigheden (stormvloed) moet aan het drijf-criterium worden voldaan.

Het schuifcriterium is bepalend voor de materiaalkeuze van een gesloten bekleding. De grootste overdruk onder de bekleding treedt n.l. steeds op ter hoogte van de buitenwaterspiegel en zal zich derhalve langs het talud naar beneden verplaatsen. Door deze overdruk kan de component van het eigengewicht in de talud-richting groter worden dan de contactwrijving, waardoor in het bekledingsmateriaal rek- en stuikspanningen kunnen ontstaan.

Bij viskeuze materialen (bijv. asfaltbeton) zijn deze spanningen ontoelaatbaar omdat hierdoor vermoeidheidsverschijnselen kunnen optreden; door toepassing van een materiaal met een hoge inwendige stabiliteit (bijv. steenstorting ingegoten met gietasfalt) zal dit criterium niet behoeven te worden gehanteerd.

Het drijfocriterium is uitsluitend een kwestie van gewicht van de bekleding.

Met behulp van een elektrisch model, gebaseerd op de analogie tussen de wetten van Ohm en Darcy, kunnen de wateroverdrukken onder verschillende omstandigheden worden bepaald, waartoe de verschillende randvoorwaarden als o.a. waterstandsverloop in de haven, grondwaterstand in het terrein, doorlatendheidseigenschappen van de bodem en het ontwerp-dwarsprofiel moeten worden gegeven.

De opbouw van met gietasfalt gepenetreerde stortsteen tot N.A.P. + 4,-- m, met daarboven tot N.A.P. + 5,-- m een kap van asfaltbeton, vloeide voort uit het ontwerpcriterium bij stormvloed. Door toepassing van de gepenetreerde stortsteen met inwendig stabiel skelet geldt over dat deel alleen het drijfocriterium. Ontwerpen op dit drijfocriterium houdt echter in dat aan de teen een steunconstructie moet worden gemaakt welke afglijden van de bekleding moet kunnen voorkomen".

Tot op heden heeft de asfaltglooiing niet tot onderhoud genoopt.

De toegepaste taludbestortingen (stortsteen 10/80 kg) echter blijken in en nabij de toegang tot Europoort te licht te zijn. In het hoofdstuk over Europoort zullen wij hier nader op terug komen.

Nu inmiddels de (economische) motieven voor het ontwerp verschoven kunnen zijn, lijkt het dienstig de mogelijkheden die andere en/of nieuwere materialen bieden, wederom te beschouwen.

Als bijlage 5 is aan het verslag een uittreksel toegevoegd van een door K.H. van de Ridder en P.J.M. Heymdijk geschreven rapport over de ervaring met het afzinken van kragstukken in de Europoort.

## 5. Hartelkanaal

Bij haar eerste bijeenkomsten reeds werd de groep geconfronteerd met de noodzaak op korte termijn herstellingen aan het Hartelkanaal uit te doen voeren.

Basis voor een eerste advies ten aanzien van de steenzwaarte is het Rijn-Schelde onderzoek /6/ en een steekproef ter plaatse. Doel van de steekproef: controle van de randvoorwaarden, welke uit het eerstgenoemde rapport zijn geput.

Daartoe werd in raai 5600 noordzijde een peilschaal op 10 m uit de kruin geplaatst. Van 80 opeenvolgende vaartuigen werden waterspiegelrijzing en -daling gemeten. Figuur 12 toont de afwijking uit de middenstand.

