

OPEN STEENASFALT

kennis van de eigenschappen
verzameld uit onderzoek
uitgevoerd in de periode
tot 1984

S-85.029

Werkgroep 4 "Dijkbekledingen"
van de Technische Adviescommissie
voor de Waterkeringen
juli 1985

adres:
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Hoofdafdeling Waterbouw
van Alkemadelaan 400
Postbus 20904
2500 EX 'S-GRAVENHAGE

<u>INHOUD</u>	<u>blz.</u>
1. Inleiding	3
2. Conclusies	4
3. Open steenasfalt	7
4. Gedrag onder golfaanval	9
4.1. Onderzoek onder zware golfaanval	9
4.2. Onderzoek onder langdurige golfaanval	11
5. Weerstand tegen stromend water	13
6. Mechanische eigenschappen	15
6.1. Onderzoek naar het kruipgedrag	15
6.2. Onderzoek naar het kruip- en dynamisch afschuifgedrag	16
7 Stabiliteit	18
8. Doorlatendheid	21
9. Overige belastingen	23
9.1. Biologische aantastingen	23
9.2. Chemische aantastingen	23
9.3. Vernielingen door recreanten, e.d.	23
9.4. Belastingen door schepen	24
9.5. Weersinvloeden	24
10. Duurzaamheid	27
11. Uitgevoerde werken	32
Literatuur	33

BIJLAGEN

Bijlage 1:	Conclusies van Octrooi 155245 "Werkwijze voor bereiding van een bitumineus mengsel voor waterbouwkundige toepassingen"	B 1,1
Bijlage 2:	Technische gegevens m.b.t. onderzoek onder zware golfaanval	B 2,1
Bijlage 3:	Technische gegevens lange duur golfproef	B 3,1
Bijlage 4:	Technische gegevens stroomproef in pomp-circuit	B 4,1
Bijlage 5:	Technische gegevens van de kruipproeven op open steenasfalt monsters uit de proefvakken van bouwput Roompot	B 5,1
Bijlage 6:	Technische gegevens van sterkte onderzoek op kernen open steenasfalt uit proefvakken bouwput Roompot	B 6,1
Bijlage 7:	Technische gegevens van onderzoek naar de mechanische eigenschappen van open steenasfalt	B 7,1
Bijlage 8:	Technische gegevens van stabiliteits-onderzoek	B 8,1
Bijlage 9:	Samenstelling van open steenasfalt uit de UV- en warmtebestendigheidspreef	B 9,1
Bijlage 10:	Technische gegevens van de waterdoorlatendheidsproeven op open steenasfalt	B10,1
Bijlage 11:	Bekledingstypen en resultaten van onderzoek naar belastingen door schepen	B11,1
Bijlage 12:	Samenstelling van open steenasfalt toegepast langs de Gelderse IJssel	B12,1
Bijlage 13:	Samenstelling van open steenasfalt met grind en met kalksteen zoals toegepast op de splitsingsdam bij Hoek van Holland	B13,1
Bijlage 14:	Samenstelling van open steenasfalt in de taluds van bouwput Schaar	B14,1
Bijlage 15:	Overzicht van met open steenasfalt uitgevoerde werken	B15

1. INLEIDING

Ofschoon de eerste toepassingen van open steenasfalt al weer uit de zestiger jaren stammen en reeds veel waterkeringen en bodems ermee zijn bekleed, wordt het materiaal door velen nog als nieuwerwets beschouwd. Dit heeft tot gevolg dat het zich t.o.v. andere, door vaak eeuwenlange ervaring en traditie gevestigde, materialen als bv. breuksteen steeds opnieuw moet bewijzen.

Gezien het toch al grootschalige gebruik van open steenasfalt in de waterbouw acht werkgroep 4A (asfaltbekledingen) van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen het belangrijk dat meer duidelijkheid in de eigenschappen van het materiaal wordt verschaft. Met dit rapport, dat een overzicht geeft van de vele onderzoeken die op dit materiaal zijn gedaan, wordt getracht hiertoe een bijdrage te leveren.

Hoewel harde conclusies uit de ter beschikking staande gegevens nog niet helemaal te trekken zijn, kan toch wel worden gesteld dat open steenasfalt als een volwaardig lid van de oever- en bodembeschermingsmaterialen kan worden beschouwd.

Allereerst wordt een en ander behandeld m.b.t. open steenasfalt zelf. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de materiaaleigenschappen die van belang zijn voor toepassing in de waterbouw. Dit zijn:

- gedrag onder golfaanval
- weerstand tegen stromend water
- mechanische eigenschappen
- stabiliteit
- doorlatendheid
- weerstand tegen overige belastingen als biologische aantastingen, scheepsaanvaringen, etc.
- duurzaamheid.

Voor al in vroegere toepassingen varieert de samenstelling van het materiaal soms onderling en wijkt af van wat tegenwoordig gebruikelijk onder open steenasfalt wordt verstaan. Dit kan bij de interpretatie van de in het rapport behandelde onderzoeksresultaten tot verwarring leiden. Reden waarom ook zoveel mogelijk de diverse mengselsamenstellingen zijn opgenomen.

Het rapport is geschreven door ir. J.A. van Herpen (Ingenieursbureau "Oranjewoud" B.V.) met medewerking van H.J.A.J. Gruis (Wegbouwkundige Dienst), ir. H. Roos (Bitumarin) en ing. K.A. van den Hoek (Deltadienst) en onder begeleiding van subwerkgroep 4A en werkgroep 4 van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Tevens hebben vertegenwoordigers van diverse instanties commentaar geleverd.

CONCLUSIES

In de afgelopen tijd is veel onderzoek op open steenasfalt uitgevoerd. Hoewel bij een aantal resultaten nog vraagtekens moeten worden gezet en aanvullend onderzoek wenselijk is, kan in het algemeen worden gesteld dat er voldoende bekend is om open steenasfalt verantwoord te kunnen toepassen.

De belangrijkste conclusie uit het rapport is, dat open steenasfalt, ook onder zware en langdurige belastingen kan worden gebruikt, mits de dimensionering goed is en er geen instabiel steenachtig materiaal frequent (b.v. door golfbeweging) over het talud beweegt.

Een zorgvuldige en vakkundige mengselbereiding en uitvoering zijn essentieel om een optimaal produkt te verkrijgen.

Tijdens de voorbereiding en de aanleg dient hier, door middel van vooronderzoek en kwaliteitscontrole, voldoende aandacht aan te worden besteed.

De belangrijkste resultaten uit het rapport zijn:

Golfaanval

Bezwijken van de open steenasfaltbekleding is tijdens het onderzoek onder zware golfaanval in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium niet opgetreden. Derhalve zijn exacte waarden met betrekking tot de bezwijksterkte van het materiaal niet af te leiden. Wel kan, gezien de proefomstandigheden (golven tot max. 2,65 m), worden gesteld dat een open steenasfaltbekleding vrij aanzienlijke golfaanval kan weerstaan.

Open steenasfalt is weinig gevoelig voor van het talud open aflopend water van golven. Na een gesimuleerde aanval van 250.000 golven met een hoogte van ca. 2,00 m werd aan een proeftalud geen schade geconstateerd.

Ter illustratie: 10.000 golven met een hoogte van 1,87 m simuleren een periode van ca. 1,5 jaar bij Noordland t.p.v. het werkeiland van de Oosterschelde stormvloedkering.

Bevindt zich echter instabiel steenachtig materiaal op de bekleding dan kan sterke slijtage optreden; een fenomeen dat overigens ook op andere dijkbekledingsmaterialen van toepassing is. Aangeraden wordt aan de teen van een talud met open steenasfalt geen bestorting van, in verhouding met de normaal aanwezige hydraulische omstandigheden, instabiel materiaal, zoals grind en puin, toe te passen.

Stroombestendigheid

De beschikbare proefresultaten zijn onvoldoende om harde conclusies te trekken met betrekking tot de bestendigheid van open steenasfalt tegen stationaire stroming. Het enige dat bekend is, is dat open steenasfalt met overigens een andere samenstelling dan wat tegenwoordig gebruikelijk is, enige slijtage vertoonde na een proef onder stationaire stroming met een snelheid van 6 m/s (water met 20% zand) na

totaal 232 uur. Hoewel extrapolatie naar normale omstandigheden (1 à 2 m/s) echter niet mogelijk is wordt gezien bovengenoemde resultaten en praktijkervaringen het materiaal ook onder langdurige stroming als voldoende bestendig geacht. Verder onderzoek is gewenst.

Mechanische eigenschappen

Uit het beschikbare onderzoek naar de mechanische eigenschappen zoals sterkte en kruipgedrag kunnen de parameters benodigd voor de dimensioneringsberekeningen worden verkregen. De relatie tussen de stijfheidsmodulus van het mengsel en het bitumen is redelijk goed vastgesteld. Ook de toelaatbare 'initiële rek' bij verschillende stijfheidsmoduli van het mengsel onder dynamische belastingen (zgn. vermoeiingsgedrag) is bepaald. Ter verfijning is aanvullend onderzoek aan te bevelen.

Stabiliteit

Ten aanzien van de stabiliteit van een open steenasfaltbekleding op een talud kan worden gesteld dat extreme vervormingen onder verwerkingsomstandigheden (hoge temperaturen) niet te verwachten zijn. Steile hellingen tot 1:1,5 kunnen worden aangebracht.

Stabiliteitsproblemen onder normale omstandigheden zullen niet optreden mits de laag wordt ondersteund, door een andere bekleding of door een teenconstructie. Dit is in de praktijk gewoonlijk het geval.

Doorlatendheid

Open steenasfalt is zeer doorlatend - in de orde van grootte als de steen waaruit het is samengesteld. Daar het altijd in combinatie met een filter wordt toegepast is het filter bepalend voor de doorlatendheid.

Belastingen door schepen

Uit de proeven in het Rhein-Main-Donau Kanaal bleek dat open steenasfalt zeer goed bestand was tegen diverse soorten belastingen door schepen. Geen zichtbare schade werd geconstateerd na aanzienlijke inwerking door schroefstralen en een aanvaring veroorzaakte slechts een ondiepe schram. Van de onderzochte bekledingstypen behoorde open steenasfalt tot de beste.

Duurzaamheid

Zoals uit laboratorium- en praktijkonderzoek is gebleken zijn ook bij wisselende belastingen en temperatuurschommelingen goede mechanische eigenschappen te bereiken. Deze eigenschappen zijn echter gevoelig voor een juiste samenstelling en verwerking van het materiaal. Variaties in samenstelling en verwerking zijn in de praktijk wel geconstateerd.

Er moet dus voor worden gezorgd dat zowel de bereiding van het mengsel als de uitvoering zorgvuldig en vakbekwaam gebeurt aangezien dit de duurzaamheid sterk kan beïnvloeden. Dit is tevens van belang omdat de kwaliteit moeilijk door controle achteraf is vast te stellen; kwaliteitscontrole dient preventief te zijn.

Al met al blijven met betrekking tot de duurzaamheid nog een aantal vragen open staan. Zoals het nu lijkt kan open steenasfalt als voldoende duurzaam worden beschouwd, mits natuurlijk de ontwerpcondities niet worden overschreden en voor een goede en vakbekwame bereiding en verwerking wordt gezorgd.

Het gedrag op de langere duur (langer dan 20 jaar) is nog moeilijk voorspelbaar. Dit geldt overigens in meer of mindere mate voor bijna alle "moderne" bekledingstypen.

Vries-dooiproeven bleken geen zichtbare schade te veroorzaken aan monsters open steenasfalt. Zowel bij een proef waarbij monsters aan 50 vriesdooicycli van eerst 6 uur op 10°C werden blootgesteld als een proef waarbij monsters gevuld met een zand-watermengsel zijn onderworpen aan 30 vriesdooicycli van 3 uur invriezen tot -10°C en 30 minuten ontdooien tot 10°C is geen zichtbare schade geconstateerd. Wel is aanvullend onderzoek aan te bevelen naar de invloed van vriezen en dooien op de mechanische eigenschappen.

In gebieden waar aanzienlijke groei van zeepokken te verwachten is kan aantasting van het oppervlak optreden hetgeen zich uit in het losdrukken van de bovenste stenen.

Mengsels met, al dan niet gebroken, grind vertonen na verloop van tijd meer stripping dan mengsels met kalksteen. Hechtverbeteraars hebben een positief effect op de hechting. Dit effect blijkt echter op de lange termijn te verdwijnen.

Een uitgebreide inventarisatie van een groot aantal toegepaste open steenasfaltbekledingen zal het inzicht in de duurzaamheid zeker kunnen vergroten.

3. OPEN STEENASFALT

Open steenasfalt is een warm bereid mengsel (140 à 150° C) van asfaltmastiek met een grovere, enigszins uniform gegradeerde steenfractie. De verhouding mastiek - steen is zodanig dat een open, d.i. een waterdoorlatend, mengsel wordt verkregen. Veelal is deze verhouding ongeveer 80% (m/m) steen en 20% (m/m) mastiek. De mastiek samenstelling ligt in de orde van grootte van 20% (m/m) vulstof, 20% (m/m) bitumen en 60% (m/m) zand.

De hoeveelheid mastiek is afhankelijk van de soort steenslag (gradering, specifiek oppervlak, etc.) en wordt bepaald door:

- 1- de minimale hoeveelheid nodig voor een volledige omhulling en een voldoende "kitting" van de stenen.
- 2- de maximale hoeveelheid waarbij nog net geen uitzakking optreedt (de mastiek druipt van de steen en zakt naar beneden waardoor onderin een dichte laag kan worden gevormd) (1).

De definitieve mortel/steen verhouding kan worden afgeleid door middel van een "uitzakproef" waarin de hoeveelheid mortel wordt bepaald waarbij aan bovengenoemde criteria wordt voldaan. Hiertoe wordt een hoeveelheid mengsel uitgestort in een hoge koker. Na afkoeling kan de hoeveelheid asfaltmastiek, zowel boven als onder, door middel van extractie en visuele waarneming worden gevonden (1). In de praktijk ligt het mastiekpercentage tussen 17 en 21% m/m.

Menging geschiedt in twee fasen. Allereerst wordt de mastiek bereid en vervolgens met de grovere voorverwarmede steen gemengd. Aldus wordt een gelijkmatige en relatief dikke omhulling (1 à 2 mm) van de steen verkregen. De mastiek "kit" de stenen aan elkaar.

Uit oogpunt van hechting wordt vrijwel uitsluitend kalksteen gebruikt. Een veel gebruikte maat is kalksteen 20/40 mm. De vulstof is bij voorkeur (zeer) zwak; kalksteenmeel wordt geprefereerd. Gewoonlijk wordt bitumen 80/100 toegepast. De bereidingswijze is ontwikkeld door Bitumarin B.V. te Zaltbommel en staat bekend onder de naam Fixtone. De conclusies betreffende werkwijze en mengselsamenstelling staan vermeld in bijlage 1.

Open steenasfalt wordt toegepast als oever- en bodembeschermingsmateriaal. Door zijn "openheid" mag het onder water niet warm worden verwerkt. De hierbij optredende stoomvorming kan nl. verlies van hechting tussen de mastiek en de kalksteen veroorzaken. Bovendien kan de laag niet goed worden afgewerkt.

Toepassing onder water geschiedt in de vorm van geprefabriceerde matten. Deze matten worden op een vlakke ondergrond op een kunststof filterdoek in een vooraf gestelde bekisting gemaakt met behulp van een kraan of spreidmachine. Voor het opnemen, transporteren en plaatsen worden draagkabels of

-banden gebruikt die zijn bevestigd aan een frame dat aan een kraan of bok hangt. Bij kleinere matten zijn de kabels vooraf onder de mat gelegd en worden later verwijderd; bij grotere matten kunnen ze in de mat zijn opgenomen. Soms is, in verband met de optredende trekspanningen tijdens de uitvoering, een wapeningsgaas in de mat aanwezig. Voor meer informatie betreffende de uitvoering wordt verwezen naar (2).

Open steenasfalt bezit een groot holle ruimtepercentage (ca. 20-30%). Tevens staan de relatief grote poriën met elkaar in verbinding. Hierdoor kan naast water ook fijn granulair materiaal (bv. zand) door het asfalt heen worden verplaatst. Bestaat de ondergrond waarop de bekleding wordt gelegd uit een dergelijk materiaal dan moet de dichtheid door middel van een filter worden gewaarborgd. Dit kan zijn een granulair filter, een kunststoffilter of een laag gebitumineerd zand.

Open steenasfalt vormt na afkoeling een aaneengesloten plaat. Om als zodanig te functioneren moet de laagdikte minstens 3 à 4 maal de maximaal toegepaste steendiameter bedragen. Voor de meeste toegepaste soort kalksteen 20/40 mm betekent dit dus een minimale laagdikte van 0,12 m. Mede gezien de werknaauwkeurigheid en een extra veiligheid is een laagdikte van minimaal 15 cm aan te bevelen.

4. GEDRAG ONDER GOLFAANVAL

Een van de mogelijke belastingen waaraan een open steenasfaltbekleding onderhevig kan zijn, wordt veroorzaakt door golfaanval. Om dit effect te kunnen kwantificeren is groot-schalig onderzoek uitgevoerd. De begeleiding van dit onderzoek werd verzorgd door een hiertoe ingestelde begeleidingsgroep waarin vertegenwoordigd waren de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (werkgroep 4A), de Technische Hogeschool Delft, het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, de Wegbouwkundige Dienst, de Deltadienst en Bitumarin B.V.

In eerste instantie werden een viertal mogelijke schademechanismen onderkend:

- 1- scheuren door het overschrijden van bezwijkspanningen veroorzaakt door een te grote doorbuiging van de plaat ten gevolge van een golfklap
- 2- erosie door inslaande golven en op- en afstromend water
- 3- oplichten door naar 'buiten' gerichte waterdrukken
- 4- vervormingen en hieruit volgend bezwijken, door verplaatsing van zand onder de bekleding ten gevolge van een drukgradiënt langs het talud.

Mechanisme 1 wordt het meest waarschijnlijk geacht op te treden tijdens overstortende golven (plunging breakers), die de grootste klappen op een bekleding kunnen veroorzaken. Erosie door inslaande golven en op- en afstromend water (mechanisme 2) zal voornamelijk een zaak van lange duur zijn. Door de grote "openheid" van open steenasfalt zal mechanisme 3 niet waarschijnlijk zijn. Mechanisme 4 is nog een relatief onbekend fenomeen maar wordt ten opzichte van mechanismen 1 en 2 niet maatgevend geacht.

Het onderzoek viel uiteen in twee delen. In het eerste deel werd een open steenasfaltbekleding belast door grote overstortende golven. Het doel was voornamelijk mechanisme 1 te toetsen. In deel 2 werd het lange duur erosie-effect onder de loop genomen.

4.1. Onderzoek onder zware golfaanval

Het onderzoek werd in opdracht van Bitumarin B.V. door het Waterloopkundig Laboratorium in de Voorst uitgevoerd. Er is gebruik gemaakt van de Deltagoot omdat hierin zeer hoge golven (tot 2,65 m) opgewekt kunnen worden (3).

In de goot werden een tweetal bekledingsvarianten ingebouwd. Variant 1 bestond uit een 0,25 m dikke laag open steenasfalt met daaronder een filterdoek; variant 2 uit een 0,20 m dikke laag open steenasfalt met daaronder een 0,15 m dikke laag gebitumineerd zand. De beide varianten besloegen elk de helft van de gootbreedte (5 m). Ertussen bevond zich een scheidingsbalk met meetinstrumenten. De toegepaste talud-

helling was 1:3; het talud bestond uit een vooraf verdicht zandlichaam. De constructie is afgebeeld in bijlage 2, waarin tevens de technische gegevens van enkele onderdelen zijn opgenomen.

De geplaatste meetinstrumentatie omvatte:

- a- Drie waterspanningsmeters in het zandbed onder variant 1; Het meetniveau lag direct onder het filterdoek.
- b- Golfdrukopnemers: tien in de middenbalk (no. 2 t/m 11) en een in de gootbodem net voor het model (no. 1).
- c- twee golfhoogtemeters op 80 m voor het model.
- d- rekstroken voor het meten van de deformatie ten gevolge van een golfklap: twee tussen het filterdoek en het open steenasfalt (variant 1) en een tussen het zandasfalt en het open steenasfalt (variant 2) ter hoogte van drukopnemer 7.
- e- een golfploopmeter op de middenbalk.

Tijdens de proeven is getracht de golfbeweging zodanig in te stellen dat er overstortende golven ontstonden die de grootste klappen leverden. Door variatie van de waterstand werd geprobeerd de golfklap in het hart van de instrumentatie (t.p.v. drukopnemer 7) te laten neerkomen.

In het kort omvatte het proefprogramma de volgende onderdelen:

- Begonnen werd met golven met een periode van 3 sec. en een golfhoogte van ongeveer 30 cm. De golfhoogte werd in 16 stappen tot ongeveer 1 m verhoogd. De totale duur bedroeg ca. 5 uur.
- Vervolgens werd gedurende ca. 3 uur gegolfd met golven met een periode van 4 sec. en hoogten die opliepen van 0,50 m tot 0,90 m.
- De volgende proeven vonden plaats met golven met een periode van 5 sec. en hoogte van 0,15; 0,32 en 0,51 m. De duur was 1,5 uur.
- Tenslotte werd nog gedurende 1,5 uur beproefd met golven met een periode van 4 sec. en hoogten die varieerden tussen 0,90 en 1,90 m. De proevenserie werd afgerond met een test met een zeer onregelmatig golfbeeld waarin zeer hoge golven (tot 2,65 m) voorkwamen.

In bijlage 2 zijn de exacte proefomstandigheden alsmede de meetresultaten gegeven.

Na afloop van het proevenprogramma vertoonde het open steenasfalt geen schade. Ook slijtage van het oppervlak was niet zichtbaar.

Ten aanzien van de mogelijke schademechanismen kan het volgende worden gezegd:

mechanisme 1: er zijn geen scheuren opgetreden. In feite had met een lichtere constructie kunnen worden volstaan.

mechanisme 2: Slechts in het allereerste begin lieten enkele stenen los uit het talud. Dit proces zette zich niet voort.

mechanisme 3: uit de meetresultaten bleek dat door de aanzienlijke "openheid" van het asfalt zich geen grote opwaartse drukken onder de bekleding konden ontwikkelen.

mechanisme 4: er is geen migratie van zand geconstateerd.

4.2. Onderzoek onder langdurige golfaanval

In aansluiting op het onderzoek onder zware golfaanval zijn lange duur proeven uitgevoerd waarbij de bestendigheid van open steenasfalt is onderzocht tegen erosie van overstortende golven (plunging breakers). De proefopstelling is zodanig opgebouwd dat schademechanismen 1, 3 en 4 niet op konden treden (zie 4.1); alleen mechanisme 2 is onderzocht (4).

De proeven zijn door de Deltadienst en werkgroep 4A van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen uitgevoerd in de stroomgoot van de stuw bij Lith. Hierbij is gebruik gemaakt van het over de stuw staande verval van 3,80 m. Getracht is met behulp van een voor dit doel ontworpen installatie een inslaande golf te simuleren. Een straal water, die door middel van een speciaal gevormde spuitmond op een steenasfalttalud werd gericht, werd met een bewegend schot onderbroken.

Uit vroegere onderzoeken bij de Technische Hogeschool te Hannover en het Waterloopkundig Laboratorium te Delft bleek een dergelijke methode op een goede wijze een inslaande golf na te kunnen bootsen. In bijlage 3 wordt de constructie van de "golfklapinstallatie" gegeven.

Het steenasfalt is geplaatst in drie achter elkaar geplaatste bakken met een totale lengte van 12 m. Onderin vond de golfinslag plaats, daarboven de op- en afloop. De toegepaste taludhelling is 1:4. De mengselsamenstelling van het steenasfalt staat vermeld in bijlage 3.

Voorafgaande aan de eigenlijke proeven is een ijkprogramma uitgevoerd om de installatie zodanig af te stellen dat de juiste omstandigheden voor de te simuleren golven verkregen zouden worden. Hierbij zijn op het talud de snelheden en laagdikten van de oplooptong en de drukken onder de inslaande straal en in de toevoerleiding het debiet bepaald.

Tijdens de proeven zijn alleen debieten gemeten ten einde eventuele veranderingen in de proefomstandigheden te kunnen constateren. Van tijd tot tijd werd in dwarsraaien om de 25 cm mogelijk steenverlies opgemeten. Tevens zijn voor en na de proef stereofoto's genomen.

Uit een correlatie tussen metingen in de ijkfase en de berekeningen van het Waterloopkundig Laboratorium, dat bij het onderzoek heeft geadviseerd, bleek dat bij de optredende omstandigheden (maximaal debiet = $2,5 \text{ m}^3/\text{sec.}$) een overslaande golf (plunging breaker) met een maximale hoogte van 1,87 m en een periode van 5,3 sec. kon worden gesimuleerd.

Om een goed gevormde oplooptong te verkrijgen is voor de cy-

clustijd van de afsluiter in de proefstelling 7,7 sec. genomen. In bijlage 3 wordt een overzicht gegeven van de gemeten waarden tijdens de ijkfase.

De proeven zijn uitgevoerd met de grootst mogelijke golfhoogte.

Achtereenvolgens hebben de volgende activiteiten plaatsgevonden:

Bij aanvang proef zijn stereofoto's van het taludoppervlak genomen en zijn met een speciale meetkam om de 25 cm dwarsraaien opgemeten. Vervolgens is de golfinstallatie aangezet. Na 500 cycli is gestopt en zijn de dwarsraaien opnieuw gemeten. De installatie is weer gestart waarbij om de 5000 cycli de dwarsraaien zijn gemeten. Na 200.000 cycli is de proef beëindigd.

Steenverlies is, op enkele losse steentjes na, niet geconstateerd.

Vervolgens is de proef voortgezet door op het talud 9,2 kg steen 30/60 mm aan te brengen en deze in de golfoploopzone met het water op en neer te laten rollen. De stenen werden tegengehouden door een hiervoor geplaatst rooster op vier meter vanaf de onderkant van het talud.

Na 50.000 cycli werd de installatie gestopt. Nu is over een gebied van ca. vier meter wel aantasting van het steenasfalt geconstateerd. Dit uitte zich in slijtage van het oppervlak die vooral over een lengte van 0,5 m vanaf het rooster zeer groot was.

Geconcludeerd mag worden dat open steenasfalt weinig gevoelig is voor op- en afstromende golven. Bevindt zich echter materiaal zoals stenen, e.d. op het talud dat door het open aflopende water meegevoerd kan worden, dan kan sterke slijtage optreden. Aangeraden wordt onder een talud van open steenasfalt geen bestorting van instabiel materiaal, in verhouding met de normaal aanwezige hydraulische omstandigheden, zoals grind of puin toe te passen.

5. WEERSTAND TEGEN STROMEND WATER

Een taludbekleding kan onderhevig zijn aan een aantal stromingstypen:

- stationaire stroming
- quasi-stationaire stroming door bv. scheepvaart
- niet-stationaire stroming o.a. door op- en aflopende golven.

De niet stationaire stroming t.g.v. op- en aflopende golven is in de vorige paragraaf behandeld, de quasi-stationaire stroming door scheepvaart komt ter sprake in de paragraaf over scheepsbelastingen. Deze paragraaf betreft stationaire stromingen.

Door de afdeling Ontwikkeling Nieuwe Werkmethoden van de Deltadienst is onderzoek naar de bestendigheid van open steenasfalt tegen stromend water uitgevoerd (5).

In een circuit waarin een zand-watermengsel met een bepaalde snelheid werd rondgepompt, is een aantal materialen beproefd. Dit waren in eerste instantie dicht en open steenasfalt; later werden ook nog gietaasfalt, betonblokken voor matten, constructiebeton en polypropeendoek onderzocht. De breedte van de proefstukken was 23 cm, de lengte 3 m en de hoogte 10 cm.

De samenstelling van de materialen alsmede een afbeelding van de proefopstelling is opgenomen in bijlage 4.

De proeven werden uitgevoerd met een stroomsnelheid van 6 m/s gedurende totaal 232 uur. Bijlage 4 geeft een overzicht van de proefomstandigheden. Het water bevatte 20% zand.

De waargenomen slijtage bestond voornamelijk uit het loslaten van kalksteen en in mindere mate uit erosie van het oppervlak (kaal worden stenen). De invloed van meegevoerde uitgebroken stenen op de slijtage is niet bekeken. Een meer gedetailleerde beschouwing van de proefresultaten is weergegeven in bijlage 4.

Hoewel de proeven met verschillende materialen zijn uitgevoerd is het moeilijk een vergelijking tussen de schaden te maken. De schade van open steenasfalt uit zich voornamelijk in het verdwijnen van stenen uit enkele plaatsen van het oppervlak waardoor meteen diepere gaten (één steenafmeting) ontstaan; beton geeft een gelijkmatige geringere slijtage over het hele oppervlak te zien; gietaasfalt vertoont ribbels.

In bijlage 4 is een overzicht gegeven van de resultaten van de diverse proeven. Over de drie langsraaien is de gemiddelde slijtage gegeven.

De proefresultaten geven een zeer globale indruk van de stroombestendigheid van open steenasfalt. Om tot harde conclusies te komen zijn ze te summier. In de eerste plaats is niet de "zuivere" stroombestendigheid gemeten maar ook slijtage door zand. In de tweede plaats is een goede vergelijking met andere gelijkgeaarde materialen niet mogelijk. In

de derde plaats is met een hoge stroomsnelheid van 6 m/s beproefd en niet met lagere, meer voorkomende, snelheden. Een vergelijking met de proefresultaten uit Lith (4.2.) is zeer moeilijk, niet alleen t.g.v. de andere stroomcondities (stationair-niet stationair) maar ook gezien de afwijkende mengselsamenstelling.

6. MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Voor de dimensionering van een open steenasfalt bekleding zijn de mechanische eigenschappen van belang. Ze kunnen onder meer worden gebruikt in de dimensioneringsmethoden die zijn opgenomen in de Leidraad voor de Toepassing van Asfalt in de Waterbouw (2).

Door enkele instanties is onderzoek naar de mechanische eigenschappen verricht. Hieronder wordt een samenvatting gegeven.

6.1. Onderzoek naar het kruipgedrag

In oktober 1979 is in de taludverdediging van de bouwput Roompot van de Oosterschelde stormvloedkering een aantal proefvakken van open steenasfalt met variërende samenstelling aangelegd (6). De proefvakken bestaan uit een 20 cm dikke laag zandasfalt waarop 20 cm open steenasfalt is aangebracht. De volgende samenstellingen zijn toegepast:

vak A: referentiemengsel (normaal open steenasfalt)

vak B: mengsel met meer vulstof

vak C: mengsel met minder vulstof

vak D: mengsel met meer zand

vak E: mengsel met minder zand

vak G: meer fijne steen- en zandfractie uit de kalksteen in het mengsel

vak H: referentiemengsel, maar te koud verwerkt.

De samenstellingen van de verschillende steenasfaltsoorten staan vermeld in bijlage 5.

Op geboorde kernen uit de proefvakken is terugwinningsonderzoek uitgevoerd. De hieruit bepaalde samenstellingen weken nogal af van de gewenste en vertoonden onderling een grote spreiding, ook in de achteruitgang van de penetratiegetallen van de bitumen en in de dichtheden.

Het te koud verwerken van steenasfalt (vak H) leidt tot lagere dichtheden (geringere zelfverdichting).

De grote verschillen in mortel/steen verhouding boven en onder in de boorkernen bij het referentiemengsel zijn waarschijnlijk veroorzaakt door een hoger dan gewenst mastiekpercentage waardoor uitzakking optrad.

Op de monsters zijn kruipproeven uitgevoerd bij 30° C. Hieruit zijn waarden voor de mengselstijfheidsmoduli (S_{mix}) bepaald. Aan de hand van het teruggewonnen bitumen zijn de bitumenstijfheidsmoduli (S_{bit}) afgeleid. In bijlage 5 is een figuur opgenomen waarin de relatie tussen S_{mix} en S_{bit} is uitgezet.

De kruipresultaten vertonen onderling een grote spreiding waardoor een vergelijking tussen de verschillende mengsels niet goed mogelijk is.

