

Winthontlaan 28  
Postbus 2756  
3500 GT Utrecht



24 OKT 2000

Rijkswaterstaat Directie Zeeland  
Projectbureau Zeeweringen  
T.a.v. de heer ing. P. Hengst  
Postbus 114  
4460 AC GOES

Telefoon 030 287 69 50  
Telefax 030 288 78 44  
Bankiers ABN Amro 45.15.48.744  
BTW-nummer NL 8002.68.908.B24  
KvK-nummer 30132098

Ons kenmerk  
ALo/ALo/p008318/002863

Uw kenmerk

Onderwerp  
**Definitieve rapportage**

Geachte heer Hengst,

Hierbij doen wij u de definitieve rapportage van het door ons uitgevoerd onderzoek naar de aanleg van asfaltbeton op mijnsteen in tweevoud toekomen.

Met het gereedkomen van dit rapport beschouwen wij dit project als afgerond.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,  
Netherlands Pavement Consultants bv

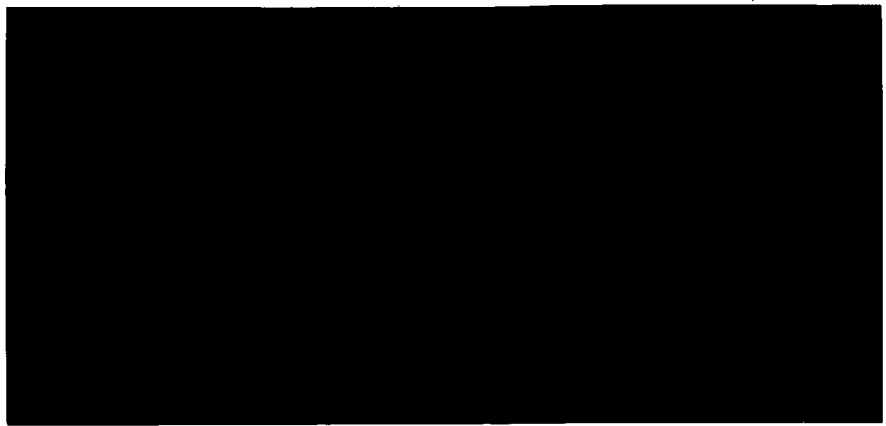
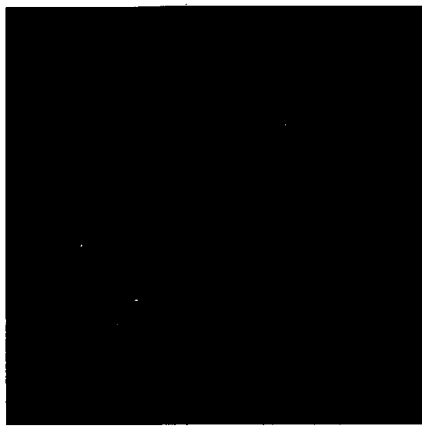
A.K. de Looff  
Adviseur

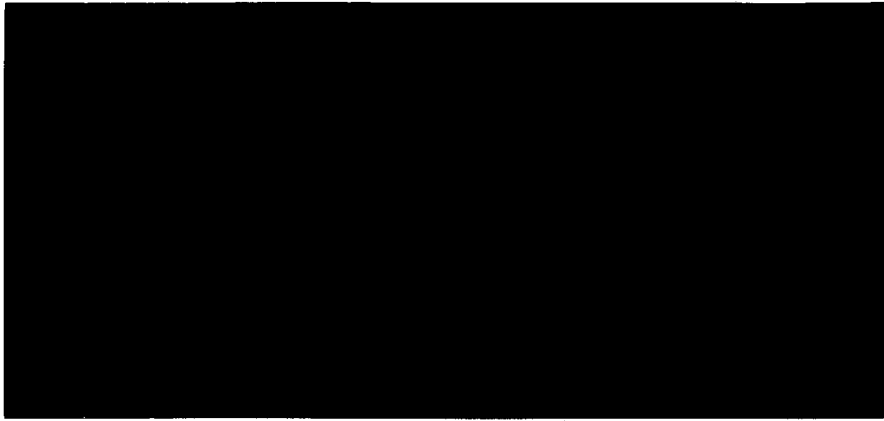
	ACTIE	INFO
PROJECTBUREAU ZEEWERINGEN		
PROJECTLEIDER		X
SECRETARISSE		
PROJECTSECRETARIS		X
BEDEWERKER FINANCIËN		X
BEDEWERKER KWALITEIT		
TEAMLEIDER ONTWERP		X
HOOFD UITVOERING		
DOORKIESADAPTOR / BESTESCHRIJVER		
030 287 69 82		
Piet H + bial.		X
ARCHIEF P2DTR-00207		X
CIRCULATIE MAP		



004948 2000 PZDT-R-00267 ontw

Definitieve rapportage Ontwerp dijkbekleding water





**ONTWERP DIJKBEKLEDING  
WATERBOUWASFALTBETON  
OP MIJNSTEEN  
PAVILJOENPOLDER**

Rapport opgesteld in  
opdracht van

Rijkswaterstaat Directie Zeeland  
Projectbureau Zeeweringen  
Postbus 114  
4460 AC GOES

Contactpersoon

De heer ing. P. Hengst

Rapport opgesteld door

Netherlands Pavement Consultants bv  
Postbus 2756 Winthontlaan 28  
3500 GT UTRECHT 3526 KV UTRECHT

Telefoon 030 - 28 76 950  
Telefax 030 - 28 87 844

Opdrachtnummer  
Projectleider  
Projectmedewerker(s)

008318  
ir. G. Gaarkeuken  
ing. A.K. de Looff  
J. van Ee

Status

Definitief

Voor akkoord gezien



Utrecht, 6 oktober 2000

## INHOUDSOPGAVE

Blz.

<b>1. INLEIDING.....</b>	<b>4</b>
<b>2. LITERATUURONDERZOEK.....</b>	<b>5</b>
2.1. INTRODUCTIE.....	5
2.2. TOEPASSING.....	5
2.3. CONSTRUCTIEVE ASPECTEN .....	5
2.4. MATERIAALKUNDIGE ASPECTEN .....	6
2.5. ONDERZOEK .....	6
2.5.1. Gloeiverlies.....	7
2.5.2. Dichtheid en wateropneming.....	7
2.5.3. De sterkte.....	7
2.5.4. Samendrukbaarheid.....	7
2.5.5. Stijfheid.....	7
2.5.6. Waterdoorlatendheid.....	7
2.6. MIJNSTEEN IN GLOOIINGSCONSTRUCTIES .....	8
<b>3. IN SITU METINGEN.....</b>	<b>9</b>
3.1. PLAATBELASTINGSPROEVEN .....	9
3.1.1. Principe dynamische plaatbelastingproeven.....	9
3.1.2. Aanpassen meetprocedure aan omstandigheden.....	10
3.1.3. Resultaten .....	13

Het auteursrecht van dit rapport is voorbehouden aan  
Netherlands Pavement Consultants bv te Utrecht.

**Ontwerp dijkbekleding  
waterbouwasfaltbeton op mijnsteen  
Paviljoenpolder**

---

3.2.	INFILTRATIEMETINGEN .....	14
3.2.1.	Meetprincipe .....	14
3.2.2.	Resultaten .....	15
<b>4.</b>	<b>DIMENSIONERING .....</b>	<b>17</b>
4.1.	DIMENSIONERING OP WATEROVERDRUKKEN .....	17
4.2.	DIMENSIONERING OP GOLFKLAPPEN .....	17
4.2.1.	Hydraulische randvoorwaarden .....	17
4.2.2.	Materiaalparameters .....	19
4.2.3.	Resultaten .....	19
<b>5.</b>	<b>ADVIES EN DETAILLERING .....</b>	<b>20</b>
5.1.	DE ONDERGROND .....	20
5.2.	DE ASFALTBEKLEDING .....	20
5.3.	AANSLUITING OP BEKLEDING VAN BETONZUILEN .....	20
5.4.	AANSLUITING OP AANLIGGENDE BEKLEDING .....	20
<b>6.</b>	<b>ONTWERPGRAFIEK .....</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATUURLIJST .....</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>BIJLAGEN .....</b>	<b>23</b>

## **1. INLEIDING**

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Projectbureau Zeeweringen heeft Netherlands Pavement Consultants bv (NPC) een ontwerp opgesteld voor de dijkbekleding ter plaatse van de Paviljoenpolder. In het kader van de renovatie van de dijkbekledingen in Zeeland is het de bedoeling dat een deel van de dijk wordt bekleed met waterbouwasfaltbeton. De nu aanwezige bekleding van betonblokken op een filter op mijnsteen is te licht en moet worden vervangen. Besloten is om het waterbouwasfaltbeton direct op de onderliggende mijnsteen aan te brengen.

Het doel van het project is tweeledig:

1. Het uitvoeren van een onderzoek naar de materiaalparameters van mijnsteen die nodig zijn om een goed ontwerp te kunnen opstellen;
2. Het opstellen van een ontwerp van een bekleding van waterbouwasfaltbeton op mijnsteen inclusief details.

