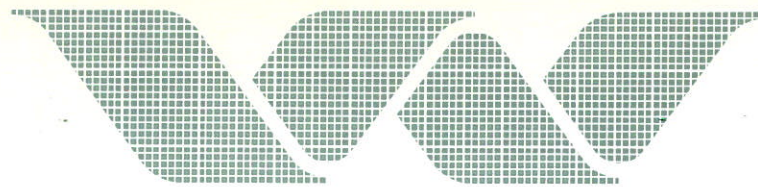


R0460



waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en konstruktie sluitgaten

WL 8-72

interne stabiliteit en zanddichtheid van de
drempelconstructie onder verval

verslag modelonderzoek

R 460

december 1976

	bibliotheek Postbus 177 - 2600 MH Delft waterloophydrologisch laboratorium/WL
BB	64433
WL	R 0460
EXPL	WL Delft Hydraulics



C 147725

stormvloedkering Oosterschelde

werkgroep 8

vormgeving en constructie sluitgaten

WL8-72

interne stabiliteit en zanddichtheid van de
drempelconstructie onder verval

verslag modelonderzoek

R 460

december 1976

Voorwoord

Voor de uitvoering van de studie naar de realiseerbaarheid, de kosten en de benodigde bouwtijd ten behoeve van een stormvloedkering in de Oosterschelde werd door Rijkswaterstaat een project-organisatie in het leven geroepen met een groot aantal werkgroepen.

Het bijgaande verslag is een onderdeel van een serie verslagen, die tot stand is gekomen in het kader van de werkzaamheden van Werkgroep 8: Vormgeving en constructie sluitgaten. Om snel over verspreidbare informatie te beschikken over de vorderingen van de onderzoekingen in het Waterloopkundig Laboratorium werd besloten veelvuldig tussentijds schriftelijk te rapporteren. In verband hiermee is de uitvoering van deze verslagen enigszins afwijkend van de uitvoering onder normale omstandigheden. Na afloop van de studie werd het niet nodig geoordeeld om tot wijzigingen van de opzet over te gaan, mede doordat de resultaten van het waterloopkundig onderzoek zijn samengevat in het door Rijkswaterstaat uitgebrachte verslag: Onderzoek naar de mogelijkheid van de afsluiting van de Oosterschelde met een gedeeltelijk geprefabriceerde stormvloedkering, Deelverslag no. 2: Hydraulische aspecten.

Lijst van in het kader van Werkgroep 8 uitgebrachte verslagen

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-1	M1001	Lengteprofiel caissondrempels.
WL8-2	M1000	Damaanzet Schouwen.
WL8-3	M1001	Ontgrondingen Roompot situatie III-c.
WL8-4	M863 ^B	Aanzethellingen.
WL8-5	M1000	Plaatsen van de caissons.
WL8-6	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-7	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam waarvan de roosters nog niet zijn geplaatst.
WL8-8	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie met beperkte horizontale vernauwing.
WL8-9	M1000	Onderzoek invloed doorbaggeren Hompels op stroombeeld langs de oever van damaanzet Noord-Beveland.
WL8-10	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-11	M1244	Opbouw wintersluitgatsdrempel.
WL8-12	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal varianten van de stormvloedkerende caissondam met roosters.
WL8-13	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Roompot, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-14	M1001	Ontgrondingsonderzoek in de Schaar, invloed horizontale en verticale vernauwingen.
WL8-15	M1001	Ontgrondingsonderzoek wintersluitgatsfase Roompot, situaties 1-a en 2 ^A -a met verlaagde drempel.
WL8-16	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel.
WL8-17	M1001	Verlenging bodembescherming.
WL8-18	M1000	Randvoorwaarden wintersluitgatsituatie waarbij het doorstroomprofiel is aangepast aan de huidige bodemconfiguratie.
WL8-19	M1000	Stroomsnelheid ter plaatse van de laatst te plaatsen caisson bij caissons met bovenbak.
WL8-20	M1001	Ontgrondingen tijdens caissonplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-21	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de caissonplaatsing.
WL8-22	M1001	Ontwerp maximale horizontale vernauwingen, ontgrondingen eindfase in de Roompot.
WL8-23	M1001	Toetsing berekeningsmethode verlenging bodembescherming.
WL8-24	M1000	Randvoorwaarden bij een aantal fasen van de roosterplaatsing.
WL8-25	M1001	Ontgrondingen tijdens roosterplaatsingen in de Schaar en de Hammen.

<u>CODE</u>	<u>MODEL</u>	<u>TITEL</u>
WL8-44	M1385	Ontgrondingen bij de putten van de pijleroplossing.
WL8-45	R 460	Invloed van een geleidelijk in hoeveelheid afnemende bestorting benedenstrooms van een bodemverdediging op de vorming van de ontgrondingskuil.
WL8-46	M1001	Invloed geleidedam Noord-Beveland en landhoofdcaissons op de ontgrondingen in de Roompot.
WL8-47	M1000	Randvoorwaarden bij de wintersluitgatsituatie van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-48	M1000	Randvoorwaarden bij een plaatsingsfase van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-49	M1000	Plaatsingstijd caissons.
WL8-50	M1001	Ontgrondingsonderzoek pijlerplaatsingen in de Schaar en de Hammen.
WL8-51	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten samengetrokken en niet-samengetrokken caissons voor de brievenbusoplossing.
WL8-52	M1382	Bepaling afvoercoëfficiënten pijleroplossing.
WL8-53	M1000	Voorspelling verandering in bodemligging ten gevolge van aanpassing damkoppen.
WL8-54	M1000	Randvoorwaarden bij een tweetal eindfasen van de vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-55	M1001	Stroomverdeling en ontgrondingsonderzoek vernauwde brievenbusoplossing.
WL8-56	M1324	Stabiliteit zij-aanstortingen caissons tijdens superstorm-omstandigheden.
WL8-57	M1324/ M1329	Stabiliteit stortebed en drempel bij het sluiten van hefschuiven in caissons (oriënterend onderzoek).
WL8-58	M1000	Randvoorwaarden bij een bouwfase van de pijlers op putten.
WL8-59	M1402	Ontgrondingen rond putten bij gedeeltelijk verdedigde bodem.
WL8-60	M1324	Stroombeelden bij enige dorpelvormen voor de toestand van weigerende schuif bij de oplossing pijlers op putten.
WL8-61	M1001	Stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek bij een weigerende schuif in de Roompot
WL8-62	M1329	Geconstateerde dwarsslingering bij onderzoek naar de bouwfase van pijlers op putten.
WL8-63	M1329	Stabiliteit drempelmateriaal tijdens bouwfase van pijlers op putten.
WL8-64	M1324	Stabiliteit stortebed en drempel van de pijleroplossing bij een weigerende schuif.

INHOUD

	blz.
<u>1 Algemeen</u>	1
<u>2 Interne stabiliteit van de drempelconstructie</u>	2
2.1 Opzet van het onderzoek	2
2.2 Resultaten van het onderzoek	2
<u>3 Zanddichtheid van de drempelconstructie</u>	3
3.1 Opzet van het onderzoek	3
3.2 Resultaten van het onderzoek	4
<u>4 Conclusies</u>	8

Literatuur

FIGUREN

- 1 Overzicht stroomgoot te Lith

Proef 75-10

- 2 Overzicht proefopstelling
- 3 Schema vervalinstelling en filtersnelheden in stortsteen 60-300 kg
- 4 Verhanglijnen scheidingsvlak stortsteen-fosforslakken

Proeven 75-11, 75-12, 75-13

- 5 Overzicht proefopstelling
- 6 Zeefkromme wadzand
- 7 Uitzeving fosforslakken bij strooien in stromend water
- 8 Zeefkromme fosforslakken
- 9 Zeefkrommen grind

Proef 75-11

- 10 Schema vervalinstelling
- 11 Drukverloop onder caisson; extra aanvoer via drainage
- 12 Drukverloop onder caisson; drainage-systeem gesloten
- 13 Drukverloop onder caisson; extra afvoer via drainage
- 14 Verhanglijnen
- 15 Drukvariaties onder caisson tengevolge van golfbeweging
- 16 Golf- en drukhoogteregestraties

Proef 75-12

- 17 Schema vervalinstelling
- 18 Drukverloop onder caisson
- 19 Verhanglijnen
- 20 Drukvariaties onder caisson tengevolge van golfbeweging

Proef 75-13

- 21 Schema vervalinstelling
- 22 Drukverloop onder caisson
- 23 Verhanglijnen
- 24 Drukvariaties onder caisson tengevolge van golfbeweging

1 Algemeen

In de stroomgoot bij de stuw te Lith werd in de maanden juli tot en met oktober naar aanleiding van een aantal vragen, voortkomende uit de vergadering van werkgroep 8 dd. 12 juni 1975, een onderzoek uitgevoerd naar de stabiliteit van een drempelconstructie. Het onderzoek was in eerste instantie gericht op de interne stabiliteit van de in de drempel toe te passen filterlagen. Daarna werden drie proeven uitgevoerd ter bepaling van de zanddichtheid van de drempel.

Voor een overzicht van de stroomgoot te Lith wordt verwezen naar figuur 1.

2 Interne stabiliteit van de drempelconstructie

2.1 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek had tot doel na te gaan of de in het drempelontwerp aangebrachte laag stortsteen (10-60 kg) noodzakelijk was als extra filterlaag tussen een laag fosforslakken en een laag stortsteen (60-300 kg) of dat de laag stortsteen (60-300 kg) zelf als filter voor de fosforslakken kon fungeren bij de maximaal te verwachten verhangen.

Hiertoe werd in de stroomgoot een laag fosforslakken afgestort met een laag stortsteen (60-300 kg). De laagdikte van de stortsteen bedroeg ca. 1 m. De laag fosforslakken bestond uit ongezeefd materiaal, dus inclusief de fijne fracties. Deze fijne fracties werden gehandhaafd, omdat deze het eerst getransporteerd zouden worden en dus bepalend waren voor het verlies van stabiliteit.