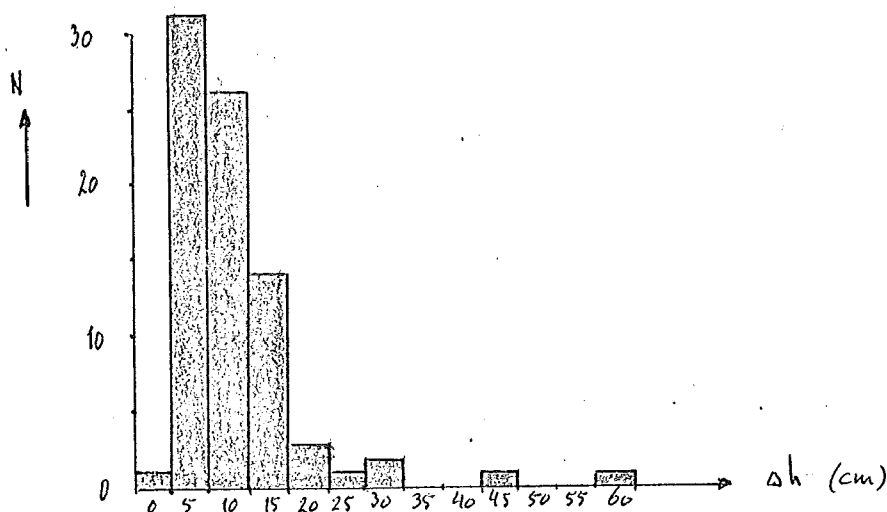


fig. 12: scheepsgolven in het Hartelkanaal, max. afwijking uit de middenstand bij 80 metingen.

Slechts in 6 van de 80 gevallen werd een waarde van 20 cm of meer gemeten, terwijl het maximum 60 cm bedroeg. Op grond van het Wester-Schelde onderzoek komen Sturm en Gijzel tot 70 cm (het desbetreffende hoofdstuk van hun rapport is als bijlage 3 aan dit verslag toegevoegd).

De verwachting dat de maximale golf zal worden veroorzaakt door een ongeladen Rijn-Hernekanaal-schip, wordt door de steekproef in grote lijnen bevestigd. Het door een losse duwboot opgewekte golfsysteem dient nog nader bestudeerd te worden. De overeenkomst tussen de modelproeven en de steekproef en het feit dat het dwarsprofiel van het Hartelkanaal grote gelijkheid vertoont met dat van de Rijn-Schelde verbinding heeft ons ertoe gebracht bij het advies omtrent de zwaarte van de bermbestortingen in belangrijke mate rekening te houden met datgene wat bij de Rijn-Scheldeverbinding is toegepast, te weten steen 50/200 kg.

Het advies voor het Hartelkanaal luidde dan ook:  
voorlopig afstorten met steen 10/80 kg, later eventueel een nabestorting met steen 80/200 kg.

Over een grote lengte is in het Hartelkanaal een z.g. prepaactglooiing aangelegd. Het blijkt dat de prepaact over vrijwel de volledige lengte gescheurd is op de waterlijn, waarna een sterk erosieproces in werking is getreden.

Herstel van de prepaactglooiing is vooralsnog uitgesteld tot een beter inzicht in het bezwijkmechanisme is verkregen, waartoe ir. Van der Veer (afd. Grondmechanica) is verzocht een onderzoekstaak op zich te nemen.

Vermeld zij dat Rijkswaterstaat in haar beheersgebied recentelijk herstellingen heeft uitgevoerd met behulp van los gestorte loodslakken (korrelafmetingen tot ca. 20 cm), een en ander op advies van de heer Kant. Ook het effect van deze bestorting zal door ir. Van der Veer beschouwd worden.

## 6. Europoort

Op een aantal plaatsen in Europoort was onderhoud dringend noodzakelijk, reden waarom op korte termijn een advies gegeven moest worden. Hiertoe is gebruik gemaakt van een door Bureau Svasek in 1970 geproduceerd rapport (als bijlage 4 toegevoegd).

Volgens gegevens van R.W.S. dient met een ontwerpgolf van 6 m, dat wil zeggen  $V_w = 27$  m/s bij een frequentie van 1,6 u/jr, gerekend te worden.

Dit zou betekenen dat in de mond van het Calandkanaal nog een golf van 3 m over is. De formule van Hudson luidt in dit geval tot een steenzwaarte van 1350 kg, terwijl 1-3 ton toegepast is.

Op dezelfde wijze kan voor de kop van de Beneluxhaven een steenzwaarte van 770 kg becijferd worden.

Afgesproken is dat hier de zwaarste stukken uit het puin van de sluis van Nieuwersluis gedeponereerd zullen worden.