Voor het project zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Beperkt literatuuronderzoek. Het doel hiervan is na te gaan of in de literatuur gegevens zijn te vinden over de doorlatendheid en de draagkracht van mijnsteen [1,2,3,4,5].
- In situ metingen. Op locatie zullen plaatbelastingsproeven worden uitgevoerd om de draagkracht van de mijnsteen te bepalen. Daarnaast zullen in situ doorlatendheidsmetingen worden uitgevoerd.
- Dimensionering van de asfaltbetonbekleding. De bekleding zal worden gedimensioneerd op golfklappen en wateroverdrukken.
- Het maken van ontwerpgrafieken.
- Detailontwerp. Er worden details ontworpen voor de overgang op de onder- en bovenliggende bekledingen. Daarnaast wordt een detail gemaakt van de overgang op de naastliggende bekleding. In AutoCad wordt één principe dwarsprofiel gemaakt en drie details.
- Rapportage.



## 2. LITERATUURONDERZOEK

### 2.1. Introductie

Mijnsteen is een verzamelnaam voor alle soorten nevengesteenten die bij de winning van steenkool vrijkomen. De mijnsteen wordt onderscheiden in een aantal soorten:

1. Mijnsteen die vrijkomt bij het maken van schachten, hoofdgangen en luchtsteengangen
2. Mijnsteen die vrijkomt door een scheiding van steenkool en mijnsteen (breken en zeven)
3. Wassteen. Deze komt vrij door een scheiding van de steenkool door een nat proces, waarbij gebruik wordt gemaakt van de geringere dichtheid van steenkool ten opzichte van mijnsteen.
4. Ongewassen mijnsteen van bestaande bergen. Mijnsteen van deze bergen kan sterk variëren in grofheid en verontreiniging.
5. Gewassen mijnsteen afkomstig van bestaande bergen. Het scheidingsproces is gelijk aan wassteen maar dan gecertificeerd.
6. Gebrande mijnsteen. Door de steenbergen te laten branden ontstaat rode of gebrande mijnsteen.

Te onderscheiden is een gesorteerde mijnsteen 10/125 en een ongesorteerde mijnsteen 0/70.

De in Nederland toegepaste mijnsteen komt uit Nederland, België of Duitsland. Uit een Nederlandse mijnsteenberg wordt een bewerkte mijnsteen geleverd op basis van BRL 9301 onder een KOMO-productcertificaat.

### 2.2. Toepassing

Mijnsteen wordt tot dusver vooral gebruikt in de waterbouw. Zwarte (ongebrande) mijnsteen kan in de waterbouw voor diverse constructies worden toegepast:

- Perskaden onder, op en boven de waterlijn; deze perskaden worden veelal in de teenconstructies van het definitieve werk opgenomen.
- Als funderingslaag in een glooiingsconstructie tussen zand en de open of gesloten toplaag.
- Als beschermingsmateriaal tegen uitschuring van vooroevers en bodems.
- In filterlagen
- In aanvullingen als kernmateriaal

### 2.3. Constructieve aspecten

Bij de toepassing van mijnsteen dient met een aantal factoren rekening te worden gehouden:

- Wanneer mijnsteen wordt blootgesteld aan atmosferische invloeden moet rekening worden gehouden met uiteenvallen. De oorzaak hiervan is verwerking ten gevolge van wisselend drogen en bevochtigen. Vorst- en dooiwisselingen kunnen de verwerking nog meer doen toenemen.

- Tijdens de uitvoering moet verkneding van de mijnsteen worden voorkomen. Dit is met name van belang bij de toepassing in open fundatie- en filterlagen. Verkneding leidt tot een sterke afname van de waterdoorlatendheid.
- De samendrukbaarheid kan, afhankelijk van de mate van verdichting, relatief groot zijn. Klink treedt gezien de grote waterdoorlatendheid onder water snel op.

#### 2.4. Materiaalkundige aspecten

Mijnsteen bestaat voor het grootste deel uit kleischalie. Afhankelijk van de mate van consolidatie, kan de kleischalie worden onderscheiden in kleisteen en vastere leisteen. Het grootste gedeelte van de kleischalie bestaat echter uit kleisteen. Kleisteen is een zwak gesteente dat aan de lucht blootgesteld in het algemeen makkelijk desintegreert tot kleine plaatvormige fragmenten. Het materiaal valt niet verder uiteen dan deeltjes waarvan de zeefmaat groter is dan 2 mm.

Mijnsteen heeft een aantal materiaalkundige aspecten:

- De dichtheid van mijnsteen kan nogal variëren (2450-2650 kg/m<sup>3</sup>). Dit wordt veroorzaakt door enerzijds verschil in krachten die bij het ontstaan op het materiaal werden uitgeoefend, anderzijds door de hoeveelheid koolstof die in de mijnsteen aanwezig is.
- Mijnsteen is een relatief zwak materiaal; tijdens transport en overslag treedt verfijning op.
- Bij blootstelling aan de buitenlucht treedt verwerking en een sterke verfijning van het materiaal op. Bij een depot of een dikke laag mijnsteen treedt dit echter tot een beperkte diepte op. Onder water blijkt de mijnsteen niet of nauwelijks uiteen te vallen.

#### 2.5. Onderzoek

In 1983 is door de werkgroep 4 van de TAW onderzoek uitgevoerd naar de gesteldheid van mijnsteen in dijken. In dit kader zijn mijnsteenmonsters uit de ringdijk van de Roompot-bouwput genomen en onderzocht.

Conclusies:

- De korrelverdeling van de mijnsteenmonsters wijkt niet wezenlijk af van die van gewoonlijk aangevoerde ongesorteerde mijnsteen. Kennelijk is de mijnsteen niet wezenlijk van korrelverdeling veranderd.
- De mijnsteenmonsters bevatten ca 7% zand.
- De verticale doorlatendheid varieerde tussen de 0,1 en 0,6 m/etmaal

In 1978 is onderzocht wat de invloed is van zeewater op zwarte mijnsteen. Daartoe zijn mijnsteenmonsters langdurig (5 jaar) onder water gehouden en vervolgens bekeken. Hieruit kon worden geconcludeerd dat mijnsteen van twee herkomsten na een verblijf van 60 maanden onder zeewater nog gaaf en onverweerd is.

### 2.5.1. Gloeiverlies

Het gloeiverlies van mijnsteen varieert van mijn tot mijn. Door de aanwezigheid van koolstof in de steenstukken kan het gloeiverlies wel 5 tot 20% bedragen.

### 2.5.2. Dichtheid en wateropneming

De verdichtbaarheid van mijnsteen is sterk afhankelijk van het vochtgehalte. Indien het vochtgehalte van ongesorteerde mijnsteen uit steenberggen door neerslag enige procenten toeneemt, bestaat er een grote kans dat het optimum vochtgehalte wordt overschreden wat leidt tot onverdichtbaarheid.

### 2.5.3. De sterkte

Mijnsteen is een relatief zwak materiaal. De verbrijzelingsfactor van gedroogde niet verweerde mijnsteen varieert tussen de 0,74 en 0,68.

### 2.5.4. Samendrukbaarheid

De samendrukbaarheid van onverdichte mijnsteen is groot en samendrukking treedt snel op, zodat na enige dagen het effect van belastingverhoging vrijwel is uitgewerkt. Verdichtingsgraden van 73 tot 86% zijn te bereiken.

### 2.5.5. Stijfheid

De stijfheid van verdichte mijnsteen is ten minste zo groot als van verdicht zand. Onverdichte mijnsteen heeft een stijfheid die enkele malen geringer is. Zo werd in een wegophoging van mijnsteen op onverdichte mijnsteen een ME-waarde van 10 N/mm<sup>2</sup> gemeten en op verdichte mijnsteen 20N/mm<sup>2</sup>.

$$ME = \frac{\Delta p}{\Delta z} \times D$$

$\Delta p$  = verhoging van de belasting op de plaat van 0,05 tot 0,15 N/mm<sup>2</sup>

$\Delta z$  = zetting ten gevolge van  $\Delta p$

D = diameter van de plaat.

De draagkracht van mijnsteen is sterk afhankelijk van het vochtgehalte van de mijnsteen. Reeds bij een geringe verhoging van het vochtgehalte van mijnsteen, was het materiaal niet meer verdichtbaar of berijdbaar. Verpapping treedt op.

### 2.5.6. Waterdoorlatendheid

De waterdoorlatendheden zijn gemeten op enkele monsters samendgedrukte fijne mijnsteen. Bij verdichtingsgraden tussen 81 en 84% zijn doorlatendheden tussen 31 en 42 m/24 uur gemeten. Dit komt ongeveer overeen met slibloos zand. De

doorlatendheid is ook gemeten op een monster mijnsteen met een verdichtingsgraad van 98%. De doorlatendheid is drastisch afgenomen tot slechts 0,001 m/24 uur. De verdichting heeft kennelijk een funeste invloed op de doorlatendheid.