De in de kruipproeven gemeten relatieve verkortingen zijn bij het referentievak het kleinste en bij vak H het grootste; de vakken B, C, D en E geven onderling weinig verschil te zien.

Een mogelijke verklaring hiervoor kan gevonden worden in de dichtheidsverschillen tussen de verschillende vakken. Een lage dichtheid kan worden verkregen door een minder goed verdicht mengsel (de kruip wordt in eerste instantie door naverdichting verkregen) of door een lager mortelgehalte waardoor de belasting over een kleiner oppervlak wordt verdeeld en een grotere kruip ontstaat. Vak A geeft de hoogste dichtheid, vak H de laagste, de vakken B, C, D en E vertonen onderling weinig verschil. Deze tendens is in de proefresultaten terug te vinden (6).

Op monsters uit bovengenoemde proefvakken zijn eveneens splijt- en directe trekproeven uitgevoerd (7, 8).

De gewenste samenstelling van de steenasfalt uit de diverse proefvakken is gegeven in bijlage 5. In bijlage 6 zijn opgenomen de samenstellingen van de toegepaste mastiek zowel bepaald bij de molen als na terugwinning.

De splijtproeven zijn als volgt uitgevoerd: de monsters open steenasfalt zijn gedurende een uur in een waterbad met een temperatuur van 25° C geplaatst en vervolgens gedrukt met een snelheid van 55 mm/min. Het splijtpatroon was overal regelmatig.

De resultaten van de splijtproeven staan vermeld in bijlage 6.

De directe trekproeven zijn uitgevoerd op kernen Ø 200 mm met een treksnelheid van 50 mm/min nadat de kernen minimaal een uur in een warmwaterbad van 25° C zijn bewaard.

De resultaten van de trekproeven staan eveneens vermeld in bijlage 6. Door de opgetreden spanning te delen door de opgetreden relatieve vervorming kan de mengselstijfheidsmodulus worden verkregen.

6.2. Onderzoek naar het kruip- en dynamisch afschuifgedrag (vermoedingsrelatie)

Tijdens onderzoek, dat is uitgevoerd in opdracht van werkgroep 4A van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen bij de Technische Hogeschool te Delft, zijn monsters open steenasfalt zowel statisch als dynamisch op stijfheid en bezwijken beproefd (9).

Het open steenasfalt is voor dit doel in een kleine menginstallatie vervaardigd en gestort in een bekisting met afmetingen 3x5x0,30 m. Hieruit zijn kernen geboord met diameters Ø 15 en Ø 20 cm. In bijlage 7 wordt de samenstelling van het open steenasfalt gegeven.

Kruipproeven zijn uitgevoerd op kernen met een diameter ϕ 15 cm en een dikte van 9 cm bij verschillende temperaturen (10, 20, 30 en 40° C) en bij verschillende belastingsniveau's ($25 \cdot 10^4$; $3,6 \cdot 10^4$; $4,6 \cdot 10^4$ en $5,7 \cdot 10^4$ N/m²). Voor iedere variant is een viertal monsters beproefd behalve bij een temperatuur van 40° C waar alleen het laagste belastingsniveau mogelijk was.

Uit de gemeten deformaties zijn waarden voor de mengselstijfheidsmodulus (S_{mix}) afgeleid. De bitumenstijfheidsmoduli (S_{bit}) zijn bepaald uit de eigenschappen van het teruggewonnen bitumen. In bijlage 7 is een figuur opgenomen waarin S_{mix} en S_{bit} tegen elkaar zijn uitgezet. De resultaten van de proef bij 10° C wijken enigszins af van die bij de andere temperaturen. Als reden wordt aangevoerd dat dit wordt veroorzaakt door een voorspanning die wel tijdens de proef aanwezig was maar waarop de resultaten niet zijn gecorrigeerd.

Bij de dynamische proeven wordt een eenzijdig ingeklemd monster aan het vrije uiteinde belast door een afschuifkracht met een sinusvormig verloop en een constante krachtamplitude. Tijdens de proeven werden de kracht, de optredende verplaatsingen en eventuele temperatuurverhogingen gemeten. De omgevingstemperatuur bedroeg ca. 20° C. De proeven zijn gedaan met verschillende krachtamplituden (750 en 1000 N) en frequenties (0,1; 1 en 10 Hz). Iedere variant is 3x uitgevoerd.

Uit de meetresultaten is de mengselstijfheidsmodulus (S_{mix}) afgeleid. Het blijkt dat deze afhankelijk is van het aantal lastherhalingen. In het S_{mix} - S_{bit} diagram van bijlage 7 zijn deze waarden uitgezet voor zowel $n=10$ als $n=0,1 \times N_{max}$ lastherhalingen, waarbij N_{max} het aantal lastherhalingen tot bezwijken voorstelt. In de figuur is te zien dat bij verwaarlozing van de resultaten van de kruipproef bij 10° C de lijnen goed op elkaar aansluiten. Tevens zijn de vermoeidheidsrelaties bepaald. In bijlage 7 is een figuur opgenomen waarin de S_{mix} bij 10 lastherhalingen is uitgezet tegen de initiële rek tot bezwijken, afhankelijk van het aantal lastherhalingen.

De resultaten uit dit onderzoek zijn opgenomen in de Leidraad voor de Toepassing van Asfalt in de Waterbouw (2). In de figuur van bijlage 5 zijn deze gevonden S_{mix} - S_{bit} waarden uitgezet tegen die afkomstig uit het in par. 6.1. beschreven onderzoek van de Wegbouwkundige Dienst. Het blijkt nu dat deze waarden elkaar redelijk goed overlappen.

7. STABILITEIT

Een op een talud liggende bekleding moet stabiel zijn. In de eerste plaats betekent dit dat het dijklichaam zelf stabiel moet zijn zodat zij niet samen met de bekleding afschuift. In de tweede plaats moet de bekleding zodanige afmetingen en gewicht hebben dat zij niet geheel of gedeeltelijk door golven, stromingen, etc. meegevoerd wordt. Bovendien moet de bekleding zowel in afgekoelde als in warme toestand (tijdens de verwerking) intern stabiel zijn. Dit laatste aspect wordt in deze paragraaf behandeld.

Doordat open steenasfalt bitumen bevat bezit het viskeuze eigenschappen. Wordt een laag van het materiaal onder een helling gelegd dan zal het, indien niet ondersteund, inwendig afschuiven. Doordat de steen/mastiek verhouding nogal groot (invloed steenskelet) is zal dit veel langzamer gebeuren dan bijvoorbeeld bij een gietasfaltmengsel, dat een overmaat mastiek bevat.

Enige onderzoeken zijn hiernaar verricht.

- a- Open steenasfaltmengsels van 15 à 20 kg met zowel kalksteen als grind werden in houten vormen gestort en onder verschillende hellingen geplaatst. Bekeken werd hoe het materiaal zich, aan de onderzijde niet ondersteund, gedraagt bij verwerkingstemperatuur en in afgekoelde toestand (1).

Dan blijkt: - dat bij warme vloeiproeven (100-120°C) mengsels met kalksteen onder een steilere helling blijven staan (1:1) dan mengsels met grind (1:1,5). Reden hiervoor is dat kalksteen een grotere haakweerstand bezit
- dat bij langdurige koude vloeiproeven (30-40°C) mengsels met grind onder een steilere helling blijven staan. Waarschijnlijk komt dit doordat ronde stenen grotere onderlinge raakvlakken bezitten dan gebroken steen waardoor de samenhang groter wordt. Dit geldt voor losgestort materiaal; de verschillen worden kleiner na mechanische verdichting.

- b- Een tweetal bakken (afmetingen 1x1x0,27 m), gevuld met open steenasfalt werden geplaatst onder een helling van 1:2 en 1:3 (9). De benedenzijde van de steenasfaltplaat was niet ondersteund. Om de praktijk zo goed mogelijk te benaderen was ervoor gezorgd de wrijving tussen de plaat en de zijwanden van de bak zo klein mogelijk en de achterzijde van de plaat vast te houden. Tussen bodem van de bak en het asfalt was d.m.v. een polypropeen filterdoek een goede hechting verkregen.

Met behulp van een op het proefstuk aangebracht lijnenpatroon werd van tijd tot tijd de verplaatsing van het oppervlak gemeten. De omgevingstemperatuur werd constant geregistreerd. Het bleek dat de temperatuur in de plaat de weinig variërende omgevingstemperatuur goed volgde. In

bijlage 8 wordt een beeld van de proefopstelling geschetst. De samenstelling van het asfalt is hetzelfde als vermeld in bijlage 7.

Tijdens het onderzoek bedroeg de omgevingstemperatuur $17 \pm 2^\circ \text{C}$ tot ca. 80 dagen na aanvang. Daarna steeg de temperatuur tot $22 \pm 2^\circ \text{C}$.

- Resultaten:
- de verplaatsingen over een lijn evenwijdig aan de onder- en bovenrand verliepen vrijwel gelijk. De wrijving tussen zijwanden en asfalt was dus goed opgeheven.
 - aan de bovenzijde was de verplaatsing gelijk aan nul. De hechting tussen bovenkant mengsel en bak was dus goed.
 - de verplaatsingssnelheid nam in de loop der tijd toe.
 - in bijlage 8 geeft een figuur de verplaatsing van de onderste kaderlijn.

Uit de gemeten verplaatsingen tot de 89e dag zijn de glijdingsmodulus, de viscositeit en de mengselstijfheid-modulus afgeleid (9). Dit is in bijlage 8 opgenomen evenals een figuur waarbij de S_{mix} tegen S_{bit} is uitgezet.

Overigens zal een open steenasfalttalud in de praktijk aan de onderzijde vrijwel altijd ondersteund zijn zodat het fenomeen interne stabiliteit in afgekoelde toestand niet van belang is.

- c- Door het Bundesanstalt für Wasserbau te Karlsruhe is onderzoek gedaan waarbij het oppervlak van twee onder een helling geplaatste proefstukken open steenasfalt aan een infrarood en ultraviolet bestraling werd blootgesteld. Het doel was eventuele vloeiverschijnselen te registreren (10). De samenstelling van het asfalt staat vermeld in bijlage 9. De afmetingen van de proefstukken waren $0,90 \times 0,40 \times 0,15$ m. Een vijftal beproevingsvarianten zijn achtereenvolgens uitgevoerd:

variant 1: Het oppervlak werd gedurende 96 uur bij een omgevingstemperatuur van 20°C onderworpen aan een constante UV-bestraling. Dit komt overeen met een zonbestraling van ca. 4000 uur. (Voor Nederlandse omstandigheden is dit dus niet van toepassing). De taludhelling was 1:2. Vloeiverschijnselen zijn niet geconstateerd.

variant 2: De oppervlaktetemperatuur werd ingesteld op 38 tot 41°C . De omgevingstemperatuur bedroeg ca. 23°C ; aan de onderzijde van het proefstuk werden temperaturen tussen 28 en 29°C gemeten. De taludhelling was 1:2. Er werden geen vloeiverschijnselen geconstateerd na een beproevingsduur van 73 uur hetgeen een zonbestraling van 3000 uur representeert.

variant 3: De oppervlaktetemperatuur bedroeg 58 à 62°C ; de omgevingstemperatuur 28 tot 30°C en de

temperatuur van de onderkant van het proefstuk ca. 52° C. De taludhelling was 1:3. De duur van de proef was 73 uur hetgeen overeenkomt met een zonbestraling van 3000 uur. Hoewel het steenasfalt door uitwendige krachten vervormd kon worden trad dit niet op onder eigen gewicht.

variant 4: De omgevingstemperatuur werd verhoogd tot 60°C. Dezelfde temperatuur was aanwezig aan de boven- en onderkant van het proefstuk. De helling was 1:3. Na een beproevingsduur van 72 uur traden geen merkbare vloeiverschijnselen op.

variant 5: Na een proefduur van 24 uur onder een helling van 1:2 en bij gelijke omstandigheden als beschreven onder variant 4 werden geringe vloeiverschijnselen geconstateerd. Dit uitte zich o.a. in het loslaten van kleine brokken uit proefstuk 2, uit het plaatselijk vloeien van het oppervlak bij proefstuk 1 en 2.

8. DOORLATENDHEID

Open steenasfalt is, zoals de naam al zegt, een open materiaal. Het is dusdanig doorlatend (holle ruimte ca. 25%) dat fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond zoals zand zich met stromend water mee door het steenasfalt heen kan verplaatsen. Er moet in een dergelijk geval altijd een filter worden aangebracht.

In het algemeen kunnen met betrekking tot de waterdoorlatendheid een drietal stromingstoestanden worden onderscheiden: laminaire stroming, turbulente stroming en het overgangsgebied hiertussen. Ze worden gekarakteriseerd d.m.v. het Reynoldsgetal.

$$Re = \frac{v \cdot R}{U}$$

waarin: Re = Reynoldsgetal
v = gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
R = hydraulische straal (m)
U = kinematische viscositeit (m³/s)

Is het Reynoldsgetal kleiner dan 10 dan is de stroming laminair; is ze groter dan 800 dan wordt de stroming turbulent genoemd.

De stroming kan worden beschreven met onderstaande relatie:

$$i = W_n V_f^n$$

waarin: i = potentiaal verhang over de beschouwde doorsnede
i = h/H
h = drukverschil over de doorsnede (m)
H = lengte van de doorsnede (m)
W_n = weerstandscoefficiënt (s/m²)
V_f = gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
n = coëfficiënt

Voor laminaire stroming n=1; voor turbulente stroming n=2. In het overgangsgebied ligt n tussen 1 en 2. Uit doorlatendheidsproeven is gevonden dat bij open steenasfalt de stromingstoestand tussen laminair en turbulent in ligt.

a - Onderzoek is uitgevoerd naar de doorlatendheid van open steenasfalt op een filterdoek en van open steenasfalt en filterdoek afzonderlijk (11).

De samenstelling van het open steenasfalt was:

82% m/m kalksteen (33% m/m kalksteen 16/32, 67% m/m kalksteen 32/56 mm)

18% m/m mastiek (64% m/m zand, 16% m/m vulstof, 20% m/m bitumen 80/100)

Het filterdoek was polypropeen Propex 220.120.

Een afbeelding van het gebruikte doorlatendheidstoestel alsmede de resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in bijlage 10.

Uit de resultaten is af te leiden dat de doorlatendheid voornamelijk wordt bepaald door het filterdoek.

De coëfficiënt n bedraagt 1,6; de stromingstoestand neigt dus naar turbulentie.

De waterdoorlatendheid is zeer groot en, indien de stroming als laminair wordt beschouwd, te vergelijken met die van grof grind van dezelfde aard als de steen waaruit het asfalt is samengesteld.

- b- Op het open steenasfalt dat is toegepast in het golfonderzoek in de Deltagoot van het Waterloopkundig Laboratorium (3) zijn doorlatendheidsproeven gedaan (12).

Het steenasfalt had de volgende samenstelling:

kalksteen 20/40 mm	82% (m/m)
mastiek:	18% (m/m)
bitumen 80/100	16,5% (m/m)
vulstof	20,0% (m/m)
zand	63,5% (m/m)

Het gebruikte doorlatendheidstoestel staat vermeld in bijlage 10.

Daarnaast zijn doorlatendheden bepaald van polypropeen-doek met een gewicht van resp. 300 en 600 gr/m². De testresultaten zijn eveneens opgenomen in bijlage 10.

Uit de proeven blijkt dat:

- 1- de coëfficiënt n voor open steenasfalt 1,8 bedraagt.
De stroming neigt naar turbulentie
- 2- de doorlatendheden van de twee verschillende doeken weinig van elkaar afwijken. De stromingstoestand is laminair.

In bijlage 10 wordt een methode gegeven om de doorlatendheid van een open steenasfaltbekleding in combinatie met een filterdoek te bepalen.

9. OVERIGE BELASTINGEN

Naast golven, stromingen, zettingen van het dijklichaam, enz. kunnen op een bekleding nog een groot aantal andere belastingen werken.

De belangrijkste zijn:

- 1- biologische aantastingen door planten en dieren
- 2- chemische aantastingen door drijvend vuil en olie
- 3- weersinvloeden, licht, lucht en water
- 4- vernielingen door recreanten
- 5- belastingen door schepen.

Op sommige van deze aspecten is gericht onderzoek uitgevoerd; van andere valt alleen globaal iets te zeggen op grond van ervaringen en visuele beoordelingen.

9.1. Biologische aantastingen

Asfalt is op zich een slechte basis voor plantengroei. Door de aard van open steenasfalt kan er echter gemakkelijker dan op een glad en dicht materiaal een voedingsbodem ontstaan door het inwaaien of- slibben van zand, kleideeltjes, etc.

De grote met elkaar in verbinding staande poriën bieden wortels en uitlopers een relatief gemakkelijke weg. Hierdoor zal de kans op schade, tenzij de wortels erg dik worden en druk op de poriënwallen gaan uitoefenen, vrij gering zijn.

Het losdrukken van de bovenste stenen uit de bekleding wordt wel geconstateerd in het onderste deel van de getijzone waar aanzienlijke groei van mosselen en zeepokken aanwezig is.

9.2. Chemische aantastingen

Bitumen is over het algemeen chemisch inert behalve tegen lichtere koolwaterstoffen waarin het oplost.

Onderzoek is uitgevoerd waarbij cilinders open steenasfalt gedurende enige tijd in een bad met variërende waterspiegel zijn geplaatst. Aan het water was een hoeveelheid olie toegevoegd. Bij een oliedosering van 1,5% van de hoeveelheid bindmiddel van de kernen, bleek na het uitvoeren van Marshallproeven geen belangrijke aantasting uitgedrukt in vermindering van de mechanische sterkte. Deze oliedosering is hoog vergeleken met wat zich gewoonlijk in de praktijk voordoet (1).

9.3. Vernielingen door recreanten, e.d.

Open steenasfalt vormt na afkoeling een plaatvormige constructie en is dus veel minder goed opneembaar dan een bekleding van losse elementen als lichte betonblokken en breuksteen.

Het stoken van vuurtjes op een open steenasfalttalud kan tot schade leiden.

9.4. Belastingen door schepen

Niet alleen kunnen schepen stromingen opwekken die de bekleding eroderen maar ook aanvaringen en ankers kunnen schade veroorzaken.

In het Rhein-Main-Donau kanaal zijn proeven uitgevoerd op verschillende typen taludbekledingen waaronder open steenasfalt (13).

De volgende omstandigheden zijn onderzocht:

- A- Een duwboot met een geladen bak legde zo dicht als mogelijk tegen de oever met de te beproeven bekledingsconstructie aan en voer dan op volle kracht weg, waarbij de schroefstraal met het roer vrijwel loodrecht op het talud werd gericht. Van de twee schroeven (450 PK) belastte alleen die aan de landzijde de bekleding in ernstige mate. De manoeuvre werd driemaal uitgevoerd.
- B- Dezelfde manoeuvre als beschreven onder A werd uitgevoerd met een binnenvaartschip (totaal gewicht 1410 ton; afmetingen 85x9,5 m; diepgang 2m). De schroefstraal (een schroef van 800 PK) was hier veel sterker dan bij A. Ook deze proef werd driemaal gedaan.
- C- Het binnenvaartschip uit de voorgaande proef maakte vast aan de oever en liet haar schroefstraal gedurende vijf minuten vol op de bekleding inwerken.
- D- De onder A beschreven duweenheden (met één geladen bak; afmetingen 70x12 m; totaal gewicht 1720 ton) voer op de bekleding in.

Alle bekledingsconstructies zijn aangelegd onder een helling van 1:2. In bijlage 11 worden de bekledingstypen alsmede de resultaten van de proeven beschreven.

Alle proefomstandigheden heeft open steenasfalt zonder noemenswaardige schade doorstaan. Van de onderzochte bekledingstypen behoorde open steenasfalt tot de besten.

Slepende en vallende ankers kunnen aan bodembeschermingsconstructies schade veroorzaken. In welke mate is echter niet bekend. Voorkomen moet worden dat een slepend anker houvast kan krijgen achter de randen van een open steenasfaltbodembeschermingsmat.

9.5. Weersinvloeden

Wind en neeslag kunnen het talud eroderen. In de praktijk blijkt dit bij open steenasfalt te resulteren in een slijtage van de mastiek aan het oppervlak. Na verloop van tijd wordt de buitenste laag kaal gesleten; de kalksteen komt bloot te liggen. Dit heeft verder geen invloed op de sterkte van het materiaal.

De invloed van vorstomstandigheden op open steenasfalt is zowel door het Bundesanstalt für Wasserbau als door de Wegbouwkundige Dienst onderzocht.

In het eerstgenoemde onderzoek werden een drietal proefmon-

sters van open steenasfalt (afmetingen 20x30x30 cm) aan diverse vries-dooi cycli onderworpen (14).

De monsters bezaten de volgende samenstelling:

- monster 1 : 80% m/m diabaassteenslag 35/65 mm
20% m/m mastiek: 20% m/m bitumen B80 met
0,4% m/m hechtmiddel F₄
20% m/m kalksteenmeel (vulstof)
60% m/m zand 0/3 mm
- monster 2: 82% m/m diabaassteenslag 35/65 mm
18% m/m mastiek: samenstelling mastiek zie onder monster 1, echter zonder hechtmiddel
- monster 3: 80% m/m diabaassteenslag 35/65 mm
20% m/m mastiek: 20% m/m bitumen B80 met
0,4% m/m hechtmiddel F₄
20% kalksteenmeel (vulstof)
30% zand 0/2 mm
30% zand 0/0,6 mm

De holle ruimte van de proefstukken bedroeg achtereenvolgens 36, 39 en 32%.

De monsters werden eerst 6 uur in een bad gevuld met water van 10°C geplaatst. Het bad werd vervolgens leeggepompt waarbij het monster gedurende 6 uur aan een luchttemperatuur van -10°C werd blootgesteld. Na 50 van deze vriesdooicycli werden de mengsels visueel beoordeeld. Enige verandering was niet opgetreden, de steenstukken zaten nog volledig in het mastiek ingebed en het verband was nog aanwezig. Kale plekken werden niet geconstateerd. De hechting tussen bindmiddel en steen was goed.

Onderzoek nummer 2, uitgevoerd bij de Wegbouwkundige Dienst te Delft, sluit aan op het hiervoor behandelde onderzoek (15). Hierin werd het gedrag bekeken onder vries-dooi omstandigheden van open steenasfaltmonsters waarvan de holle ruimten een hoeveelheid zand bevatten: een situatie die in de praktijk veelvuldig voorkomt.

Voor het onderzoek zijn twee boorkernen gebruikt afkomstig uit de taludbekleding van Bouwput Schaar in de Oosterschelde. Uit deze kern zijn, na uitspoelen en drogen twee proefstukken gezaagd. Vervolgens zijn de proefstukken in een bus geplaatst en volgetrild met zand. Hieraan werd 15% (m/m) water toegevoegd. De bussen zijn met plasticfolie afgesloten. Bij een omgevingstemperatuur van -25°C zijn de proefstukken gedurende 2 uur ingevroren tot in het hart van de kern een temperatuur van -10°C werd bereikt. Daarna zijn ze ontdooid in een waterbad van 25°C; na 25 minuten werd een kerntemperatuur van 10°C gemeten.

De daarop volgende proeven zijn uitgevoerd met drie uur invriezen en een half uur ontdooien.

Op een na zijn alle monsters aan 30 vries-dooicycli onderworpen. Een proefstuk is na 10 cycli uit de bus genomen. Na uitspoelen werd de bus opnieuw volgetrild met zand waaraan zoveel water is toegevoegd dat dit ongeveer twee cm boven het zand stond. Vervolgens zijn 20 vries-dooi-cycli uitgevoerd waarbij na elke keer ontdooien de bus gedurende 1 minuut werd getrild.

Na de vries-dooi-proeven zijn de afmetingen (hoogte en diameter) en de massa van de proefstukken bepaald en vergeleken met die van voor de aanvang.

Gebleken is dat de onderzochte proefstukken geen significante verandering ondergaan met betrekking tot genoemde grootheden. Openbarsten of steenverlies is niet opgetreden. Geconcludeerd is dat open steenasfalt met zand in de holle ruimten zowel in vochtige als in waterverzadigde toestand een goede vorstbestendigheid bezit. Wel wordt de aanbeveling gedaan de eventuele achteruitgang van de mechanische eigenschappen nog te onderzoeken.

10. DUURZAAMHEID

De duurzaamheid van een asfaltmengsel, hieronder wordt verstaan de mate waarin de eigenschappen in de loop der tijd veranderen (verslechteren), wordt voornamelijk bepaald door zaken als veroudering en verweking van het bindmiddel en stripping.

Veroudering, dat wil zeggen verharding van het bindmiddel, ontstaat door de inwerking van licht en lucht. Op het water drijvende olie kan het bindmiddel verweken; zie hiervoor de paragraaf over chemische aantastingen.

Stripping wordt veroorzaakt doordat water zich tussen het bindmiddelhuide en het mineraal dringt en zodoende de samenhang teniet doet.

De mechanische eigenschappen van asfalt veranderen naarmate het langer aan belastingen is blootgesteld (vermoeding). Zie hiervoor het hoofdstuk over mechanische eigenschappen.

Doordat open steenasfalt zoals de naam al zegt zeer open is kunnen bovengenoemde invloeden zich overal in het materiaal doen plaatsvinden. Het aspect duurzaamheid is dus van groot belang.

Er is nog weinig onderzoek naar dit verschijnsel gedaan. De beschikbare informatie is meestal gebaseerd op ervaring en aan de hand van visuele inspecties van bekledingen. Dit laatste is echter vaak moeilijk op zijn waarde te schatten door de niet uniforme en persoonlijke interpretatie van en grote variatie in uitkomsten tussen de verschillende inspecties en door het ontbreken van kennis ten aanzien van de oorspronkelijke situatie. Tevens zijn de visuele inspecties over het algemeen beperkt tot die lokaties waar schade is opgetreden.

De vraag naar de duurzaamheid van open steenasfalt kwam pas goed in de belangstelling toen de vraag ontstond of het materiaal toegepast kon worden bij de bouw van een open afsluiting in de Oosterschelde.

Een eerste poging dit aspect te kwantificeren werd gedaan in 1976 door een hiertoe ingestelde werkgroep bestaande uit medewerkers van de Wegbouwkundige Dienst (het toenmalige Rijkswegenbouwlaboratorium), Koninklijke Wegenbouw Stevin en de firma Bitumarin (16).

De eerste moeilijkheid die deze werkgroep tegenkwam, en die bij latere onderzoekingen eveneens een rol speelde, was het vaststellen van parameters die de kwaliteit eenduidig kunnen beschrijven. Het bleek dat op eenvoudige wijze alleen de eigenschappen van het bindmiddel (veroudering) te bepalen waren en dat het materiaal slechts visueel op samenhang, omhulling en waterdoorlatendheid te beoordelen was.

Er is een vergelijking gemaakt tussen open steenasfalt en een tweetal andere open mengsels n.l. zandasfalt en grindzandasfalt. Gesteld werd hierbij dat als zandasfalt voldoende duurzaam is, open steenasfalt dit door de veel grotere omhulling van het mineraal met bindmiddel zeker zal zijn. De toepassing van zandasfalt als bekledingsmateriaal is van

veel vroegere datum (Harlingen 1947, Texel 1961, 1967, 1968) dan van open steenasfalt (1968), zodat de duurzaamheid over een langere termijn kon worden bekeken.

Onderzocht en vergeleken zijn de volgende lokaties:

- open steenasfalt: - matten langs de IJssel 1968.
- splitsingsdam bij Hoek van Holland 1970/
1971. (N.B. de samenstelling wijkt af
van wat tegenwoordig gebruikelijk onder
open steenasfalt verstaan wordt).
zandasfalt/ - havendam Harlingen 1947
grindzandasfalt: - splitsingsdam Hoek van Holland 1970/71
- diverse toepassingen op Texel.

Uit het onderzoek is gebleken dat het zandasfalt (met vulstof) van de havendam van Harlingen een goede samenhang bezat en er geen stripping was opgetreden. (In de loop der tijd is de constructie aangepast en af en toe van een oppervlakbehandeling voorzien). Eveneens is geen stripping geconstateerd van het zandasfalt (alleen in de bouwfase onbeschermde) en grindzandasfalt op de splitsingsdam. Op Texel had het zandasfalt een goede samenhang en vertoonde geen stripping; het grindzandasfalt bezat echter een slechte samenhang. Dit lag waarschijnlijk aan een minder goede menging.

Uit visuele inspectie in 1974 van het proefvak met open steenasfaltmatten langs de IJssel bleek de steen aan het oppervlak vrij kaal te zijn op die plaatsen waar het materiaal niet frequent door golfslag werd bevochtigd. Op de contactvlakken tussen de stenen was nog in redelijke mate mastiek aanwezig. De samenhang van het asfalt was nog goed; het uitbreken van stukken steen uit de bekleding kostte erg veel moeite. Uit terugwinningsonderzoek bleek dat de veroudering van de bitumen niet zodanig was dat een bros materiaal was ontstaan (Zie bijlage 12). In 1982 bleek tijdens een inspectie dat de samenhang aanzienlijk minder was geworden.

Op de splitsingsdam van Hoek van Holland is zowel open steenasfalt met grind als met kalksteen toegepast. Uit visuele beoordeling bleek de samenhang zowel boven als in de getijzone goed.

De veroudering van het bindmiddel was bij de mengsels met grind groter dan bij die met kalksteen. Dit was ook het geval met mengsels uit de getijzone t.o.v. die erboven.

Hoewel het open steenasfalt in de getijzone sterk was verontreinigd met zand, schelpen en algen was de waterdoorlatendheid goed.

Er zijn in 1974 monsters genomen van het mastiekgrind en de mastieksteenslag in en boven de getijzone. Hiervan zijn de samenstelling, de holle ruimte en de bitumeneigenschappen bepaald. (Zie bijlage 13).

In januari 1978 is tijdens een hevige storm een gat geslagen in het talud van de noordelijke ringdijk van Bouwput Schaar. De buitentaluds van deze ringdijk zijn in 1975 aangelegd in de getijzone en bestaan uit een laag open steenas-

falt op een laag zandasfalt of een polypropeendoek (17). Tijdens de opleveringscontrole is op een aantal monsters terugwinningsonderzoek gedaan en zijn van twee hiervan de bitumeneigenschappen bepaald. De mengselsamenstelling bleek duidelijk af te wijken van de gewenste.

Om te onderzoeken of verschillen in samenstelling de oorzaak van de schade konden zijn, werd een aantal boorkernen om het gat heen genomen zowel aan de boven- als aan de onderzijde van het talud, en uit de voor de teen liggende bodembeschermingslab.

Tevens is ter plaatse van het gat een kern geboord en zijn losse stukken verzameld. Uit een op enige afstand van het gat gelegen gedeelte, waar geen schade was opgetreden zijn eveneens kernen genomen. De analyse resultaten alsmede de gewenste samenstelling staan vermeld in bijlage 14. In enkele monsters is in plaats van kalksteen Nederlandse steenslag toegepast.

Uit de resultaten kan niet geconcludeerd worden dat de beschadiging van het steenasfalt een gevolg was van een afwijkende mengselsamenstelling, omdat de vrij grote variaties hierin niet alleen ter plaatse van het gat optreden. Ook veroudering van het bindmiddel zal vermoedelijk geen oorzaak zijn. (Overigens werd geconstateerd dat deze op het talud (hoger) groter was dan in de slab (lager)).

Als mogelijkheid voor de schade werd geopperd een plaatselijk minder zorgvuldige uitvoering, bijvoorbeeld een te snelle afkoeling waardoor een losse stapeling van de steen en een minder goede hechting konden ontstaan.

Tevens zijn er in de loop der tijd zowel kleinere als grotere schaden geconstateerd aan de steenasfalttaluds van de bouwputten in de Oosterschelde. In 1982 is middels een visuele inspectie hiervan een inventarisatie gemaakt (18).