Op de andere plaatsen waar onderhoud zal geschieden voornamelijk nabij steigers en zwaaikommen in de 4e en 6e p.h., in de Beneluxhaven en langs de landtong ter hoogte van de Beneluxhaven en de 7e p.h. kan door andere oorzaken dan golven of een lagere golf, volstaan worden met steen 80/300 kg of zelfs 80/200 kg.

Tevens kan overwogen worden een betuining tot bijv. 1,00 m - N.A.P. aan te brengen, hetgeen momenteel in een proefvak langs het Calandkanaal in uitvoering is.

Momenteel wordt overwogen om een golfonderzoek in Europoort te verrichten. De uitkomsten zullen worden gerelateerd aan het rapport M 816 "Golfoordringing in de buitenhaven Europoort" van het Waterloopkundig Laboratorium.

7. Rotterdam + Botlek

In onderstaande tabel is weergegeven de jaarlijkse onderhoudskosten per strekkende meter glooiing, gebaseerd op de jaren 1955 tot en met 1972.

De gemiddelde prijs komt uit op f 4,16/m'/jr., inclusief bermen (betonpuin).

onderdeel	kosten per m per jaar	bijzonderheden
dokhaven	f 4,87	
eemhavens	f 4,13	
keilehaven	f 2,64	beschutte haven-vele steigers over de glooiing gebouwd-geen jeugd
koushaven	f 0,63	zeer beschutte haven-weinig scheepvaart-geen jeugd
maashaven	f 4,98	
merwehaven	f 2,76	glooiing min of meer beschut
1 <sup>ste</sup> Petroleumhaven	f 4,00	
2 <sup>de</sup> Petroleumhaven	f 3,61	
rijnhaven	f 10,00	veel jeugd (uitbreken), scheidingslijn rijnhaven-rivier de Nwe. Maas is moeilijk te trekken
waalhaven	f 3,20	
werkhaven	f 1,73	beschutte haven-weinig scheepvaart
overige buitenhavens	f 4,50	
rivier de Nwe. Maas	f 8,19	intensieve scheepvaart, de meeste schadevaringen, uitbreken door jeugd, onduidelijk bij de mondingen der verschillende havens
havens binnenstad en poldergebied	f 2,60	
3 <sup>de</sup> Petroleumhaven- Botlekhavens en doorn	f 4,55	berekend over periode 1962 tot en met 1972 (alleen onderhoud, dus geen nieuwe aanleg)

Literatuur De vermelde publicaties zijn in bezit van de afd.  
Havenwerken

- /1/ P. Groen en R. Dorrestein, K.N.M.I.  
Zeegolven  
uitgave Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage
- /2/ informatiebulletin nr. 3:  
getij- en meteorologische gegevens voor  
het Rotterdamse havengebied  
Studiebureau Havenwerken,  
Gemeentewerken Rotterdam, april 1973
- /3/ Kurt Helm  
Vergeleich von Propalsions und Strömungsmessungen  
an Modell- und Grossausführung in Trapezkanal  
Schiff und Hafen, Heft 10, 1970
- Karl Felkel und Heiko Steinweller  
Druck und Strömung unter im Kanal fahrenden  
Schiffen, Kriegenbrumer Messungen  
Schiff und Hafen, Heft 8, 1973
- Schäb, Kuhn, Schröder und Hofman:  
Kanal- und Schifffahrtversuche Bamberg 1967  
Schiff und Hafen, Heft 4 bis 9, 1968
- /4/ Robert M. Sorensen  
Water waves produced by ships  
proceedings of the ASCE, journal of the Waterways  
Harbors and Coastal Engineering Division, may 1973
- /5/ Duwvaartmetingen Hartelkanaal, 28 maart 1969  
Studiebureau Havenwerken, Gemeentewerken Rotterdam
- /6/ Waterloopkundig Laboratorium, rapport M 1115  
Schelde-Rijnverbinding, deel I
- Waterloopkundig Laboratorium, rapport M 782,  
Duwvaart in kanalen, deel 10  
Aantasting van de oever
- /7/ Technical Report no. 4 from  
U.S. Army Coastal Engineering Research Center:  
Shore Protection, Planning and Design  
third edition, june 1966
- /8/ Waterloopkundig Laboratorium publicatie nr. 31  
On optimum breakwater design
- /9/ Prof. Dr. Ir. E.W. Bijker  
Lecture notes for Introduction to Coastal Engineering  
and Breakwaters, T.H. Delft, augustus 1972
- /10/ R.W.S. directie Bovenrivieren, arrondissement  
Rijn en IJssel, afd. Onderzoek Nieuwe Oeververdedigingen  
nota 73-2  
Oeververdedigingen langs de IJssel volgens bestek nr.  
BOR-725  
Arnhem, juli 1973.