Op de stortsteen werd een caisson geplaatst, bestaande uit een verticaal en een horizontaal afdichtingsschot dat geballast werd met betonblokken. De afdichting langs de wanden werd gerealiseerd door middel van luchtbanden, waardoor bij zetting of zakking van het onderliggende materiaal ook de caisson mee kon zakken zonder dat daarbij de afdichting verloren ging.

Voor het meten van het drukverloop onder de caisson waren op verschillende niveau's slangaansluitingen aangebracht.

In figuur 2 is de opstelling in de goot weergegeven. De constructie werd

onder statische omstandigheden beproefd. Hierbij werd het verval over de caisson in stapjes opgevoerd door de benedenstroomse waterstand te laten zakken. Elk ingesteld verval werd gedurende ca. 45 minuten gehandhaafd (zie figuur 3). Tijdens deze periode werden de drukken in de verschillende niveau's gemeten. Met behulp van een zandvang achter in de stroomgoot en door een controle van de hoogteligging van de caisson werd nagegaan of er eventueel sprake was van een verlies van fosforslakken door de stortsteen.

2.2 Resultaten van het onderzoek

Er is bij het maximale verval, dat bij de proef kon worden ingesteld, geen stabiliteitsverlies van de onderzochte constructie opgetreden. Het maximaal instelbare verval bedroeg ca. 1,25 m, hetgeen bij een caissonlengte van 5 m overeenkomt met een gemiddeld verhang van $\frac{1,25}{5} \times 100 = 25\%$. Door een daling van het waterpeil in het bovenpand van de Maas bleek dit verhang na een uur tot ca. 20% te zijn afgenomen (zie figuur 3). In figuur 3 is tevens de gemiddelde poriesnelheid in de stortsteen 60-300 kg als functie van het verval weergegeven. Deze gemiddelde snelheid is berekend uit een snelheidsmeting in een bovenstrooms van de caisson gelegen raai op grond van de verhouding van het doorstroomprofiel in die raai en in de stortsteenlaag. Het verloop van de drukhoogten ter plaatse van het scheidingsvlak fosforslakken-stortsteen is voor de verschillende ingestelde vervallen weergegeven in figuur 4. Bij het maximale gemiddelde verhang van 25% treedt lokaal een maximaal verhang op van ca. 27%.

Het resultaat van deze proef wijkt af van de resultaten, die in [1] zijn weergegeven. Volgens figuur 2 van [1], waarin het kritieke verhang als functie van de verhouding $D_{50\text{filter}}/D_{50\text{basis}}$ wordt weergegeven, zou reeds bij een verhang van ca. 15% een begin van transport optreden. Vermoedelijk wordt dit verschil veroorzaakt door de duidelijk andere samenstelling van het basismateriaal. Door het inhomogene karakter van de fosforslakken zullen de grovere fracties het er tussen liggende fijne materiaal als het ware beschermen. Als maatgevende diameter van het basismateriaal zou daardoor een hogere waarde dan de D_{50} gekozen moeten worden.

3 Zanddichtheid van de drempelconstructie

3.1 Opzet van het onderzoek

De situatie van de onderzochte drempelconstructie is weergegeven in figuur 5. De D_{50} van het hiervoor gebruikte zand (wadzand) bedroeg ca. 130 μm (zie figuur 6). De bodemverdedigingsconstructie was opgebouwd uit drie lagen. Direct op het zandbed was een laag grind (ca. 5-30 mm) aangebracht van ca. 0,50 m dikte. Daar bovenop lagen de twee bij een blokkenmat toegepaste kunststoffilters bestaande uit een Typar-vlies (170 g/m^2) en een Robusta-mat (1200 g/m^2). Om uitvoeringstechnische redenen werd geen volledige blokkenmat gelegd. Deze matconstructie werd afgestort met een laag fosforslakken met een dikte van ca. 1 m.

Uit deze fosforslakken waren eerst de fijne fracties verwijderd door het materiaal in de goot in stromend water te storten. Het materiaal dat binnen een afstand van 5 m vanaf het stortpunt bleef liggen, werd voor de caissonproef gebruikt. In de goot was tijdens het storten een stroomsnelheid van ca. 1 m/s aanwezig. In figuur 7 is de D_{50} van een aantal uit de fosforslakken getrokken monsters weergegeven als functie van de afstand tot het stortpunt. Voor een zeefkromme gemaakt van een monster van ca. 2000 kg, van de voor de drempel toegepaste fosforslakken wordt verwezen naar figuur 8.

De totale dikte van de drempel was zodanig gekozen, dat het met de normale waterstanden in het bovenpand van de Maas mogelijk was een verval van ca. 1,25 m te bereiken, hetgeen bij een caissonlengte van 5 m overeenkwam met een verhang van ca. 25%. Hiervoor moest het zandbed ten opzichte van de betonrand enigszins verzonken worden aangebracht. Om het toetreden van water in het zand te vergemakkelijken werd daarom een drainagesysteem toegepast. Bij de drie uitgevoerde proeven werd alleen de samenstelling van het grind steeds gewijzigd (zie figuur 9). De verdere opbouw van de drempelconstructie bleef gelijk.

Het onderzoek naar de zanddichtheid van de drempelconstructie werd zowel onder statische als onder dynamische omstandigheden uitgevoerd.

Er werd begonnen het verval in stappen van ca. 0,25 m op te voeren. Elk verval werd gedurende een periode van ca. een half uur gehandhaafd. Tijdens deze periode werden in een groot aantal punten de drukhoogten gemeten. Hiervoor waren op verschillende niveau's slangaansluitingen aangebracht. Tevens werd onderzocht of er zandverlies had plaatsgevonden. Hiervoor waren op het scheidingsvlak grind-zand twee hevelslangen aangebracht, waarin een stroomsnelheid kon worden ingesteld ter grootte van de poriesnelheid van het water

in de grindlaag. Deze poriesnelheid kon met de doorlatendheidscoëfficiënt van het grind en het plaatselijk verval globaal berekend worden. Het water en het eventueel daarin getransporteerde zand werden in een emmer geleid, waarin het zand kon bezinken. Om het verlies van zanddichtheid te bepalen, was eveneens een beweegbare zandvang bekleed met zanddicht doek aanwezig. Ook werd regelmatig de hoogteligging van de caisson gecontroleerd met behulp van een waterpasmetering.

Na het bereiken van het maximale verval dat kon worden ingesteld, werd dit gedurende langere tijd constant gehouden.

Daarna werd de proef herhaald, waarbij door middel van het in de stroomgoot aanwezige golfschot een golf werd opgewekt met een hoogte van ca. 0,60 m en een periode van ca. 4,5 s. De golfhoogte werd gemeten met behulp van een golfhoogtemeter. In de drempelconstructie waren op 8 plaatsen dynamische waterspanningsmeters aanwezig voor het meten van de drukvariaties ten gevolge van de golfbeweging (zie figuur 5). De drukvariaties in de drempel konden simultaan geregistreerd worden. De golfhoogte voor de caisson werd afzonderlijk gemeten.

De waterspanningsmeters zijn in het bovenstroomse gedeelte aangebracht om na te gaan hoe de afname van de drukvariaties verliep. Het was moeilijk of niet realiseerbaar de drukken op de scheidingsvlakken te meten. Daar de druk-elementen zich onder in de waterspanningsmeters bevonden was de hoogte van de waterspanningsmeters (0,25 m) bepalend voor de ligging van de meetpunten onder de caisson en onder de mat.

3.2 Resultaten van het onderzoek

Proef 75-11

Bij proef 75-11 werd onder zowel statische als dynamische omstandigheden bij een maximaal instelbaar gemiddeld verhang van ca. 23,6% geen verlies van zanddichtheid geconstateerd.

Het toegepaste handelsgrind (5-30 mm) bleek vrij veel fijn materiaal te bezitten. Ca. 15% was kleiner dan 5 mm (zie figuur 9).

Het schema van de vervalinstelling staat weergegeven in figuur 10. In figuur 11 zijn bij het maximale gemiddelde verval dat kon worden ingesteld de drukhoogtes in de gemeten punten weergegeven. Via het drainagesysteem werd extra water vanuit het bovenpand in het zand geleid.

Ter vergelijking zijn in figuur 12 en 13 de drukhoogtes en equipotentiaallijnen weergegeven van twee situaties, waarin het drainagesysteem gesloten was en waarin via het drainagesysteem extra water werd afgevoerd. In het

laatste geval stond het drainagesysteem in open verbinding met het benedenpand. Tussen de drie situaties kwamen bij het scheidingsvlak grind-wadzand juist onder de benedenstroomse rand van de caisson vrij grote verschillen in verticale zin voor. Terwijl bij een gesloten drainagesysteem het verhang aldaar ca. 17% bedroeg, was dit bij een drainagesysteem dat in verbinding stond met het bovenpand (dus extra watertoevoer) ca. 60%. Was het systeem aangesloten op het benedenpand (dus extra waterafvoer), dan werd het verhang naar beneden gericht en bedroeg ca. 13%. Het verhang op het scheidingsvlak grind-wadzand bedroeg in horizontale richting in alle drie situaties ca. 10 à 12%. Dit plaatselijke verhang is ongeveer de helft van het gemiddelde verhang. Onder het gemiddelde verhang wordt verstaan het verschil in waterstand gedeeld door de lengte van de caisson. Dit relatief geringe plaatselijke verhang van 10 à 12% is voornamelijk toe te schrijven aan de aanwezigheid van de mat en het vlies op de grindlaag. De weerstand van deze twee kunststoffilters is zo groot, dat de drukopbouw in het grind en het zand er sterk door beïnvloed wordt (zie de figuren 11, 12, 13 en 14).

In figuur 15 zijn naast de golfhoogte aan de voorzijde van de caisson ook de drukvariatiën (verschil tussen de hoogste en de laagste druk) in een aantal punten onder de caisson weergegeven. Uit deze punten blijkt een duidelijke afname van de golfbeweging onder de caisson. De drukverschillen tengevolge van de golfbeweging aan de voorzijde van de caisson waren in een grindlaag ongeveer tot eenderde van de golfhoogte afgenomen.