Een van de belangrijkste conclusies hieruit is, en dit volgt ook uit andere onderzoeken, dat de duurzaamheid sterk wordt beïnvloed door de uitvoering. Dit omvat o.m. een slechte vervaardiging van daglassen, een te koude uitvoering waardoor een te losse stapeling en een minder goede hechting kunnen ontstaan, een te warme uitvoering of een foutieve steen/mortel verhouding waardoor het mengsel kan uitzakken en onderin de laag "dichtslaat", een onjuiste mastieksamenstelling, een verkeerde steensoort waardoor de hechting minder is en een niet goede menging waardoor de steen slecht wordt omhuld.

Uit de diverse onderzoeken is tevens gebleken dat er vaak een sterke afwijking bestaat tussen de gewenste- en de teruggevonden samenstelling. Deels is dit te verklaren - monstername klein t.o.v. grof materiaal, eigen vulstof van de steen, etc. - maar vaak zijn de verschillen zo groot dat dit niet geheel verklaarbaar is.

Uit oogpunt van hechting wordt meestal kalksteen gebruikt. Onderzoek is gedaan naar de toepassing van andere steensoorten en de invloed van hechtverbeteraars (19). De volgende zaken zijn bekeken:

- 1- Open steenasfalt met gebroken grind. Een viertal monsters zijn onderzocht, twee zonder en twee met hechtverbeteraar F4HBS_i. De monsters werden gedurende 45 minuten in kokend water gehouden. Daarna is het percentage van het mineraaloppervlak bepaald dat niet meer met mastiek bedekt was. Het bleek dat de hechtverbeteraar zowel bij gewassen als ongewassen mineraal een positief effect had.
- 2- Onderzocht is het effect van hechtverbeteraars Lilamin VP75 op mengsels met resp. kalksteen en grind. Het bleek dat zowel met als zonder hechtverbeteraar de hechting tussen grind en mastiek slechter was dan tussen kalksteen en mastiek. De verbetering door de hechtverbeteraar was overigens minimaal en bij kalksteen overbodig.
- 3- Het onderzoek beschreven onder 2 is eveneens uitgevoerd met dioriet uit Frankrijk. De hechteigenschappen blijken ten opzichte van kalksteen en grind aanzienlijk beter te zijn.
- 4- De stabiliteit van monsters open steenasfalt met kalksteen is bij 30°C in een Marshall apparaat bepaald resp. nadat ze 1 uur, 14, 28 en 90 dagen in een warmwaterbad zijn bewaard. Aan sommige monsters is geen, aan andere wel een hechtverbeteraar van de verschillende soorten (F4HBS_i, Goldschmidt, Serfax AK500 Sewo, Montaanwas lab.-nr. 337-74), toegevoegd. De samenstelling van de cilinders was:

80% (m/m) Ned. steenslag 11,2/16 mm

20% (m/m) mastiek: - 60% plaatzand

20% duras 15

20% bitumen

Het bleek dat de hechtverbeteraars een positieve invloed hadden op de "retained stability". Er was geen duidelijk verschil tussen de verschillende typen hechtverbeteraar.

- 5- Mengsels open steenasfalt met resp. kalksteen, basalt en dolomiet zijn beproefd onder de volgende omstandigheden:
 - stenen omhuld met mastiek zijn gedurende drie uur in water van 40°C bewaard. Daarna werd het percentage steen dat niet meer omhuld was, gemeten
 - open steenasfalt werd ondergedompeld in een oplosmiddel waarna het percentage kale en losse stenen bepaald is.

In beide proeven vertoonde de basalt een slechtere en de dolomiet een betere hechting dan kalksteen.

Geconcludeerd kan worden dat grind, al dan niet gebroken, relatief gezien de slechtste hechteigenschappen bezit, en dat hechtverbeteraars een positief effect op hechting en stabiliteit hebben. Overigens blijkt uit andere onderzoekingen dat het effect van hechtverbeteraars op de langere termijn niet meer merkbaar is (16, 17).

Open steenasfalt wordt in twee fasen gemengd. Allereerst wordt de mastiek aangemaakt en vervolgens gemengd met de voorverwarmde en gedroogde steen. Aldus wordt een homogeen mengsel verkregen met een relatief dikke omhulling van de steen.

Indertijd is de vraag gesteld of met de gebruikelijke mengtechniek waarbij de mastiek wordt aangemaakt in een gedeel-

telijk gevulde mengbak (aangezien later nog de steen toegevoegd moet worden) een voldoende homogene mastieksamenstelling wordt verkregen. Beter zou zijn eerst de mastiek te mengen in een volledige gevulde mengbak, deze op te slaan en vervolgens in gedeelten aan de steenslag toe te voegen. Onderzoek is uitgevoerd waarbij beide mengmethoden zijn bekeken (20). In een menginstallatie is een aantal charges mastiek bereidt in zowel kleine hoeveelheden, nodig voor een steenasfaltproduktie, als met volledig gevulde mengbak. Visuele controle, waarbij naar vulstof-zand concentraties werd gezocht, alsmede extracties gaven geen significante verschillen te zien.

11. Uitgevoerde werken

In bijlage 15 wordt een overzicht gegeven van verschillende werken in Nederland waar open steenasfalt is toegepast.

Naast de lokale worden een technische omschrijving en een constructietekening van de werken gegeven.

Een onderverdeling is gemaakt in:

- kanalen, rivieren en havens
- kustwateren en delta.

LITERATUUR

1. Hogervorst, D; Reintjes, R.C. "Ontwikkeling van een open bitumineuze bekledingsconstructie van mastiekgrind of mastieksteenslag"
uit: Weg- en Waterbouw, no. 2-1972.
2. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, "Leidraad voor de Toepassing van Asfalt in de Waterbouw" Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage 12 januari 1984, ISBN 9012 044944.
3. Waterloopkundig Laboratorium "Fixtone-stability under wave attack", Rapport nr. M1942 (WL); CO266520 (LGM), De Voorst, Juni 1983.
4. Hoek, K.A. van den, "Golfaanval op open steenasfalt" Verslag onderzoek, rapport ONW-R-84009, Deltadienst, afdeling ONW, Burghsluis, februari 1984.
5. Campen, M.L.P. van, "Slijtage Onderzoek Steenasfalt" rapport ONW-R-76015, Deltadienst afdeling ONW, Burghsluis, 15 december 1976.
6. Montauban, C.C., "Onderzoek open steenasfalt proefvakken Roompot" rapport M.A.W.-R-81080, Wegbouwkundige Dienst, Delft, 7 oktober 1981.
7. Kuipers, M, "Interimrapport proefvakken open steenasfalt" rapport ONW-R-80152, Deltadienst, Afdeling ONW, Burghsluis. 13 juni 1980.
8. Kuipers, M., "Evaluatie van de resultaten van de beproeving op de mechanische sterkte van de kernen open steenasfalt, onderdeel C13 van proef ONW-79.39", rapport MAW-M-8105, Deltadienst, Afdeling ONW, Burghsluis, 22 augustus 1980.
9. Bunschoten, C.J.: Hiddinga, P.H., "Onderzoek naar de mechanische eigenschappen van een open steenasfaltmengsel", Afstudeerrapport, Vakgroep Verkeersbouwkunde, Afdeling der Civiele Techniek, Technische Hogeschool Delft, juni 1982.
10. Bundesanstalt für Wasserbau "Versuchsbericht über die Prüfung von Masticschotter auf U.V.-und Wärmebeständigkeit", Karlsruhe, Mai 1973.
11. Claessen, A.J.M.; Volp, S., "Permeability of Fixtone Canal Lining" Memorandum BR/1107/75, Koninklijke/Shell Laboratorium, Amsterdam, 13 december 1975.
12. Bitumarin, "Bepaling Waterdoorlatenheid Fixtone op P.P.doek", Laboratoriumverslag 6892-0091, Opijnen, 1 augustus 1983.
13. Kuhn, R. "Erprobung von Deckwerken durch Schiffahrtsversuche" uit: Die Wasserwirtschaft nr. 3, 1971.
14. Bundesanstalt für Wasserbau, "Versuchsbericht über die Prüfung von Masticschotter auf Frost, U.V.-und Wärmebeständigkeit" Karlsruhe, 27 november 1973.
15. Arnst, J.M., "Vorstbestendigheidsonderzoek van open steenasfalt" M.A.W.-R-82007, Wegbouwkundige Dienst, Delft, 17 februari 1982.
16. Hogervorst, S. e.a., "Duurzaamheid van open steenasfalt als bodembescherming" KG 76.01, Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, Utrecht, Zaltbommel, maart 1976.

17. Rijkswegenbouwlaboratorium, "Onderzoek open steenasfalt Bouwput Schaar (1975)"; KBW-78-03, 1978.
18. Gruis, H.J.A.J., "Inventarisatie van de toestand van de open steenasfalttaluds (S.V.K.O.)" M.A.W.-V-82072, Wegbouwkundige Dienst, Westerschouwen, 25 juni 1982.
19. Bitumarin, B.V. "Toepassing van mineralen anders dan kalksteen voor open steenasfalt en het effect van hechtverbete-
raars", Afdeling O&O, Opijnen, oktober 1981.
20. Verschuur, J. e.a., "Kwaliteit asfaltemortel t.b.v. open steenasfalt" Laboratorium afdeling wegen I-G, Gemeentewerken Rotterdam, januari 1981.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1

Conclusies van Octrooi 155245 "Werkwijze voor de bereiding van een bitumineus mengsel voor waterbouwkundige toepassingen"

1. Werkwijze voor de bereiding van een bitumineus mengsel voor waterbouwkundige toepassingen door eerst een bitumineuze mortel te bereiden door onder verhitting vulstof, mineraal aggregaat en bitumen te mengen en vervolgens de verkregen mortel te mengen met een steenfractie, met het kenmerk, dat
 - 1) van de vulstof 100 gew.% een zeef met zeefmaat 2,4 mm passeert en op een zeef met zeefmaat 0,075 mm ten hoogste 20 gew.% blijft liggen.
 - 2) van het mineraal aggregaat ten hoogste 15 gew.% op een zeefmaat 2,4 mm en tenminste 95 gew.% op een zeef met zeefmaat 0,075 mm blijft liggen.
 - 3) de zeefmaat, waardoor 15 gew.% van de steenfractie passeert, 4-16 maal de zeefmaat, waardoor 13,5 gew.% van het mineraal aggregaat passeert, is, en de gehele steenfractie een zeef met zeefmaat 10 cm passeert,
 - 4) de hoeveelheid vulstof 10-35 gew.%, betrokken op de totale hoeveelheid vulstof en mineraal aggregaat in de mortel, bedraagt,
 - 5) de hoeveelheid mortel in het mengsel 10-30 gew.% is, en
 - 6) het bitumengehalte van de mortel 10-30 gew.% is, waarbij van de parameters binnen de genoemde grenzen zodanig kiest dat bij toepassing van het bitumineuze mengsel een waterdoorlatende bekleding wordt verkregen.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de zeefmaat, waardoor 15 gew.% van de steenfractie passeert, ten minste 4 cm is en de gehele steenfractie een zeef met zeefmaat 8 cm passeert, en dat voorts het mortelgehalte in het mengsel 15 gew.% is.

BIJLAGE 2

Technische gegevens m.b.t. onderzoek onder zware golfaanval

Uit lit (3)

A. Toegepaste materialen

Open steenasfalt

samenstelling: kalksteen 20/40 mm	82% (m/m)
mastiek	18% (m/m)

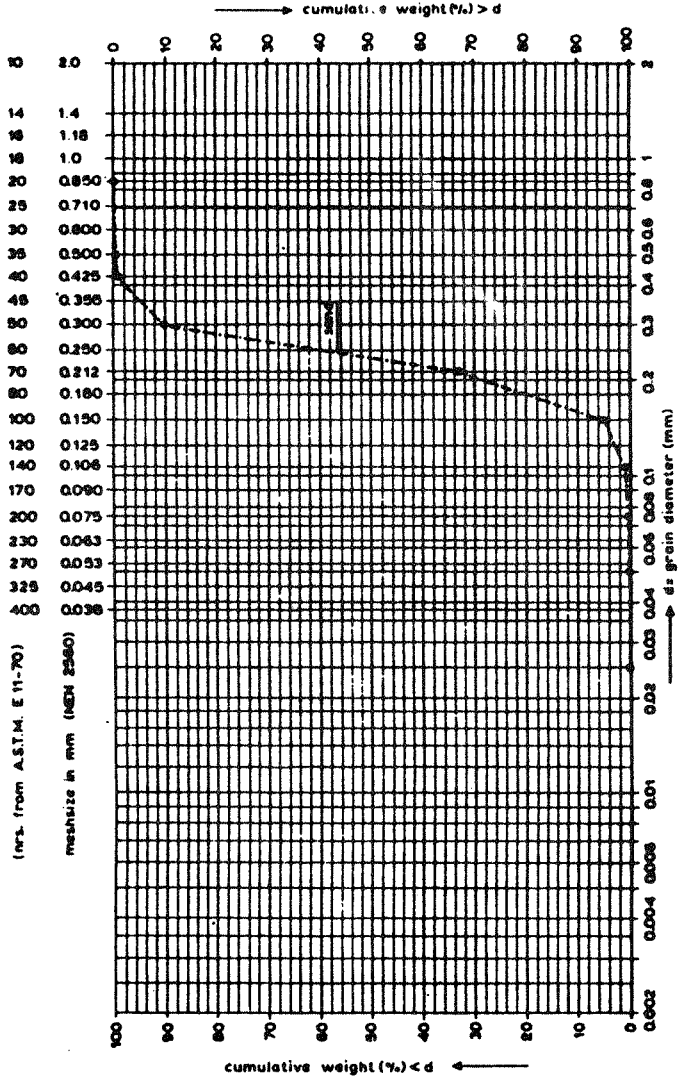
samenstelling mastiek:	bitumen 80/100	16,5%	(m/m)
	zand	63,5%	(m/m)
	vulstof (zeer zwak)	20,0%	(m/m)

Zandasfalt (gebitumineerd zand)

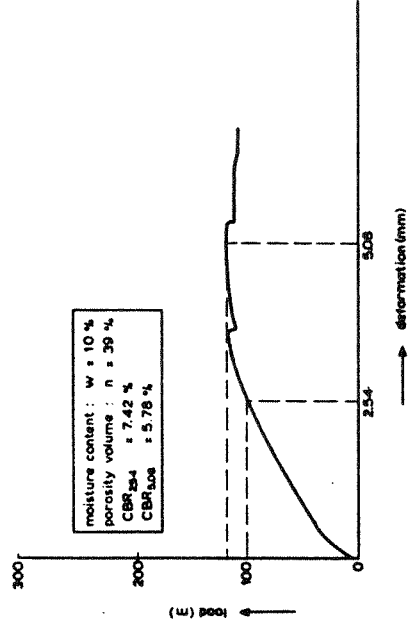
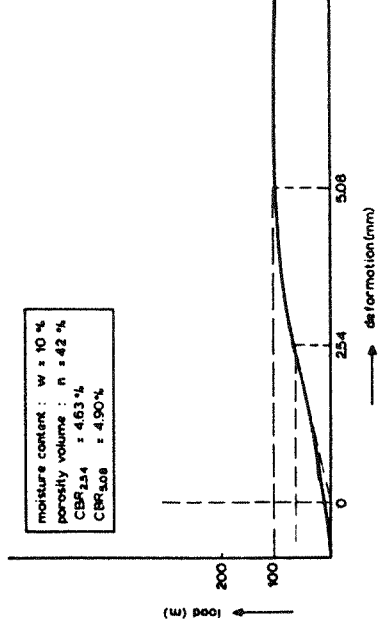
samenstelling: bitumen 80/100	4%	(m/m)
zand	96%	(m/m)

Filterdoek

materiaal: polyproppeen
gewicht: 325 gr/m²
Og0: 218 μm

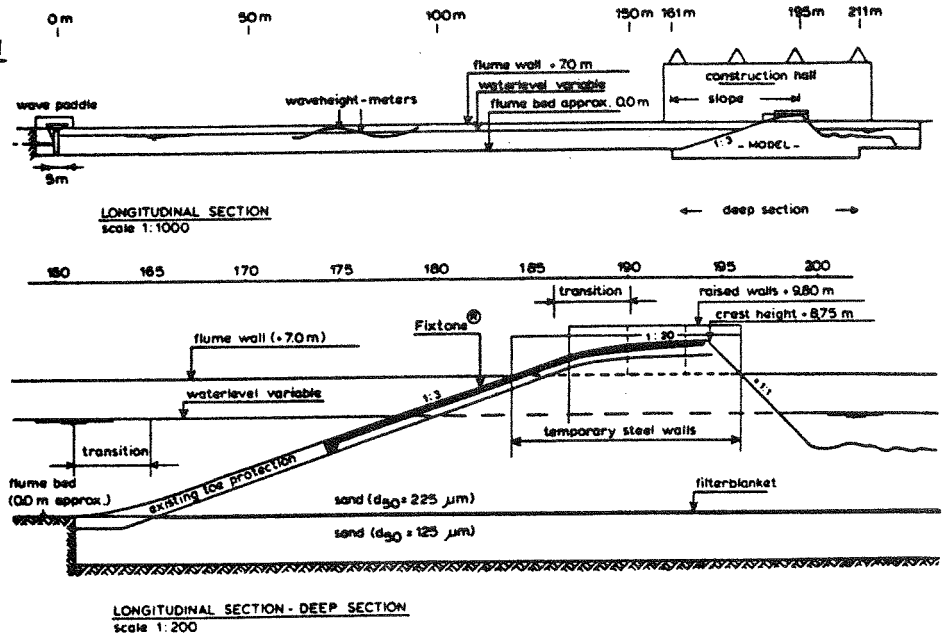


figuur: gradatiekromme zand uit kern

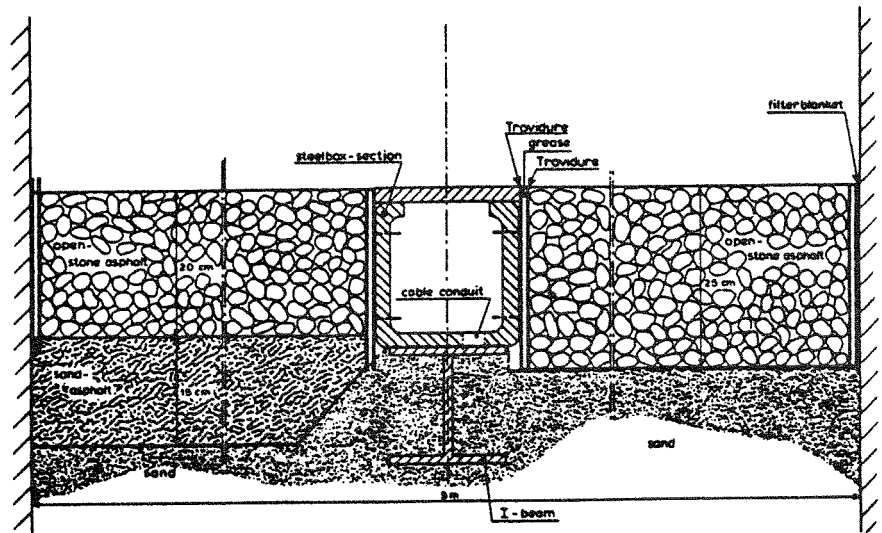


figuur: resultaten van CBR-proeven op de zandkern

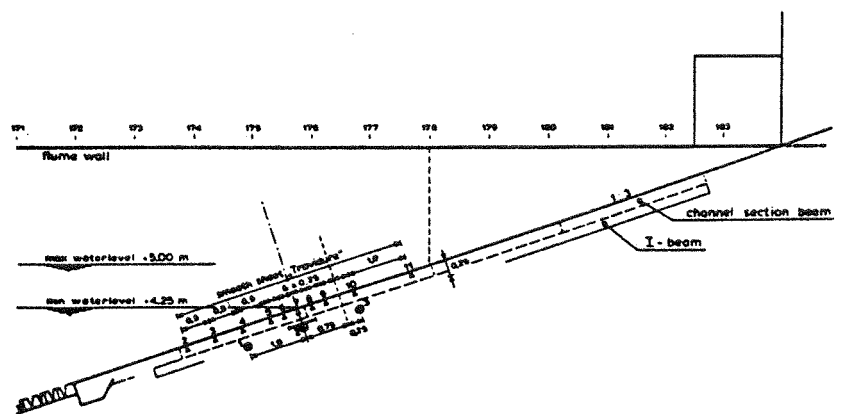
B. Proefopstelling



MODEL LAYOUT



CROSS-SECTION THROUGH THE MODEL



MODEL INSTRUMENTATION

LONGITUDINAL SECTION

- A = wave pressure probe
- B = waterlevel recorder
- C = strain gauge
- N.B. a wave run-up meter is used on the slope

C. Proefomstandigheden en resultaten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
no.	H _{max}	H _{min}	H _i	r	T _p	L ₀	H _i /L ₀	ξ _{0,i}	W.S.	P _s	P _s /H _i	R _u	R _d	H _i	H _i	H _i
	(m)	(m)	(m)	(%)	(sec)	(m)	(%)	(-)	(m)	(m)	(%)	H _i (m)	(m)	D ₁ (-)	D ₂ (-)	(D ₂ +D ₃) (-)
T 1	0,35	0,23	0,29	0,207	2,93	13,40	2,16	2,27	4,53	0,25	87,5	2,45	future elaboration of recordings	1,03	1,29	0,72
T 2	0,42	0,30	0,36	0,157	"	"	2,69	2,03	"	0,41	113,2	2,20		1,28	1,60	0,91
T 3	0,54	0,36	0,45	0,200	"	"	3,36	1,82	4,68	0,54	119,3	2,11		1,60	2,00	1,14
T 4	0,54	0,42	0,48	0,125	"	"	3,58	1,76	"	0,55	114,0	1,98		1,70	2,13	1,21
T 5	0,56	0,48	0,52	0,077	"	"	3,88	1,69	4,67	0,52	100,0	1,98		1,84	2,31	1,32
T 6	0,61	0,52	0,57	0,080	"	"	4,25	1,62	"	0,56	97,6	1,80		2,02	2,53	1,44
T 7	0,67	0,55	0,61	0,098	"	"	4,55	1,56	4,66	0,61	100,0	1,68		2,16	2,70	1,54
T 8	0,69	0,61	0,63	0,062	"	"	4,70	1,54	"	0,66	105,0	1,76		2,34	2,79	1,60
T 9	0,74	0,63	0,68	0,083	"	"	5,07	1,48	"	0,76	112,1	1,63		2,41	3,01	1,72
T10	0,75	0,68	0,72	0,049	"	"	5,37	1,44	"	0,77	107,1	1,54		2,55	3,19	1,82
T11	0,78	0,74	0,76	0,029	"	"	5,67	1,40	4,65	0,83	109,2	1,35		2,70	3,37	1,92
T12	0,80	0,78	0,79	0,013	"	"	5,90	1,37	"	0,91	114,7	1,30		2,80	3,50	2,00
T13	0,81	0,80	0,80	0	"	"	5,97	1,36	"	0,97	120,8	1,38		2,84	3,55	2,03
T14	0,87	0,85	0,86	0,012	"	"	6,42	1,32	"	1,00	116,4	1,29		3,05	3,81	2,18
T15	0,93	0,87	0,90	0,033	"	"	6,72	1,29	"	1,03	114,1	1,29		3,19	3,99	2,28
T16	0,99	0,93	0,96	0,031	"	"	7,16	1,25	4,64	1,07	111,8	1,32		3,40	4,26	2,43
T17	0,67	0,29	0,48	0,396	4,10	26,20	1,83	2,46	4,68	0,57	118,9	2,31	future elaboration of recordings can only be determined after rundown	1,70	2,13	1,21
T18	0,80	0,36	0,58	0,379	"	"	2,21	2,24	"	0,76	130,4	2,04		2,06	2,57	1,47
T19	0,82	0,45	0,64	0,291	"	"	2,44	2,13	"	1,03	160,7	2,10		2,27	2,84	1,62
T20	0,89	0,55	0,72	0,236	"	"	2,75	2,01	4,70	1,36	188,5	2,09		2,55	3,19	1,82
T21	0,87	0,61	0,74	0,176	4,10	26,20	2,82	1,98	4,72	1,29	173,8	2,14		2,62	3,28	1,87
T22	0,93	0,74	0,84	0,114	"	"	3,21	1,86	4,75	1,45	172,6	2,07		2,98	3,72	2,13
T23	0,96	0,78	0,87	0,103	"	"	3,32	1,83	"	1,52	174,3	2,00		3,09	3,86	2,20
T24	1,00	0,81	0,91	0,105	"	"	3,47	1,79	"	1,60	176,1	1,91		3,23	4,03	2,30
T28	1,00	0,85	0,93	0,081	"	"	3,55	1,77	4,87	1,60	172,0	1,87		3,30	4,12	2,35
T29	1,08	0,95	1,02	0,064	"	"	3,89	1,69	"	1,65	162,1	1,94		3,62	4,52	2,58
T30	1,29	1,20	1,25	0,036	"	"	4,58	1,53	4,86	1,56	124,5	1,58		4,43	5,54	3,17
T31	1,60	1,50	1,55	0,032	"	"	5,92	1,37	"	1,36	87,6	1,53		5,50	6,87	3,92
T32	1,91	1,81	1,86	0,027	"	"	7,10	1,25	4,85	1,58	84,9	1,45		6,60	8,25	4,71
T33	1,92	1,86	1,89	0,016	"	"	7,21	1,24	4,84	1,64	86,7	1,51		6,70	8,38	4,79
T25	0,26	0,04	0,15	0,733	5,12	40,90	0,37	5,50	4,74	0,65	430	3,16	rundown	0,53	0,67	0,38
T26	0,54	0,10	0,32	0,688	"	"	0,78	3,77	"	0,62	195	2,22		1,13	1,42	0,81
T27	0,80	0,22	0,51	0,569	"	"	1,25	2,98	"	0,73	144	2,17		1,81	2,26	1,29
T28	-	-	0,92	Elaboration of recordings is omitted as a result of a long-period oscillation in the Delta flume.										3,26	4,07	2,33
T33	-	-	1,89											6,70	8,38	4,79
T34	2,65	-	-											-	-	-

Tabel 1: Overzicht van grenscondities en proefresultaten

Voor een verklaring van de kolomaanduidingen zie de volgende pagina.

Verklaring kolomaanduidingen uit tabel 1

1. Proefnummer (-)
2. Maximaal waargenomen golfhoogte gedurende een proef (m)
 $H_{\max}$
3. Minimaal waargenomen golfhoogte gedurende een proef (m)
 $H_{\min}$
4. Berekende inkomende golfhoogte, H_i (m)
5. Reflectie coëfficiënt, r_c (-)
6. Periode van golven met de grootste energiedichtheid, T_p *) (s)
7. Diep water golflengte, L_0 (m)
8. Golfsteilheid, H_i/L_0 (%)
9. Brekingsparameter, ξ (-)
10. Water diepte in de goot voor het talud (m)
11. Significante maximale golfdruk, P_s (k Pa)
12. Significante golfdruk/inkomende golfhoogte, P_s/H_i (-)
13. Dimensieloze golfloop, R_u/H_i (-)
14. Golfloop, gerelateerd aan het still-waterlevel, R_d (m)
15. Fixtone schadeparameter - op filterdoek, H_i/D_1 (-)
16. Fixtone schadeparameter - op zandasfalt, H_i/D_2 (-)
17. Schadeparameter voor Fixtone + zandasfalt, $H_i/(D_2+D_3)$ (-)
(Aangenomen dat het zandasfalt en het fixtone zich samen homogeen gedragen.)

*) In principe zijn regelmatige golven opgewekt met perioden van $T = 3, 4$ en 5 s. Indien onregelmatige golfvormen optreden dan is de berekende maximale golfperiode, T_p , enigszins langer dan de golftrein.

Deflectie Fixtone -onderzijde			op filterdoek		op zandasfalt
datum	na proef	golfduur	I	II	III
		uren	(mm)	(mm)	(mm)
1-3	T0	0	0	0	0
"	T2	$\pm 1/2$	0	0	0
2-3	T8	± 3	0	0,15	0
"	T16	± 5	0,15	0,15	0,15
3-3	T16	± 5	0,15	0,3	0,3
"	T18	$\pm 5 \ 1/2$	0,3	0,3	0,3
"	T22	$\pm 7 \ 1/2$	0,3	0,45	0,45
"	T24	± 8	0,45	0,45	0,45
"	T27	$\pm 9 \ 1/2$	0,45	0,6	0,6
4-3	T28	± 10	0,6	0,6	0,6
"	T33	$\pm 11 \ 1/2$	0,6	0,6	0,6

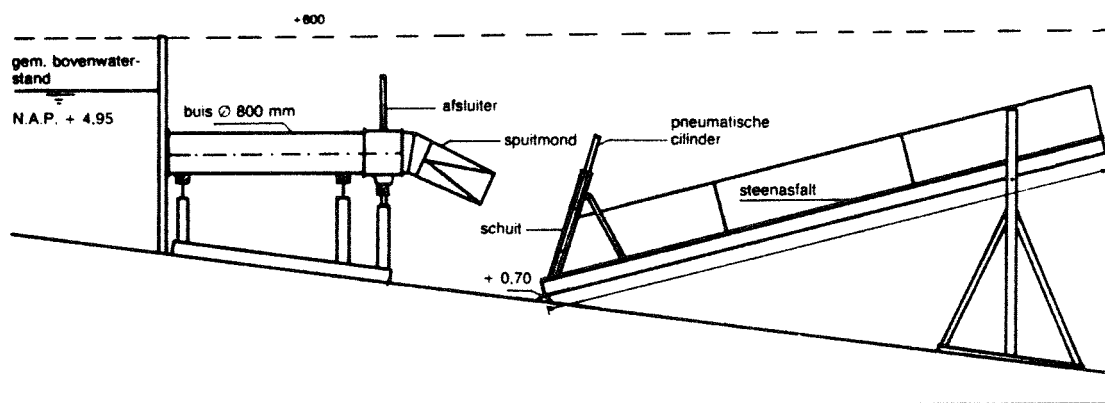
tabel 2: Permanente vervorming van de rekstroken (lengte voor
deformatie = 106 mm)

N.B.: de resultaten van de hoogtemetingen op verschillende
plaatsen op de helling geven geen zetting van de open
steenasfalt laag te zien.