/11/ Waterloopkundig Laboratorium, rapport R 678,  
Onderzoek naar de waterloopkundige karakteristieken  
van kunststofweefsels  
delen I t/m V

/12/ ir. P. Boer  
Ervaringen met de aanleg van oevervoorzieningen in  
het Rotterdamse havengebied.  
deel II: Taluds in de zeehaven Europoort  
De Ingenieur, 15 januari 1971

Bijlagen ~~1: formule van Hudson~~  
~~2: kwaliteitsnormen~~  
~~3: Hartelkanaal~~  
~~4: rapport GEM, Svasek.~~  
5: afzinken van kraagstukken

\*

Ervaringen met kraagstukken met kunststofweefsel in Europoort

De belangrijkste eis, die gesteld moet worden aan een beschermingsconstructie van een onderwaterbeloop is, dat het gemaakte profiel onder alle omstandigheden gehandhaafd moet blijven. De constructie moet daartoe weerstand kunnen bieden aan:

1. waterstromingen
  2. golfbewegingen
  3. weersinvloeden
  4. inwerking van in het water terechtgekomen chemicaliën (havengebied).
- } zowel t.g.v. scheepvaart als van  
} wind en getij;

Bovendien moet voldaan worden aan de grondmechanische stabiliteitseisen in verband met oeverafschuivingen en zettingsvloeiingen.

In het algemeen zal de oeverbescherming bestaan uit een zand-dichte en waterdoorlatende constructie. Traditioneel was dat een rijshouten kraagstuk met bestorting. Tegenwoordig wordt veelal een kraagstuk met een zool van kunststofweefsel toegepast, in combinatie met een rietmat of rijshouten wiepen.

Diverse varianten van dit nieuwe type zijn in Europoort beproefd, wat betreft kwaliteit en mogelijkheden van aanbrengen.

Aanvankelijk werd het stuk afgezonken door het te ballasten. Daarbij ontstonden problemen, doordat het stuk in de richting loodrecht op de oeverlijn onvoldoende stijfheid bezat. Deze stijfheid kan voor kleinere stukken verbeterd worden door een roosterwerk van rijshouten wiepen aan te brengen. Bij grotere kraagstukken ( $\pm 20$  m breed) bleef het gevaar, dat het stuk tijdens het zinken zou dubbelslaan, te groot. Om dit te voorkomen zou het gehele kraagstuk zwaarder geconstrueerd moeten worden, hetgeen oneconomisch is, omdat deze verzwaring na het afzinken geen functie meer vervult.

Daarom is gezocht naar een methode van afzinken, waarbij het stuk strak op het onderwaterbeloop wordt aangebracht, vóórdat het wordt afgestort met stortsteen. Proeven zijn genomen met een door Rijkswaterstaat ontwikkeld systeem. Het stuk wordt daarbij gekoppeld aan een drijfverbuis en een zinkgewicht. Nadat het verankerd is aan het talud, wordt het afgezonken met behulp van het zinkgewicht en vastgelegd met stortsteen. Vervolgens wordt de drijfverbuis ontkoppeld en het stuk verder afgestort. Het zinkgewicht hangt daarbij aan een dragline, welke is opgesteld op een ponton, voorzien van spudpalen (zie fig. 1 en 2).

\* uittreksel van een rapport van K.H. van de Ridder en P.J.M. Heyndijk stammend uit 1968.