Uit de simultaan geregistreerde drukschommelingen in de meetpunten B t/m I bleken in een aantal punten faseverschillen voor te komen (zie figuur 16). De verschillen waren over het algemeen zo gering, dat de extra momentane verhangen, die daardoor ontstonden, maximaal ca. 2 à 3% bedroegen.

Het is trouwens niet onmogelijk, dat de geregistreerde drukvariatiën enigszins beïnvloed werden door de drukvoortplanting via het drainagesysteem. De faseverschillen tussen de registraties zijn namelijk niet allemaal eenduidig. De waterstandsverschillen ten gevolge van de golfbeweging aan de voorzijde van de caisson (ca. 0,60 m) veroorzaakten verhangverschillen van ca. 12%. Bij een gemiddeld verhang van 23,8% kwamen verhangen voor van ca. 29,8 en 17,8%. Op het scheidingsvlak grind-wadzand bedroeg dit verschil ca. 7%, er vanuit gaande dat ter plaatse van de benedenstroomse rand van de caisson de drukschommeling verwaarloosbaar was. Ter plaatse van het scheidingsvlak varieerde daardoor het verhang van 8 tot 15%.

Volgens Publicatie 73 [1], waarin het kritieke verhang als functie van de verhouding $D_{\text{filter}}/D_{\text{basis}}$ wordt weergegeven, zou voor een verhouding 105 $(\frac{13,5 \cdot 10^{-3}}{0,130 \cdot 10^{-3}})$ het begin van transport op moeten treden bij een verhang van ca.

20% op het scheidingsvlak grind-wadzand. Het maximaal in de stroomgoot te Lith bereikbare verhang lag dus nog duidelijk beneden het kritieke verhang.

Proef 75-12

In verband met de tamelijk grote hoeveelheid fijn grind bij proef 75-11 werd bij proef 75-12 grind toegepast, dat voor 50% uit grind (7-20 mm) en voor 50% grind (20-30 mm) bestond. Voor een zeefanalyse wordt verwezen naar figuur 9.

Onder statische omstandigheden werd geen verlies van zanddichtheid geconstateerd. Het maximaal instelbare gemiddelde verhang bedroeg ca. 26%. Tengevolge van de waterstandsvariaties in de Maas varieerde ook het verhang enigszins gedurende de 18 uur dat het maximaal instelbare verhang was ingesteld (zie figuur 17).

In figuur 18 zijn de drukhoogten onder de caisson weergegeven tijdens het maximaal instelbare verhang. Het drainagesysteem zorgde voor een extra water-toevoer in het zandbed.

Tijdens het maximaal instelbare gemiddelde verhang van ca. 26% was het verhang op het scheidingsvlak grind-wadzand aanzienlijk geringer. Ter plaatse van de benedenstroomse rand van de caisson bedroeg het verhang ca. 12%. Evenals bij proef 75-11 moet deze sterke reductie worden toegeschreven aan de aanwezigheid van de mat en het vlies op de grindlaag.

Tijdens de daarop volgende fase, waarin in de goot een golf werd opgewekt met een hoogte van ca. 0,65 m en een periode van ca. 4,5 s werd na een stroomtijd van ca. 3 uur met het maximale verhang, dat kon worden ingesteld, een zakking van de caisson geconstateerd van gemiddeld ca. 0,20 m. Deze zakking, welke zich voornamelijk gedurende het laatste half uur manifesteerde, werd veroorzaakt door een breuk in het drainagesysteem tengevolge van de golfbeweging. De golfhoogte, alsmede de drukverschillen in de 8 meetpunten onder de caisson, welke reeds voordat de zakking optrad, werd gemeten, zijn weergegeven in figuur 20.

Het gemiddelde verhang varieerde tengevolge van de golfbeweging van 19,5% tot 32,5%. Op het scheidingsvlak grind-wadzand was dit ongeveer van 9% tot 15%. Ook bij proef 75-12 bleef het maximaal bereikbare verhang juist beneden het kritieke verhang, zoals dat staat aangegeven in Publicatie 73 [1]. Bij een verhouding $D_{\text{filter}}/D_{\text{basis}} = 150 \left(\frac{19,5 \cdot 10^{-3}}{0,130 \cdot 10^{-3}} \right)$ bedraagt het kritieke verhang ca. 15%.

Proef 75-13

Bij proef 75-13 werd grind (10-60 mm) toegepast. Voor een zeefanalyse wordt verwezen naar figuur 9. Onder statische omstandigheden bleek er geen verlies van zanddichtheid op te treden. Het maximale gemiddelde verhang dat bij de proef kon worden ingesteld bedroeg ca. 23%. Het werd gedurende ca. 28 uur gehandhaafd (zie figuur 21). Het verhang op het scheidingsvlak grind-wadzand ter plaatse van de benedenstroomse rand van de caisson bedroeg ca. 13% (zie de figuren 22, 23). Tijdens de gehele tijdsduur van de proef werd er via het drainagesysteem extra water in het zandbed gevoerd.

Tijdens de periode, waarin in de goot een golf werd opgewekt met een hoogte van ca. 0,60 m en een periode van ca. 4,5 s werd geen verlies van zanddichtheid geconstateerd. Na het ontgraven van het geheel bleek rond de drainagebuis en de slangen voor de drukmetingen enig zand in de grindlaag aanwezig te zijn. Dit moet evenwel worden toegeschreven aan een plaatselijke verstoring. Onder de caisson bleek het zandbed nog onaangetast. Ten gevolge van de golfbeweging varieerde het gemiddelde verhang van 17% tot 23%. Het verhang op het scheidingsvlak grind-wadzand ter plaatse van de benedenstroomse rand van de caisson varieerde daarbij van 10% tot 16%.

In figuur 24 zijn de golfhoogte aan de voorzijde van de caisson en de drukverschillen onder de caisson weergegeven.

Volgens Publicatie 73 [1] is het kritieke verhang voor een verhouding $D_{\text{filter}}/D_{\text{basis}} = 215 \left(\frac{28 \cdot 10^{-3}}{0,13 \cdot 10^{-3}} \right)$ ca. 9%.

Onder statische omstandigheden werd dit verhang reeds met 4% overschreden en onder dynamische omstandigheden werden maximale verhangen gemeten van 16%.

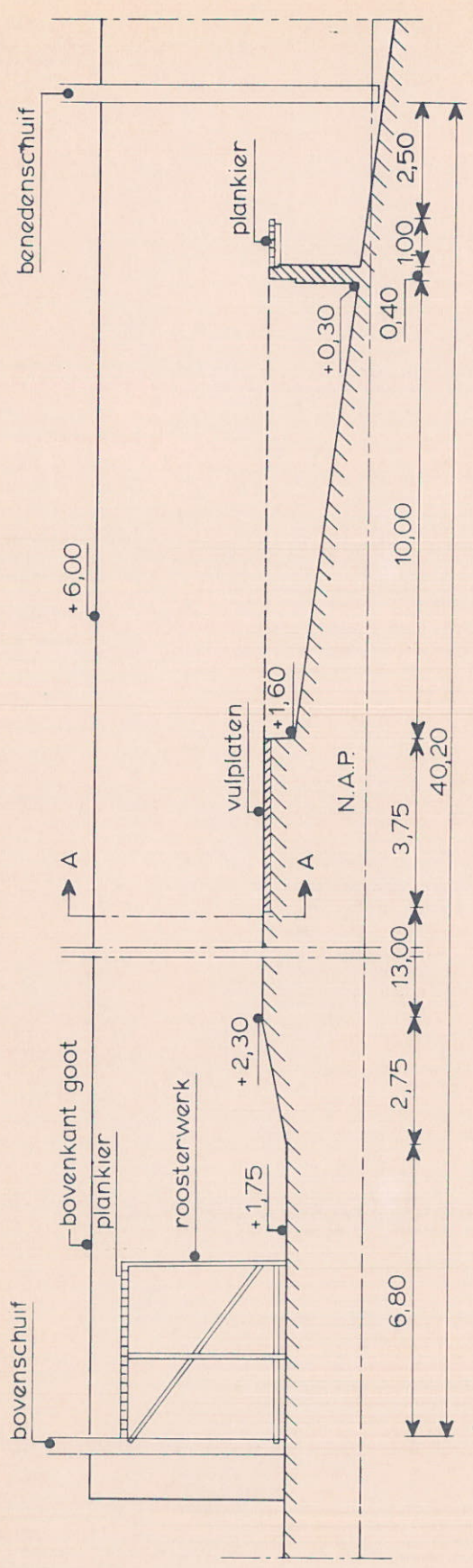
4 Conclusies

1. Onder de in de stroomgoot te Lith geldende omstandigheden is een laag (ongezeefde) fosforslakken, afgestort met stortsteen 60-300 kg, stabiel gebleken tot en met het maximale gemiddelde verhang van ca. 25%, dat kon worden ingesteld. In het scheidingsvlak tussen fosforslakken trad hierbij een maximaal verhang op van 27%.
2. Een drempelconstructie, opgebouwd uit respectievelijk grind (10-60 mm), een blokkenmat en uitgezeefde fosforslakken is zanddicht tot en met het maximaal instelbare verhang van 23%. Door de aanwezigheid van de blokkenmat in de drempelconstructie wordt het verhang in het scheidingsvlak grind-wadzand sterk gereduceerd. Bij een gemiddeld verhang van ca. 23% is het plaatselijk maximale verhang in het scheidingsvlak ca. 13%.
3. De invloed op de zanddichtheid van de golfbeweging wordt sterk gereduceerd door de grote afname van de drukvariaties in de drempelconstructie. Ter plaatse van het scheidingsvlak grind-wadzand is de drukvariatie ca. $\frac{1}{3}$ van de golfhoogte in de goot zelf. Bij geen van de drie proeven is tijdens het golven met een golfhoogte van ca. 0,60 m en een periode van ca. 4,5 s verlies van zanddichtheid geconstateerd.
4. De waterstandsvariatie tengevolge van de golfbeweging geeft relatief grote verschillen in het gemiddelde verhang door de geringe lengte van de caisson. Het gemiddelde verhang wordt namelijk gedefinieerd als de verhouding tussen het waterstandsverschil en de lengte van de caisson.
5. De invloed op de zanddichtheid van de drie toegepaste drainagesystemen bij proef 75-11 is niet goed na te gaan. Wel blijkt, dat bij extra wattertoevoer in het zandbed plaatselijk verhangen in verticale zin van ca. 60% kunnen voorkomen bij een gemiddeld (horizontaal) verhang van ca. 23,6%. Is het drainagesysteem gesloten dan is dit slechts ca. 17%.