BIJLAGE 3

Technische gegevens lange duur golfproef lit (4)

A. gebruikte proefopstelling

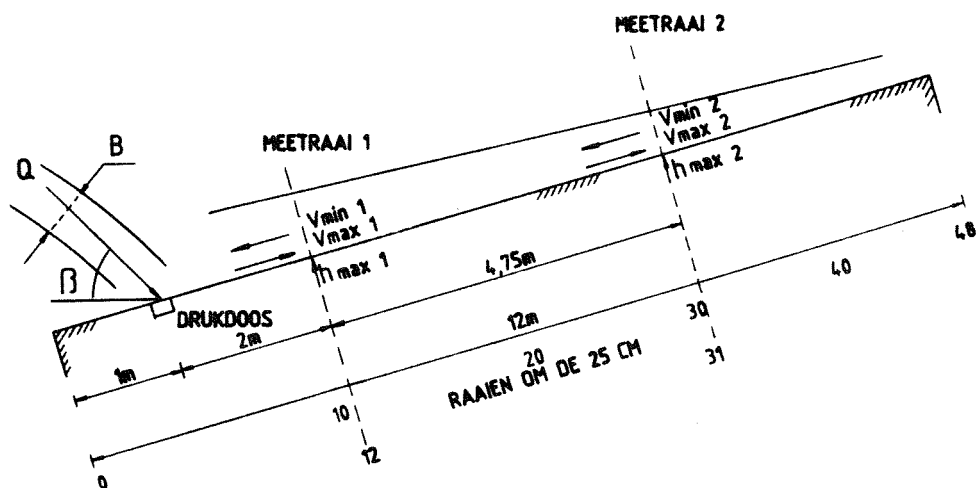


B. samenstelling open steenafalt

kalksteen 20/40 mm: 82,5 % (m/m)
mestiek : 17,5 % (m/m)

samenstelling mestiek: bitumen 80/100 : 17,3 % (m/m)
vulstof (zeer zwak): 20,2 % (m/m)
zand (Heukelum) : 62,5 % (m/m)

C. Resultaten van de ijkmetingen



debiet door buis: $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{sec}$

druk onder inslag straal: $P = 1,5 \text{ à } 2 \text{ mwk}$

meetraai 1:	maximale oploopsnelheid	$V_{\max} = 5,2 \text{ m/}$
	maximale terugloopsnelheid	$V_{\min} = 3,3 \text{ m/}$
	maximale laagdikte	$V_{\max} = 0,95 \text{ m}$
meetraai 2:	maximale oploopsnelheid	$V_{\max} = 3,5 \text{ m/s}$
	maximale terugloopsnelheid	$V_{\min} = 3,0 \text{ m/s}$
	maximale laagdikte	$V_{\max} = 0,58 \text{ m}$
raai 27:	maximale laagdikte	$h_{\max} = 0,65 \text{ m}$
raai 37:	maximale laagdikte	$h_{\max} = 0,40 \text{ m}$
raai 48:	maximale laagdikte	$h_{\max} = 0,15 \text{ m}$

doorsnede straal bij de spuitmond: $0,35 \text{ m}^2$ ($0,68 \times 0,51 \text{ m}$)

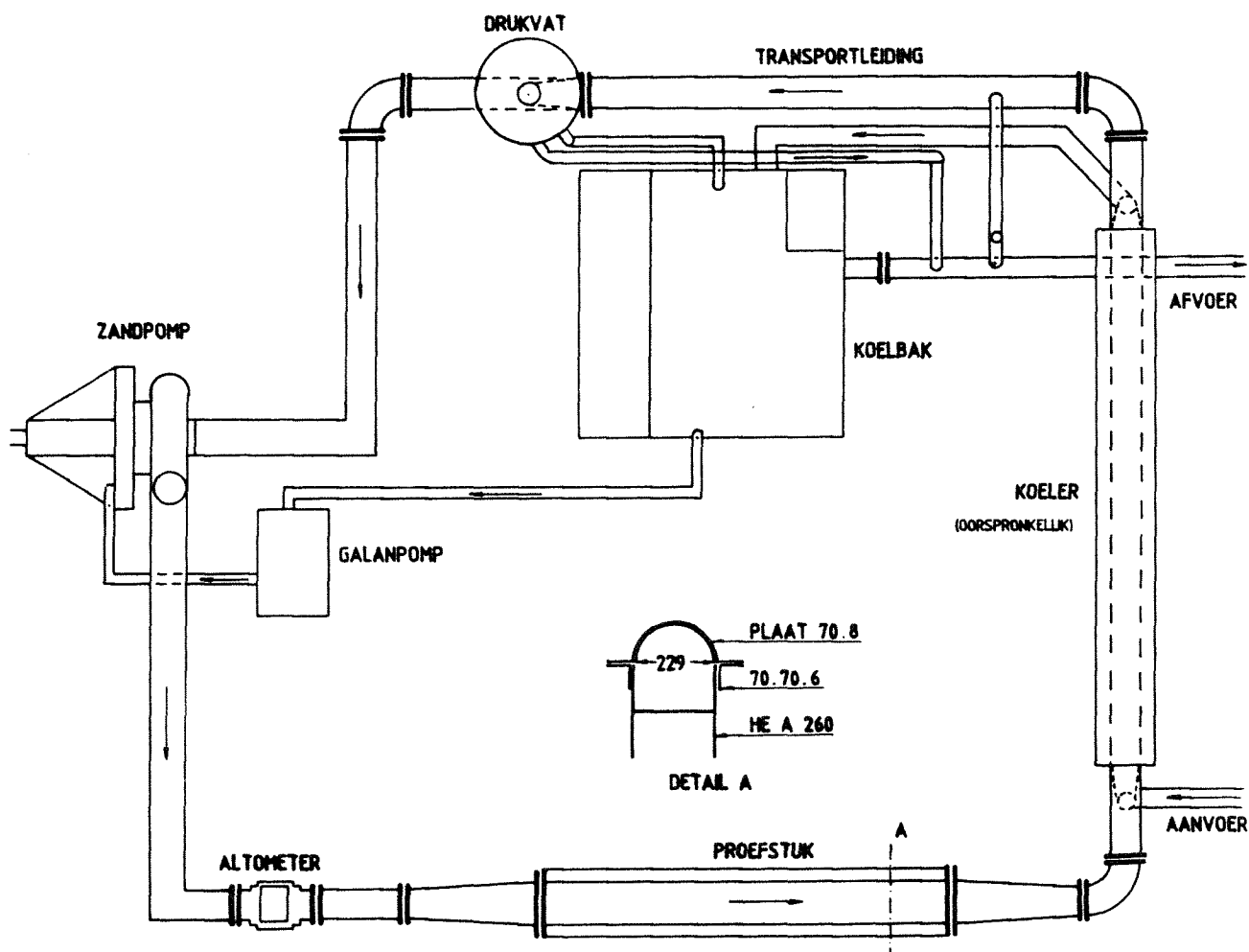
snelheid in spuitmond $V = 7,21 \text{ m/sec}$

hoek van inval van de straal $\beta = 44^\circ$

BIJLAGE 4

Technische gegevens stroomproef in pompcircuit
lit (5)

A. de proefstelling



figuur: het pompcircuit, gebruikt voor de stroomproef.

B. samenstelling beproefde materialen

- Proef 76.09/A, B en C: Steenasfaltmengsel bestaande uit 35% gietasfalt en 65% kalksteen 20/40 mm.
Het gietasfalt bestond uit: 19% bitumen, 19% vulstof, 62% zand A.
- Proef 76.09/D : Steenasfaltmengsel bestaande uit 20% gietasfalt en 80% kalksteen 20/40 mm.
Het gietasfalt bestond uit: 12% bitumen 265/215, 8% geblazen bitumen 85/40, 20% vulstof en 60% zand A.
- Proef 76.09/E : Gietasfalt bestaande uit 19% bitumen, 19% vulstof en 62% zand A.
- Proef 76.09/F : Blokkenmatbeton met volgende samenstelling: grind 1.800 kg, zand 945 kg, cement 410 kg, water + 50 kg.
De beton in de stroombak volgde het gehele proces als in de blokkenmatfabriek. Na 7 dagen verharding in zeewater werd met slijtage gestart.
- Proef 76.09/G : Constructiebeton bestaande uit: 350 kg HOC cement, 684 kg zand, 1.246 kg grind, 110 kg water wcf = 0,465.
4 weken na storten werd gestart met slijtage.
- Proef 76.09/H : 900 grams/m² polypropeendoek (blokkenmat).
- Proef 76.09/I : 750 grams/m² polypropeendoek (steenasfaltmatdoek).
- Proef 76.09/J : 1.350 grams/m² polypropeendoek (blokkenmatdoek).

C. proefomstandigheden

stap	duur proef (uur)	stroomsnelheid (m/s)	gemiddelde temperatuur (° C)	maximale temperatuur
1	34	6	14	16° C (10 uur)
2	48	6	15,5	23° C (1 uur)
proefstuk 180° gedraaid				
3	50	6	15	19° C (1 uur)
4	50	6	14	17° C (2 uur)
proefstuk 180° gedraaid				
5	50	6	14,5	19° C (2 uur)

D. proefresultaten

Proef	Aantal stroom- uren	Snelheid in m/s	% zand	Temp. gemiddeld in °C.	Temp. maximum in °C.	Duur max. temp. in uren	Gemiddelde slijtage in mm Raai			Gesommeerde gemidd. slij- tage in mm Raai		
							1	2	3	1	2	3
76.09 A Steenasfalt 5:65	38 45	6 6	20 20	37 37	40 40	8 12	10 6	5 5	3 4	16	10	7
76.09 B Steenasfalt 5:65	30 30 80 93 93	6 6 6 6 6	20 20 20 20 40	20 20 20 20 20	24 23 21 21 24	1 4 1 1 1	1 0 0 0 0	1 1,5 +0,1 +0,2	1 0,8 1,2 +0,8	1 (1) 1 1 1	1 (1) 2,5 2,4 2,2	1 2 1,8 3,0 2,2
76.09 C Steenasfalt uit 76.09 B	42	6	40	33	60	1	27	24	20	28	26,2	22,2
76.09 D Open steen- asfalt	34 48 50 50 50	6 6 6 6 6	20 20 20 20 20	14 15,5 15,0 14,0 14,5	16 23 19 17 19	ca.10 1 1 2 ca. 2	1,4 2,1 1,2 — 1,6	0,9 2,5 2,2 1,4 3,0	+0,4 1,7 0,2 +0,4 4,6	1,4 3,5 4,8 4,8 6,4	0,9 3,4 5,6 7,0 10,1	+0,4 2,0 2,3 2,7 7,3
76.09 E Gietasfalt	25 49 37 50 50 20	6 6 6 6 6 6	15 15 15 20 20 20	14,4 12,4 12,6 12,6 13,2 12,5	15 15 15 15 15 15	ca.12 6 3 12 20 6	0,7 0,3 0,6 1,0 0,5 +1,3	0,3 0,6 0,2 0,1 0,1 +0,6	0,4 0,2 0,1 +0,2 1,2	0,7 1,3 2,3 2,8 1,5	0,3 0,9 1,1 1,7 1,1	0,4 0,6 0,7 0,5 1,7
76.09 F Blokkermat Beton	50 50 50 30	6 6 6 6	30 20 20 20	14,0 14,0 13,5 14,1 13,9	15 15 15 15 15	32 32 26 35 18	0,7 0,3 0,1 0,1 0,2	0,7 0,3 0,1 0,1 0,3	0,7 1,0 0,1 0,1 0,1	1,0 1,0 1,0 1,1 1,4	0,7 0,8 0,9 1,1 1,0	
76.09 G Constructie beton	50 50 50 30	6 6 6 6	20 20 20 20	14,2 14,0 14,2 14,5	15 15 15 15	28 35 30 22	1,2 0,1 0,1 0,2	1,5 0,1 0,1 0,1	1,0 0,1 0,4 0,1	1,3 1,3 1,6 1,5	1,5 1,6 1,7	1,1 1,5 1,6
76.09 H 900 grams bokkenmatdoek	50	6	20							Op sommige plaatsen rafe- lig oppervlak dat reeds na 7 uur werd bereikt		
76.09 I 750 grams steen-asfalt doek	50	6	20							Geen slijtage te zien		
76.09 J 1.350 grams blokkermatdoek	50	6	20							Geen slijtage te zien		

Het oppervlak van het proefstuk is verdeeld in totaal 135 vaste punten over 3 langsraaien. Na de verschillende stappen is het volgende geconstateerd:

stap	aantal vaste punten dat slijtage vertoonde					
	5-10 mm	10-15 mm	15-20 mm	20-30 mm	30-40 mm	40 mm
1	6	2	3	2	-	-
2	7	3	5	6	4	1
3	6	4	9	9	4	1
4	5	6	9	8	5	2
5	8	14	9	10	6	4

De interpretatie van de proefresultaten is vrij gecompliceerd. Erosie van het oppervlak houdt in slijtage van de mastiek om de kalksteen; de aldus ontstane vermindering van de laagdikte zal in de orde van millimeters zijn. Het verdwijnen van stenen (toegepast is kalksteen 20/40 mm) zal grotere gaten veroorzaken.

Uit de meetresultaten valt af te lezen dat de laagdikte vermindering zich grotendeels over het oppervlak uitbreidt en niet in diepte. Alleen de schade tussen 5-10 mm verhuist wel naar de categorie 10-15 mm.

Indien 135 meetpunten 100% van het oppervlak voorstellen dan beslaat de schade na de opeenvolgende stappen resp. 10, 19, 24, 26 en 39%. Dit betekent dat de toename van de schade eerst afneemt en daarna weer toeneemt. Deze toename komt voornamelijk voor rekening van de categorie 10-15 mm. Hoe het verder verloop van de schade zal zijn valt niet te zeggen.

BIJLAGE 5

Technische gegevens van de kruipproeven op open steenasfalt-monsters uit de proefvakken van bouwput Roompot
(lit 6)

A. gewenste samenstellingen

Aan de hand van de moleninstelling en de analyses van de bouwstoffen uit de warme silo's zijn de "gewenste" gefractioneerde mengsels bekend:

	proefvakken						
	Ref.	B	C	D	E	G	H
steen > 2 mm	81	81					81
mortel < 2 mm	19	circa 19					19
mortel: 2 mm - 63 µm	66,6	63,9	69,9	68,4	64,7	?	66,6
63 µm	14,9	18,6	10,4	14,2	15,6		14,9
bitumen	18,5	17,5	19,7	17,5	19,7		18,5

Opm.: Omdat bij wijziging van het referentiemengsel alleen de hoeveelheden van de af te wegen te variëren bouwstof is gewijzigd, zijn de steen-mortelverhoudingen van de vakken B t/m G iets gewijzigd ten opzichte van 81-19.

Voor onderzoek, door de WBD te verrichten, zijn in maart 1980 24 boorkernen ontvangen met een diameter van circa 0,19 m. 10 kernen zijn aselekt genomen uit het referentievak, terwijl uit de 6 andere vakken elk 4 kernen zijn geboord, 2 boven en 2 onder in het talud.

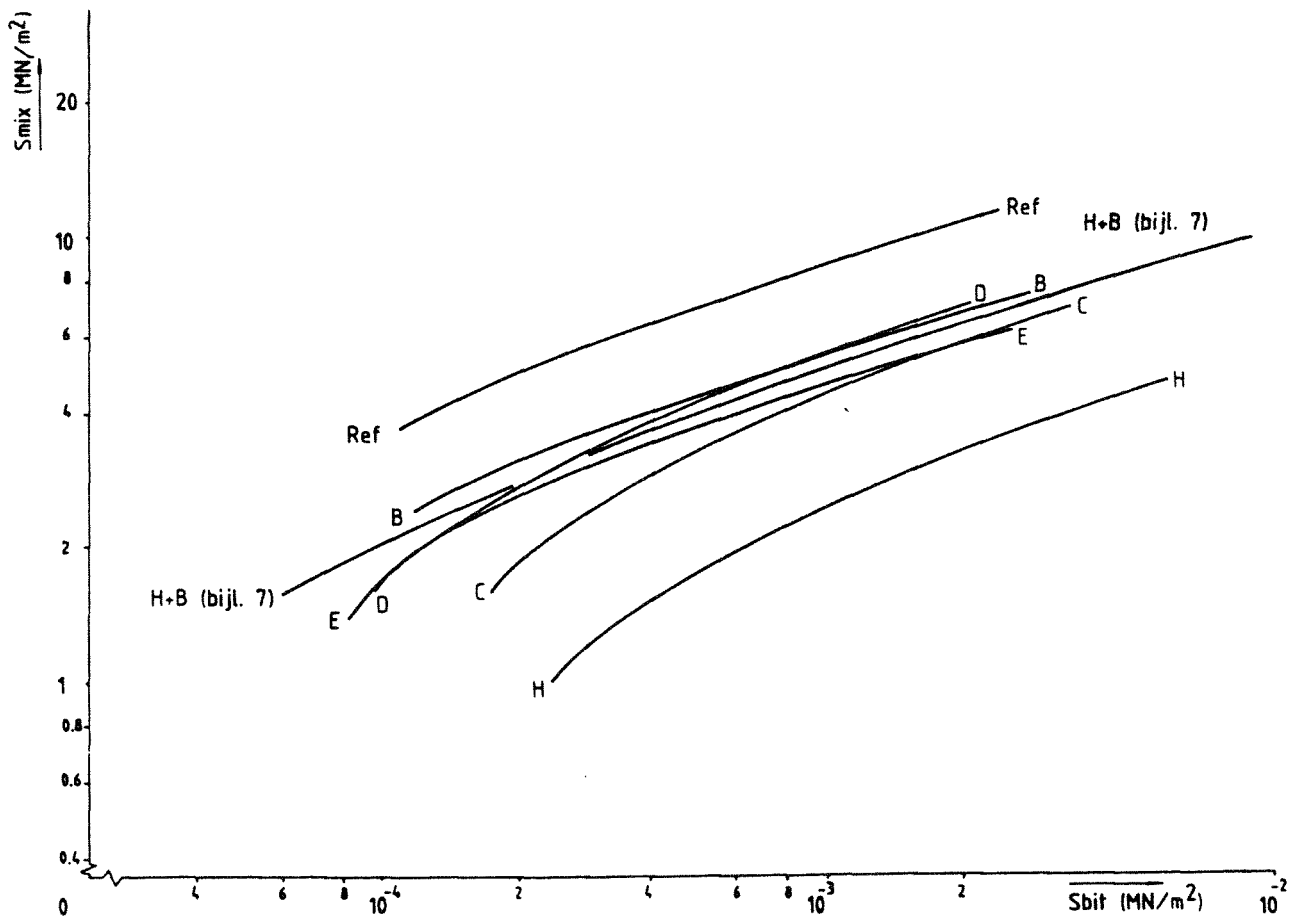
B. Samenvatting Analyses en Kruipresultaten - Proefvakken Open steenasfalt

Proefvak Variabele	Ref -	B + 3 σ Vulstof	C - 3 σ Vulstof	D + 3 σ Zand	E - 3 σ Zand	H te koud
<u>Mortelgehalte</u> <u>Midden</u>	24,1 (19)	24,5 (19)	19,7 (19)	22,6 (19)	21,3 (19)	20,4 (10)
<u>Analyse midden</u> 2 mm - 63 μ m	68,7 (66,6)	66,3 (63,9)	69,0 (69,9)	70,3 (68,4)	67,7 (64,7)	68,1 (66)
< 63 μ m	15,3 (14,9)	17,8 (18,6)	13,4 (10,4)	13,9 (14,2)	14,9 (15,6)	14,6 (14)
bitumen	16,0 (18,5)	15,9 (17,5)	17,6 (19,7)	15,8 (17,5)	17,4 (19,7)	17,3 (18)
<u>Zand Δ - Midden</u> 2 mm - 500 μ m	3,7	3,6	3,6	3,6	4,6	3,0
500 - 180 μ m	64,1	64,7	64,5	61,7	63,9	63,0
180 - 63 μ m	32,2	31,7	31,9	34,7	31,5	34,0
<u>Dichtheid</u> <u>proefstuk</u> <u>Midden</u>	2.128	2.077	2.011	2.024	2.076	1.919
<u>Bitumen</u> Penetratie	59	55	49	53	50	38
Verwekingspunt	51,3	52,0	52,5	50,0	50,5	54,5
Pen. index	-0,5	-0,5	-0,6	-1,1	-1,0	-0,8
<u>S-moduli</u> (MN/m ²)						
120	11,20	7,14	6,70	6,61	5,98	4,56
300	8,75	5,66	5,10	5,02	4,64	3,44
Temp=30°C						
600	7,00	4,67	4,03	4,02	3,81	2,73
$d=0,05$ MN/m ²						
1200	5,62	3,80	3,50	3,05	3,03	2,11
1800	4,89	3,32	2,39	2,43	2,58	1,66
2400	4,39	2,97	1,95	1,97	2,25	1,39
3000	4,00	2,70	1,57	1,59	1,99	1,17
3600	3,69	2,41	1,51	1,49	1,58	1,00

(...) = "gewenst"

σ = standaardafwijking

C. Mastercurve samengesteld uit kruipresultaten



Figuur: S_{mix} - S_{bit} curven open steenasfalt - proefvakken Roompot
- onderzoek T.H.

BIJLAGE 6

Technische gegevens van sterkteonderzoek op kernen open steen-
asfalt uit proefvakken bouwput Roompot
(lit 7)

A. samenstelling van de onderzochte monsters

proefvaknr.	type mengsel	*	zand	vulstof	bitumen
A/H	referentie	a	66,5	15,0	18,5
A	" "	e	67,3	15,3	17,4
H	" " te koud	e	67,6	13,7	18,7
B	+ 3 σ vulstof	a	62,6	19,9	17,5
		e	63,1	18,5	18,4
C	- 3 σ vulstof	a	70,6	9,7	19,7
		e	67,4	12,5	30,1
D	+ 3 σ zand	a	68,3	14,2	17,5
		e	68,1	14,4	17,5
E	- 3 σ zand **	a	64,1	16,1	19,7
		e	62,7	17,6	19,8
G	50% zand	a	51,8	21,6	26,6
	vervangen **	e	52,9	22,6	24,5

* a = afstelling molen; berekend, te verwachten samenstelling

e = extractie van gem. 2 monsters

** = bij het monster is over 1/10 van de hoogte de mortel uitgezakt

σ = standaardafwijking t.o.v. referentiemengsel.

Voor de samenstelling van het steenasfalt wordt verwezen naar bijlage 5.

De toegepaste vulstof was zeer zwak (zeefrest van 16,8%, bitumengetal 33).

De bitumen was van het type 80/100 (penetratie 90; $T_{r\&k}$ = 48,2)

B. Samenvatting van de splijtproefresultaten

Mengsel	A referentie	B + 3σ vulstof		C - 3σ vulstof		D + 3σ zand		E - 3σ zand		G zand + steen		H te koud	
Opmerking		Mengsel niet uitgezakt		Niet uitgezakt		Niet uitgezakt over 1/10h		Uitgezakt over 1/10 h		Uitgezakt over 1/10 h		Niet uitgezakt	
Plaats	gem.	onder H.W	boven HW	onder HW	boven HW	onder HW	boven HW	onder HW	boven HW	onder HW	boven HW	onder HW	boven HW
σ_x gem. N/mm ²	0,183	0,178	0,134	0,157	0,129	0,132	0,125	0,163	0,138	0,077	0,054	0,135	0,191
$\frac{\Delta D}{D}$ gem %	3,02	4,07	3,58	3,48	4,27	3,90	4,02	3,87	3,94	5,32	4,34	3,81	3,71

C. resultaten van de directe trekproef

referentiemengsel

Kern nr.	F _{breuk} in N	A in mm ²	T N/mm ²	Δ H mm	H mm	ε (-)	E in N/mm ²
1	7.368	28.652	0,257	4,50	199	0,023	11.174
1a	6.818	"	0,238	4,50	199	0,023	10.348
2	1.864	"	0,065*	2,75	201	0,014	4.643
3	5.445	"	0,190	5,0	196	0,026	7.308
4	3.090	"	0,108*	3,25	200	0,016	6.750
5	2.747	"	0,096*	3,50	201	0,017	5.647
6	5.150	"	0,180	4,50	201	0,022	8.182
7	589	"	0,021*	1,25	202	0,006	3.500
8	5.886	"	0,205	3,25	199	0,016	12.813
9	7.652	"	0,267**	2,50	203	0,012	22.250*
10	5.346	"	0,187	3,50	187	0,019	9.842
			x=0,210			x=0,022	x=9,92
			SD=0,031			SD=0,004	SD=1,99

* = kern gebroken op verontreiniging

** = waarde niet maatgevend wegens afwijking in

d = 191 : A = 28.652 mm²

kern no. 1 is gebroken op het lijmvlak, opnieuw gelijmd,
daarna opnieuw getrokken als 1a.

mengsels uit andere proefvakken

VAK	Kern	dichtheid proefstuk		treksterke N/mm ²	
B	o5	2,182		0,185	$\sigma = 0,179 \quad S = 0,037$
	o6	2,166		0,228	
	b5	2,065		0,146	
	b6	2,045		0,157	
C	o5	1,977		0,120	
	o6	2,072		0,114	
	b5	2,080		0,062	
	b6	2,031		0,102	
D	b6	2,177		0,174	$\sigma = 0,110 \quad S = 0,025$
	b5	2,013		0,139	
	o5	2,048		0,110	
	o6	1,851		0,079	
E	o5	2,266		0,223	
	o6	2,279		0,234	
	b5	1,863		0,078	
	b6	2,024		0,137	
G	o5	1,964		-	$\sigma = 0,019 \quad S = 0,013$
	o5	1,886		0,039	
	b5	1,780		0,015	
	b6 *	1,501		0,003	
H	o5	1,898		0,071	$\sigma = 0,139 \quad S = 0,053$
	o6	1,893		0,152	
	b5	2,000		0,200	
	b6	2,026		0,132	

BIJLAGE 7

Technische gegevens van onderzoek naar de mechanische eigenschappen van open steenasfalt

A. Mengselaspecten

1.

Zeefanalyse * aggregaat	gew. %	
	WBD	Bitumarin
op zeef C 45	-	-
" " C 31,5	10,3	16,3
" " C 22,4	51,0	60,6
" " C 16	14,1	5,6
" " 2 mm	7,2	2,4
" " 500 µm	0,6	0,2
" " 180 µm	3,0	1,5
" " 63 µm	6,3	5,5
door zeef 63 µm	4,4	5,3
bitumen	3,1	2,6
	100,0	100,0

* na terugwinning

2.

mengsel- samenstelling	gew. %		
	WBD*	Bitumarin*	molenafstelling
kalksteen > 2 mm	82,5	84,9	81
mastiek < 2 mm	17,5	15,1	19
	100,0	100,0	100

3.

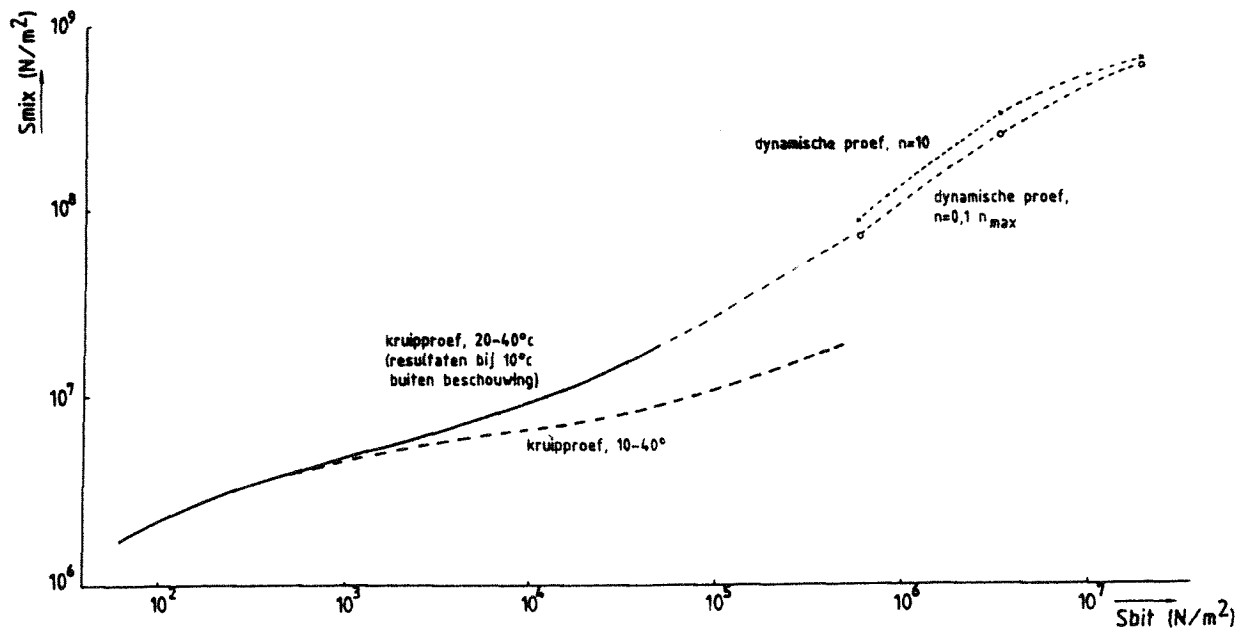
mastiek- samenstelling	gew. %		
	WBD	Bitumarin	gewenst
zand	56,7	57,9	60,3
vulstof	25,2	21,5	19,7
bitumen	18,1	20,6	20,0
	100,0	100,0	100,0

4.

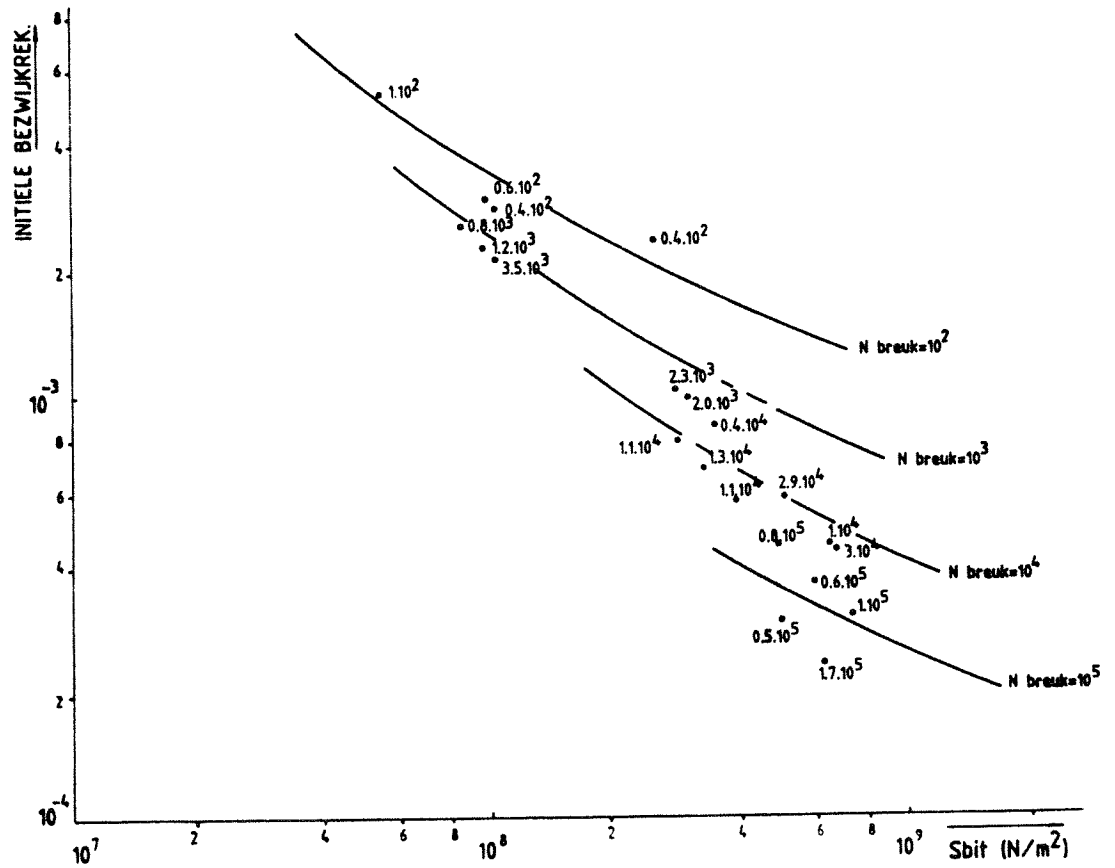
eigenschappen van teruggewonnen bitumen 80/100	WBD	Bitumarin
pen (0,1 mm, 25°C)	71	83
Tr&k (°C)	49,7	44
PI (N/m ²)	-0,4	

NB. De door de WBD opgegeven gewichtspercentages zijn gemiddelden van 3 analyses; gew.-% door Bitumarin opgegeven, betreffen 1 analyse.

B. Resultaten uit het statisch en dynamisch onderzoek



Figuur S_{mix} - S_{bit} relatie, bepaald uit de resultaten van de kruipproeven bij temperatuur 20-40°C en bij 10-40°C en de dynamische proeven na $n=10$, en $n=0,1$. N_{max} belasting-herhalingen.



Figuur: Verband tussen de stijfheidsmodulus (bij $n=10$), de initiële rek en het aantal belastingherhalingen tot breuk (N breuk).