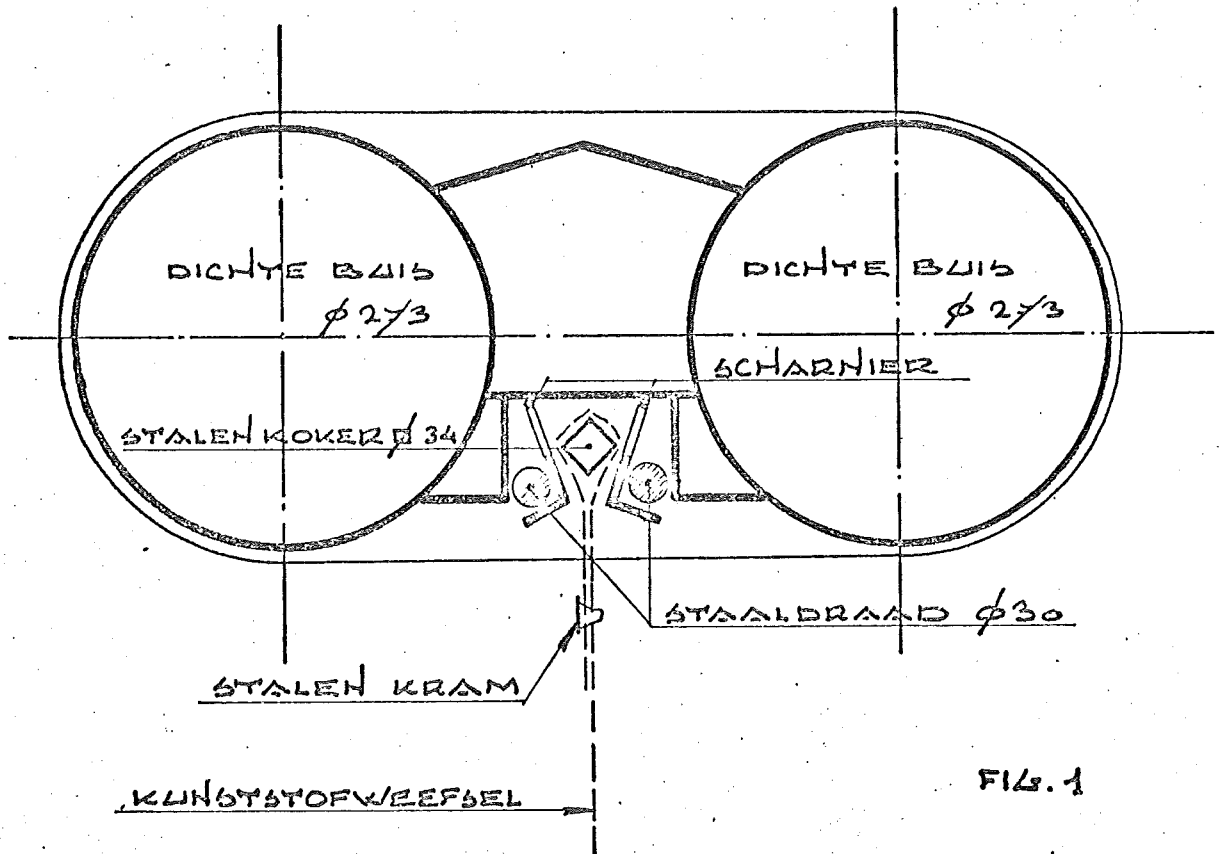


FIG. 1

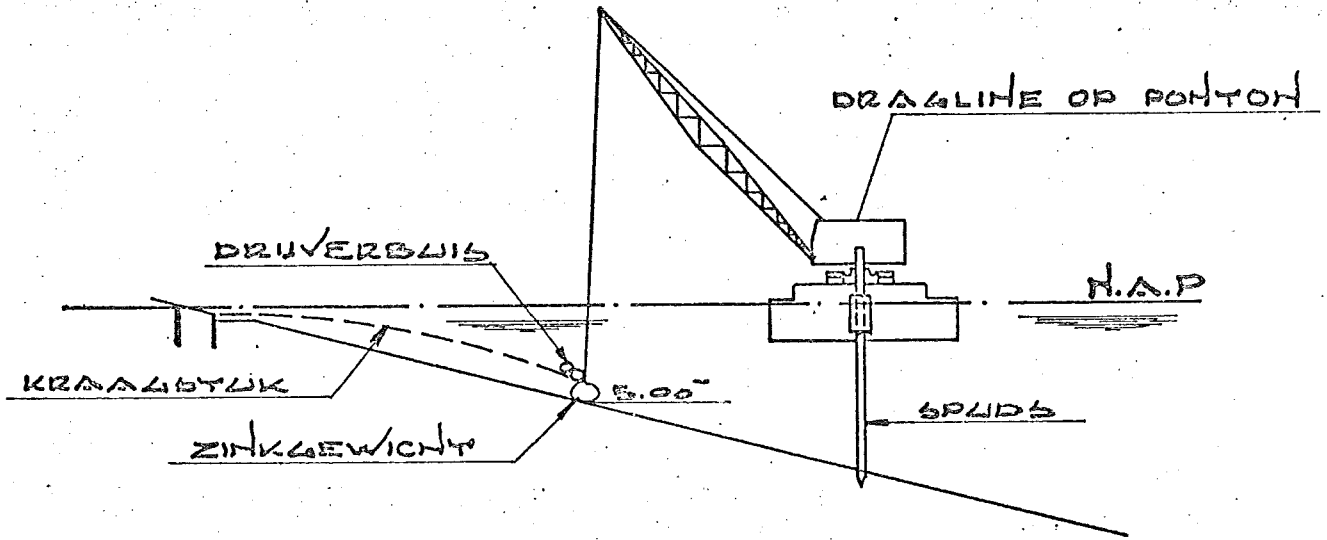


FIG. 2

Met dit systeem zijn kraagstukken van verschillende opbouw afgezonken op een platbodem van 2.00 m breed, gelegen op N.A.P. - 0,80 m en op een onderwaterbeloop van 1: 4 tot een diepte van N.A.P.-5.00 m.

De breedte van de kraagstukken is dan  $\pm 20$  m bij een lengte van  $\pm 30$  m.

Beproefde kraagstukken:

1. polyaetheenweefsel + roosterwerk van rijshouten wiepen
2. polyetheen weefsel + 7 langswiepen van rijshout
3. polypropeen bandweefsel
4. polypropeen bandweefsel + dichte rietmat

De ervaringen zijn verzameld in tabel I.

Overzicht kostenpercentages

Uitgangspunt is het afzinken van 600 m<sup>2</sup> kraagstuk per dag en het gebruik van onderstaand hulpmaterieel- en materiaal:

- a. ponton met spudpalen en lieren + 1 man