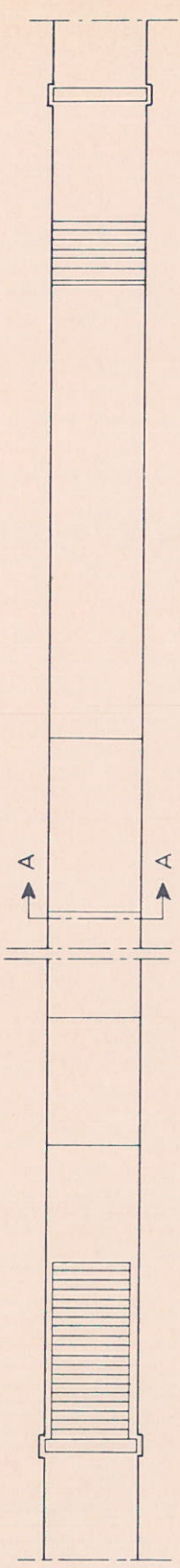
Het onderzoek vond plaats in de stroomgoot te Lith en stond onder leiding van ing. S. Maat, die ook dit verslag samenstelde.

LITERATUUR

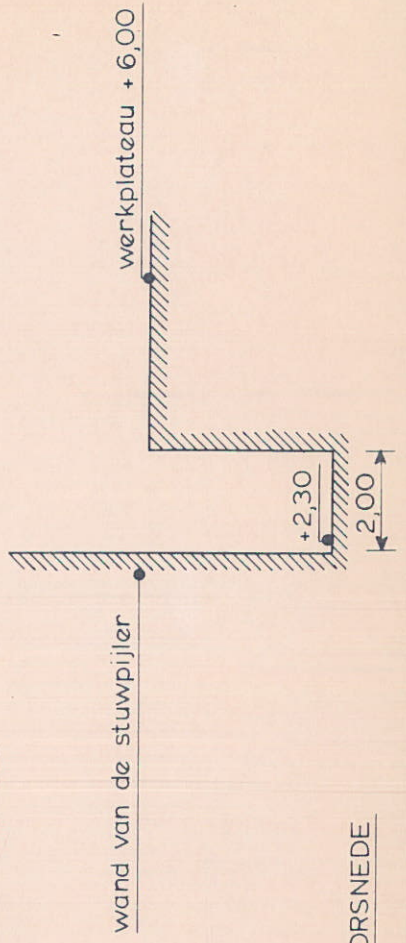
- [1] Delft Hydraulics Laboratory and Rijkswaterstaat
Some aspects of flow through and under hydraulic structures used for
closing estuaries
Publication no. 73, November 1969.



LENGTEDOORSNEDE



BOVENAANZICHT



DOORSNEDE

maten in m
hoogten in m tov. N.A.P.