BIJLAGE 8

Technische gegevens van stabiliteitsonderzoek
lit. (9)

A. De proefopstelling

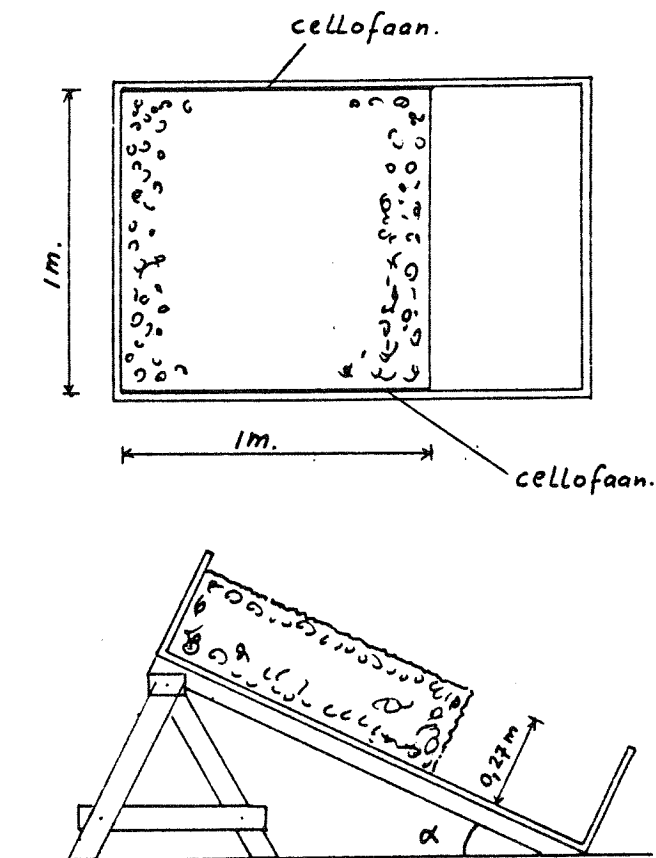


Fig. Bovenaanzicht en langsdoorsnede van de hellingproefopstelling

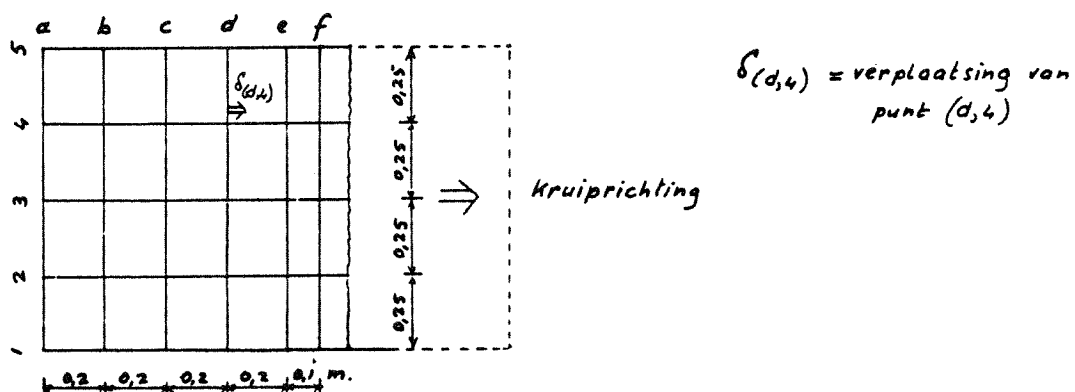
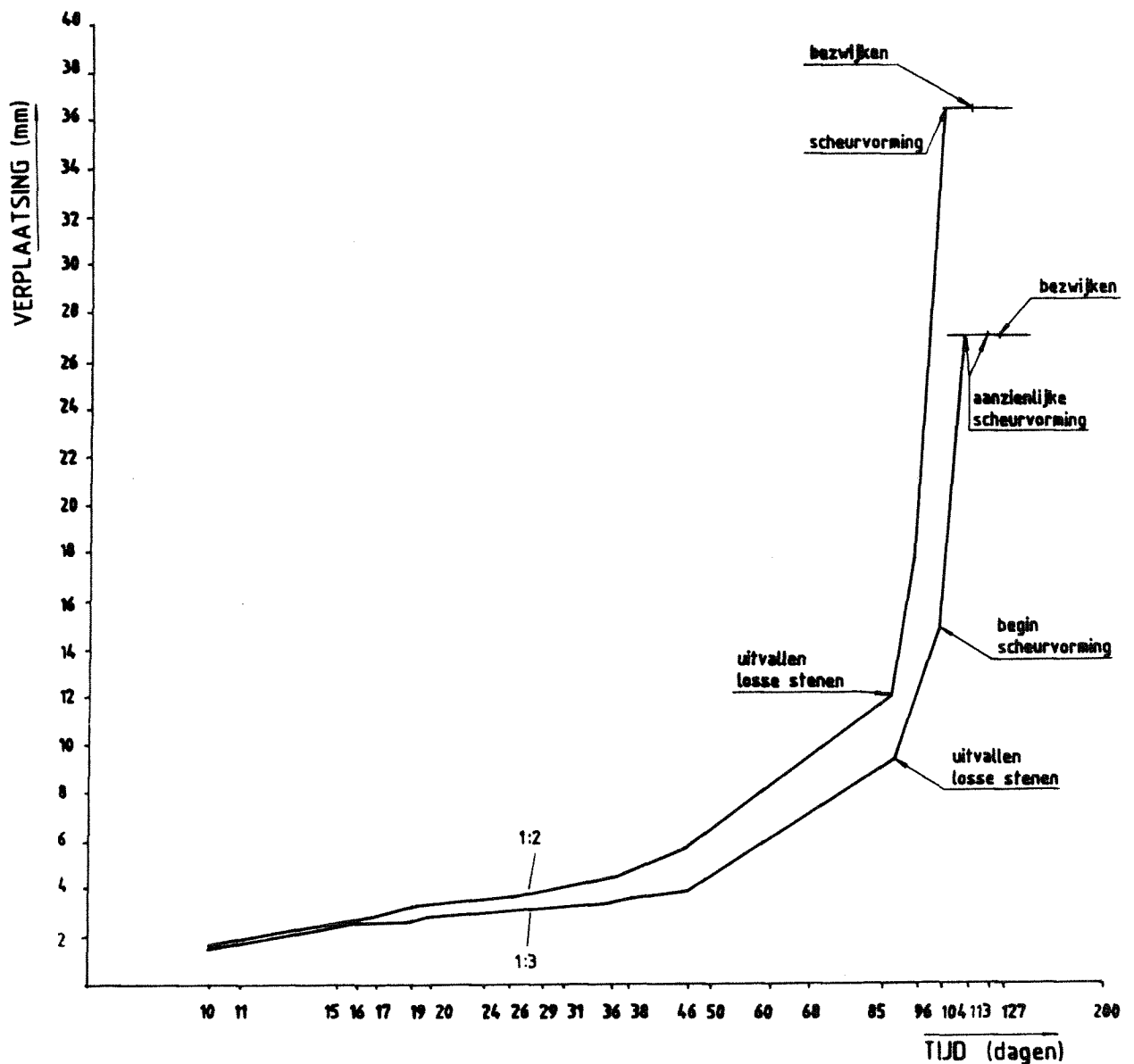


Fig. Lijnenstramien op het bovenvlak van het mengsel

B. Resultaten van het onderzoek



figuur: verplaatsingen van lijn f in de tijd.

beschrijving:

- talud 1:2: - tot 96 dagen na aanvang van de proef zijn de verplaatsingen van de onderste lijn nog gelijk. Wel is een aantal losse stenen uit het talud gevallen
- op de 104e dag heeft zich een langsscheur gevormd over 3/4 van de breedte (van e2 tot e5). Het lijnenpatroon wordt erg onregelmatig; de verplaatsingen zijn erg groot; het talud helt sterk over.
 - op de 113e dag is het talud vanaf lijn e afgeschoven

- talud 1:3: - tot de 96e dag zijn de verplaatsingen over een dwarsraai constant. Uit de onderzijde is een brok steenasfalt gevallen.
- op de 104e dag zitten in het gehele gebied vanaf lijn e scheuren
 - op de 121e dag hebben deze scheuren zich verbreed. Het talud hangt plaatselijk sterk over
 - op de 127e dag is het talud afgeschoven.

C. Uit de stabiliteitsproef afgeleide waarden voor de glijdingsmodulus, de viscositeit en de stijfheidsmodulus

HELLING 1:2						
tijd (dag)	S _{bit} (N/m ²)	δ _{gem} (*10 ⁻³ m)	verpl.snelh. (*10 ⁻³ m/d)	G _{mix} (*10 ⁴ n/m ²)	S _{mix} (*10 ⁴ n/m ²)	η (*10 ¹¹ Ns/m ²)
10	20	1,6	0,17	16,2	4,10	1,3
15	12	2,7	0,13	9,6	24,0	1,7
22	9	3,3	0,08	7,9	19,7	2,8
46	4	5,7	0,13	4,6	11,4	1,7
89	2	12	0,15	2,2	5,4	1,5

HELLING 1:3				
δ _{gem} (*10 ⁻³ m)	verpl.snelh. (*10 ⁻³ m/d)	G _{mix} (*10 ⁴ n/m ²)	S _{mix} (*10 ⁴ n/m ²)	η (*10 ¹¹ Ns/m ²)
1,5	0,15	12,2	31,0	1,1
2,4	0,11	7,7	19,1	1,4
2,8	0,05	6,6	16,4	3,1
3,9	0,08	4,7	11,7	2,0
8,3	0,11	2,2	5,2	1,4

bitumen eigenschappen:

pen 71

PI = -0,4

T_{r&k} = 49,7 °C

Formules:

$$\delta = \frac{\rho \cdot g \cdot h^2 \cdot \sin \alpha}{2 G_{mix}}$$

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot h^2 \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t}{2}$$

$$S_{mix} = G_{mix} \cdot 2 (1 + \nu)$$

Gegevens:

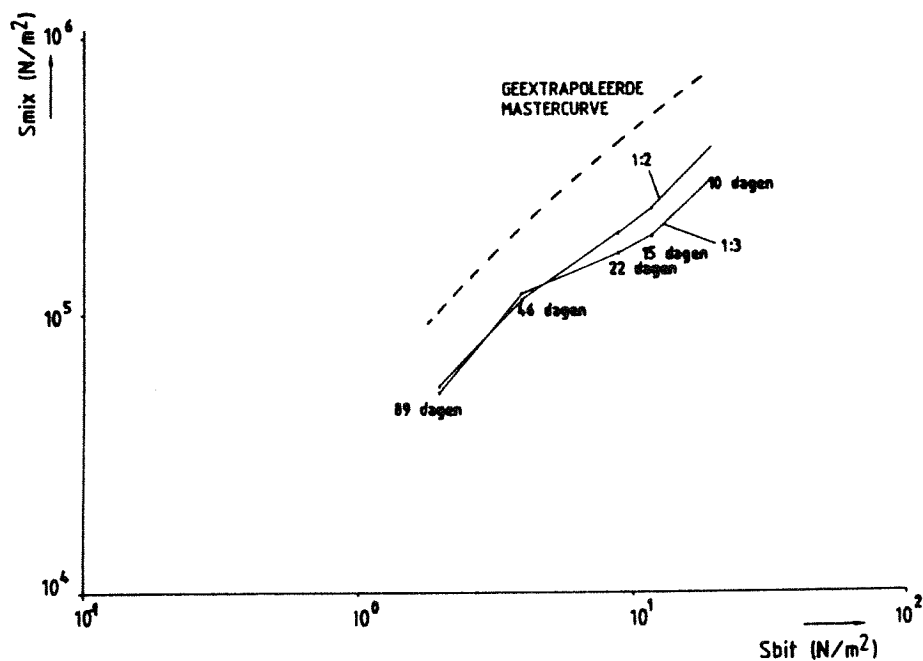
$$\rho = 1759 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$h = 0,27 \text{ m}$$

$$\nu = 0,25 \text{ (constante van Poisson)}$$

$$T_{gem} = 17 \text{ °C}$$



Stijfheidsmodulus open steenasfalt (S_{mix}) als functie van bitumenstijfheid (S_{bit}) uit hellingproeven onder 1:2 en 1:3, alsmede een geëxtrapoleerd deel van de mastercurve uit kruipproeven.

BIJLAGE 9.

Samenstelling van de open steenasfalt uit de UV- en warmtebe-
stendigheidsproef

lit (10)

Die Prüfkörper mit den Abmessungen rd 15 cm x 40 cm x 90 cm
waren nach Angaben der Firma wie folgt zusammengesetzt:

82 Gew.% Diabasschotter 35/65 mm
18 Gew.% Asphaltmastix

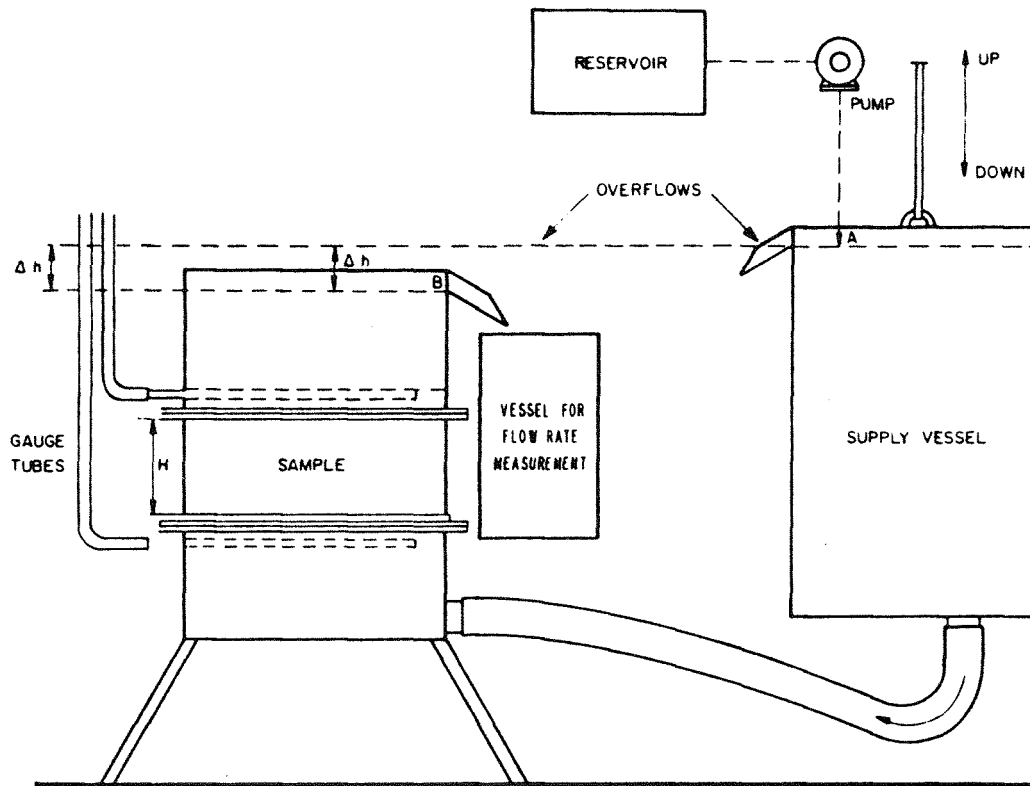
Der Asphaltmastix enthielt:

19 Gew.% Bitumen B80 mit
0,4 Gew.% Haftmittel F4HB
20 Gew.% Füller
30 Gew.% Natursand
31 Gew.% Brechsand 0/2 mm.

BIJLAGE 10.

Technische gegevens van de waterdoorlatendheidsproeven op open steenasfalt

A. De proefopstelling (lit 11)



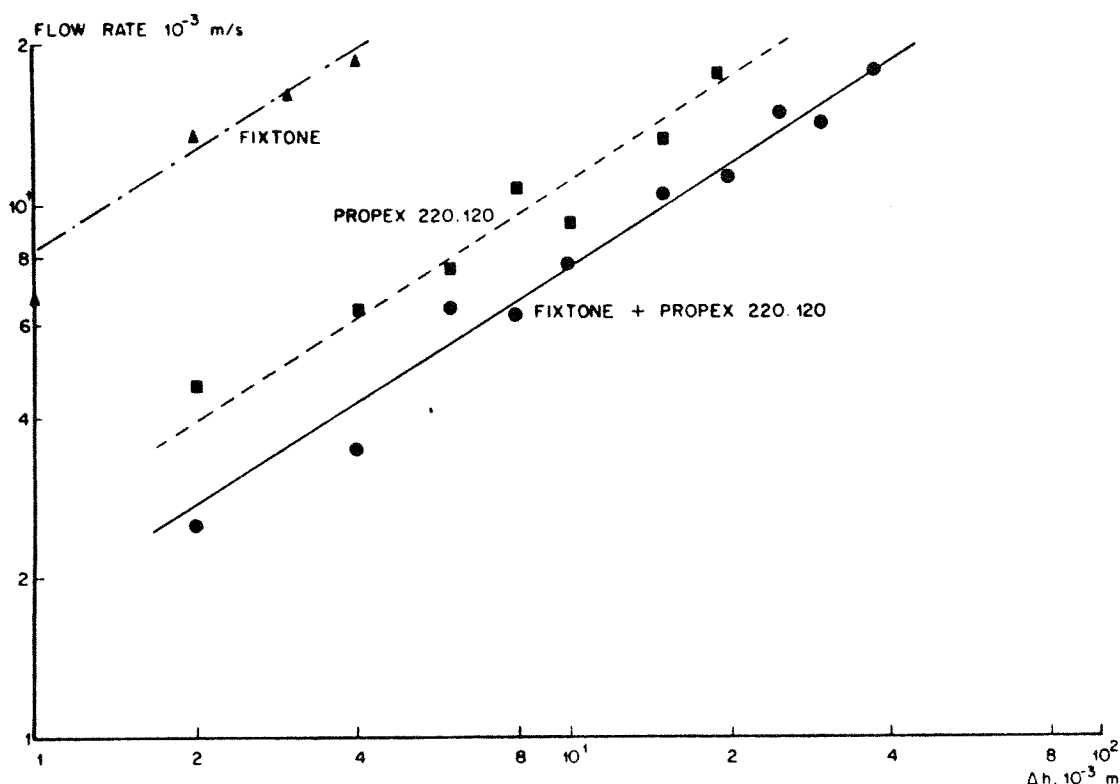
The permeability measurements were carried out in a filter apparatus used by the Dutch "Rijkswaterstaat". One vessel (diam. 0.62 m, height 1.10 m) contains the 12.5 cm thick sample of the lining (full scale!) to be tested, fixed in a tray. The water is supplied from a second vessel (diam. 0.50 m, height 1.00 m) through a flexible tube (diam. 0.15 m). The water pressure on the underside of the sample can be changed by moving the second vessel upward or downward. The waterlevel in the second vessel is kept constant by pumping in a surplus of water. The water pressures are measured by means of gauge tubes and the rate of water flow through the sample is measured with an overflow. In order to facilitate reading, coloured water is used.

B. Resultaten onderzoek Koninklijke/Shell laboratorium
(lit 11)

Canal lining	Δh (mm)	Time for 100 l (s)	Flow rate (cm/s)
Fixtone + Propex 220.120	2	134.4	0.25
	4	93.1	0.35
	6	52.0	0.64
	8	53.3	0.625
	10	42.7	0.78
	15	32.0	1.04
	20	29.8	1.12
	25	22.6	1.47
	30	23.8	1.40
	38	18.7	1.78
Fixtone	1	49.0	0.68
	2	24.7	1.35
	3	20.4	1.63
	4	17.9	1.86
Propex 220.120	2	72.3	0.46
	4	52.1	0.64
	6	43.3	0.77
	8	31.9	1.08
	10	36.2	1.92
	15	25.5	1.31
	19	19.2	1.74

hoogte proefstuk $h = 12,5$ cm

WATER FLOW RATE THROUGH THE FILTER AS A FUNCTION OF (Δh)



C. Resultaten onderzoek Bitumarin (lit 12)

Fixtone

Per ingesteld drukverschil zijn steeds 3 waarnemingen gedaan. Gemeten werd de tijd waarin 100 liter water door het proefstuk werd afgevoerd.

De sets van 3 waarnemingen zijn gemiddeld en met het oppervlak van het proefstuk, zijnde 0,21615 m², omgerekend naar een afvoer per m².

Resultaat:

Drukverschil (m)	Δh	Tijd per 100 l (s)	Afvoer per m ² (m/s)
4,2 x 10 ⁻³		49,8	9,29 x 10 ⁻³
3,5 x 10 ⁻³		55,1	8,40 x 10 ⁻³
3,2 x 10 ⁻³		56,9	8,13 x 10 ⁻³
2,6 x 10 ⁻³		61,9	7,47 x 10 ⁻³
1,8 x 10 ⁻³		79,8	5,80 x 10 ⁻³
1,0 x 10 ⁻³		110,1	4,20 x 10 ⁻³

Polypropeendoek

Ook hier zijn per ingesteld drukverschil 3 waarnemingen gedaan. Hierbij is echter gemeten de hoeveelheid welke in een bepaalde tijdsduur door het doek werd afgevoerd.

Onderstaand zijn de waarnemingen gemiddeld weergegeven en met de oppervlakte van het proefstuk (0,00801 m²) omgerekend naar een afvoer per m².

Type doek (g)	Drukverschil Δh (m)	Hoeveelheid/Tijds- duur (ml/s)	Afvoer per m ² (m/s)
300	2,7 x 10 ⁻³	1302/30	5,42 x 10 ⁻³
300	3,1 x 10 ⁻³	1600/30	6,66 x 10 ⁻³
300	2,0 x 10 ⁻³	1012/30	4,21 x 10 ⁻³
300	1,6 x 10 ⁻³	778/30	3,24 x 10 ⁻³
300	0,9 x 10 ⁻³	1127/60	2,34 x 10 ⁻³
600	3,1 x 10 ⁻³	1570/30	6,53 x 10 ⁻³
600	2,7 x 10 ⁻³	1445/30	6,01 x 10 ⁻³
600	2,3 x 10 ⁻³	1205/30	5,01 x 10 ⁻³
600	1,7 x 10 ⁻³	977/30	4,06 x 10 ⁻³
600	1,2 x 10 ⁻³	1028/60	2,14 x 10 ⁻³

D. Methode ter bepaling van de doorlatendheid van een open steenasfaltbekleding in combinatie met een filterdoek
(lit 12)

De weerstandsfactor W_n van het filterdoek wordt in combinatie met de dikte h van de totale laag gegeven: $h.W_n$. Variëert de dikte dan zal de weerstandscoefficient zodanig veranderen dat $h.W_n$ constant blijft.

Gevonden is dat $h.W_n = 4,65$.

De totale weerstand van filterdoek en open steenasfalt wordt nu bepaald door deze lineair op te tellen (als zijnde voor een laminaire stromingstoestand):

$$(h.W)_{\text{totaal}} = (h.W)_{\text{os}} + (h.W)_{\text{doek}}.$$

$$\text{dan wordt: } V_f = \frac{h}{(h.W)_{\text{totaal}}}$$

voorbeeld:

stel de bekleding bestaat uit een laag van 25 cm open steenasfalt op doek. Het drukverschil H bedraagt 30 mm gevraagd wordt de specifieke afvoer V_f .

$$h/H = W_n.V_f^n$$

uit de proeven is gevonden: $N = 1,8$ en $W_n = 952$

$$\text{dan wordt: } V_f = \frac{(30.10^{-3}. 1)}{25.10^{-2} \cdot 952} \cdot 0,56 = 6,82.10^{-3} \text{ m/s}$$

lineair teruggerekend:

$$(h.W)_{\text{os}} = \frac{30.10^{-3}}{6,82.10^{-3}} = 4,4$$

totale weerstand:

$$(hW)_{\text{totaal}} = 4,4 + 4,65 = 9,05.$$

$$\text{dan wordt: } V_f = \frac{30.10^{-3}}{9,05} = 3,3.10^{-3} \text{ m/s}$$

De bij laminaire stromingen behorende doorlatendheidscoëfficiënte van d'Arcy (k) zou bedragen:

$$k = \frac{1}{W} = \frac{h}{hW} = 2,8.10^{-2} \text{ m/s.}$$

BIJLAGE 11.

Bekledingstypen en resultaten van onderzoek naar belastingen door schepen lit (13)

1. Een 60 cm dikke laag breuksteen (20-25 cm) met een speciale, door de producent niet vrijgegeven, gietmortel op bitumenbasis, die de bovenste een à twee lagen steen vastlegde. Al voor het vullen van het kanaal ontstonden in de laag zodanig grote scheuren dat van een samenhangende bekleding niet meer kon worden besproken.
De constructie bezweek reeds bij proef A. Over een oppervlak van drie m² werden de breuksteen en de daaronder liggende grindlaag volledig weggeblazen.
2. Een 60 cm dikke laag breuksteen (20-25 cm) met een oppervlakte penetratie van asfaltmastiek is onderworpen aan proeven A en B. Merkbare schade is niet geconstateerd.
3. Gabions van straaldraadgaas met afmetingen 2x3x0,23 m gevuld met kalksteenslag 100-120 mm. De korven zijn vast met elkaar verbonden.
Tijdens proef A werden in zes van de door de schroefstraal getroffen korven de stenen in sterke mate verplaatst. De voegen tussen de korven openden zich tot 20 cm en meer. Een korf werd opengereten en de helft der stenen eruitgeslingerd. Verdere proeven zijn niet ondernomen.
4. Een 18 cm dikke laag open steenasfalt (met kalksteen 30/50 mm) op een laag van 12 cm gebitumineerd zand.
Zowel proefomstandigheden A, B en C werden zonder merkbare schade doorstaan. Vervolgens werd een aanvaringsproef uitgevoerd (D).
Bij een eerste poging voer de duweenheid met een snelheid van 0,3-0,4 m/s onder een hoek van 1:6 tussen scheepsas en oeverlijn in op de bekleding. De duwbak liep op het talud en gleed er langzaam weer af.
Bij de tweede poging bedroeg de snelheid 0,7 m/s en de hoek 1:3,5. Ook hier kwam de bak uit het water en gleed weer langzaam terug.
Bij de derde poging schoof de bak met een snelheid van 1-1,2 m/s onder een hoek van 1:2,5 ca. 90 cm uit het water op de bekleding en bleef daar vastzitten. Na enkele minuten trok hij zich weer vlot.
Slechts na de derde poging kon enige schade in de vorm van een 12-15 m lange, 4 m brede en 1-2 cm diepe schram worden geconstateerd. Een scheur is niet ontdekt.
5. Een bekleding van zeshoekige betonzuilen, dikte 18 cm, op een 5 cm dik laagje grind. In de zone boven water zijn, ter beperking van de golfoploop, op regelmatige afstand 23 cm dikke zuilen toegepast.
Zowel proef A als B werden zonder merkbare schade doorstaan.
6. Een bekleding van betonblokken (50x50x15 cm) op een 5 cm dik laagje grind. Boven water zijn speciaal gevormde blokken toegepast om de golfoploop te beperken. Ook hier is na de proeven A en B geen merkbare schade geconstateerd.

7. Een bekleding van grote betonplaten (2x1x0,18 m) waarin met grind gevulde uitsparingen (Ø 9 cm) zijn aangebracht ter bevordering van de waterdoorlatendheid. Tijdens proef A werden de voegen tussen de platen zo sterk uitgespoeld dat deze verzakten. Verdere proeven zijn niet ondernomen.

BIJLAGE 12.

Samenstelling van de open steenasfalt toegepast langs de IJssel

Gewenste samenstelling (1968):

open steenasfalt:	kalksteen 40/60 mm	80 % (m/m)
	mastiek	20 % (m/m)
mastiek	bitumen 80/100	20 % (m/m)
	vulstof (zwak)	20 % (m/m)
	zand A	60 % (m/m)

Samenstelling en bitumeneigenschappen uit terugwinningsonderzoek (1974)

Teruggewonnen bitumen.

	<u>monster bovenin het talud</u>	<u>monster onderin het talud</u>
1. Verwekingspunt (°C)	62	61
2. Penetratie (0,1 mm)	27	29
3. Penetratie Index	0,0	0,0

Oorspronkelijke bitumen 80/100: Verwekingspunt: 46-52°C
 volgens Eisen 67 Penetratie : 80-100 (0,1 mm)
 P.I. :-1,2/+ 1,2

Samenstelling.

	<u>boven</u>	<u>onder</u>
1. steen:mortel	90:10	90:10
2. mortel:zand (2,4-0,075)	40,0	50,1
vulstof (< 0,075)	37,6	29,5
bitumen	22,4	20,4
	100	100
3. zand : 2,4 - 0,42	26,4	26,7
driehoek 0,42 - 0,175	51,4	54,7
0,175 - 0,075	22,	18,6
	100	100
4. steen: 46-64	77,3	54,4
32-46	13,8	32,4
27-2,4	8,9	13,2
	100	100

BIJLAGE 13.

Samenstelling van open steenasfalt met grind en met kalksteen
zoals toegepast op de splitsingsdam bij Hoek van Holland

A. Open steenasfalt met grind

Werk Plaats	Splitsing Hoek van Holland in tijzone boven tijzone	
Helling	1:3	
Laagdikte (m)	0,60	
Aanleg	1970	
Monstername	1974	
Ontwerpmengsel:		
grind 30/140 mortel	85-14 en 85-15	
mortel: zand A	57,4	
zeer zwakke vulstof	19,0	
asfaltbitumen	20,0	(80/100)
dope-flux	3,5	
Resultaten:		
Mengselsamenstelling % (m/m)		
steen-mortel	81,1-18,9	81,2-18,8
mortel: 2 mm - 63 µm	70,4	69,2
door zeef 63 µm	15,3	15,4
asfaltbitumen	14,3	15,4
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
Zandpunt % (m/m)		
2 mm - 500 µm	7,6	10,9
500 µm - 180 µm	66,7	62,5
180 µm - 63 µm	25,7	26,6
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
dichtheid proefstuk (g/cm ³)	1,790	1,893
holle ruimte	28,8	25,0
Eigenschappen bitumen		
penetratie (0,1 mm)	12	40
verwerkingspunt (°C)	81	55
P.I.	+1,4	-0,6
Visuele beoordeling		
samenhang	goed	goed
omhulling	goed	goed
waterdoorlatendheid	goed	matig

B. Open steenasfalt met kalksteen

Werk Plaats	Splitsing Hoek van Holland in tijzone boven tijzone	
Helling	1:3	
Laagdikte (m)	0,60	
Aanleg	1971	
Monstername	1974	
Ontwerpmengsel:		
kalksteen/mortel	85- 15	(40/120)
mortel: zand A	57,4	
zeer zwakke vulstof	19,0	
asfaltbitumen 80/100	20,0	
dope-flux	3,5	
Resultaten:		
Mengselsamenstelling % (m/m)		
steen-mortel	78,0-22,0	68,7-31,3
mortel: 2 mm - 63 µm	70,0	73,1
door zeef 63 µm	14,1	12,8
asfaltbitumen	15,9	14,1
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
Zandpunt % (m/m)		
2 mm - 500 µm	8,9	13,1
500 µm - 180 µm	61,7	63,9
180 µm - 63 µm	29,4	23,0
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>
dichtheid proefstuk (g/cm ³)	1,680	1,938
holle ruimte	33,3	22,7
Eigenschappen bitumen		
penetratie (0,1 mm)	31	67
verwerkingspunt (°C)	60	51
P.I.	0,0	-0,3
Visuele beoordeling		
samenhang	goed	goed
omhulling	goed	goed
waterdoorlatendheid	goed	matig

BIJLAGE 14.

Samenstelling van de open steenasfalt in de taluds van bouwput Schaar

Oorspronkelijke samenstelling

In 1975 zijn in de Oosterschelde 2 bouwputten aangelegd, bedoeld voor het vervaardigen van caissons, een en ander volgens 0.0. DED-1452/7.

De buitentaluds van de ringdijken zijn voor het gedeelte in de tijzone beschermd door het aanbrengen van een laag open steenasfalt op een filter van zandasfalt (talud) of op een filter van polypropeendoek (slab) (Zie fig 1).

de eisen welke aan het mengsel gesteld werden zijn:

kalksteen 20/40	:	81% (m/m)
mortel	:	<u>19%</u>
mortel: zand (2 mm- 63 μ m)	:	64,0% (m/m)
vulstof (<63 μ m)	:	17,0% "
bitumen 80/100	:	<u>19,0%</u> "
		100,0%

Tevens zijn tijdens de opleveringscontrole van 2 monsters de eigenschappen van de bitumen onderzocht (nrs. 3-10 en 6-11). Monster 3-10 is het normale mengsel van kalksteen 20/40, terwijl monster 6-11 uit een gedeelte was genomen, waar Nederlandse steenslag met dope F4HB is toegepast.

Hier blijkt dat het bindmiddel na aanbrengen van het asfalt niet noemenswaardig is verouderd. Tevens blijkt er geen verschil te zijn tussen het teruggewonnen bindmiddel met en zonder dope- toevoeging.