## 2.6. Mijnsteen in glooiingsconstructies

Gezien de geringe stabiliteit van mijnsteen tegen golf- en stroomaanvallen en de verweringsgevoeligheid van dit materiaal boven water, wordt mijnsteen zonder verdere afdekking in glooiingen voornamelijk tijdens de bouwfasen gebruikt. Mijnsteen die in het definitieve werk wordt opgenomen, wordt meestal afgewerkt met een taludbekleding. Het wordt meestal toegepast als tussenlaag tussen zand en bekleding met een dikte van minimaal 35 cm. Deze laag kan afzonderlijk opgebracht worden of bij herprofilering van de tijdens de bouwfase gebruikte mijnsteen uit dit materiaal gemaakt worden. De nauwkeurige profilering en verdichting moet in hetzelfde tijdstip uitgevoerd worden als het aanbrengen van de bekleding. Het verdichten kan worden uitgevoerd met een dozer. Het moet niet zodanig worden verkneed dat de waterdoorlatendheid sterk afneemt. Verdichten is noodzakelijk om ongelijkmatige zettingen te voorkomen en een vlak profiel te verkrijgen. In de praktijk zijn de volgende taludbekledingen toegepast:

- betonblokken of koperslakblokken
- breuksteen
- gezette glooiingen op vlij- en stortlagen
- gepenetreerde breuksteen
- kraagstuk met bestorting
- Asfalt (grindasfaltbeton, waterbouwasfaltbeton, zandasfalt, grindzandasfalt of steenasfalt).

In de voornoemde constructies kan men open en gesloten afdekkingen onderscheiden en overgangen daartussen. Bij de open constructie bij toepassing van breuksteen dient de mijnsteen aan de normale filtereisen te voldoen. De waterhuishouding op en onder een gesloten of een semi-gesloten taludbekleding is complex met betrekking tot de dynamische en statische belastingen op de bekleding. De doorlatendheid van de mijnsteen speelt in het algemeen hierbij een belangrijke rol. De doorlatendheid van mijnsteen is gewoonlijk groter dan van zand. Dit is ook het geval na sterke vertering van mijnsteen. Slechts door verkneeding van mijnsteen kan de doorlatendheid sterk afnemen tot zeer geringe waarden. Hierop dient bij de uitvoering gelet te worden. Onder gesloten bekledingen mag de doorlatendheid van de onderlaag niet te groot zijn om schade door wateroverdrukken onder de bekleding te voorkomen. In het algemeen wordt gesteld dat de doorlatendheid van de ondergrond  $\leq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s dient te zijn.

### 3. IN SITU METINGEN

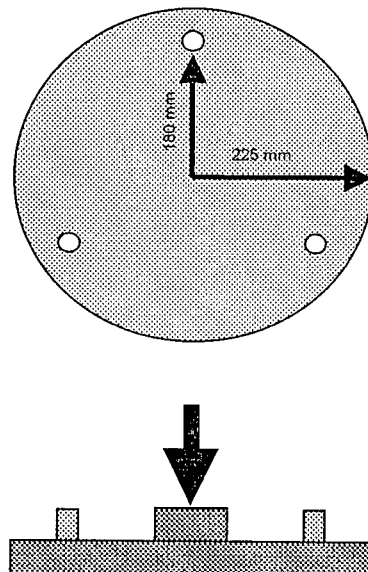
Ter bepaling van de draagkracht van de mijnsteen zijn er dynamische plaatbelastingsproeven op de mijnsteen uitgevoerd. Voor de bepaling van de doorlatendheid zijn er infiltratieproeven uitgevoerd. Op 22 locaties verdeeld over de totale bekleding zijn de nu aanwezige betonblokken (500x500 mm, deels haringman) verwijderd. Ook het onderliggend filter (grind) is verwijderd, waardoor de metingen direct op de mijnsteen kunnen worden uitgevoerd.

#### 3.1. Plaatbelastingsproeven

De dynamische plaatbelastingproeven zijn uitgevoerd op donderdag 8 juni 2000. Hiervoor is het Dynatest 8000 valgewicht toegepast.

##### 3.1.1. Principe dynamische plaatbelastingproeven

Dit protocol beschrijft de procedure voor de bepaling van de stijfheid van een elastische halfruimte met behulp van de valgewichtdeflectometer. Voor de dynamische plaatbelastingproef wordt een stalen belastingplaat met een diameter van  $450 \pm 5$  mm toegepast zonder een rubber onderkant. De plaat mag in het midden een gat hebben met een diameter van maximaal 25 mm. Op de plaat worden 3 deflectometers geplaatst op een afstand van  $180 \pm 10$  mm van het middelpunt van de plaat (zie figuur 3.1).



Figuur 3.1 Opstelling geofoons

Per locatie worden 10 metingen uitgevoerd waarbij de maximale kracht (of spanning) en de maximale deflectie van de 3 gefoons worden vastgelegd. De elasticiteitsmodulus wordt als volgt berekend:

1. Bereken per meetpunt de gemiddelde deflectie van de belastingplaat:

$$u_{ik} = \sum_{j=1}^{NG} u_{ijk}$$

2. Normaliseer de deflectie naar het target spanningsniveau:

$$d_{ik} = \frac{\sigma_{ref}}{\sigma_{ik}} \cdot u_{ik}$$

3. Bereken de elasticiteitsmodulus per meetpunt:

$$E_{rk} = \frac{\sigma_{ref} a \pi (1 - \nu^2)}{d_{9k} + d_{10k}}$$

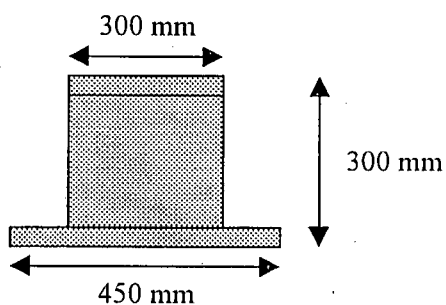
Variabelen:

- i = Nummer van de meting (per meetpunt worden 10 metingen verricht)
- j = Nummer van de gefoon
- k = Nummer van het meetpunt
- NG = Hoeveelheid gefoons op de belastingplaat
- a = Straal van de belastingplaat
- $\nu$  = Poisson ratio (= 0,35)
- $\sigma_{ik}$  = Contactspanning bij meting i en meetpunt k
- $\sigma_{ref}$  = Referentiespanning
- $u_{ijk}$  = niet genormaliseerde deflectie van de belastingplaat bij meting i, gefoon j en meetpunt k
- $u_{ik}$  = gemiddelde deflectie van de belastingplaat bij meting i en meetpunt k, gemiddeld over NG gefoons ( $\mu\text{m}$ )
- $d_{ik}$  = Genormaliseerde deflectie van de belastingplaat bij meting i en meetpunt k, gemiddeld over NG gefoons ( $\mu\text{m}$ )
- $E_{rk}$  = Elasticiteitsmodulus ter plaatse van meetpunt k (MPa)

### 3.1.2. Aanpassen meetprocedure aan omstandigheden

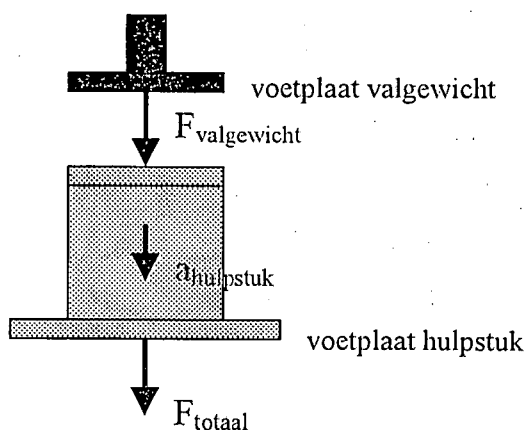
Om op de mijnsteen te kunnen meten zijn op 22 locaties betonblokken verwijderd. De zo ontstane 'gaten' zijn van afmeting 500x500 mm met een diepte van ca. 300 mm. Helaas is het onmogelijk om met het valgewicht onder het niveau van de as van de

aanhanger te slaan. Een cilindervormig stalen hulpstuk met een hoogte van 300 mm is gebruikt om het hoogteverschil te overbruggen, zie figuur 3.2.



Figuur 3.2 Cilindervormig stalen hulpstuk

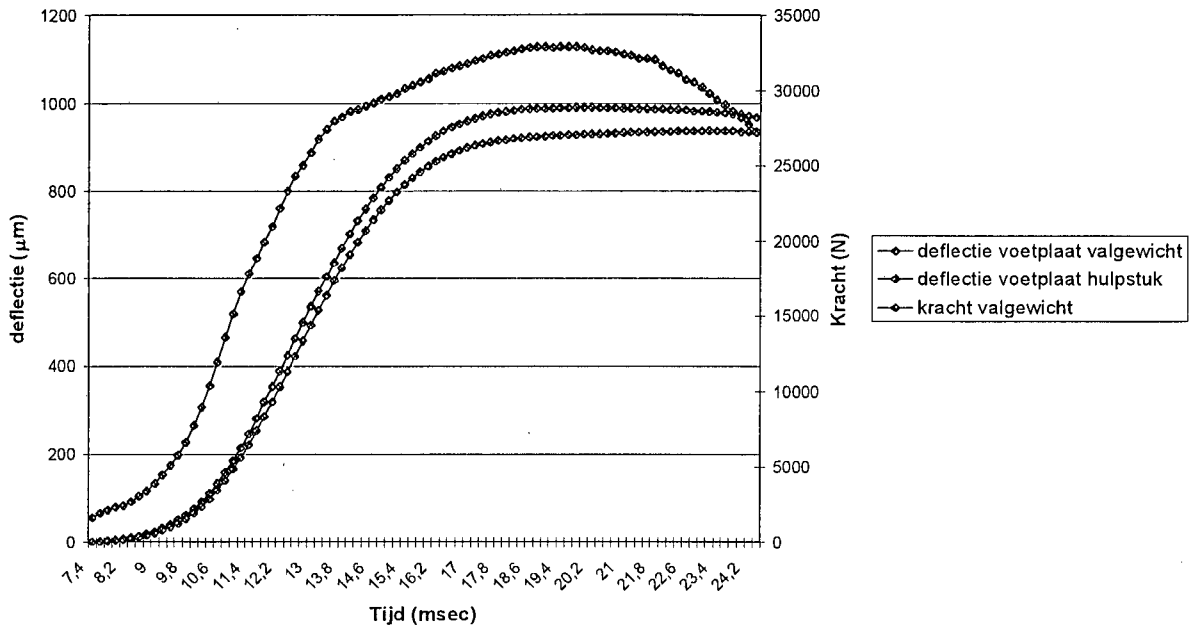
Dit heeft wel tot gevolg dat de spanning die onder het hulpstuk wordt gegenereerd niet gelijk is aan de door het valgewicht uitgevoerde kracht gedeeld door het oppervlak van de plaat. De versnelling van het hulpstuk heeft een invloed op de gegenereerde spanning.