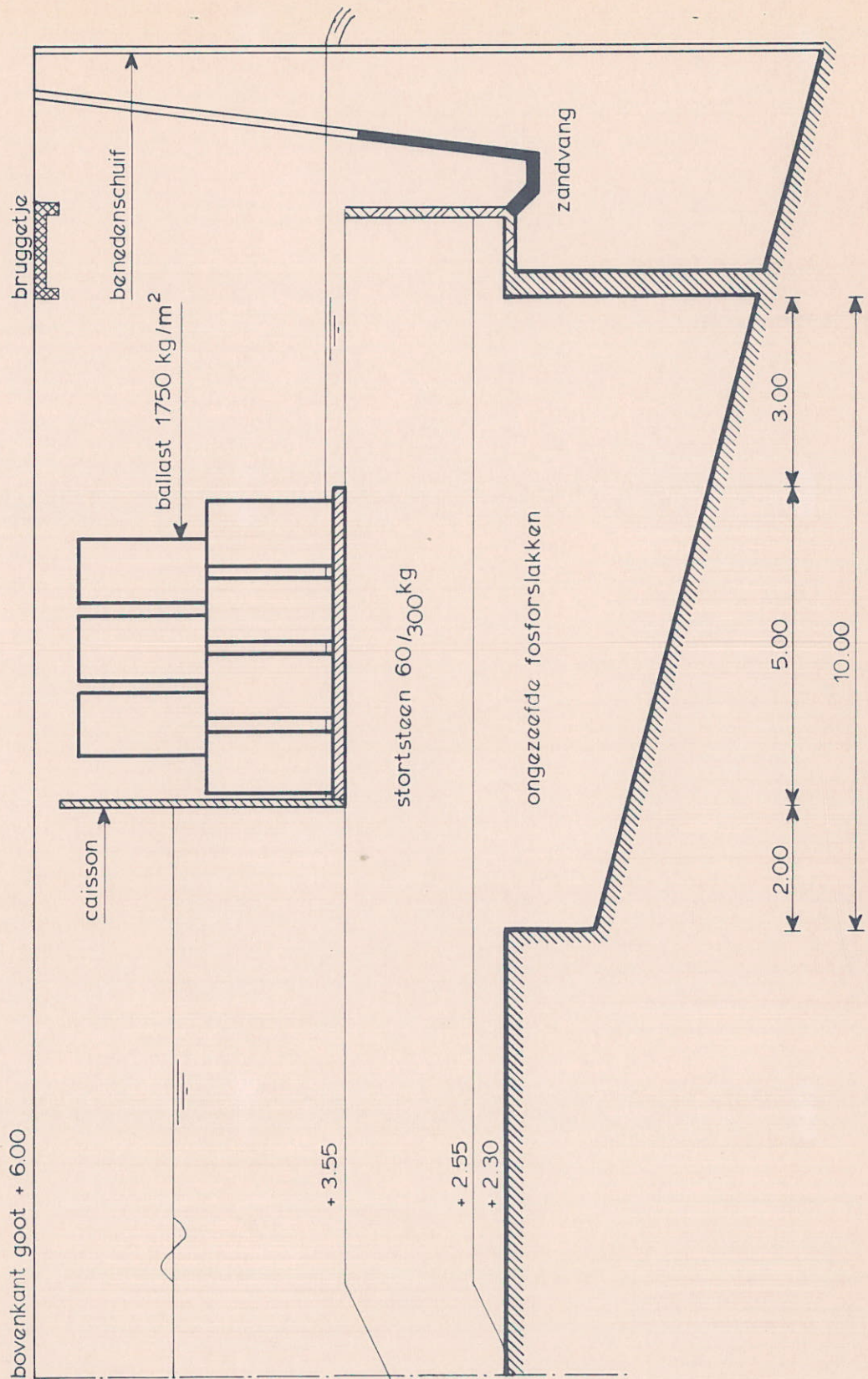
OVERZICHT STROOMGOOT TE LITH

SCHAAL 1:150

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 1



maten in m
 hoogten in m t.ov. N.A.P

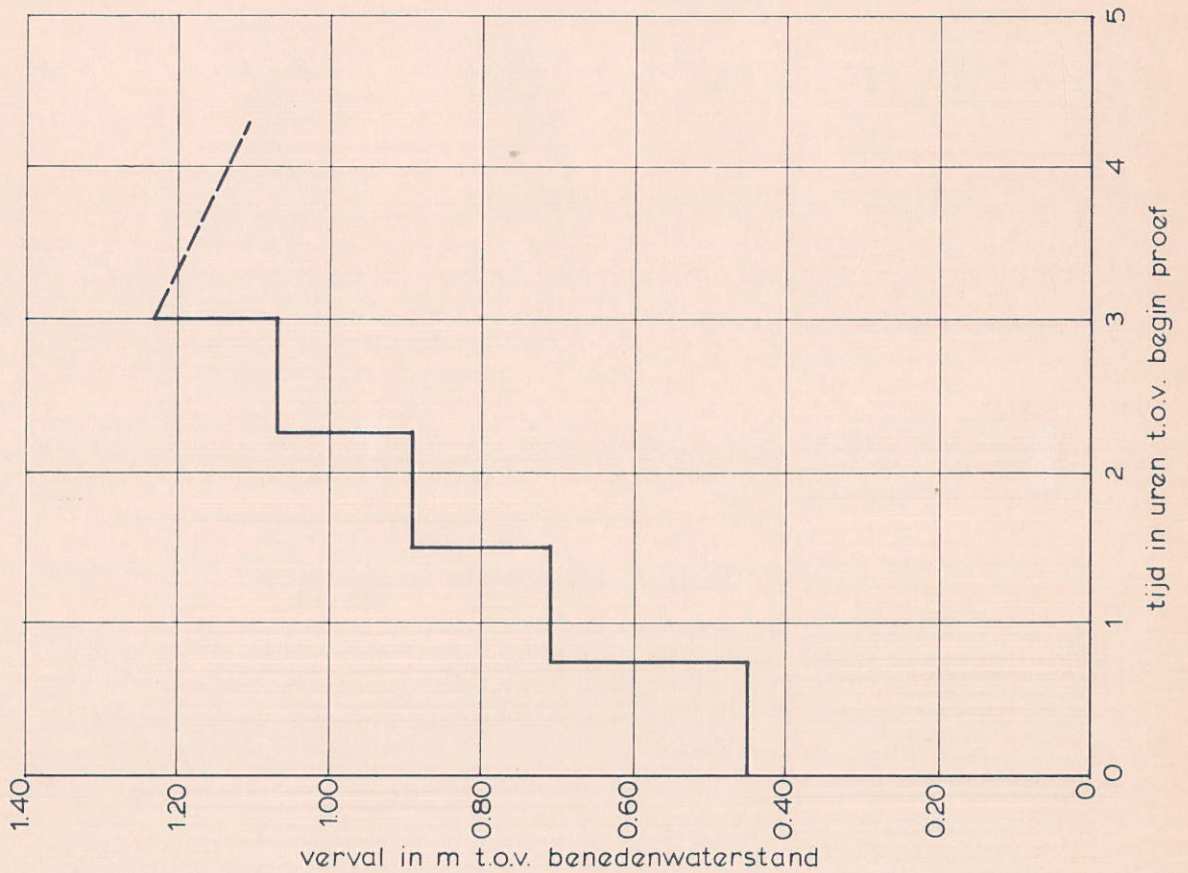
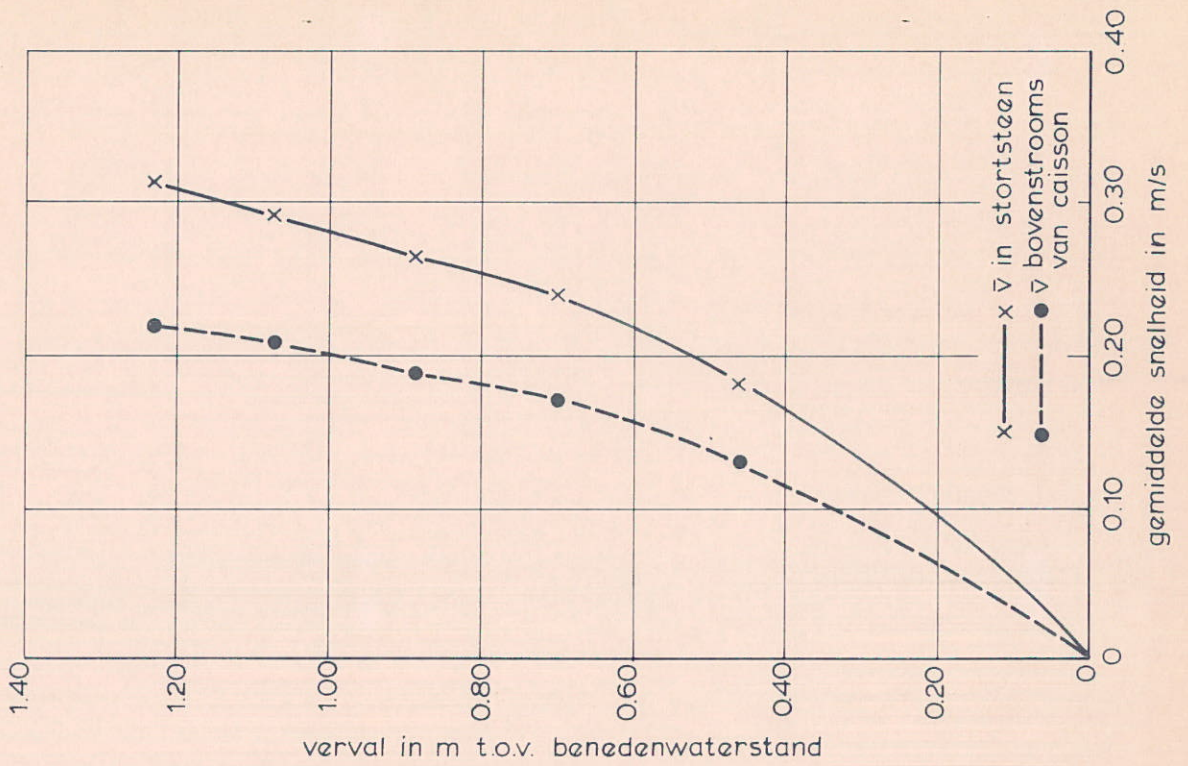
OVERZICHT PROEFOPSTELLING