Samenstelling na terugwinningsonderzoek

In januari 1978 is tijdens een hevige storm een gat geslagen in het talud van de noordelijke ringdijk van de Bouwput Schaar. Om de oorzaak hiervan te onderzoeken zijn om het gat heen boorkernen genomen, zowel van de bovenzijde van het talud (A-1 en B-1), als van de onderzijde van het talud (A-2 en B-2) en van de slab (A-3 en B-3). Tevens zijn ter plaatse van het gat een kern geboord en losse stukken verzameld. Ter vergelijking hiermee zijn kernen geboord uit een niet beschadigd gedeelte bij hectometer 8 (kernen C-1, C-2 en C-3). Ter plaatse van kern C-1 is Nederlandse steenslag in het asfalmengsel toegepast.

De monsters zijn op 24 januari 1978 ontvangen. De monsters zijn onderzocht op samenstelling en eigenschappen van de teruggewonnen bitumen. De resultaten zijn vermeld in de tabel.

Monsternummer Plaats	A-1 Bovenkant talud	B-1 Bovenkant talud	01-10* Bovenkant talud	C-1 Bovenkant talud	21-10* Bovenkant talud	21-10* Bovenkant talud	C-2 Talud	C-3 Berm	4-9* ?	eis
Verwerkt d.d.	01-10-1975			21-10-1975			04-09-1975			
Onderzocht d.d.	1978			1978	1975		1978			1975
Analyse:				Nederlandse steenslag						
% steen	81,6	79,3	85,7	80,3	88,8	77,7	86,5	86,5	82,4	81
% mortel	18,4	20,7	14,3	19,7	11,2	22,3	13,5	13,5	17,0	19
Mortel:										
zand (2 mm-63µm)		65,1	57,3	64,9	62,6	68,8		57,3	59,9	64,0
vulstof ($<63\mu\text{m}$)		17,6	24,6	17,5	19,3	15,1		24,4	20,3	17,0
bitumen		17,3	18,1	17,6	18,1	16,1		18,3	19,8	19,0
Teruggewonnen bitumen:										
Penetratie	40	44		40			18	59		80-100
Verwerkingspunt	53	52		54			64	54		46-52
P.I.	-1,0	-1,0		-0,9			-0,4	+0,1		-1,2+1
Monsternummer	A-2	A-3	31-7*	Cilinder uit gat	Losse stukken uit gat	B-2	B-3	4-8*	3-10	6-11
Plaats	Talud	Berm	?			Talud	Berm	?	?	?
Verwerkt d.d.	31-07-1975			31-07-1985			04-08-1975			1975
Onderzocht d.d.	1978			1978			1978			1975
Analyse:										Ned. steensl
% steen	86,0	78,7	77,3	80,0	72,0	76,4	79,8	80,5	84,4	79,2
% mortel	14,0	21,3	22,7	20,0	28,0	23,6	20,2	19,5	15,6	20,8
Mortel:										
Zand (2 mm-63µm)	66,6	64,4	65,2	63,8	61,7	63,9	56,4	65,4	65,9	62,7
Vulstof ($<63\mu\text{m}$)	18,6	18,3	17,7	20,8	20,6	20,1	25,6	17,3	16,1	18,4
Bitumen	14,8	17,3	17,1	15,4	17,7	16,0	18,0	17,3	18,0	18,9
Teruggewonnen bitumen:										
Penetratie	32	56		53	56	48	53		68	66
Verwekingspunt	57	49		51	49	52	51,5		49	49
P.I.	-0,6	-1,3		-0,9	-1,2	-0,9	-0,8		-0,8	-0,9

Opm.: De met * gemerkte monsters zijn afkomstig van de opleveringscontrole

BIJLAGE 15

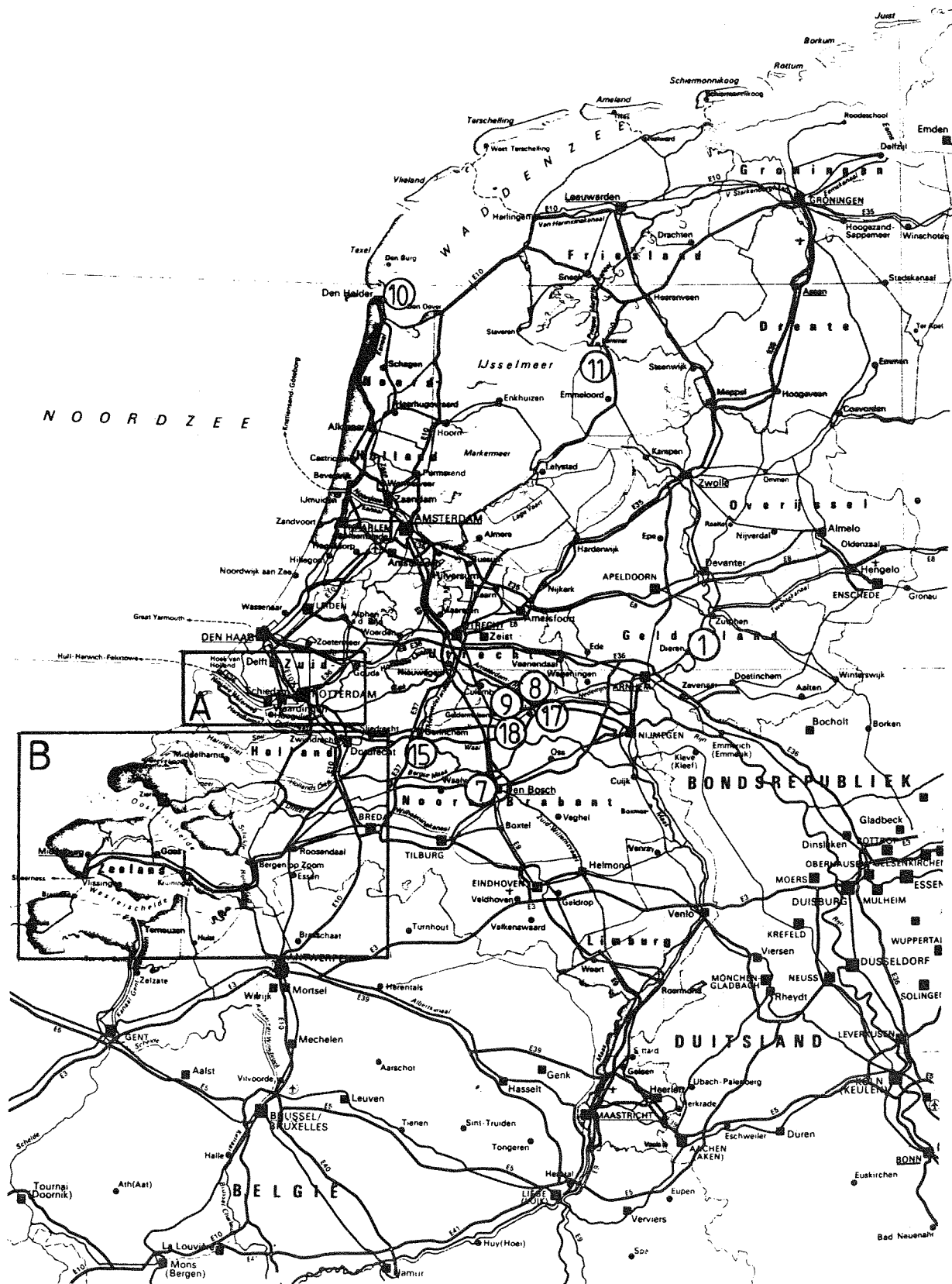
Overzicht van met open steenasfalt uitgevoerd werken

bestaande uit:

bijlage 15.1 t/m 15.3 Overzicht van met open steenasfalt
uitgevoerde werken

bijlage 15.4 t/m 15.31 28 verschillende lokaties met
technische beschrijvingen
(dwarsprofielen)

(tek.nrs. bijlage 15.1 t/m 15.31 A4/86.060 t/m 86.090)

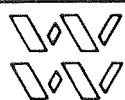


A+B ZIE DETAIL-KAARTEN

overzicht toepassingen van open
steenafslat in Nederland

bijlage 15.1

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

96
05
02

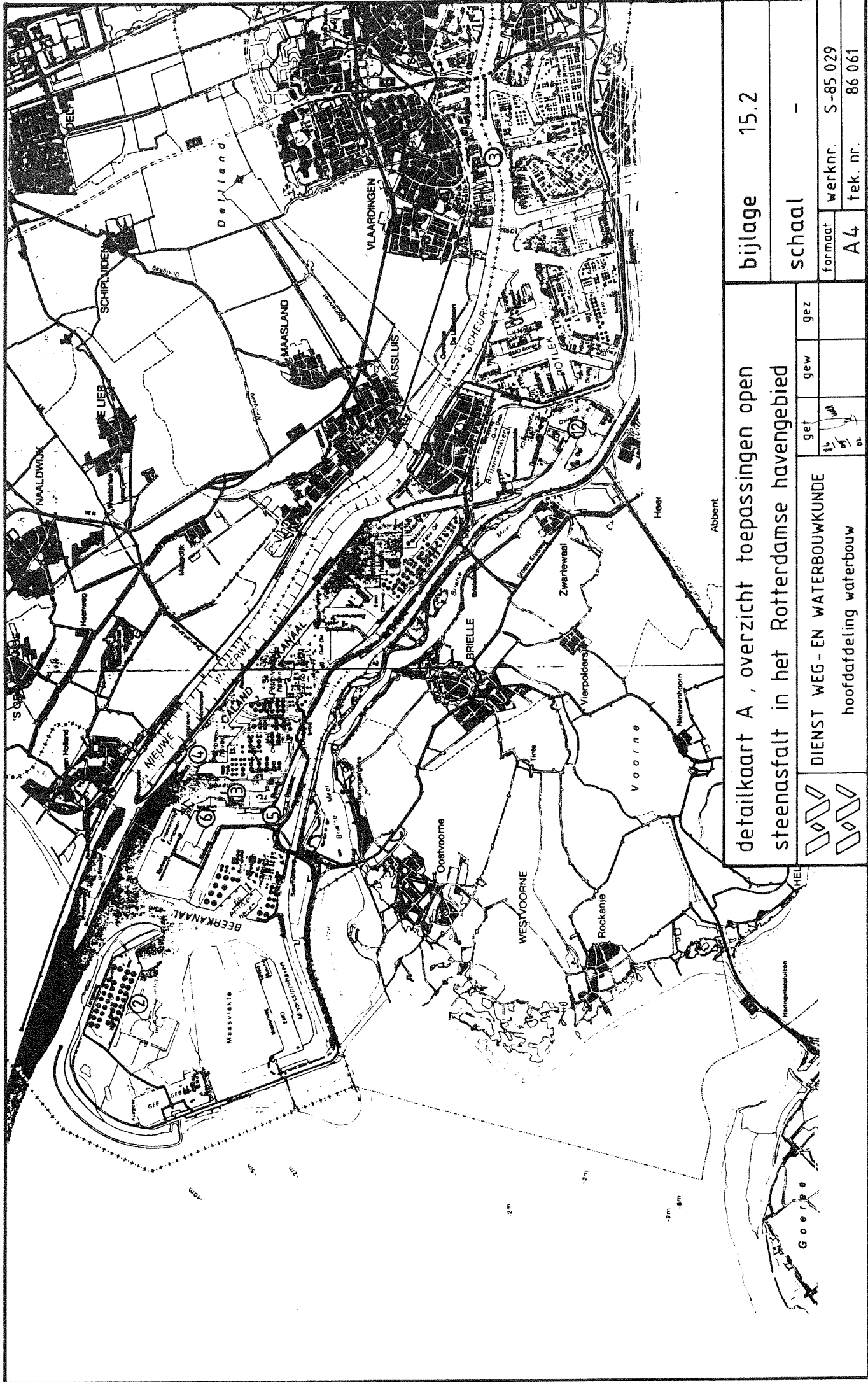
Hand

formaat

A4

werknr. S-85.029

tek. nr. 86.060



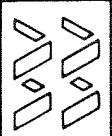
detailkaart A , overzicht toepassingen open
steenafsluit in het Rotterdamse havengebied

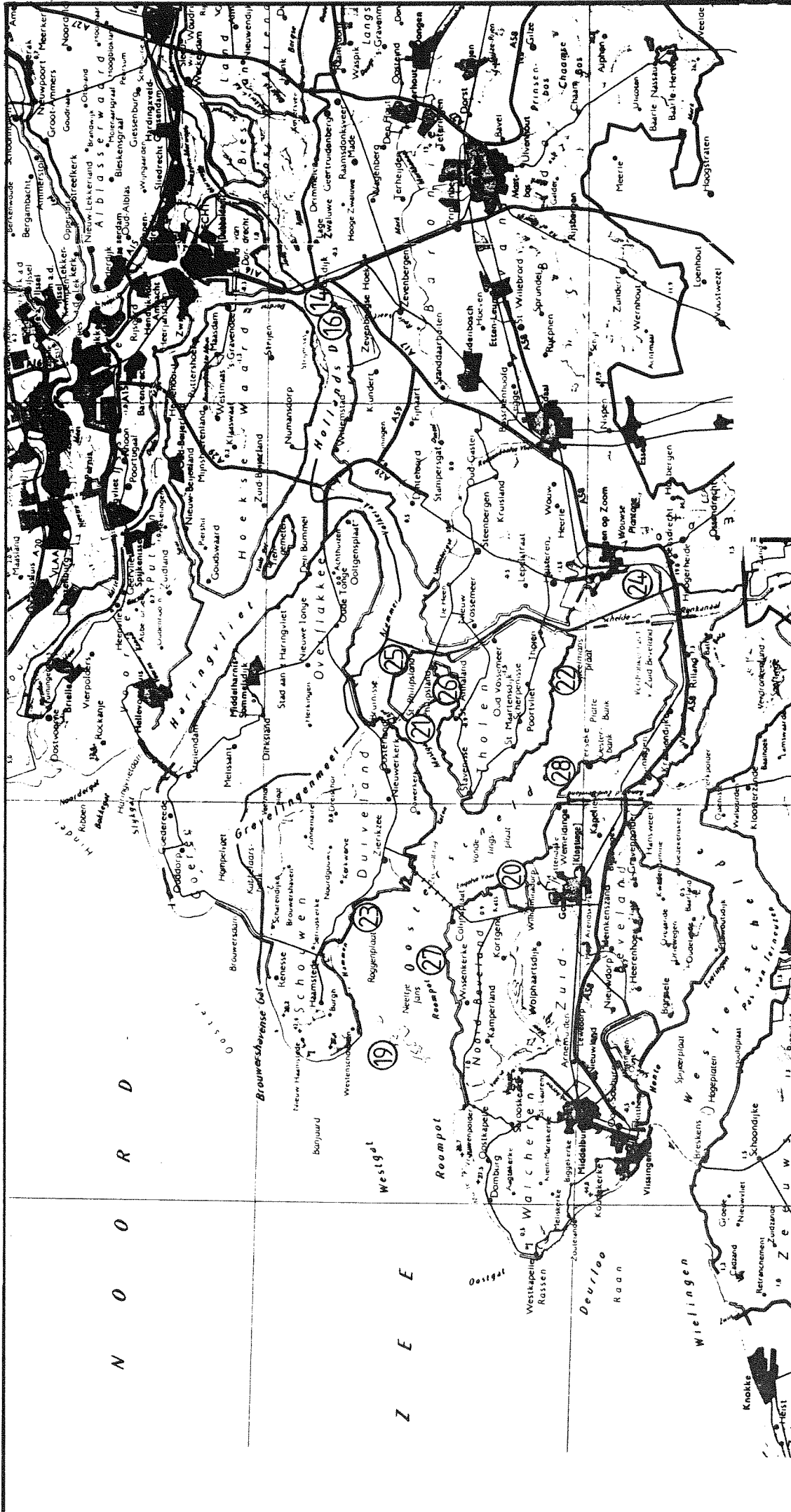
bijlage 15.2

schaal -

formaat	A4	werknr.	S-85.029
		tek. nr.	86.061

DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE		get	gew	gez
hoofdafdeling waterbouw				



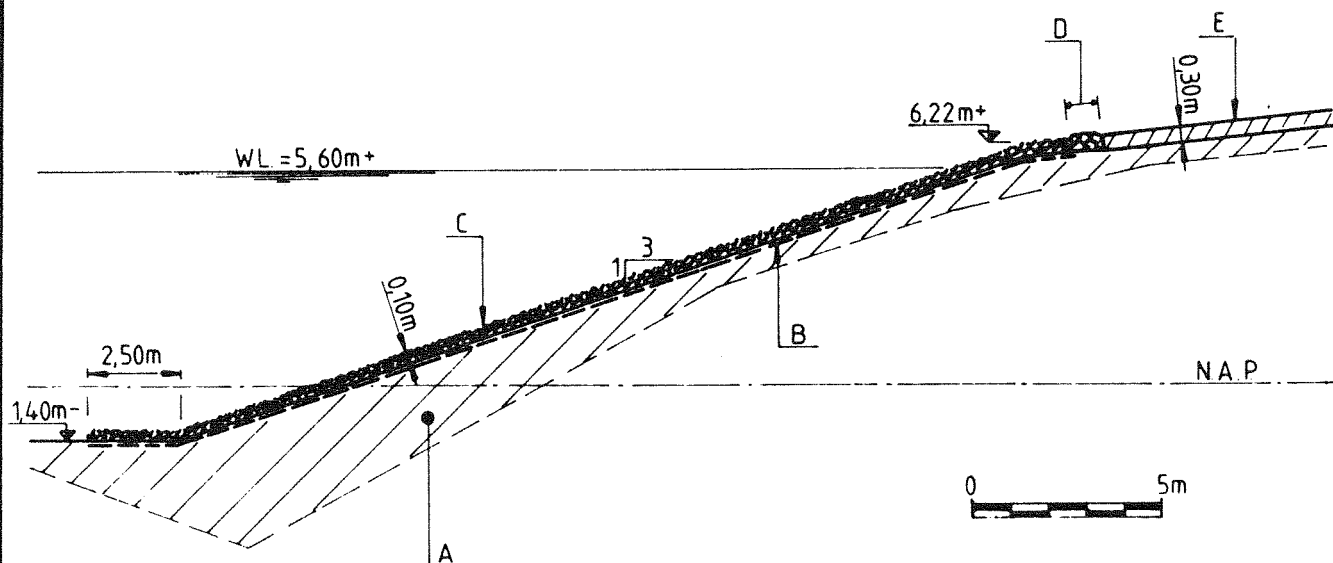


detailkaart B, overzicht toepassingen open steenasfalt in zuidwestelijk Nederland		bijlage 15.3	
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE		schaal -	
hoofdafdeling waterbouw		formaat A 4	
		werknr. S-85.029	
		tek. nr. 86.062	

Opdrachtgever : R.W.S. Directie Bovenrivieren

Uitgevoerd : 1968

Scheepvaart tot klasse IV



A : Aanvulling

B : Filterdoek

C : Fixtonemat

D : Puin gepenetreerd met Gietasfalt

E : Puin met Klei

lokatie 1 , oeververdediging IJssel nabij
kmr. 920.430

bijlage 15.4

schaal -



DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

10/05/68

formaat

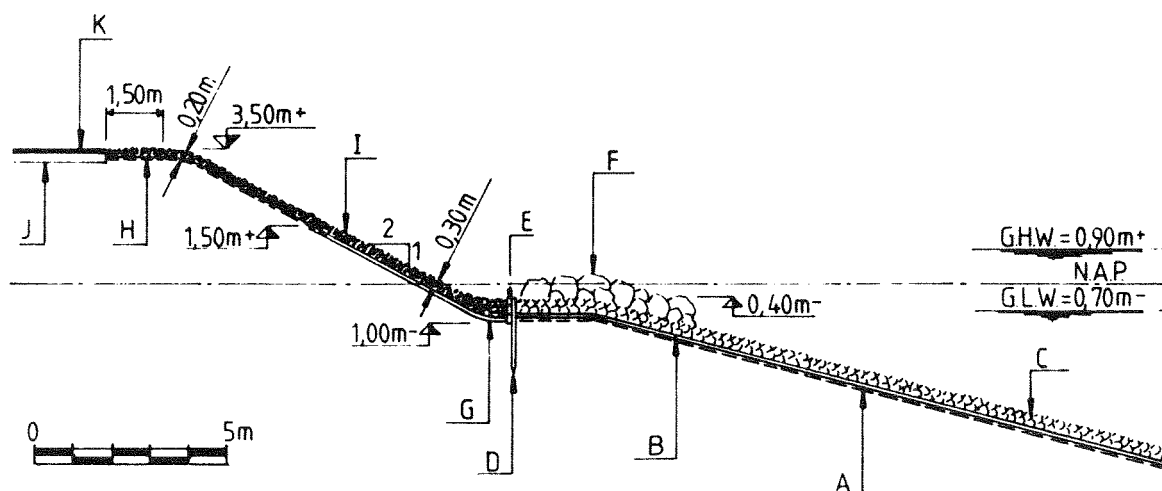
A4

werknr. S-85.029

tek. nr. 86.063

Opdrachtgever : Gemeentewerken Rotterdam

Uitgevoerd : 1975



A : Rietmat met onderlaag van Polypropeen Bandweefsel

B : Roosterwerk van Rijshouten Wiepen

C : Stortsteen 10/80kg

D : Perkoenpalen

E : Azobé vlechtwerk

F : Stortsteen 300-1000kg

G : Zandasfalt

H : Polypropeen Bandweefsel voorzien van Rietlaag

I : Fixtone

J : Grindasfaltbeton

K : Grofdicht asfaltbeton

lokatie 2, Maasvlakte, oeververdediging t.p.v.
8e petroleumhaven

bijlage 15.5

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

formaat

A4

werknr. S-85.029

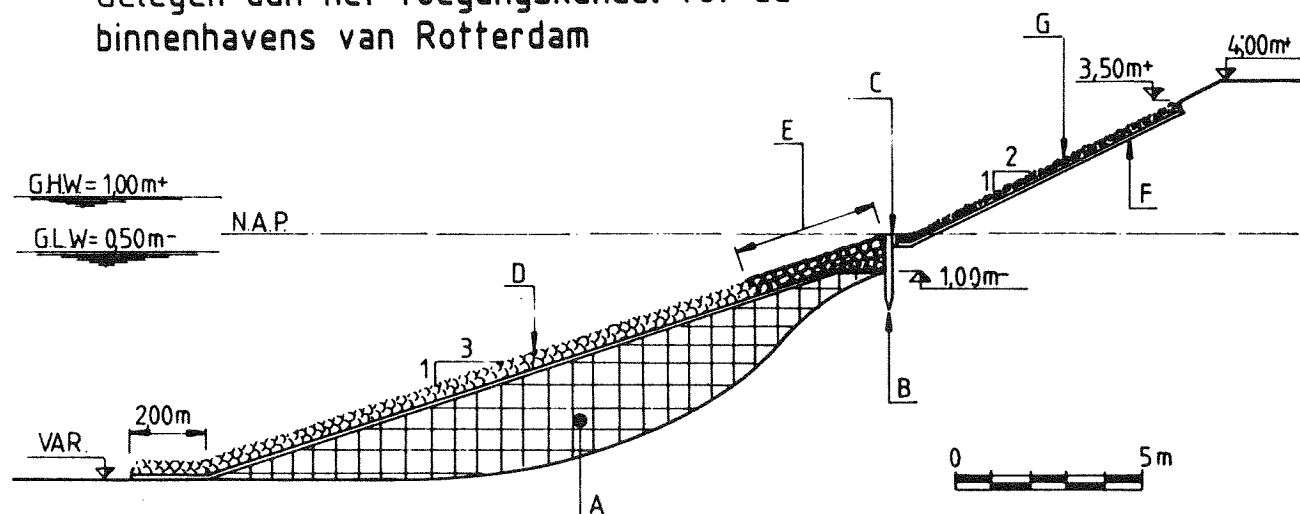
tek. nr. 86.064

Opdrachtgever: Unilever

Uitgevoerd : 1975

Oppervlakte: 3000 m²

Gelegen aan het toegangskanaal tot de
binnenhavens van Rotterdam



A : Mijnsteen

B : Perkoenrij

C : Azobé vlechtwerk

D : Kraagstuk met 500kg/m² bestorting

E : Vastgelegd met Gietasfalt

F : Zandasfalt

G : Fixtone

lokatie 3, Vlaardingen, oeververdediging

Nieuwe Maas

bijlage 15.6

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

86
05
02

formaat

A4

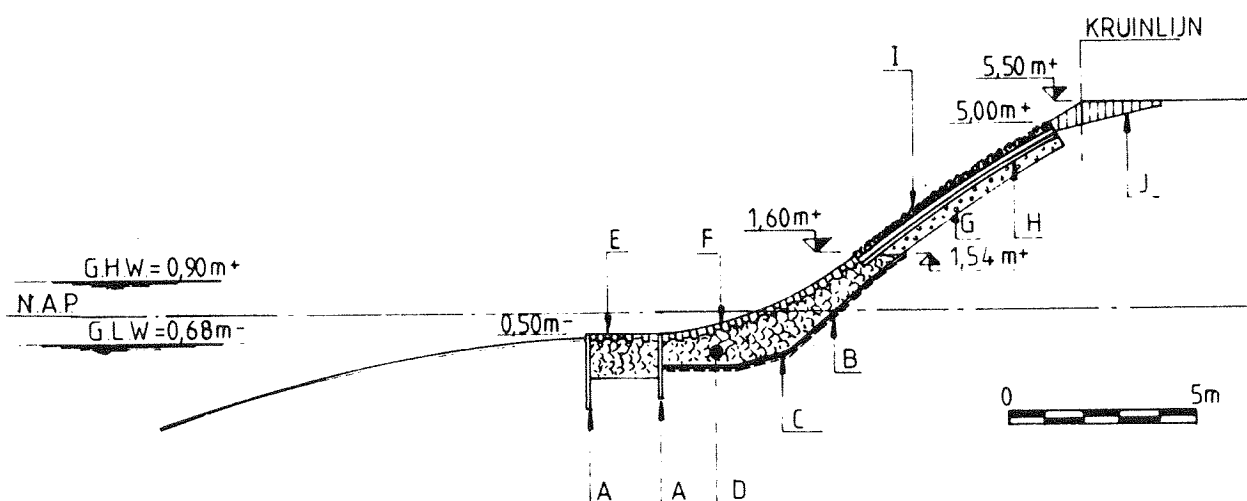
werknr. S-85.029

tek. nr. 86.065

Opdrachtgever: Gemeentewerken Rotterdam

Uitgevoerd : 1976

Zeehaven



A : Perkoenpalen

B : Polypropeen Bandweefsel

C : Rietmat

D : Drainage van Grauwacke en Metselpuin

E : Graniet Zetsteen

F : Basalt

G : Zand

H : Polypropeen Bandweefsel cq. Zandasfalt

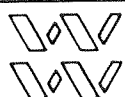
I : Fixtone

J : Klei

lokatie 4, Europoort, oeververdediging
Calandkanaal

bijlage 15.7

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez



formaat

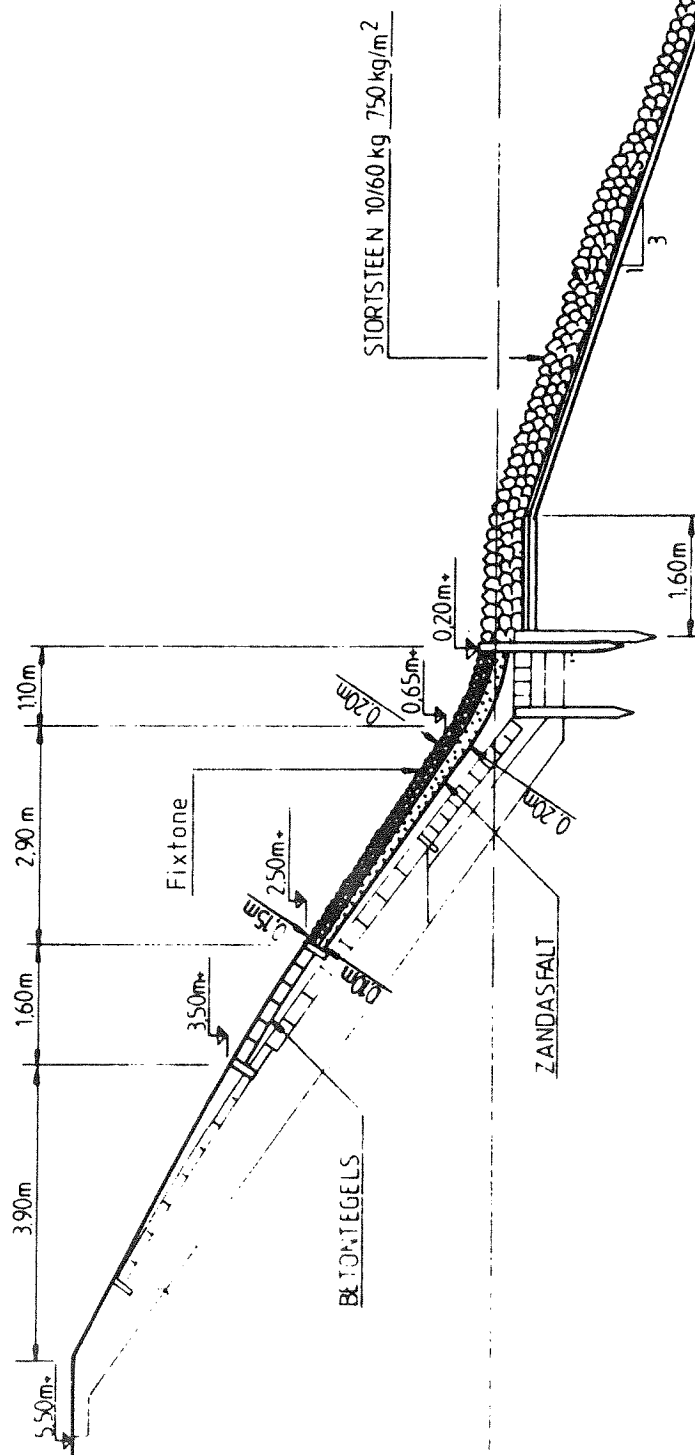
A4

werknr. S-85.029

tek. nr. 86.066

Opdrachtgever: Gemeente Rotterdam Oppervlakte: 28000 m²

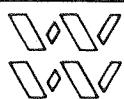
Uitgevoerd : 1981



lokatie 5, oeververdediging Hartelkanaal
Rotterdam

bijlage 15.8

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get
0.0018

gew

gez

formaat
A 4

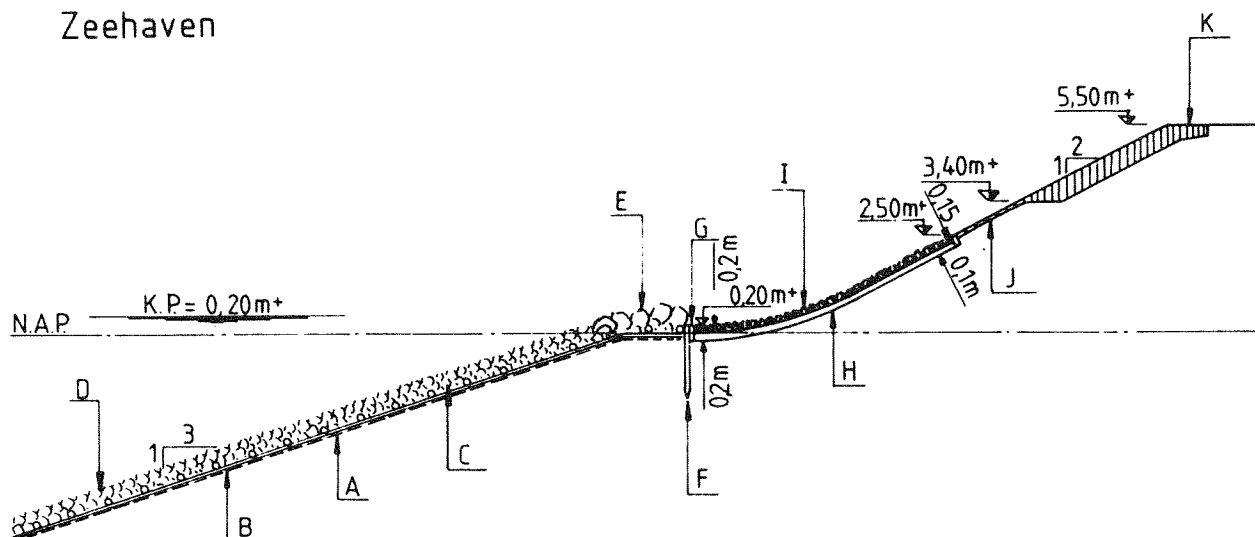
werknr. S-85.029
tek. nr. 86.067

Opdrachtgever: Gemeentewerken Rotterdam

Uitgevoerd : 1976

Oppervlakte: 13700 m²

Zeehaven



A : Rietmat met onderlaag van Polypropeen bandweefsel

B : Roosterwerk van Rijshouten wiepen

C : Stortsteen 10/80 kg , 200kg/m²

D : Stortsteen 10/80 kg , 600kg/m²

E : Stortsteen 80/200 kg

F : Perkoenpalen

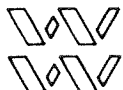
G : Steunrib

H : Zandafalt

I : Fixtone

J : Betonnen tegels

K : Klei

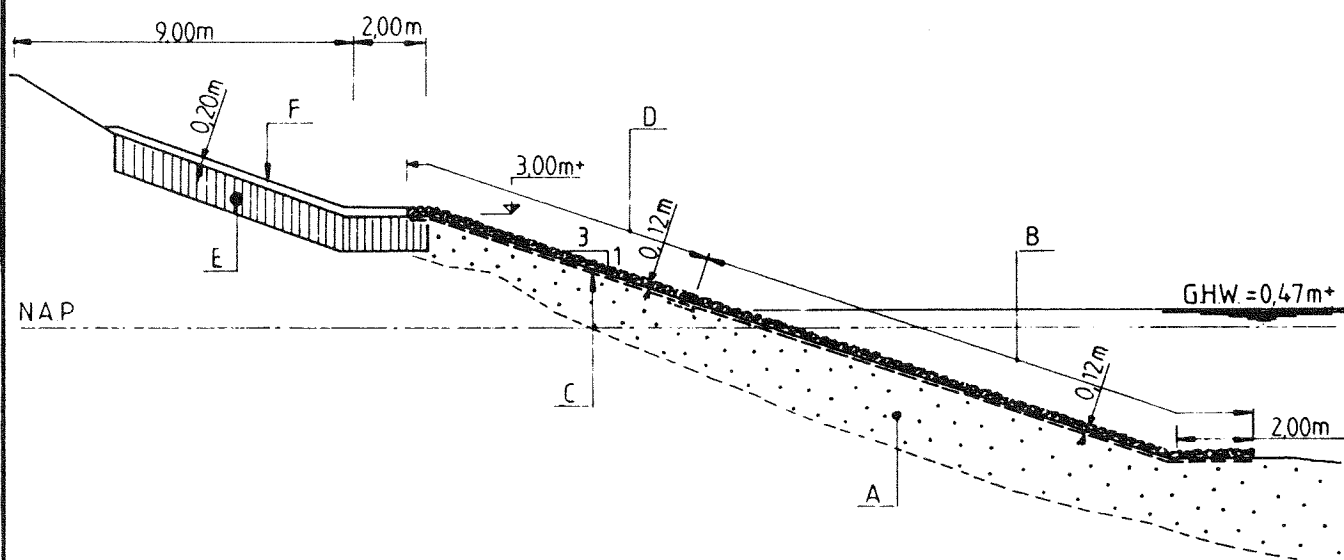
lokatie 6, Europoort, oeververdediging					bijlage 15.9	
Dintelhaven					schaal -	
	DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE hoofdafdeling waterbouw	get	gew	gez	formaat	werknr. S-85.029
		86 05 02			A 4	tek. nr. 86.068