- b. drijverbuis met toebehoren
- c. zinkgewicht
- d. stalen krammen (zie fig. 1)
- e. stalen kokerprofielen 34 x 34 mm (zie fig. 1)
- f. sleepboot ( $\pm 150$  pk)
- g. zolderbak als kopbak.

Tabel II

Omschrijving	Traditioneel	proef 1	proef 2	proef 3	proef 4
Polypropeen bandweefsel (125 gr/m <sup>2</sup> ) + dichte rietmat + lussen + verbindingslatten	50,2	-	-	-	-
kostprijs wiep	27,9	27,9	4,7	-	-
polyaetheen weefsel (Nicolon)	-	50,0	50,0	-	-
PP-bandweefsel (200 gr/m <sup>2</sup> )	-	-	-	25,5	-
PP-bandweefsel (200 gr/m <sup>2</sup> ) + dichte rietmat	-	-	-	-	42,0
maken kraagstuk	14,8	14,0	8,0	-	7,0
bevestiging kraagstuk - drijverbuis	-	3,0	1,0	1,0	2,0
zinken kraagstuk	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
afschrijving, renteverlies, onderhoud van hulpmaterieel en -materiaal	5,0	17,1	17,1	17,1	17,1
Totaal in %	100,0	114,1	82,9	45,7	70,2