PROEF : 75-10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 2



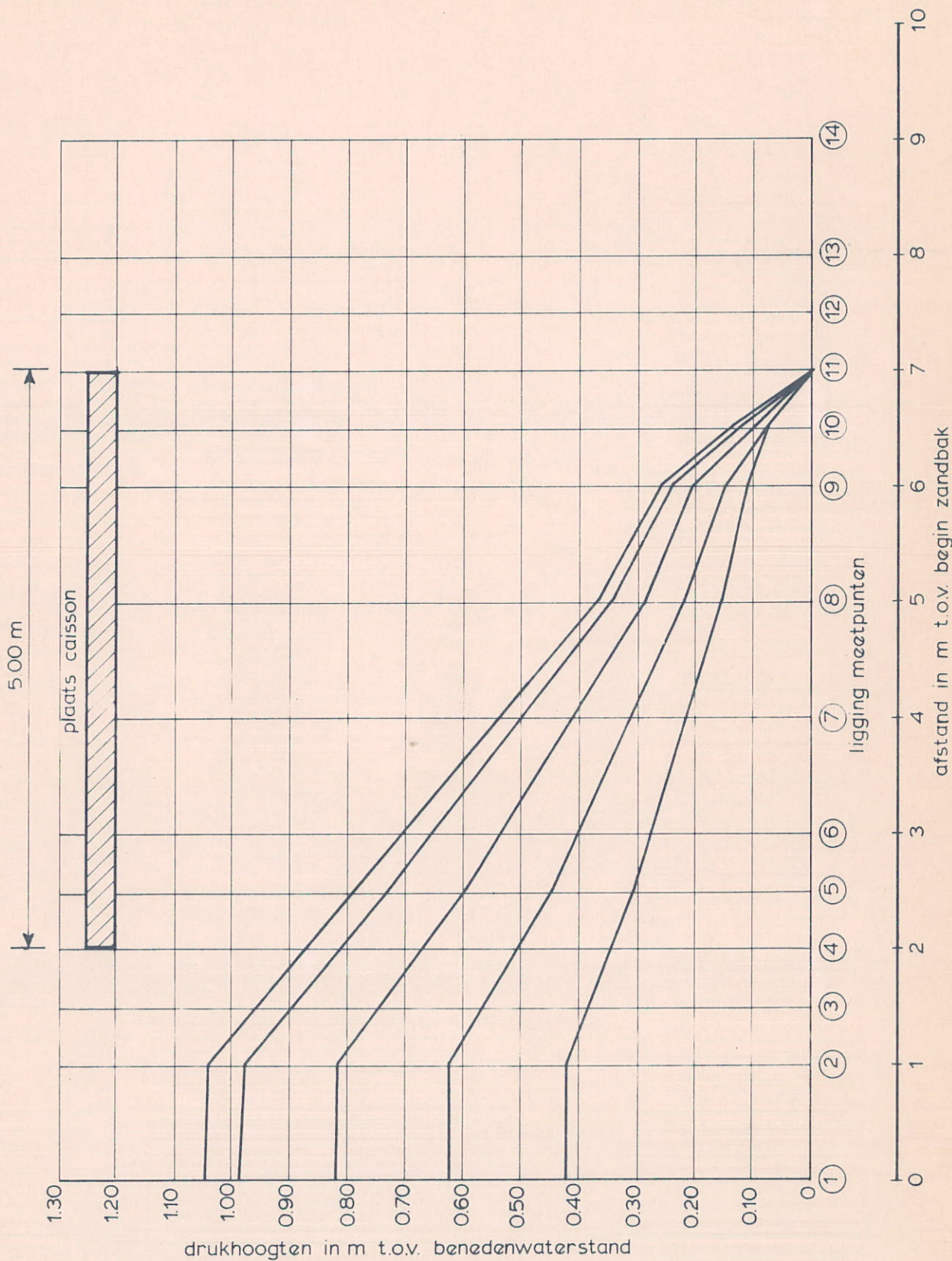
SCHEMA VERVALINSTELLING EN FILTERSNELHEDEN
 IN STORTSTEEN 60 - 300 kg

PROEF: 75-10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 3



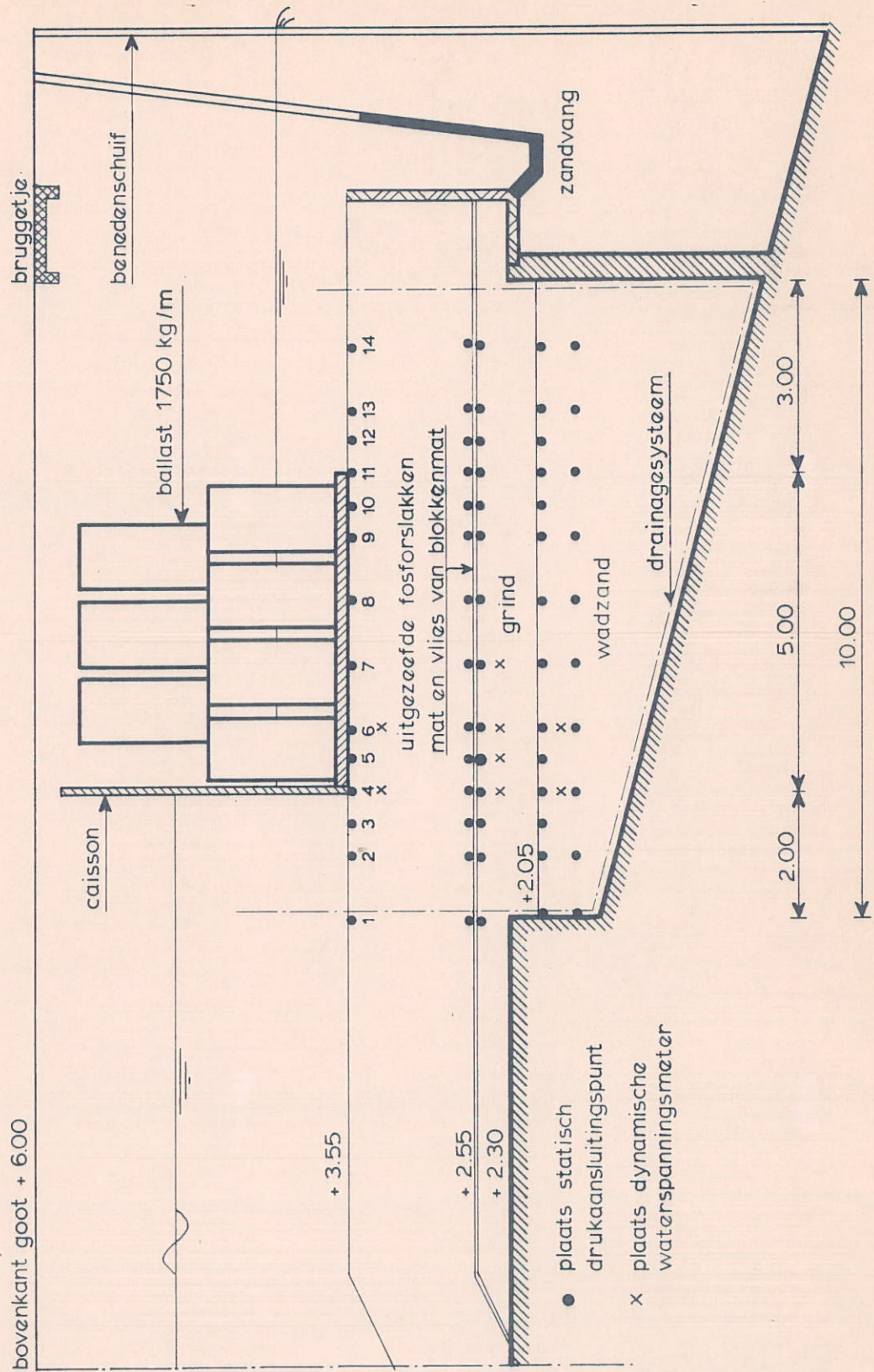
VERHANGLIJNEN SCHEIDINGSVLAK
STORTSTEEN - FOSFORSLAKKEN

PROEF: 75-10

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

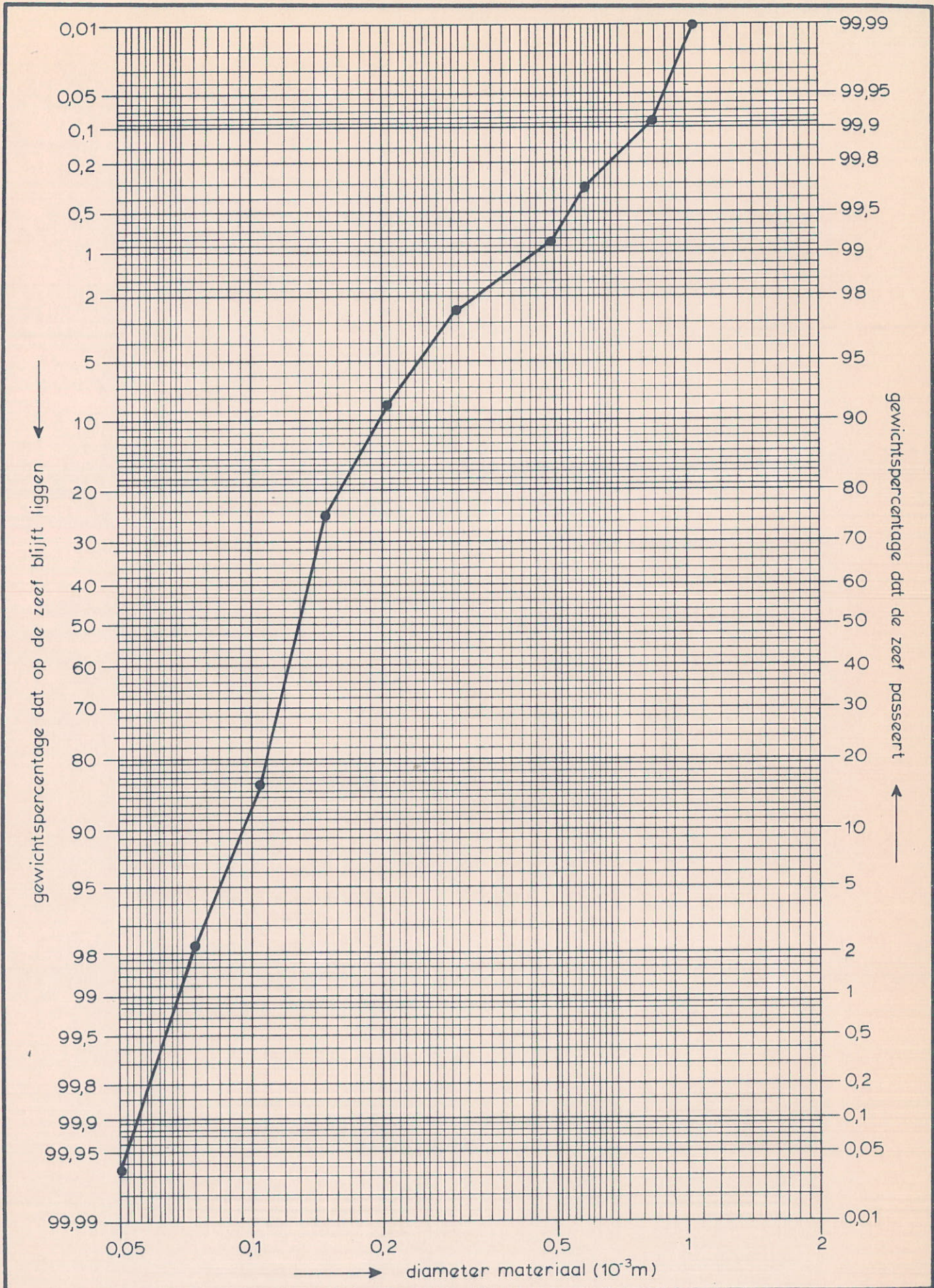
FIG. 4



maten in m
 hoogten in m t.o.v. N.A.P.

OVERZICHT PROEFOPSTELLING

PROEF : 75 - 11, 75-12 en 75-13



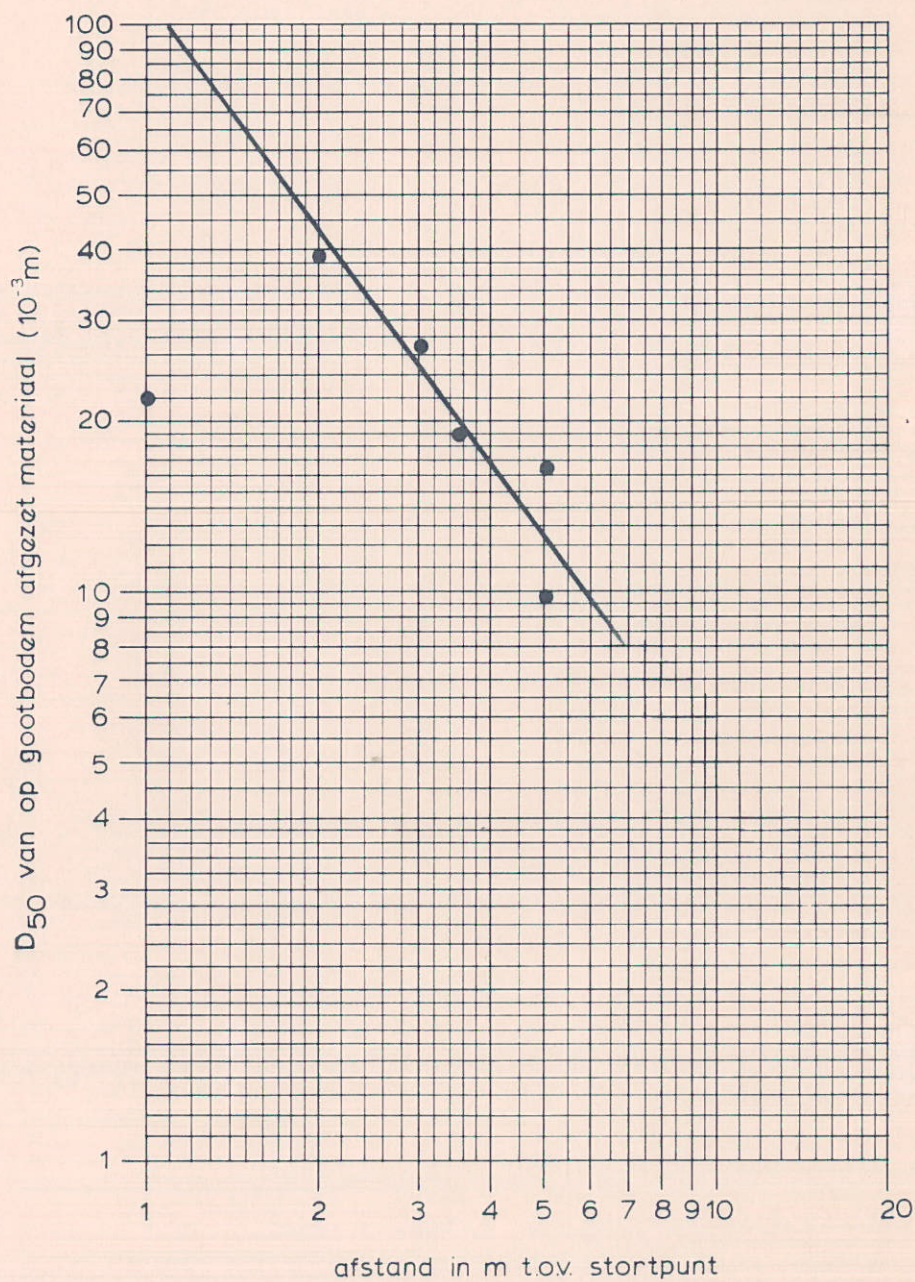
ZEEFKROMME WADZAND

PROEF: 75-11, 75-12 en 75-13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 6