Opdrachtgever: Waterschap Maas-en Dieze Polders

Uitgevoerd : 1976

Oppervlakte: 5.600 m²

Scheepvaart tot klasse V

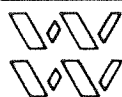


- A : Aanvulling
- B : Fixtonemat
- C : Polypropeen doek
- D : Fixtone in Situ
- E : Klei
- F : Teelaarde

lokatie 7, oeververdediging Maasdijk te
Bokhoven

bijlage 15.10

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

formaat

A4

werknr. S-85.029

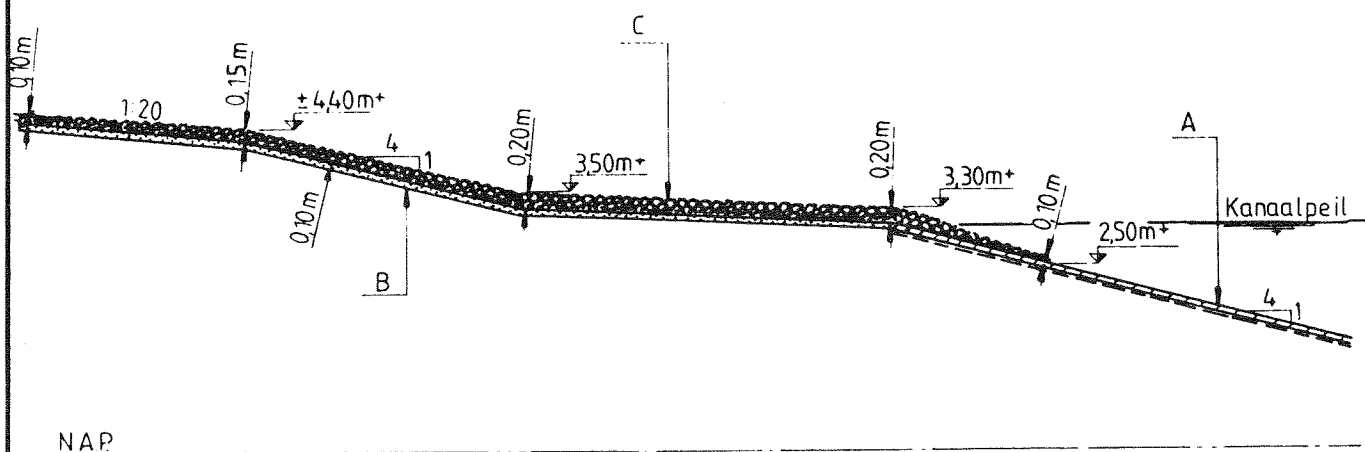
tek. nr. 86.069

Opdrachtgever : R.W.S. Utrecht

Uitgevoerd : 1976

Oppervlakte: 828 m²

Scheepvaart tot klasse V



A : Fixtonemat

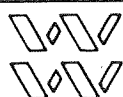
B : Zandasfalt

C : Fixtone in Situ

lokatie 8 , Amsterdam - Rijnkanaal Betuwepand

bijlage 15.11

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

86
05
01

formaat

A4

werknr. S-85.029

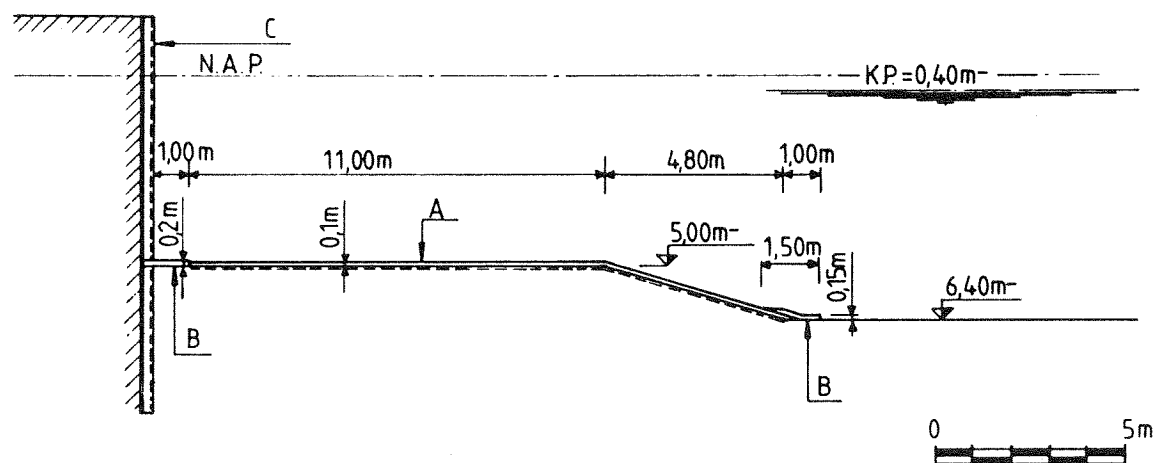
tek. nr. 86.070

Opdrachtgever: R.W.S. Utrecht

Uitgevoerd : 1977

Oppervlakte: 9000 m²

Scheepvaart tot klasse V



A : Fixtonemat

B : Mastiek

C : Stalen Damwand

lokatie 9 , Amsterdam - Rijnkanaal , bodem -
verdediging voorhaven prinses Irenesluis

bijlage 15.12

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
86 05 02		

formaat

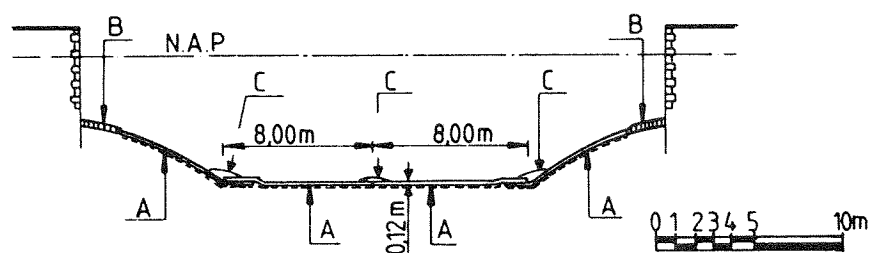
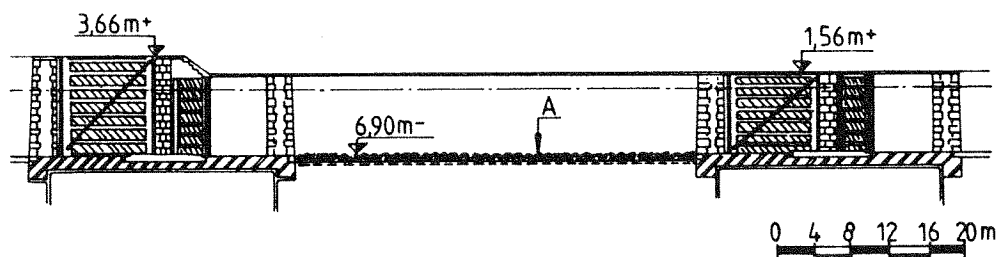
A4

werknr. S-85.029

tek. nr. 86.071

Opdrachtgever : R.W.S. Directie Noord Holland

Uitgevoerd : 1977



A : Fixtonemat

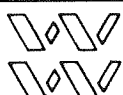
B : Stortsteen 500 kg/m² gepenetreerd met Gietasfalt 300kg/m²

C : Naad aangegoten

lokatie 10, bodemverdediging Koopvaarders-
schutsluis Den Helder

bijlage 15.13

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
86/10/77		

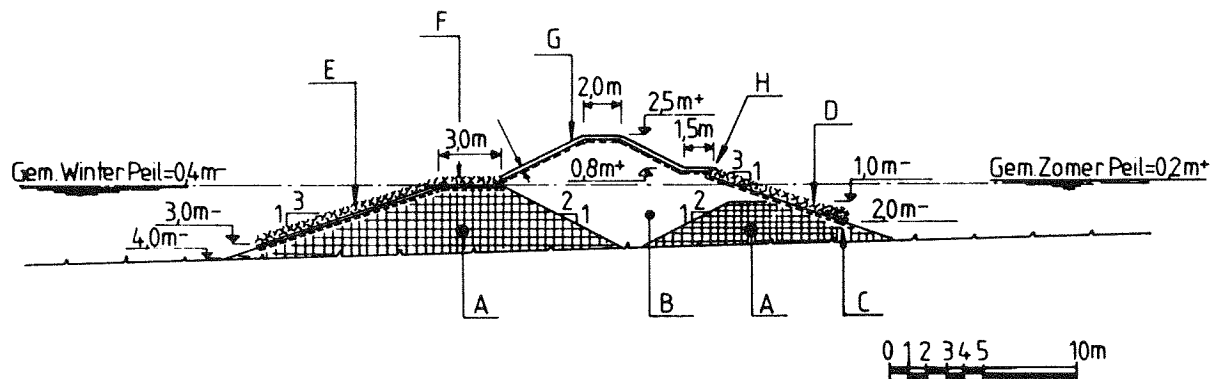
formaat
A4

werknr.	S-85.029
tek. nr.	86.072

Opdrachtgever: Grontmij

Uitgevoerd : 1978

Pleziervaart



A : Mijnsteen

B : Zand

C : Grindworst

D : Stortsteen 5/40kg op Polypropeen doek

E : Hangstuk bestaande uit Polypropeen doek met Rietmat roosterwerk van Wiepen, h.o.h. 1,00m en een bestorting Steen 10/60kg

F : Stortsteen vastgelegd volgens patroonpenetratie met 225kg/m^2 Gietasfalt

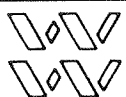
G : Fixtone

H : Aangieten met Gietasfalt

lokatie 11, havendam Lemmer

bijlage 15.14

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
86 01 02		

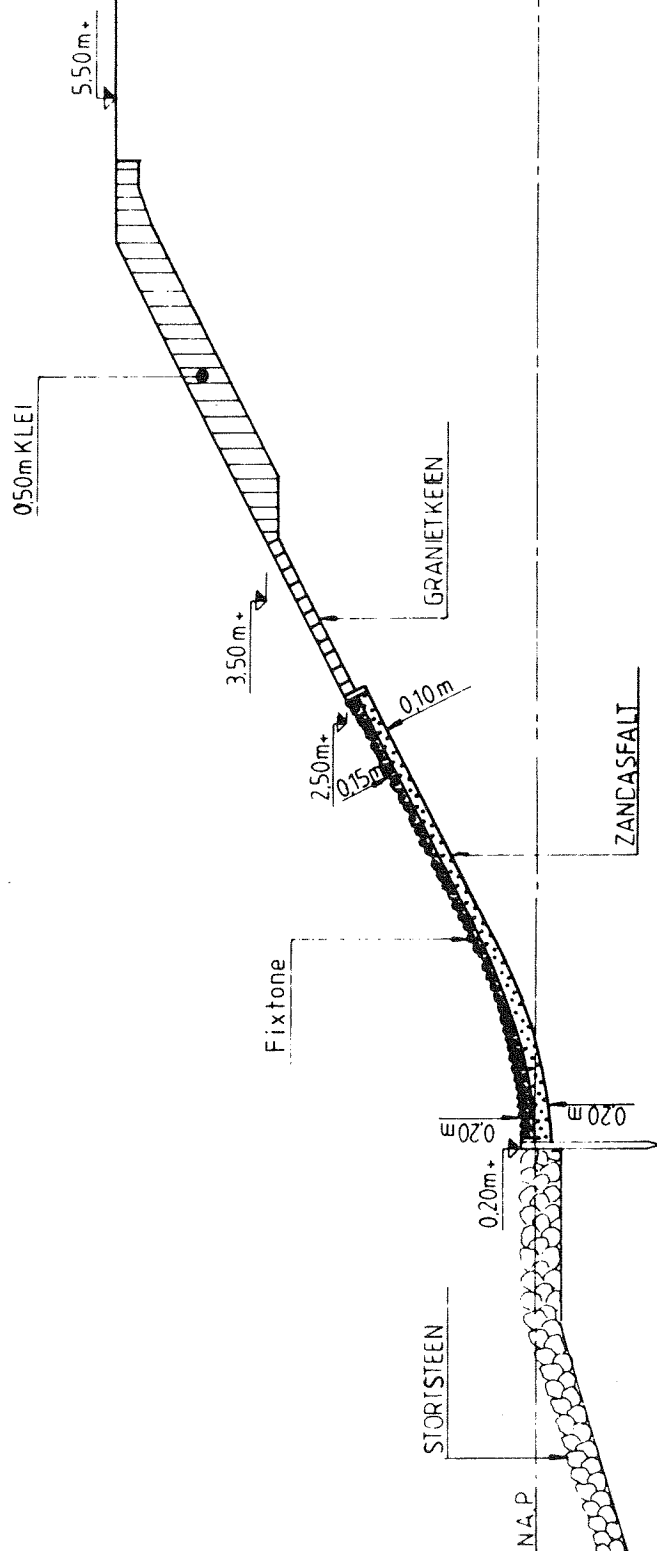
formaat	werknr.
A4	S-85.029
	tek. nr. 86.073

Opdrachtgever: Gemeente Rotterdam.

Uitgevoerd : 1980

Oppervlakte: 22000 m²

Haven voor binnenscheep-
vaart tot klasse V



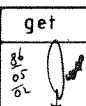
lokatie 12, oeververdediging Seinehaven
Rotterdam

bijlage 15.15

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw



get

gew

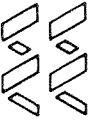
gez

formaat

A4

werknr. S-85.029

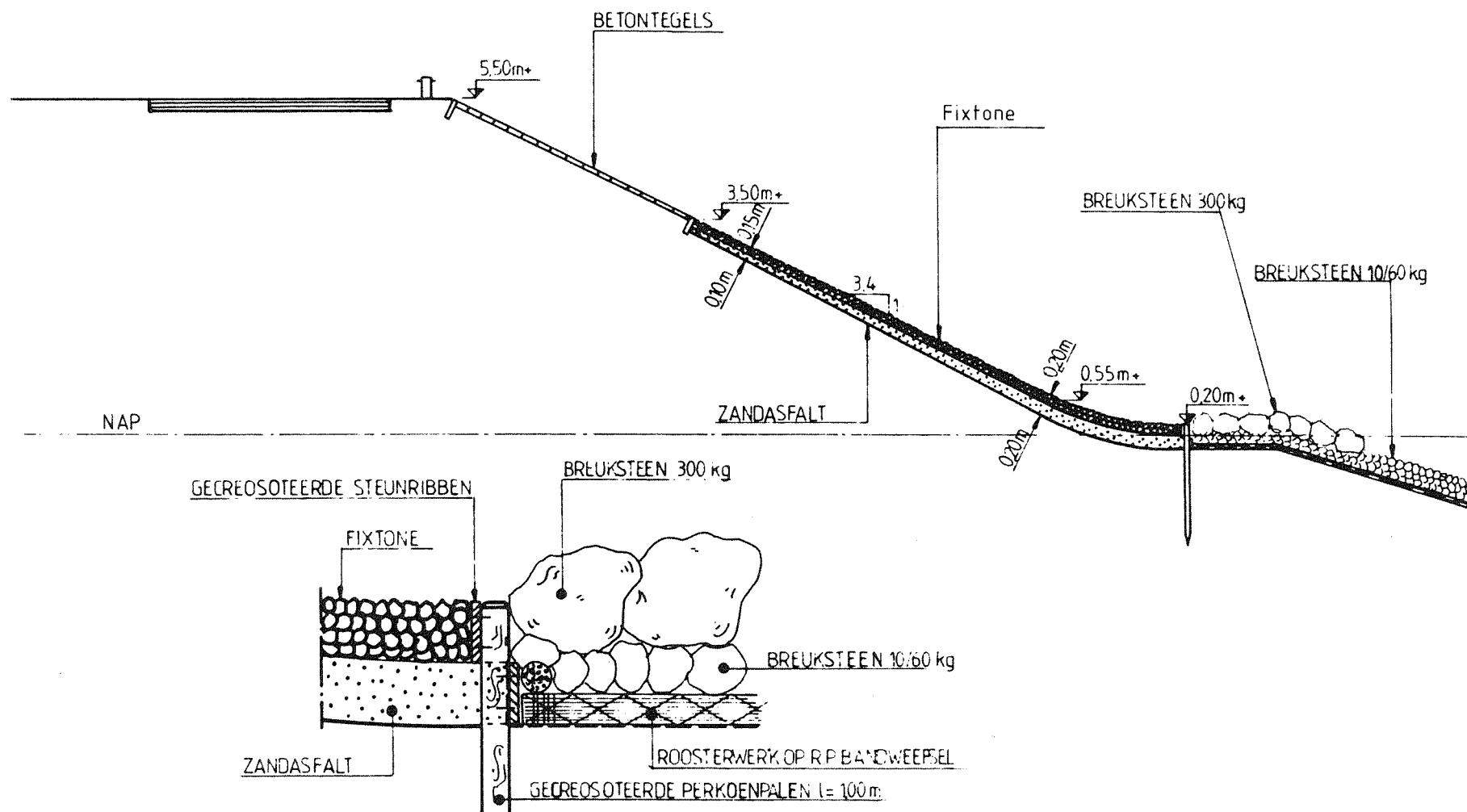
tek. nr. 86.074

			locatie 13, Beneluxhaven Rotterdam		
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE hoofdafdeling waterbouw			bijlage 15.16		
get	gew	gez	schaal -		
86/05/81			formaat A4	werknr. S-85.029	tek. nr. 86.075

Opdrachtgever : Gemeente Rotterdam

Uitgevoerd : 1980

Oppervlakte: 8000 m²

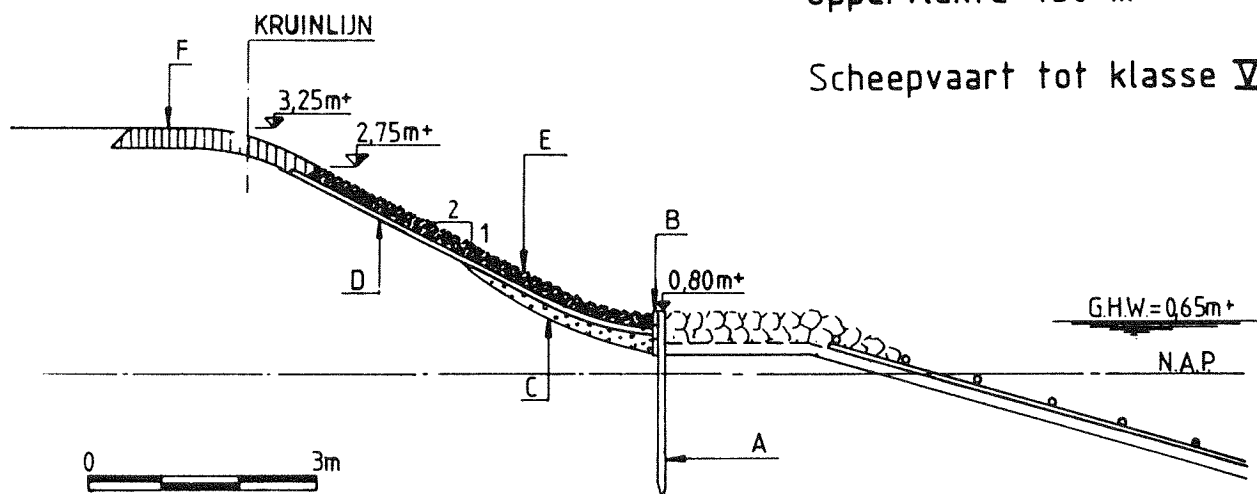


Opdrachtgever: Industrie- en Havenschap Moerdijk

Uitgevoerd : 1976

Oppervlakte: 450 m²

Scheepvaart tot klasse V



A : Perkoenpalen

B : Azobé vlecht werk

C : Grind

D : Zandasfalt

E : Fixtone

F : Kleibekleding

lokatie 14, oeververdediging insteekhaven
industrieterrein Moerdijk

bijlage 15.17

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
86 05 02		

formaat

A4

werknr. S-85.029

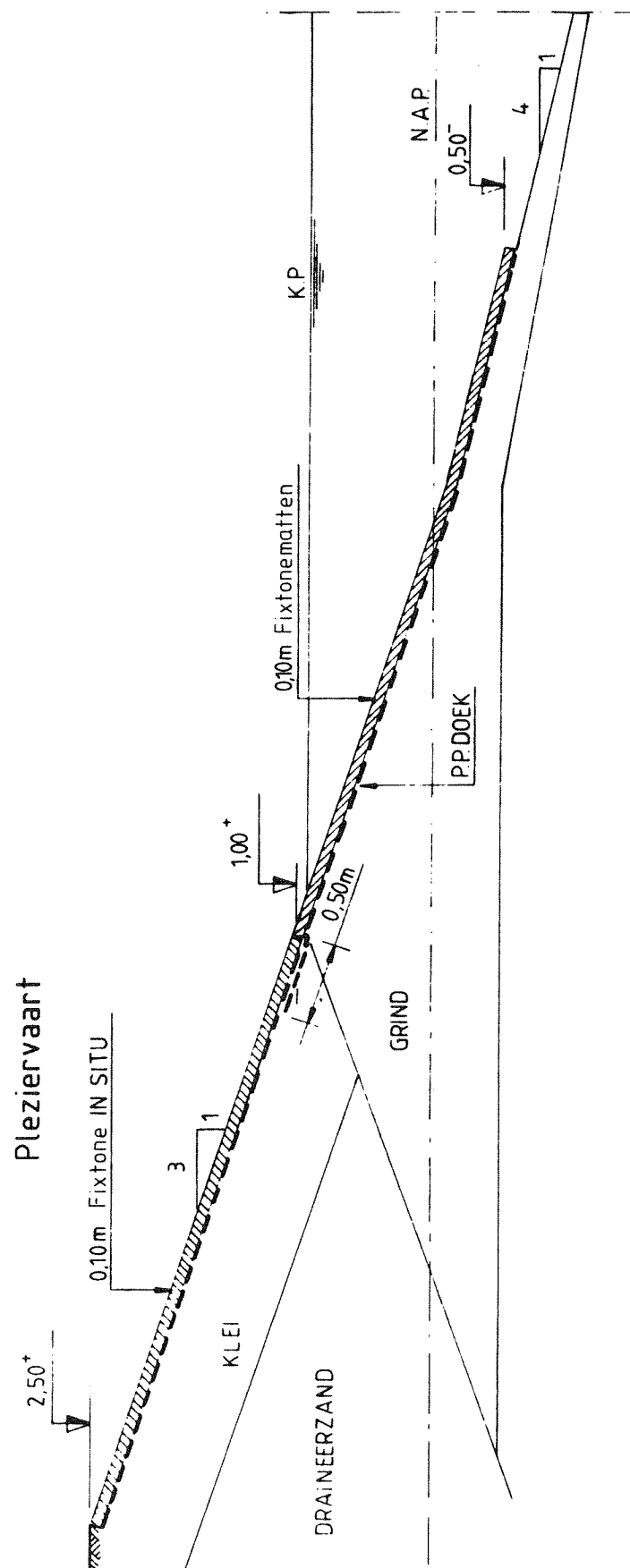
tek. nr. 86.076

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Groot Alblasserwaard

Uitgevoerd : 1982

Oppervlakte: 7500 m²

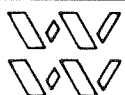
Pleziervaart



lokatie 15, reconstructie Wolpherense dijk ,
Kanaal van Steenenhoek, Gorinchem

bijlage 15.18

schaal -

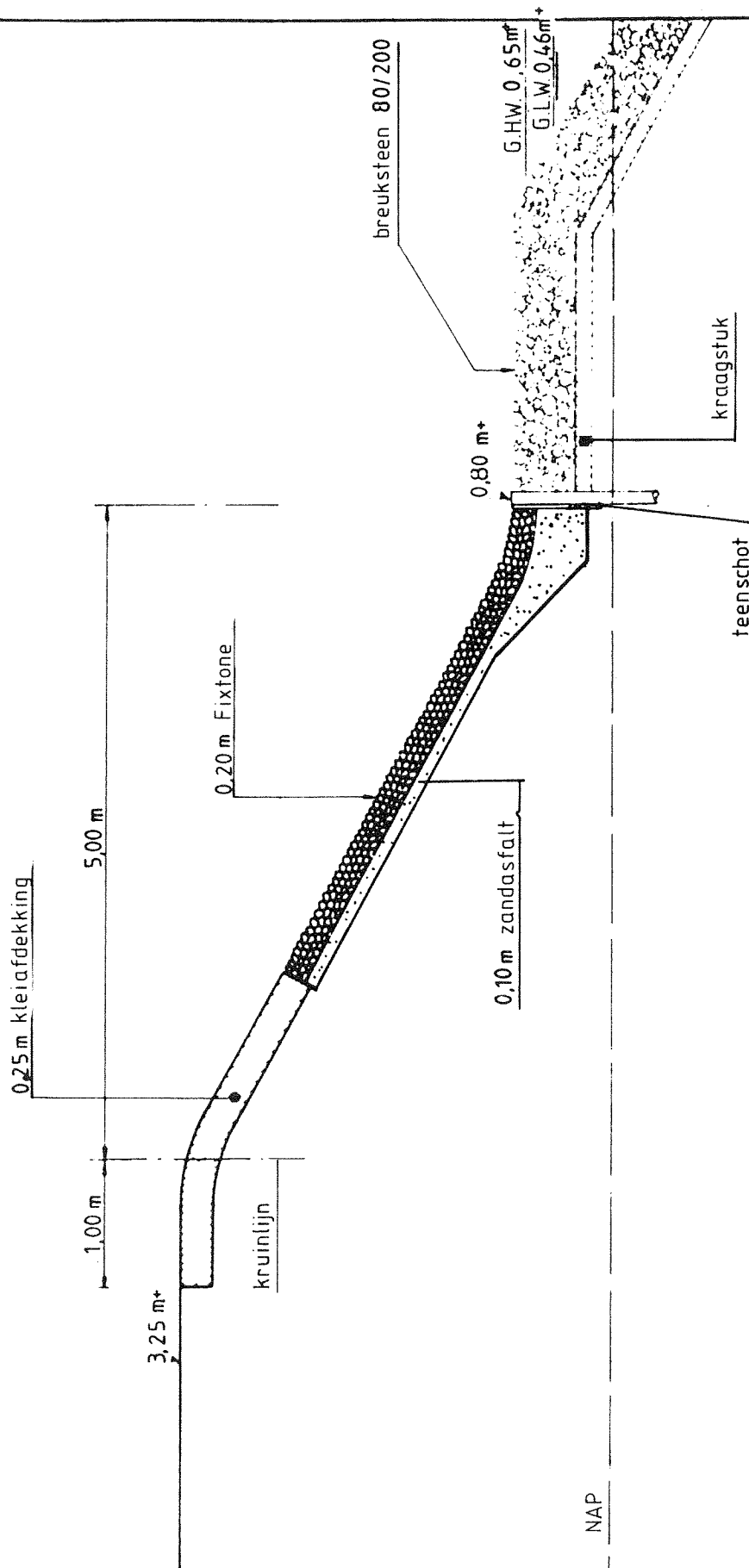


DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
get		

formaat	werknr.	S-85.029
A4	tek. nr.	86.077

opdrachtgever "HEIDEMIJ" Oppervlakte: 15350 m²
 uitgevoerd in : 1982 Scheepvaart tot klasse V



lokatie 16, oeverbekleding westelijke
 insteekhaven Moerdijk

bijlage 15.19

schaal -



DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
 hoofdafdeling waterbouw

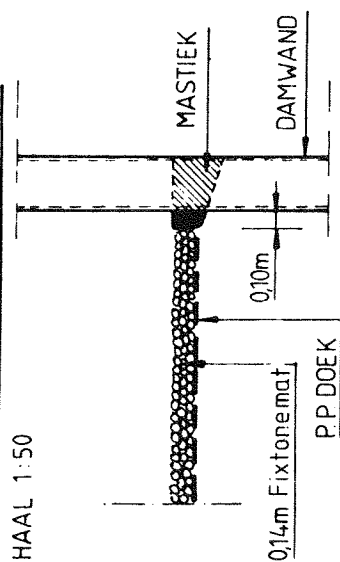
get	gew	gez
86.078		

formaat	werknr.	tek. nr.
A4	S-85.029	86.078

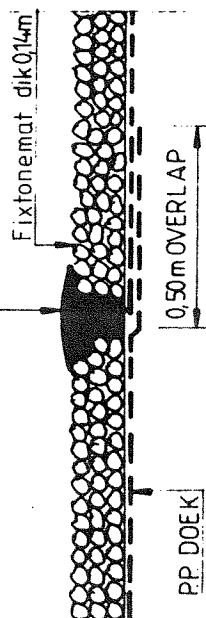
Opdrachtgever : R.W.S. Directie Utrecht Oppervlakte: 3060 m²
 Uitgevoerd : 1983