Figuur 3.3 Effect van de massa van het hulpstuk

Tijdens een meting wordt door gefoon 1, gelocaliseerd in de voetplaat van het valgewicht, de deflectie  $u(t)$  van de bovenkant van het hulpstuk en de uitgevoerde kracht  $F_{\text{valgewicht}}(t)$  gemeten. Op de voetplaat van het hulpstuk zijn drie gefoons (2 t/m 4) geplaatst conform het meetprotocol en wordt de deflectie  $u(t)$  van de voetplaat van het hulpstuk gemeten (deflectie van gefoons 2 t/m 4 worden gemiddeld).

Meetpunt 15

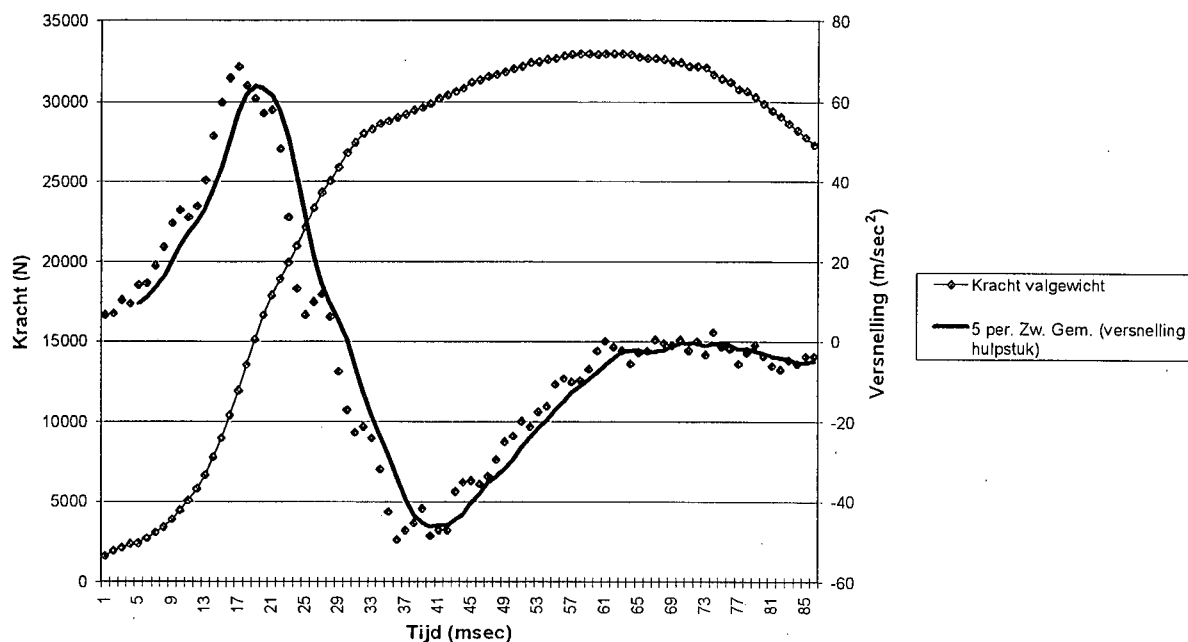


Figuur 3.4 Meetwaarden meetpunt 15

De deflecties van de bovenzijde en de onderzijde van het hulpstuk zijn niet gelijk. Ook het stalen hulpstuk vervormd. Door het twee maal differentiëren van  $u(t)$  wordt de versnelling  $a(t)$  van de boven- en onderzijde van het hulpstuk bepaald. De versnelling van het hulpstuk wordt vervolgens gelijk gesteld aan het gemiddelde van beide versnellingen.



Meetpunt 15



Figuur 3.5 Kracht en versnelling

De spanning die uiteindelijk door het valgewicht via het hulpstuk op de mijnsteen wordt uitgeoefend is gelijk aan:

$$\sigma_{valgewicht}(t) = \frac{F_{valgewicht}(t) - massa_{hulpstuk} \cdot a(t)}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 450^2}$$

Als de kracht zich nog opbouwt is de versnelling positief. Dit heeft tot gevolg dat de uiteindelijk gegenereerde spanning kleiner is dan wanneer er geen massa van 54,5 kg tussen valgewicht en mijnsteen zou zijn toegepast. Bij de maximaal optredende kracht is de versnelling echter negatief wat een vergroting van de opgelegde spanning tot gevolg heeft. De maximaal optredende spanning wordt dus vergroot door het toepassen van een hulpstuk. De bijdrage ligt tussen de 3,5% en 8% van de totale gegenereerde spanning.

### 3.1.3. Resultaten

Met behulp van het stalen hulpstuk is het uiteindelijk toch mogelijk geweest om een spanning te genereren en te registreren. Ook de deflecties van de voetplaat zijn vastgelegd. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Dijkpaal	E-waarde (MPa)	beddingsconstante (MPa/m)	Statistiek
15	47	37,6	<u>E-waarde</u>
16	56	41,2	
17	37	29,6	Gemiddelde = 58,5 MPa
18	63	42,6	Standaardafwijking = 11,56 MPa
19	63	42,6	
20	60	42,0	
21	45	36,0	
22	82	46,4	<u>beddingsconstante</u>
23	45	36,0	
30	63	42,6	Gemiddelde = 40,67 MPa/m
29	58	41,6	Standaardafwijking = 4,21 MPa/m
28	66	43,2	
27	68	43,6	
26	55	41,0	
25	70	44,0	

### 3.2. Infiltratiemetingen

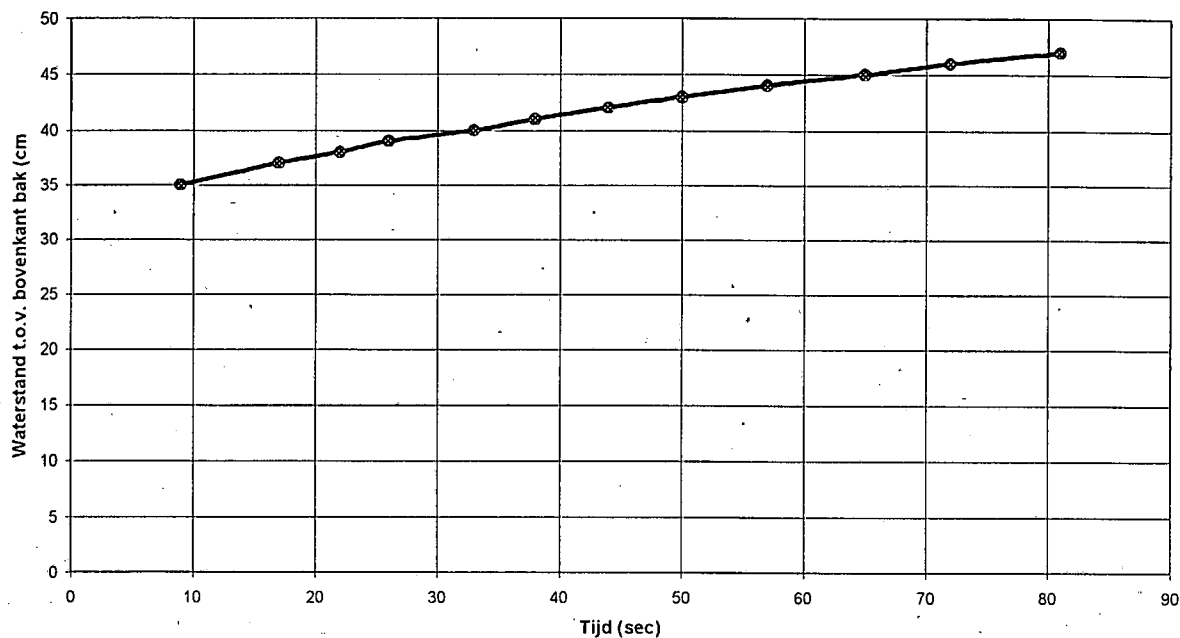
De infiltratiemetingen zijn uitgevoerd op donderdag 8 juni jl. De metingen zijn uitgevoerd nadat de locaties zijn belast door het valgewicht. Met behulp van de doorlatendheidsmetingen wordt de doorlatendheid van de mijnsteen (m/s) bepaald.