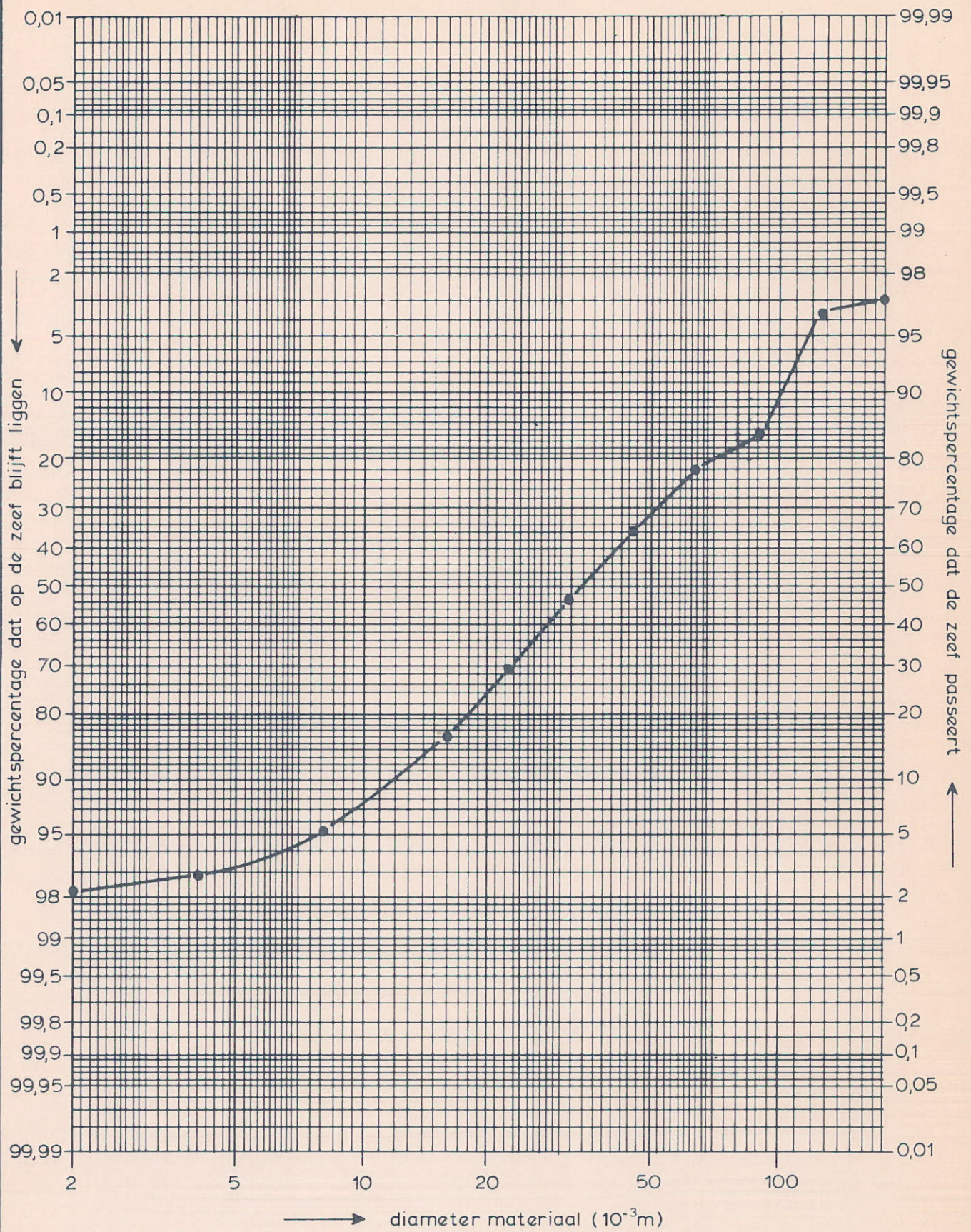
UITZEVIING FOSFORSLAKKEN BIJ STROOIEN
IN STROMEND WATER

PROEF: 75-11, 75-12 en 75-13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 7



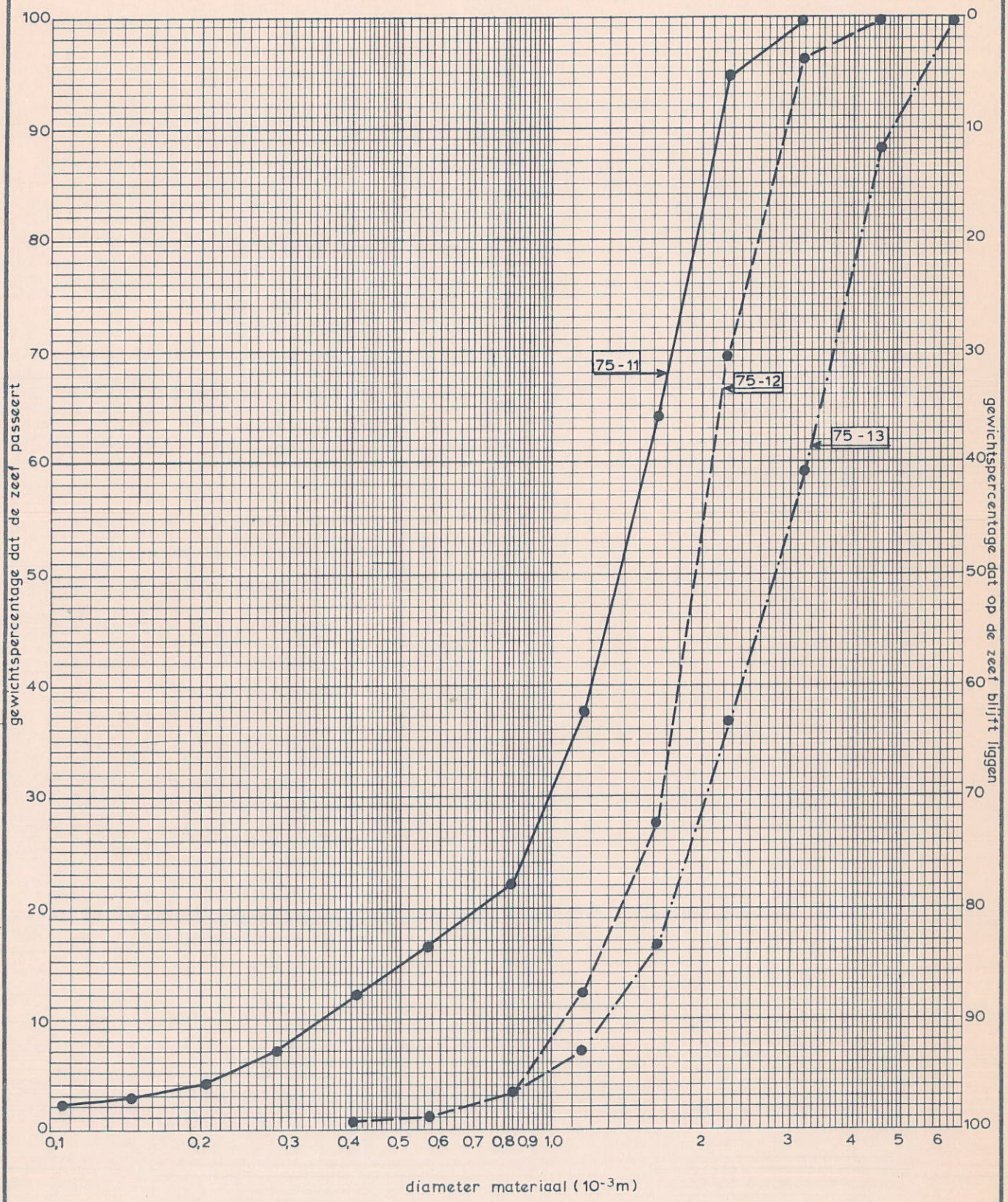
ZEEFKROMME FOSFORSLAKKEN

PROEF : 75-11,75-12 en 75-13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 8