Conclusies

1. Uit het duikeronderzoek blijkt, dat bij een talud 1 : 4 de stortsteen 10/80 kg een stabiele ligging heeft op het kraagstuk, ook al werden geen wiepen toegepast.
2. De rietmat blijft gewenst in verband met verdeling van puntlasten en bescherming van het weefsel.
3. Overwogen kan worden de dichte rietmat te vervangen door een open rietmat en aldus het opdrijvend vermogen te reduceren.
4. Toepassen van de zinkmethode met spudponton, drijfverbuis en zinkgewicht en een kraagstuk van PP-bandweefsel (200 gr/m<sup>2</sup>) + open rietmat is economisch verantwoord. De kostprijs daarvan bedraagt in Europort ± 65% van de kosten van een traditioneel kraagstuk met roosterwerk van rijshouten wiepen.

Tabel I

Nr.	Type kraagstuk	Wijze van aanvoeren en afzinken (600 m <sup>2</sup> )	Duikeronderzoek	Opmerkingen
1.	Polyaethyleen weefsel roosterwerk rijshouten wiepen bestorting 10/80 kg 500 kg/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- weefsel op fabriek aaneengenaaid</li> <li>- stuk op zate gemaakt</li> <li>- drijvend aangevoerd</li> <li>- afgezonken m.b.v. drijverbuis en zinkbalk</li> <li>- vastgelegd en afgestort</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. goed afgestort</li> <li>2. kleine vakken minder goed afgestort</li> <li>3. wiepen en weefsel plaatselijk vrij van talud</li> <li>4. bevestiging wiepen en weefsel na afstorten intact</li> <li>5. vrij strak beloop</li> </ol>	T.g.v. opdrijvend vermogen gaat stuk bol staan tussen verankering en zinkbalk. Bij afstorten daardoor vrij snel plooivorming
2.	Polyethyleen weefsel 7 langwiepen van rijshout bestorting 10/80 kg, 550 kg/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- weefsel op fabriek aaneengenaaid</li> <li>- stuk op zate gemaakt</li> <li>- drijvend aangevoerd</li> <li>- afgezonken m.b.v. drijverbuis en zinkbalk</li> <li>- vastgelegd en afgestort</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. teen slecht afgestort</li> <li>2. onderste 2 wiepen minder vlak op talud als overigen</li> <li>3. onregelmatig talud t.g.v. herstelwerk</li> <li>4. strakke ligging kraagstuk</li> <li>5. stortsteen stabiel op talud</li> </ol>	Tijdens het transport vouwde het stuk zich als een harmonica. Door gering drijfvermogen eenvoudig af te zinken.
3.	Polypropeen bandweefsel (200 gr/m <sup>2</sup> ) bestorting 10/80 kg, 550 kg/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- weefsel op fabriek aaneengenaaid</li> <li>- opgerold op berm gelegd</li> <li>- over water uitgerold en strak getrokken (spudponton)</li> <li>- afgezonken m.b.v. drijverbuis en zinkbalk</li> <li>- vastgelegd en afgestort</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. stabiele ligging stortsteen</li> <li>2. teen plaatselijk niet goed afgestort</li> <li>3. kraagstuk overal strak op onderwaterbeloop</li> </ol>	Grotere stroom- en windgevoeligheid dan overige stukken. Beter een zwaarder weefsel gebruiken en een grotere overlap tussen de stukken
4.	Polypropeen bandweefsel (200 gr/m <sup>2</sup> ) dichte rietmat bestorting 10/80 kg, 550 kg/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- matten op zate aaneengenaaid</li> <li>- kraagstuk opgerold over water aangevoerd</li> <li>- over water uitgerold en strak getrokken (spudponton)</li> <li>- afgezonken m.b.v. drijverbuis en zinkbalk</li> <li>- vastgelegd en afgestort</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. enige steen buiten de teen van het stuk</li> <li>2. vakken van ± 5 m<sup>2</sup> niet goed bestort</li> <li>3. stuk vrij strak op talud</li> <li>4. vak van ± 5 m<sup>2</sup> vrij van talud</li> <li>5. verbindingsnaden blijven intact</li> <li>6. stortsteen stabiel op talud</li> </ol>	Transport in opgerolde toestand erg eenvoudig.