#### 3.2.1. Meetprincipe

De volgende meetprocedure is gevolgd:

1. In het gat (500x500 mm) wordt een stalen infiltratiebak direct op de mijnsteen geplaatst. Om er voor te zorgen dat de bak echt op de mijnsteen rust, wordt het eventueel nog aanwezige filtermateriaal zorgvuldig verwijderd.
2. Om te voorkomen dat er nog water onder de randen van de infiltratiebak kan wegstromen, zijn de randen afgedicht met slecht doorlatende klei.
3. De infiltratiebak wordt gevuld met water.
4. Het waterstandsverloop in de bak wordt zorgvuldig gevolgd, zie figuur 3.4.

Dijkpaal 30.5



Figuur 3.4 Doorlatendheidsmeting dijkpaal 30.5

- Na een korte periode zal de relatie tijd – waterstand een rechtlijnig verband worden. Door het bepalen van de richtingscoëfficiënt wordt de doorlatendheid in m/s bepaald.

3.2.2. Resultaten

Uiteindelijk zijn er op een veertiental locaties verdeeld over het talud doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.3.

Dijkpaal	Blokkenrij koperslakblokken (-)	vanaf Doorlatendheid (m/s)	Statistiek
15	15	$1,18 \cdot 10^{-3}$	Gemiddelde = $9,99 \cdot 10^{-4}$ (m/s) Standaardafwijking = $4,31 \cdot 10^{-4}$ (m/s)
16	13	$1,14 \cdot 10^{-3}$	
17	10	$1,43 \cdot 10^{-3}$	
18	15	$7,35 \cdot 10^{-4}$	
19	13	$6,67 \cdot 10^{-4}$	
20	10	$3,53 \cdot 10^{-4}$	
21	15	$1,52 \cdot 10^{-3}$	
30.5	14	$1,29 \cdot 10^{-3}$	
29.5	12	$9,30 \cdot 10^{-4}$	
28.5	9	$2,36 \cdot 10^{-4}$	
27.5	14	$6,12 \cdot 10^{-4}$	
26.5	15	$1,75 \cdot 10^{-3}$	
25.5	9	$1,50 \cdot 10^{-3}$	
24	15	$6,41 \cdot 10^{-4}$	

**Ontwerp dijkbekleding  
waterbouwasfaltbeton op mijnsteen  
Paviljoenpolder**

---

Geconcludeerd kan worden dat de mijnsteen als redelijk goed doorlatend kan worden beschouwd.

#### 4. DIMENSIONERING

De belastingen waarop een dijkbekleding van waterbouwasfaltbeton moet worden gedimensioneerd zijn golfbelastingen en wateroverdrukken.

##### 4.1. Dimensionering op wateroverdrukken

De waterbouwasfaltbetonbekleding ligt deels in de zone waarin wateroverdrukken kunnen optreden en moet hierop worden gedimensioneerd. De volgende uitgangspunten zijn hierbij aangehouden:

- Onderkant asfaltbetonbekleding: 3,0 m + N.A.P.
- Ontwerppeil: 6,75 m + N.A.P.
- Taludhelling 1:3,5
- Soortelijk gewicht waterbouwasfaltbeton 2200 kg/m<sup>3</sup>

De volgende ontwerpregel wordt aangehouden (uit De Loeff, 1999).

$$d = 0,21 \cdot Q_n \cdot z \cdot \left( \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w} \right) \cdot R_w \quad (1)$$

Hierin is:

d benodigde laagdikte (m)

$Q_n$  factor, afhankelijk van de taludhelling (-) (= 1,01)

z de verticaal gemeten afstand van de maatgevende grondwaterstand tot de onderkant van de gesloten bekleding (m)

$\rho_w$  dichtheid water (kg/m<sup>3</sup>) (= 1000 kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_a$  dichtheid bekleding (kg/m<sup>3</sup>) (= 2200 kg/m<sup>3</sup>)

$R_w$  reductiefactor in verband met de ligging van de buitenwaterstand (= 1,0)

De maatgevende grondwaterstand is gelegen midden tussen de gemiddelde waterstand en het ontwerppeil. De gemiddelde waterstand is op 0 m + N.A.P. aangehouden. Dit resulteert in een grondwaterstand van 3,38 m + N.A.P. Hieruit volgt  $z = 0,38$  m.

Invulling van de bovenstaande gegevens levert de volgende waarde op voor de benodigde laagdikte in de wateroverdrukkenzone:  $d = 0,07$  m.

##### 4.2. Dimensionering op golfklappen

Een asfaltbekleding op een waterkering moet bestand zijn tegen golfklappen veroorzaakt door wind en schepen. Maatgevend voor de dimensionering is de 'superstorm'.

##### 4.2.1. Hydraulische randvoorwaarden

Door het Projectbureau Zeeweringen zijn de hydraulische randvoorwaarden ter beschikking gesteld. Het betreffende dijkvak kan worden opgedeeld in 3 vakken, te weten:

**Ontwerp dijkbekleding**  
**waterbouwasfaltbeton op mijnsteen**  
**Paviljoenpolder**

- RV1 (loopt van dijkpaal 0 tot 21)
- RV2 (loopt van dijkpaal 21 tot 29)
- RV3 (loopt van dijkpaal 29 tot 43)

Tabel 4.1 Significante golfhoogten en periode

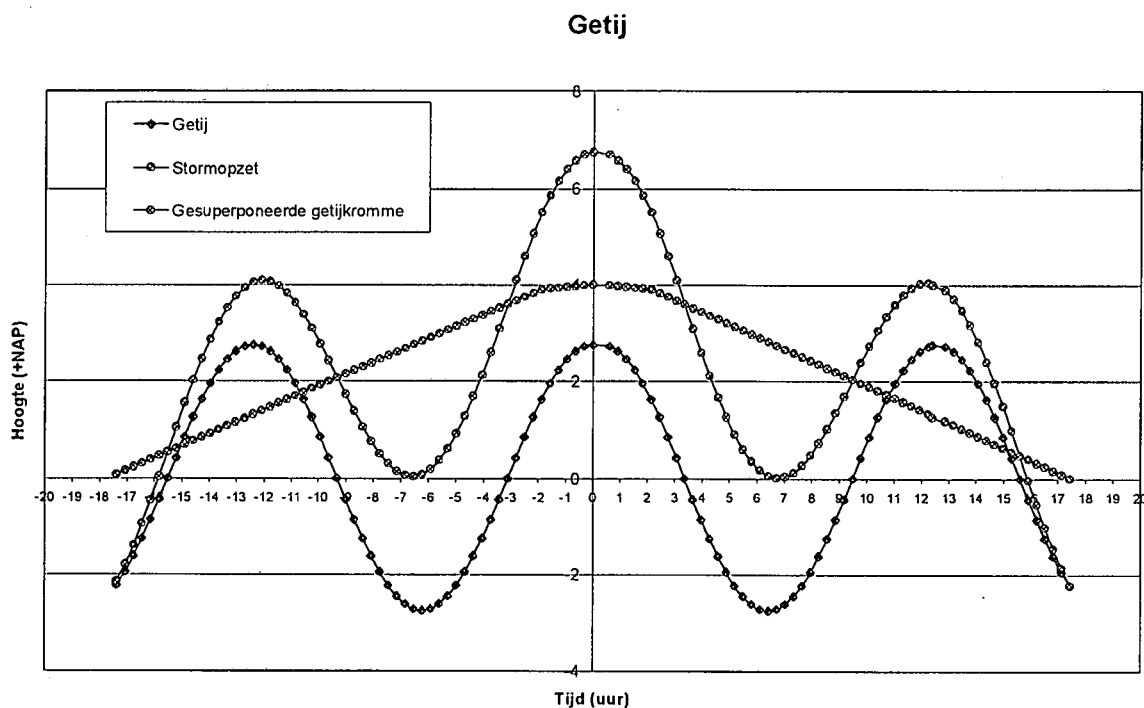
Waterstand (+NAP)	$H_s$ (m)			$T_p$ (sec)		
	2m	4m	6m	2m	4m	6m
RV1	0,8	1,5	1,9	5,0	5,6	5,9
RV2	1,1	1,6	2,0	4,8	5,5	5,8
RV3	1,3	1,6	1,9	5,2	5,4	5,6

Het ontwerppeil is 6,75 m en het GHW is 2,75 m.

Voor  $H_s$  is een waarde van 2,1 m aangehouden voor  $T_p$  een waarde van 5,9 sec.

Met  $T_{gem} = T_p/1,21$  komt de gemiddelde periode op 4,9 sec.

De stormduur is 35 uur. Met behulp van het ontwerppeil, het GHW en de stormduur is de gesuperponeerde getijkromme bepaald, zie figuur 4.1.



Figuur 4.1 Getijkromme

Uit de kromme is op te maken dat het talud tussen 0 m +NAP en 4,1 m + NAP het zwaarst wordt belast. Dit taluddeel wordt tijdens de storm 26 uur belast.

De intervalgrenzen van de stootfactor zijn 2,0 en 6,0. Een Rayleigh-verdeling is toegepast. De standaard kansdichtheid van de golfklappen is gebruikt.