DETAIL AANSLUITING DAMWAND

SCHAAL 1:50



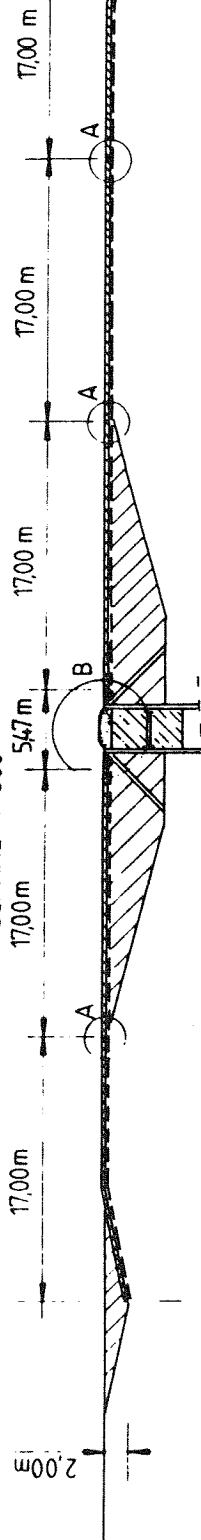
NAAD AFGIETEN MET GIETASFALT



DETAIL A
SCHAAL 1:20

LENGTE DOORSNEDE

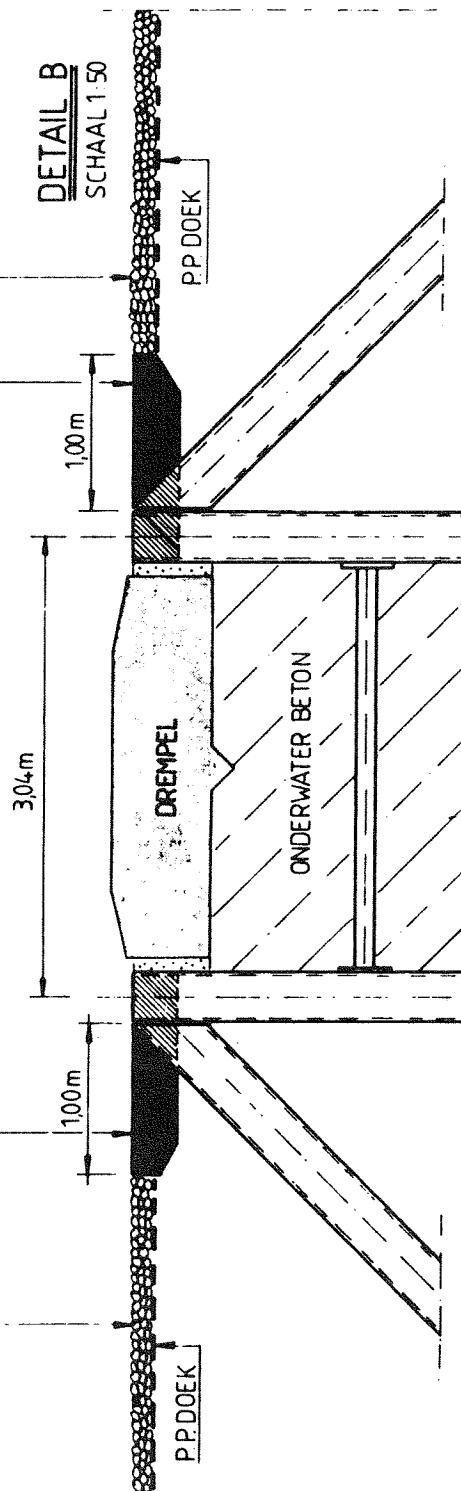
SCHAAL 1:500



0.14m Fixtonemat

0.30m MASTIEK

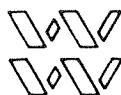
DETAIL B
SCHAAL 1:50



lokatie 17, keersluis te Ravenswaay
 bodembescherming met Fixtonematten

bijlage 15.20

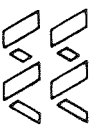
schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
 hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
26	26	26

formaat	werknr.	tek. nr.
A4	S-85.029	86.079



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

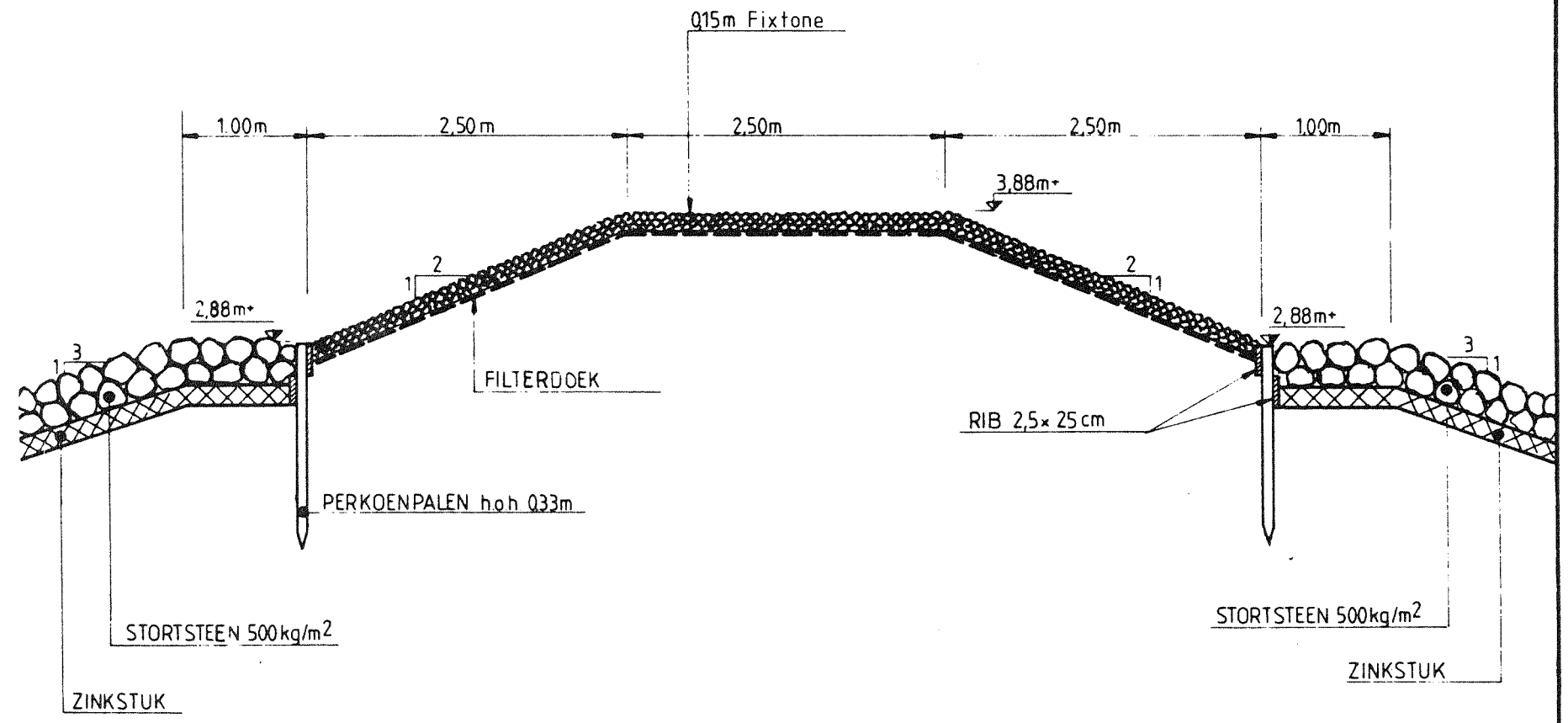
get	gew	gez
86/15		

bijlage 15.21	
schaal -	
formaat A4	werknr. S-85.029
	tek. nr. 86.080

lokatie 18, strekdamverdediging proefvak nabij Neerijnen

Oppervlakte: 1400 m²
Scheepvaart tot klasse V

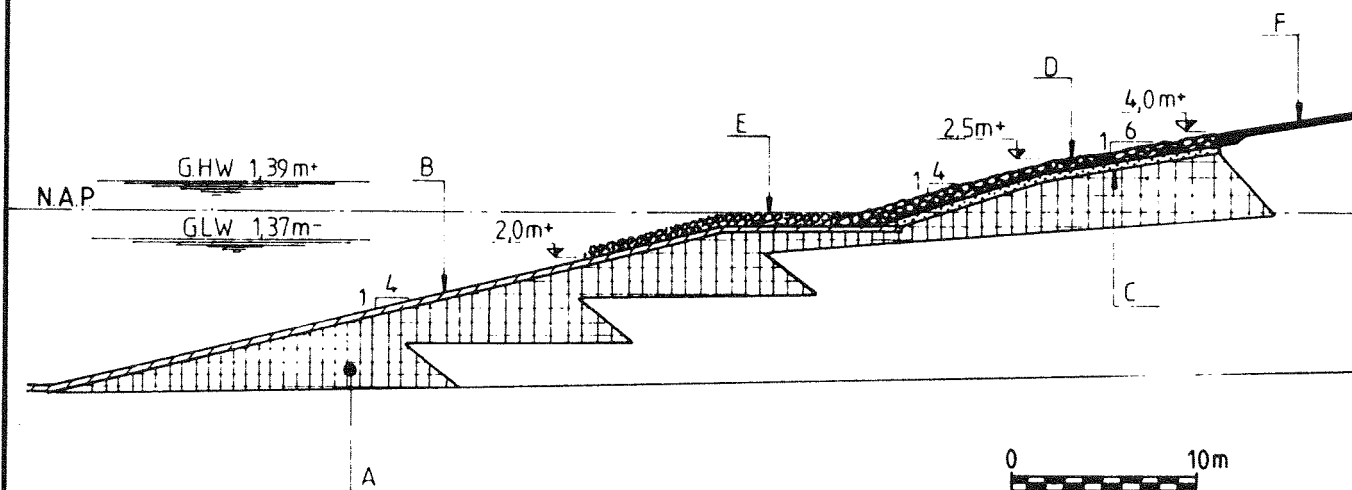
Opdrachtgever : R.W.S. Directie Bovenrivieren
Uitgevoerd : 1983



Opdrachtgever: R.W.S. Deltadienst

Uitgevoerd : 1975

Oppervlakte: 1380.000 m²



A : Mijnsteen

B : Fixtonemat

C : Zandasfalt

D : Gepenetreerde steen

E : Fixtone

F : Asfaltbeton

lokatie 19, damaanzet Schouwen
Oosterschelde

bijlage 15.22

schaal -



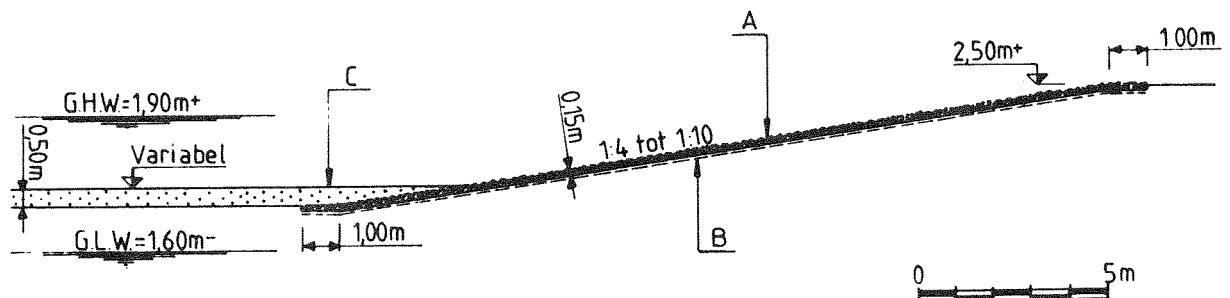
DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get	gew	gez
06 05 06		

formaat	werknr.
A4	S-85.029
	tek. nr. 86.081

Opdrachtgever: R.W.S. Bureau Dijkversterking Oosterschelde

Uitgevoerd : 1977



A : Fixtone

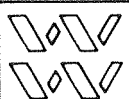
B : Polypropeen doek

C : Zand

lokatie 20, oeververdediging nabij
Zandkreekdam

bijlage 15.23

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get gew gez

26
05
26

formaat

A4

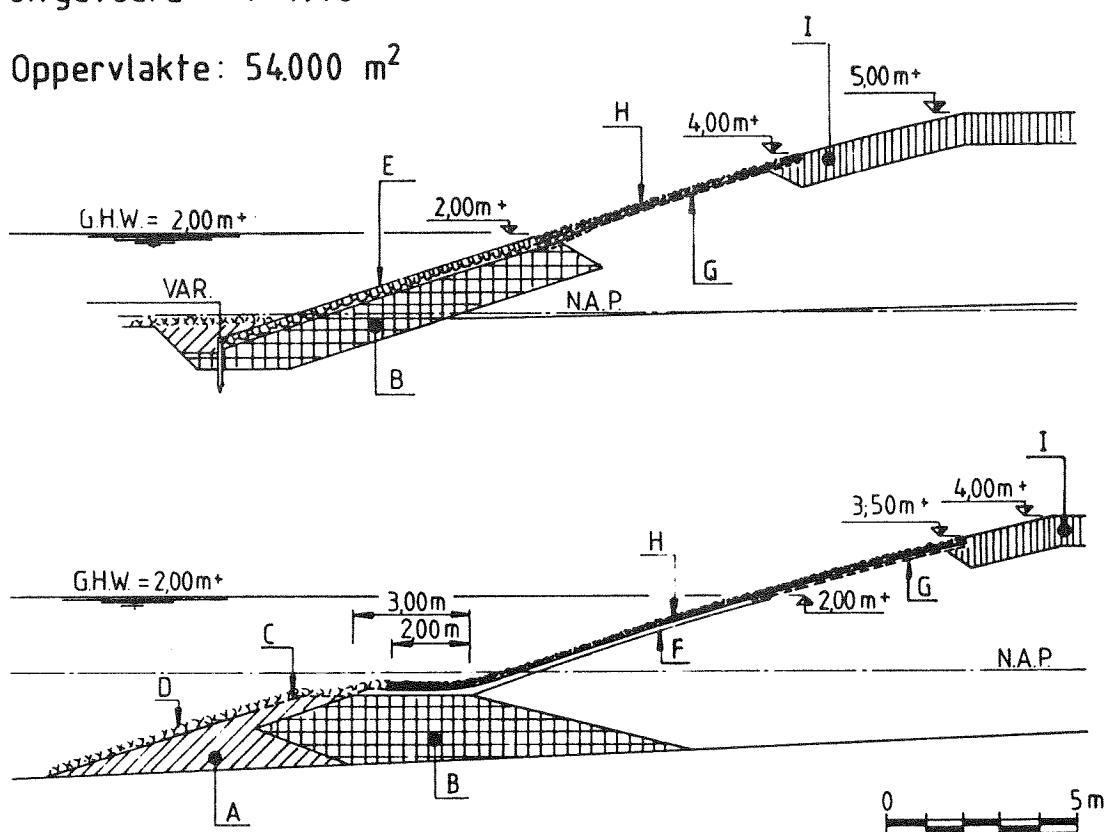
werknr. S-85.029

tek. nr. 86.082

Opdrachtgever: Waterschap Tholen

Uitgevoerd : 1978

Oppervlakte: 54.000 m²



A : Fosforslakken

B : Mijnsteen

C : Kunststofweefsel

D : Bestorting

E : Basalt

F : Zandasfalt

G : Polypropreen doek

H : Fixtone

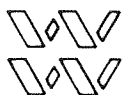
I : Klei

lokatie 21, dijkverzwaring St. Philipsland :

Polder Oude-van-St. Philipsland, Abraham-Wisse, Anna-Jacoba en Willem

bijlage 15.24

schaal -



DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get
06/06

gew
06/06

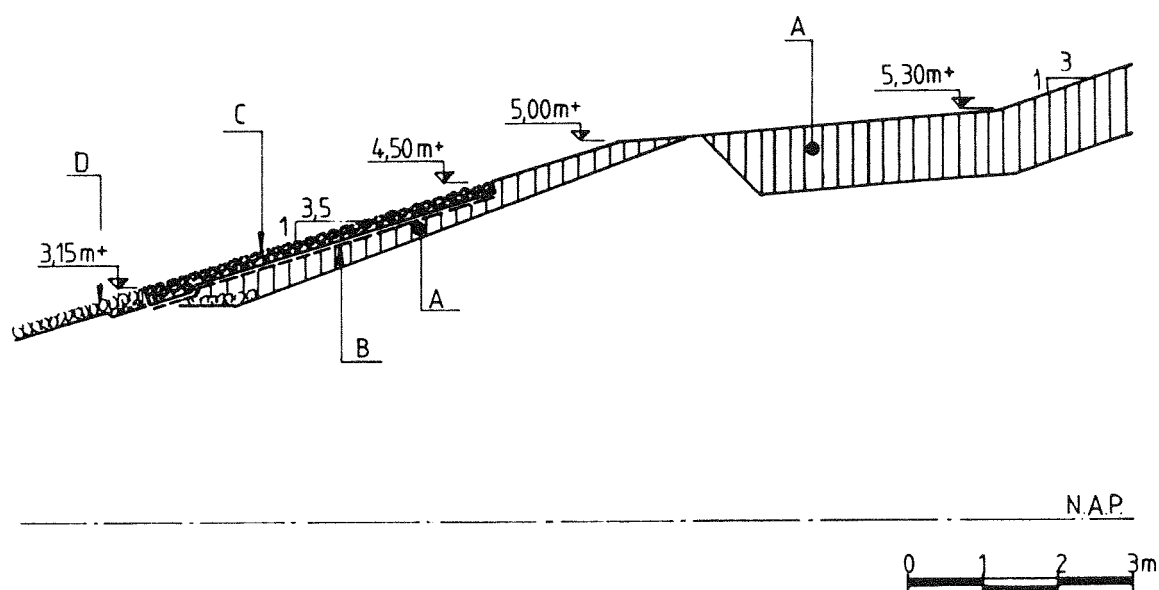
formaat
A4

werknr. S-85.029
tek. nr. 86.083

Opdrachtgever: Waterschap Tholen

Uitgevoerd : 1978

Oppervlakte: 23.000 m²



A : Klei

B : Polypropeen doek

C : Fixtone

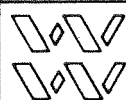
D : Aangeboden met Gietasfalt

lokatie 22, dijkverzwaring Tholen :

Polders Razernij, Schakerloo, Nieuw-Strijen en Klaas van Steeland

bijlage 15.25

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get
86
05
06

gew

gez

formaat

A4

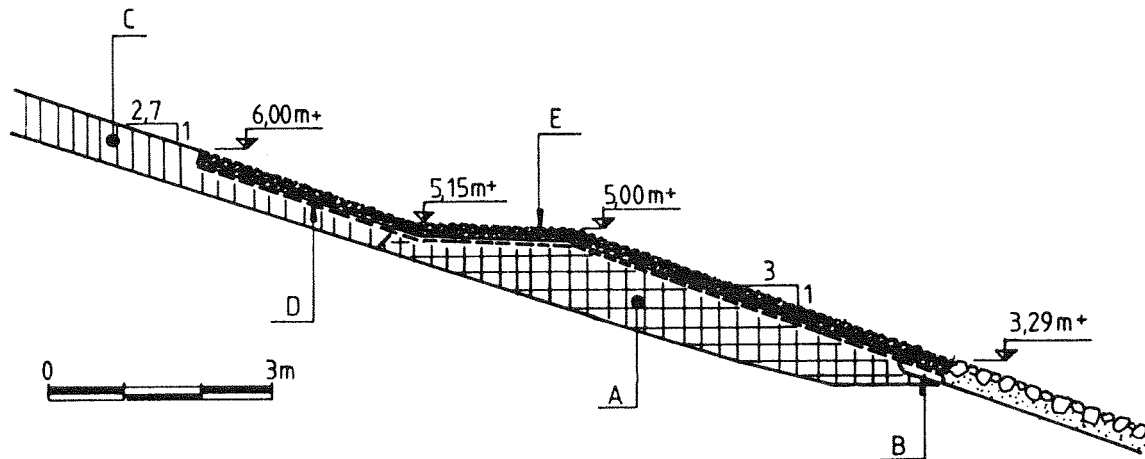
werknr. S-85.029

tek. nr. 86.074

Opdrachtgever: Waterschap Schouwen Duiveland

Uitgevoerd : 1979

Oppervlakte: 4.850 m²



A : Mijnsteen

B : Zandasfalt

C : Klei

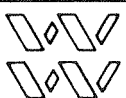
D : Polypropeen doek

E : Fixtone

lokatie 23, verhogen en verzwaren van de
zeedijk van de Polder Schouwen

bijlage 15.26

schaal -



DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get
8/5/86

gew

gez

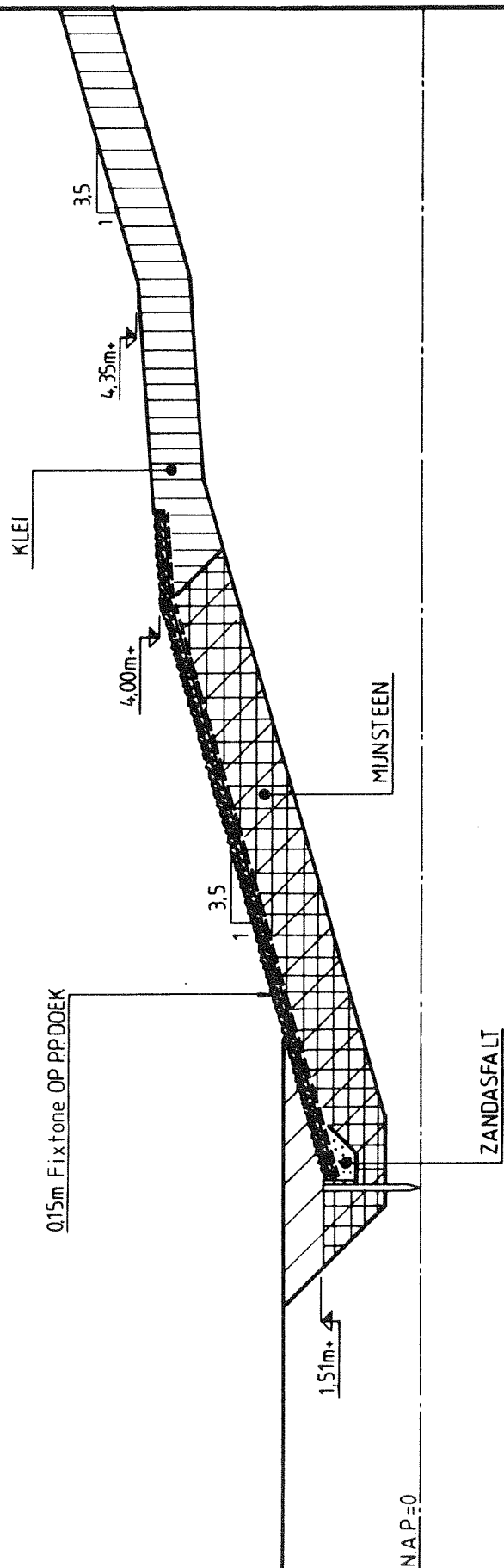
formaat
A4

werknr. S-85.029
tek. nr. 86.085

Opdrachtgever : R.W.S. Bureau dijkverzwaring

Uitgevoerd : 1979

Oppervlakte: 42000 m²



lokatie 24, verhogen en verzwaren van de
zeedijken van de 1e en 2e Bathpolders

bijlage 15.27

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

gez
gew

gez

formaat

A4

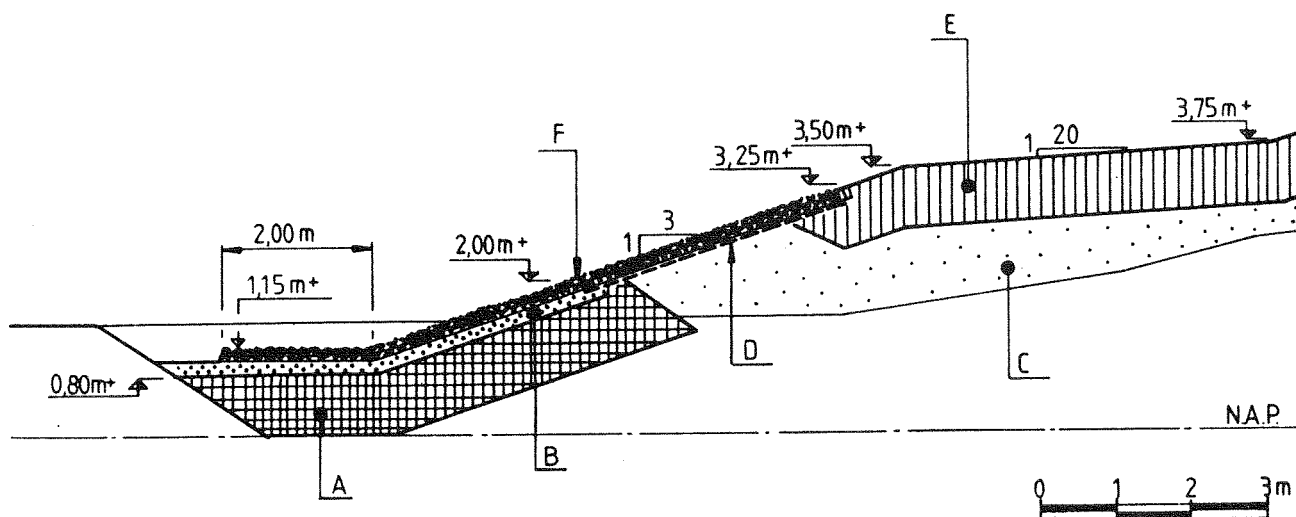
werknr. S-85.029

tek. nr. 86.086

lokatie 25, voorhaven Philipsdam					bijlage 15.28		
		schaal -					

Opdrachtgever : Waterschap Tholen

Uitgevoerd : 1979



A : Mijnsteen

B : Zandasfalt

C : Zand

D : Polypropreen doek

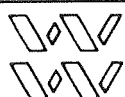
E : Klei

F : Fixtone

lokatie 26, verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Joanna-Maria-Polder, Sluispolder, Hollare polder en de Van Hooftenpolder

bijlage 15.29

schaal -



DIENT WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

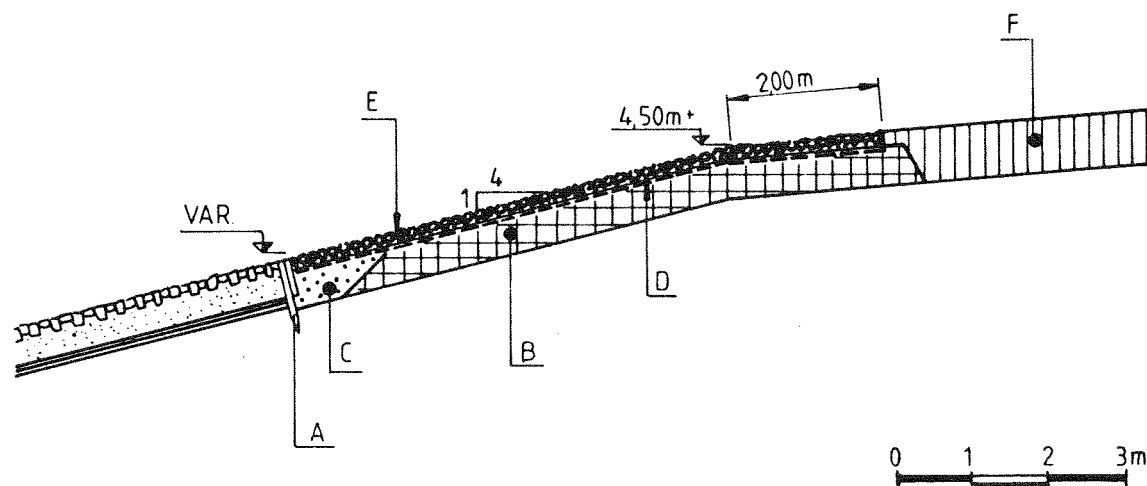
get	gew	gez
8/5/06		

formaat	werknr.
A4	S-85.029
tek. nr.	86.088

Opdrachtgever: Waterschap Noord Beveland

Uitgevoerd : 1980

Oppervlakte: 6.700 m²



A : Perkoenpalen

B : Mijnsteen

C : Zandasfalt

D : Polypropeen doek

E : Fixtone

F : Klei

lokatie 27, dijkverzwaring Thoorn Polder,
De Vliete- en de Nieuwe Noord Beveland

bijlage 15.30

schaal -



DIENST WEG-EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

86
05
01

formaat

A4

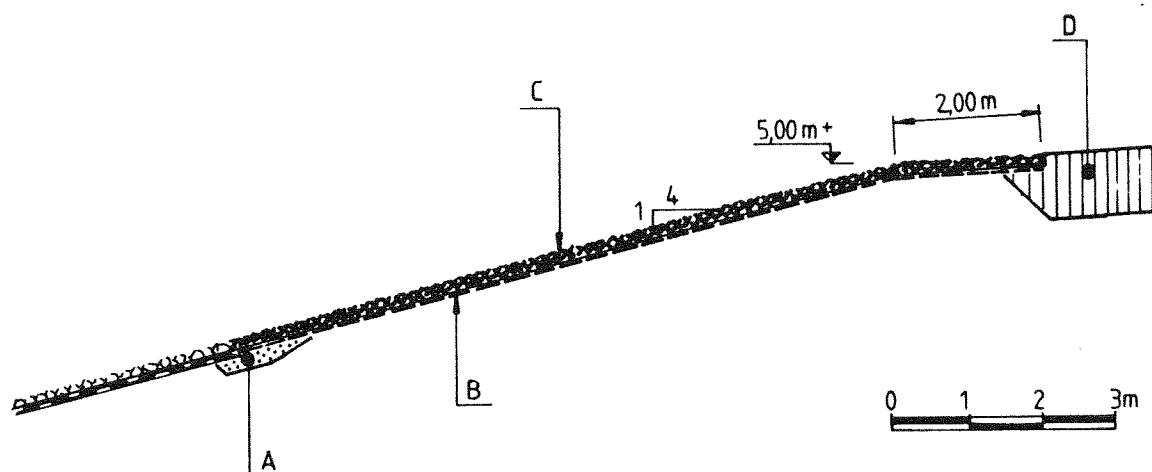
werknr. S-85.029

tek. nr. 86.089

Opdrachtgever: Waterschap Noord en Zuid Beveland

Uitgevoerd : 1980

Oppervlakte: 14.350 m²

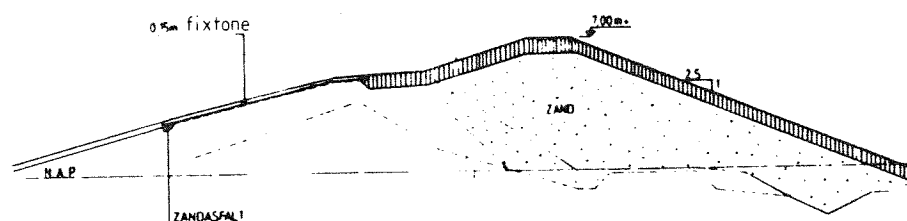


A : Zandasfalt

B : Polypropeen doek

C : Fixtone

D : Klei



lokatie 28, dijkverzwaring Polders Yerseke,
Snoodijk en de Kaars

bijlage 15.31

schaal -



DIENT WEG- EN WATERBOUWKUNDE
hoofdafdeling waterbouw

get

gew

gez

86
85
00

formaat

A4

werknr. S-85.029

tek. nr. 86.090