#### 4.2.2.        **Materiaalparameters**

Voor het asfalt en de ondergrond (mijnsteen en onderlaag) zijn de volgende materiaalkarakteristieken aangehouden:

*Asfalt*

$$E = 10.000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,35$$

$$\log k = 4,9$$

$$a = -4,2$$

*Ondergrond*

$$c = 40,0 \text{ (MPa/m)}$$

#### 4.2.3.        **Resultaten**

Gegeven de randvoorwaarden is met het programma GOLFKLAP de minimaal toe te passen laagdikte bepaald. Bij een laagdikte van 70 mm wordt een Minersom bereikt kleiner dan 1,0. Op basis van vermoeding zal een minimale laagdikte van 70 mm moeten worden toegepast. Uit uitvoeringstechnische overwegingen is een grotere laagdikte aan te bevelen. Geadviseerd wordt een laagdikte van 150 mm aan te brengen direct op de mijnsteen.

## 5. ADVIES EN DETAILLERING

### 5.1. De ondergrond

Het filter van grind dient uit de constructie te worden verwijderd. De doorlatendheid van de mijnsteen is ca.  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s. Als de asfaltbetonbekleding hier direct op wordt aangelegd is schade aan de bekleding ten gevolge van wateroverdrukken niet uit te sluiten. Om de doorlatendheid te verminderen, wordt geadviseerd om de mijnsteen te verdichten door middel van een trilrol voordat het asfaltbeton wordt aangebracht. De doorlatendheid van de mijnsteen kan worden gecontroleerd en dient kleiner te zijn dan  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Geadviseerd wordt om dit onderzoek en de doorlatendheidseis in het bestek te plaatsen. De doorlatendheid van mijnsteen neemt aanzienlijk af met een toenemende verdichtingsgraad. De doorlatendheidseis kan ook worden vervangen door een bestekseis voor de verdichtingsgraad van de mijnsteen.

### 5.2. De asfaltbekleding

Voor het dwarsprofiel wordt verwezen naar bijlage I. Om uitvoeringstechnische redenen wordt geadviseerd om 150 mm waterbouwasfaltbeton direct op de mijnsteen aan te brengen. Behalve de betonblokken moet ook de filterlaag worden verwijderd. Waar nodig zal de mijnsteen moeten worden uitgevuld met zand of betonpuin 0/40 mm. Ter plaatse van de onderhoudsstrook (breed 3,0 m) zal het waterbouwasfalt 60 mm moeten worden ingefreesd over een lengte van 150 mm. De onderhoudsstrook wordt voorzien van 60 mm GAB. De onderhoudsstrook wordt aangebracht op 400 mm HO-slakken 0/40.

### 5.3. Aansluiting op bekleding van betonzuilen

Voor het dwarsprofiel wordt verwezen naar bijlage I. De waterbouwasfaltbetonbekleding sluit aan op een bekleding van betonzuilen. Deze betonzuilen worden aangebracht op 100 mm steenslag op een warmtebestendig geotextiel type 1. Dit geotextiel loopt minimaal 1,0 m onder de waterbouwasfaltbetonbekleding door. De aansluitende waterbouwasfaltbetonbekleding heeft een variabele dikte over een lengte van 1,50 m als verzwaring. Een betonnen opsluitband tussen asfalt en betonzuilen wordt niet geadviseerd.

### 5.4. Aansluiting op aanliggende bekleding

Voor het lengteprofiel wordt verwezen naar bijlage I. De waterbouwasfaltbetonbekleding sluit aan op een bekleding van betonblokken (500x500 mm). Deze betonblokken liggen op een laag van 100 mm steenslag op een warmtebestendig geotextiel type 1. Dit geotextiel loopt minimaal 1,0 m onder de waterbouwasfaltbetonbekleding door. De waterbouwasfaltbetonbekleding kan direct (dus zonder opsluitband) op de aanliggende bekledingen worden aangesloten. De aansluitende waterbouwasfaltbetonbekleding heeft een variabele dikte over een lengte van 1,50 m als verzwaring.



6. ONTWERPGRAFIEK

Het programma GOLFKLAP is gebruikt om de minimaal toe te passen bekledingsdikte van waterbouwasfaltbeton te bepalen bij verschillende significante golfhoogten en taludhellingen. Er zijn drie soorten ondergrond toegepast:

- Klei;  $c = 30 \text{ MPa/m}$
- Zand;  $c = 100 \text{ MPa/m}$
- Mijnsteen;  $c = 40 \text{ MPa/m}$

De volgende randvoorwaarden zijn aangehouden:

- Stormduur = 17 uur;
- Tijverschil = 0,5 m;
- Asphalt:  $E = 10.000 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $\log k = 4,9$ ,  $a = -4,2$
- $T_{\text{gem}} = 3,5\sqrt{H_s}$ .
- De invloed van het voorland is uitgeschakeld.

De resultaten zijn weergegeven in bijlage II.

7. LITERATUURLIJST

1. ing. S. Daha, ir. E.H. Ebbens, R.J.G. van Etten, J. Venema  
Onderzoek mijnsteenkaden op het werkeiland Noordland  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en  
Waterbouwkunde, 1985
2. ing. G.J. van der Laan  
De toepasbaarheid van mijnsteen in de waterbouw, vierde versie  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, deltadienst werkgroep keuring  
bouwstoffen voor de waterbouw, 1983
3. A.M.H. Buitenrust Hetteema  
Benodigde waterdoorlatendheid kunststoffilter voor het kanaal door Zuid-beveland  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en  
Waterbouwkunde, 1991.
4. ir. M. Vries  
Samenvatting literatuur mijnsteen  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en  
Waterbouwkunde, 1989.
5. Mijnsteen  
DWW-wijzer nummer 20-1997. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-  
Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1997 Ministerie van  
Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1991.

8. BIJLAGEN

Bijlage I : Ontwerptekeningen

Bijlage II : Ontwerpgrafieken

# **Bijlage I**

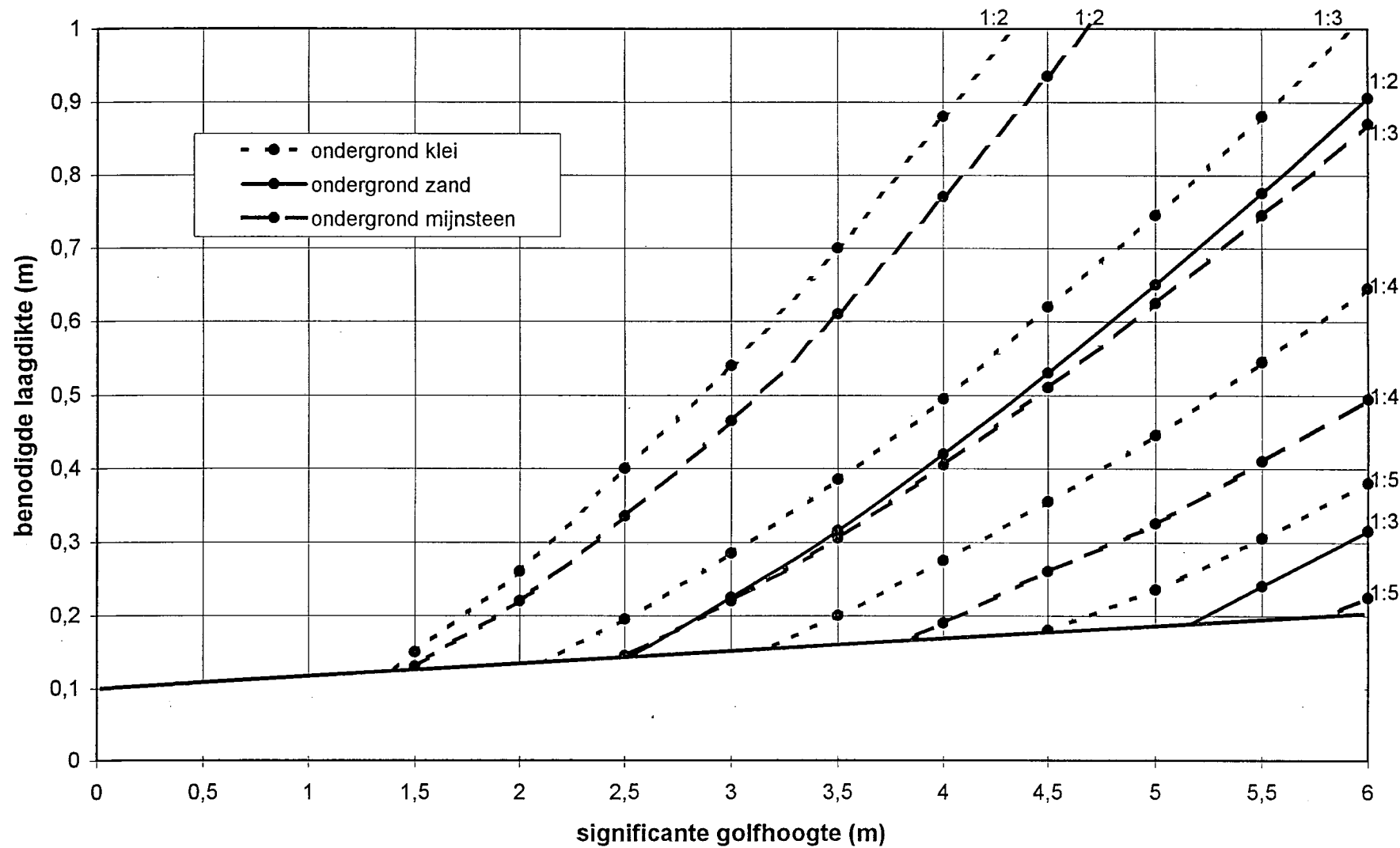
Ontwerptekeningen

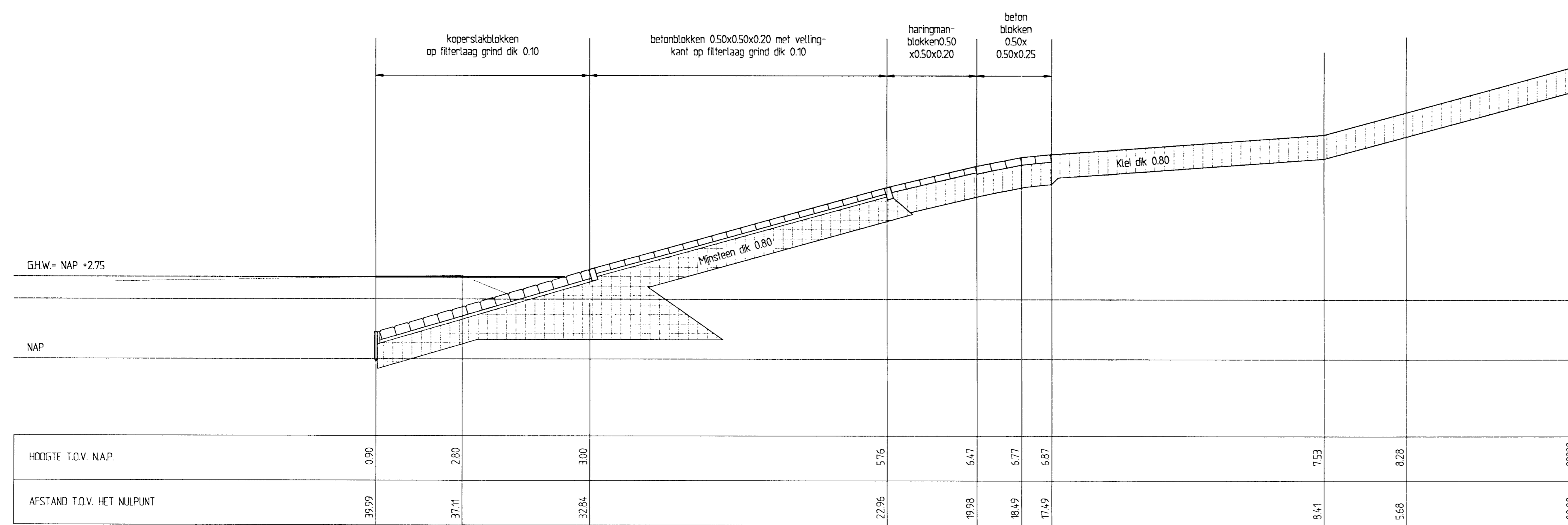


## **Bijlage II**

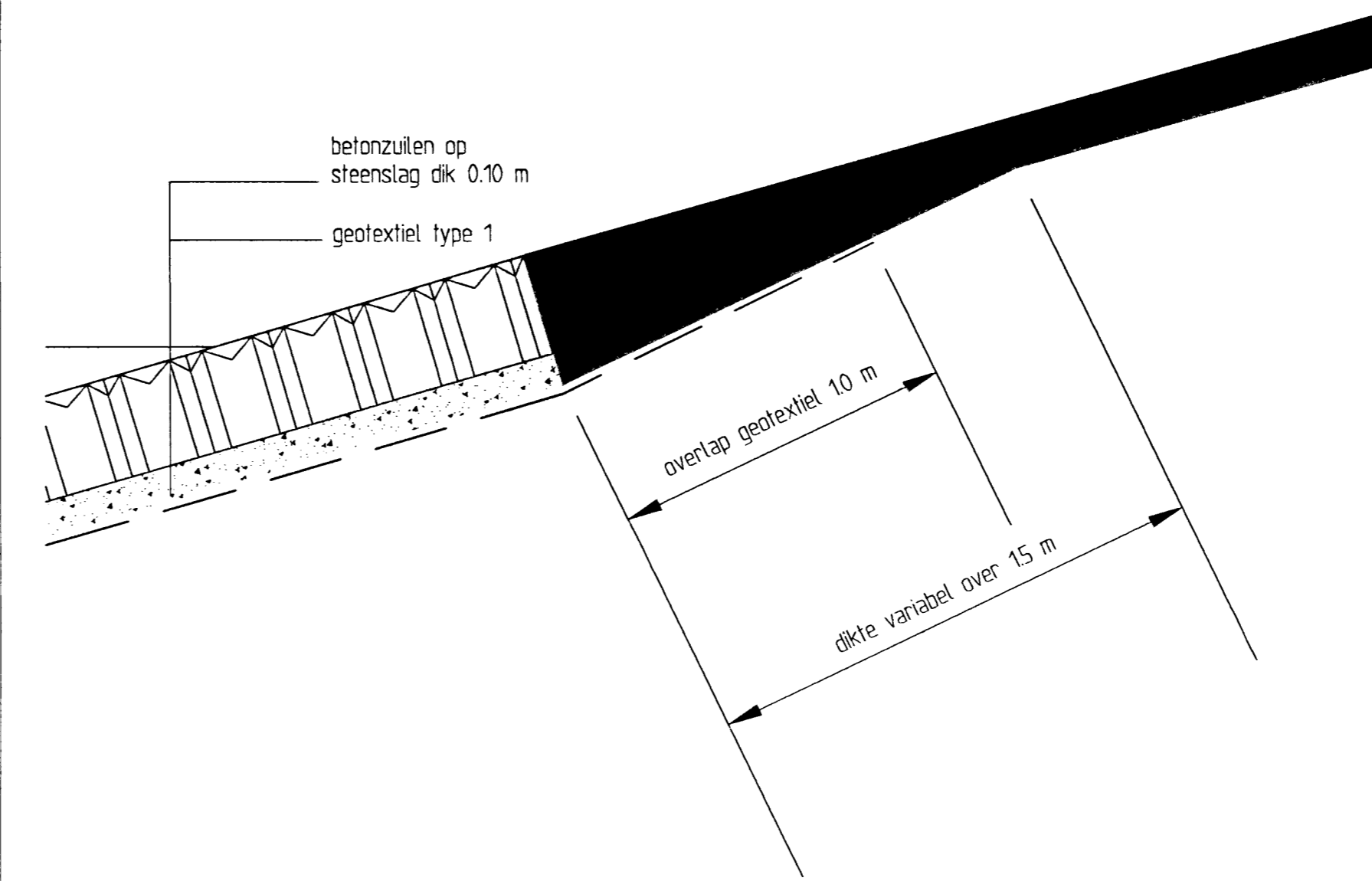
Ontwerpgrafiek

### Waterbouwasfaltbeton

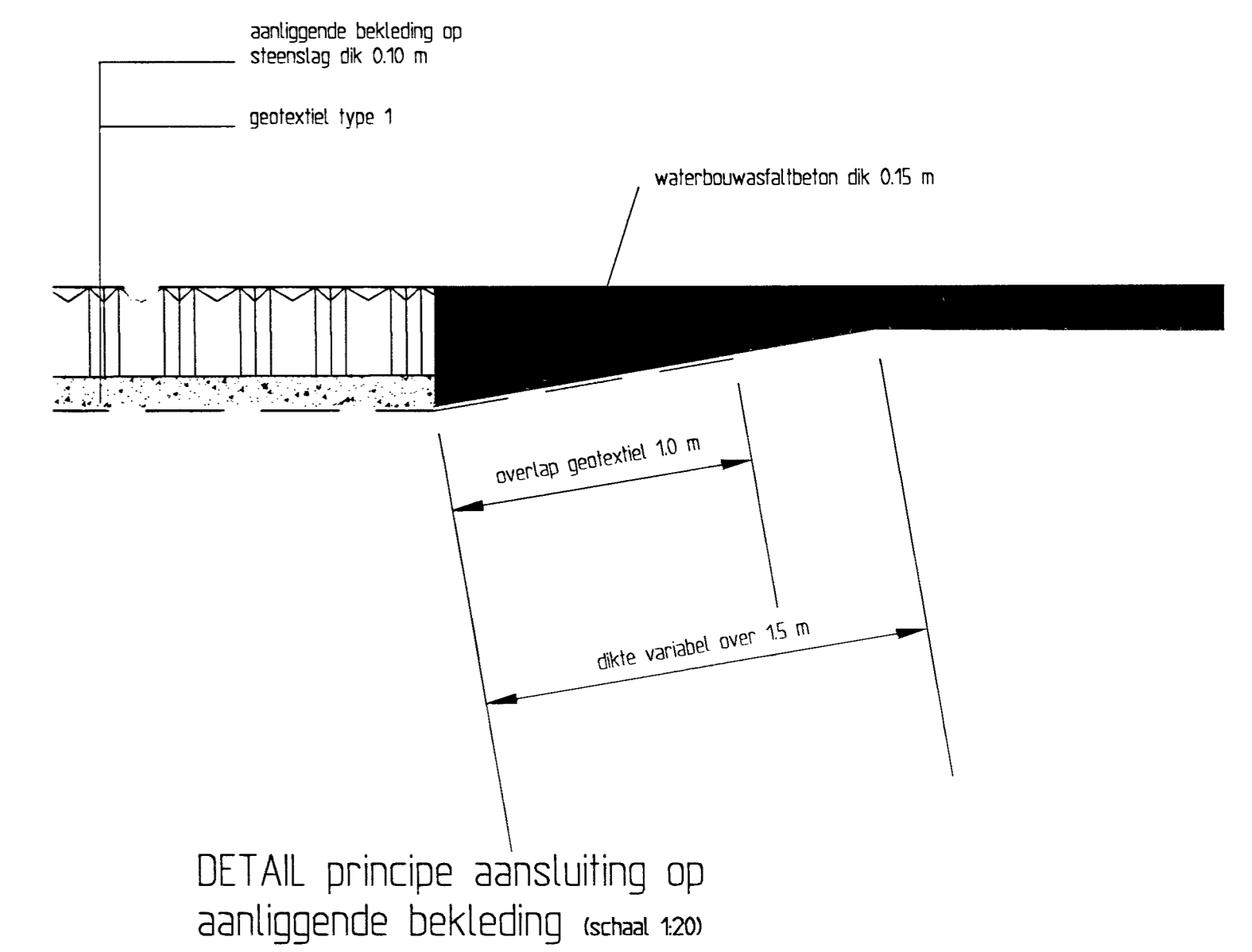




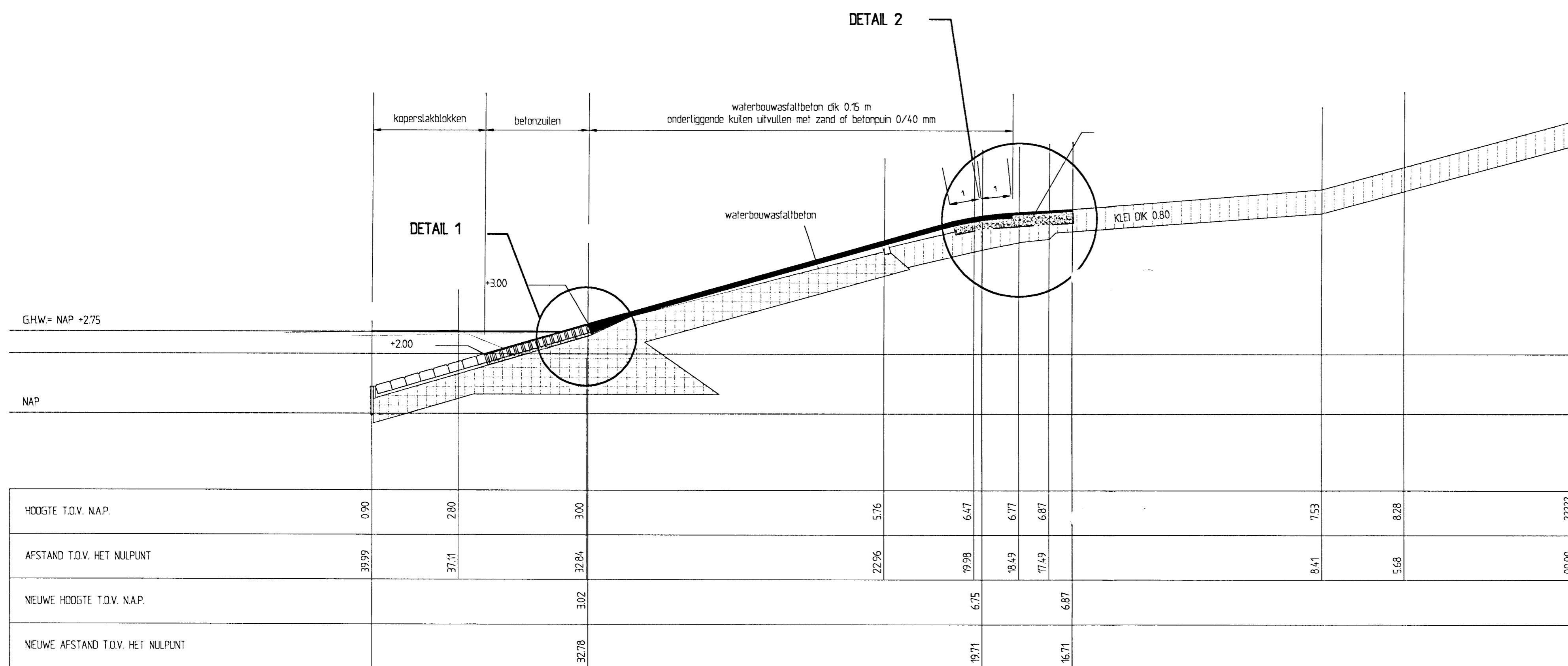
DWARSPROFIEL 2 BESTAAND (schaal 1:100)



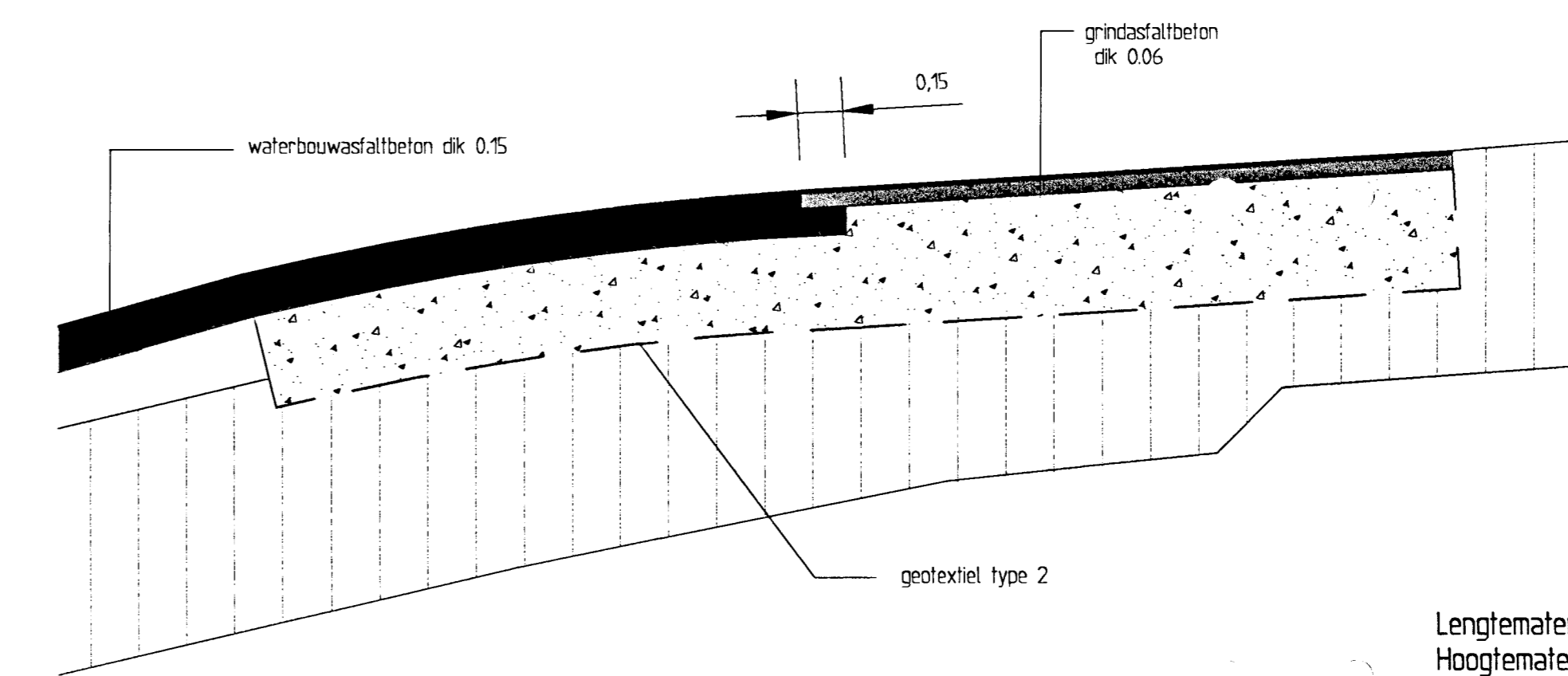
DETAIL 1 (schaal 120)



DETAIL principe aansluiting op  
aantiggende bekleding (schaal 120)



DWARSPROFIEL 2 GLOBAAL VOORLOPIG ONTWERP (schaal 1:100)



DETAIL 2 (schaal 120)

Langtematen in meters  
Hoogtematen in meters t.o.v. NAP

Z.	19-10-00	aanpassing dwarsprofiel	
T.	18-09-00	wijziging lettertypen en aanpassingen	
Wfz.	datum	omschrijving	paraaf

werk	Dijkverbetering Paviljoenpolder	get.	DZa
betreft	Voorlopig ontwerp	gekont.	Ala
onderdeel	Asfaltbetonbekleding	datum	03-07-2000
		schaal	zie tekening