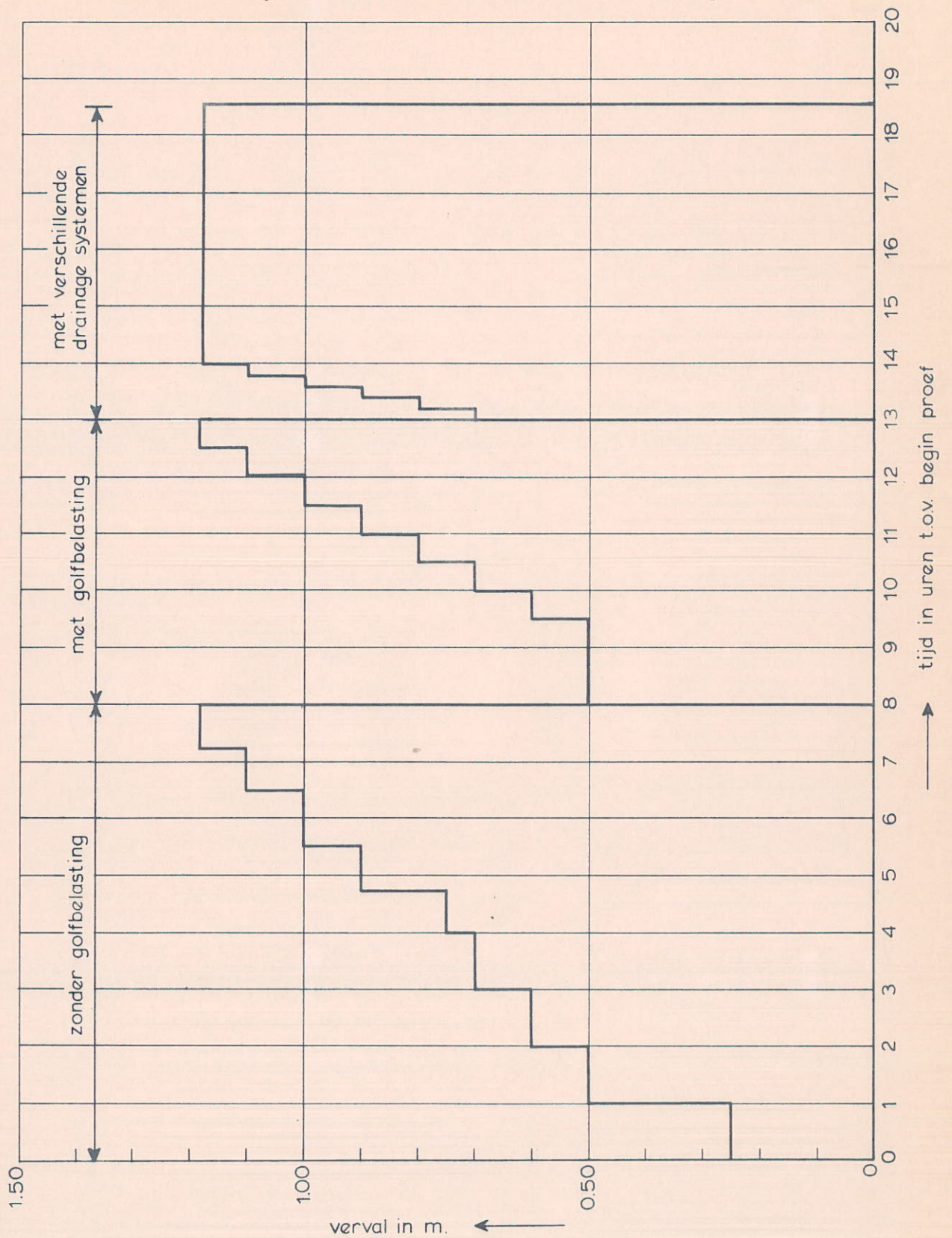
ZEEFKROMMEN GRIND

PROEF: 75-11, 75-12 en 75-13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

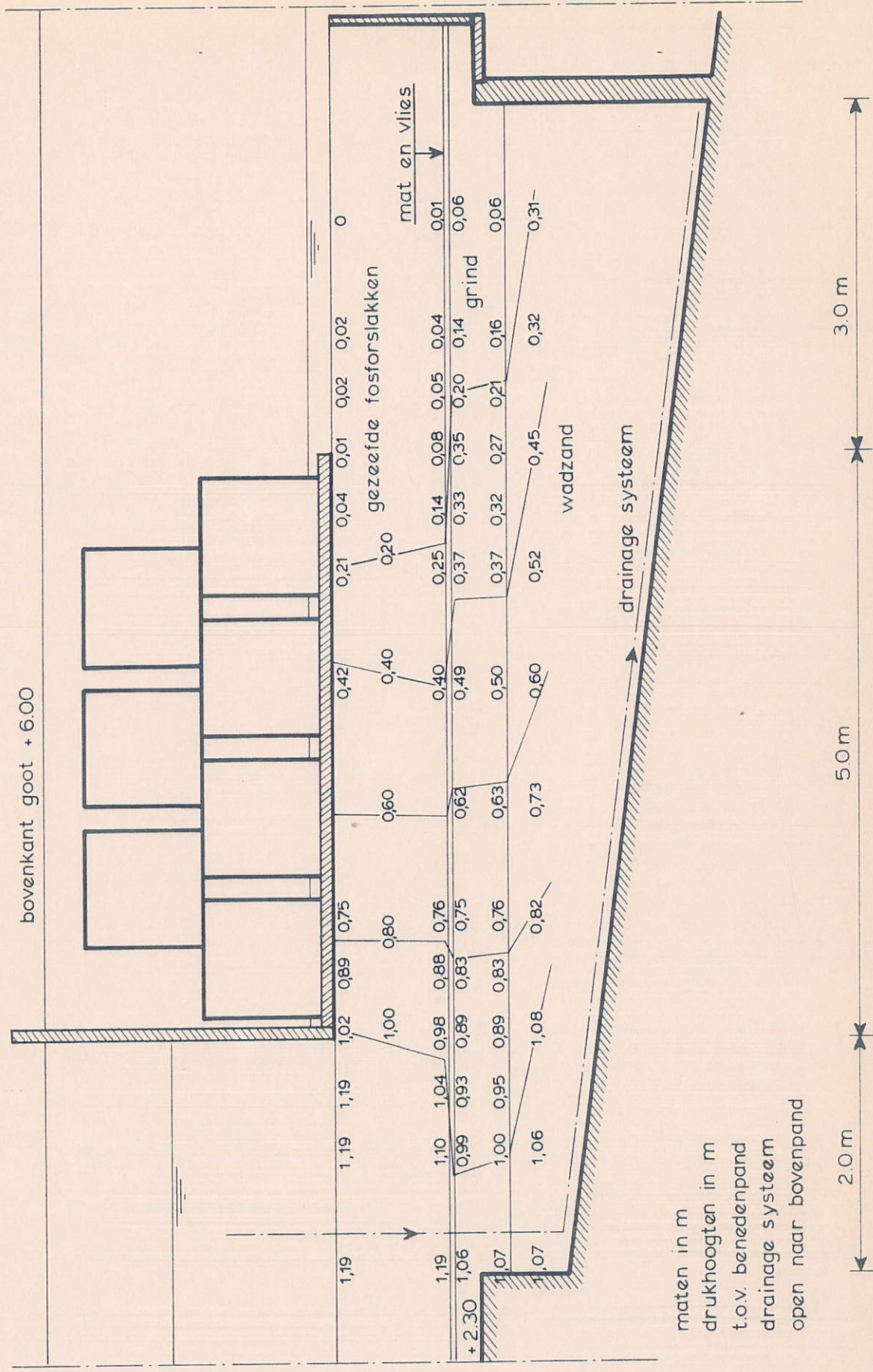
R 460

FIG. 9



SCHEMA VERVAL - INSTELLING

PROEF: 75-11



DRUKVERLOOP ONDER CAISSON

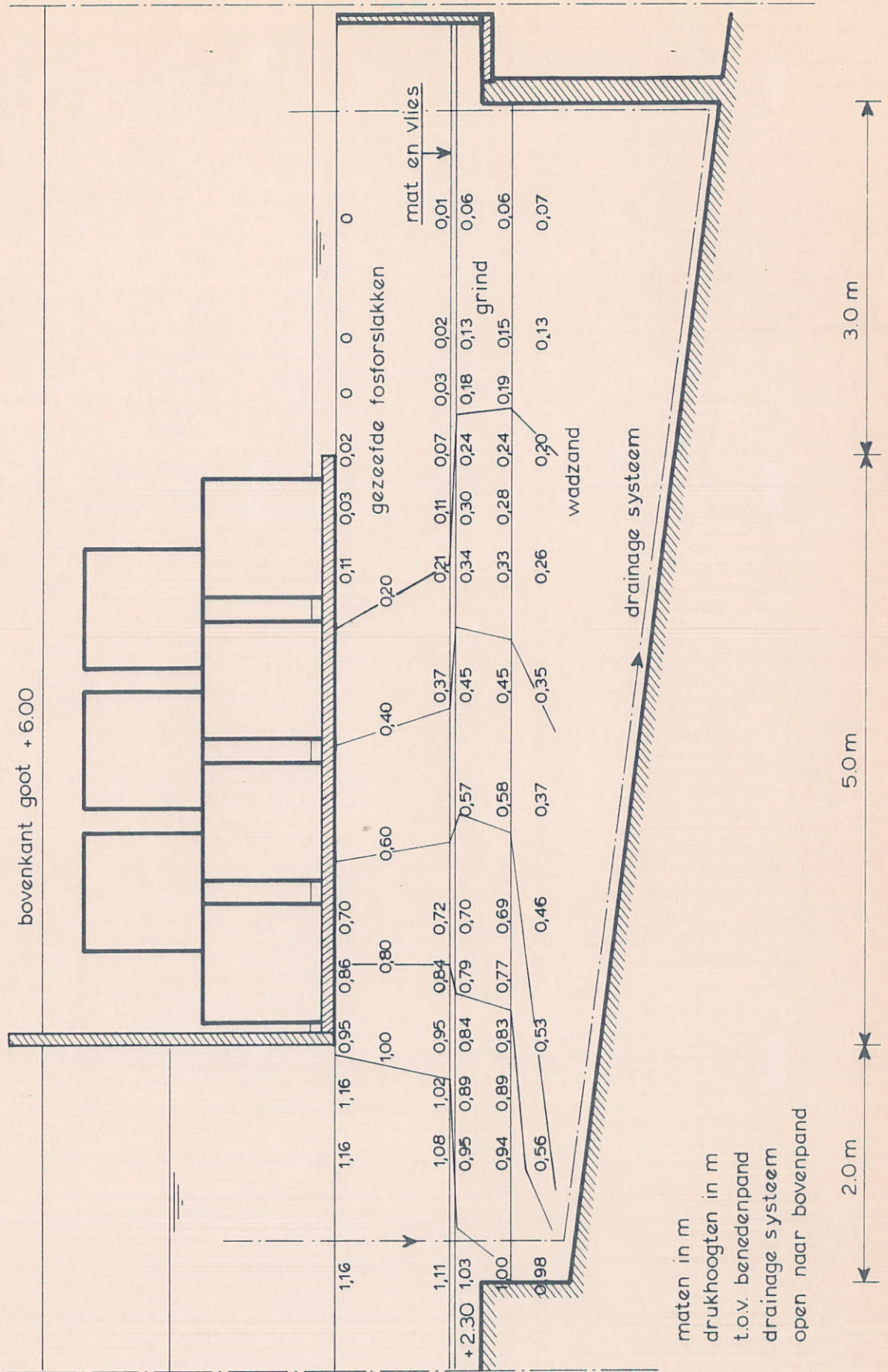
PROEF: 75 - 11

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 11



DRUKVERLOOP ONDER CAISSON

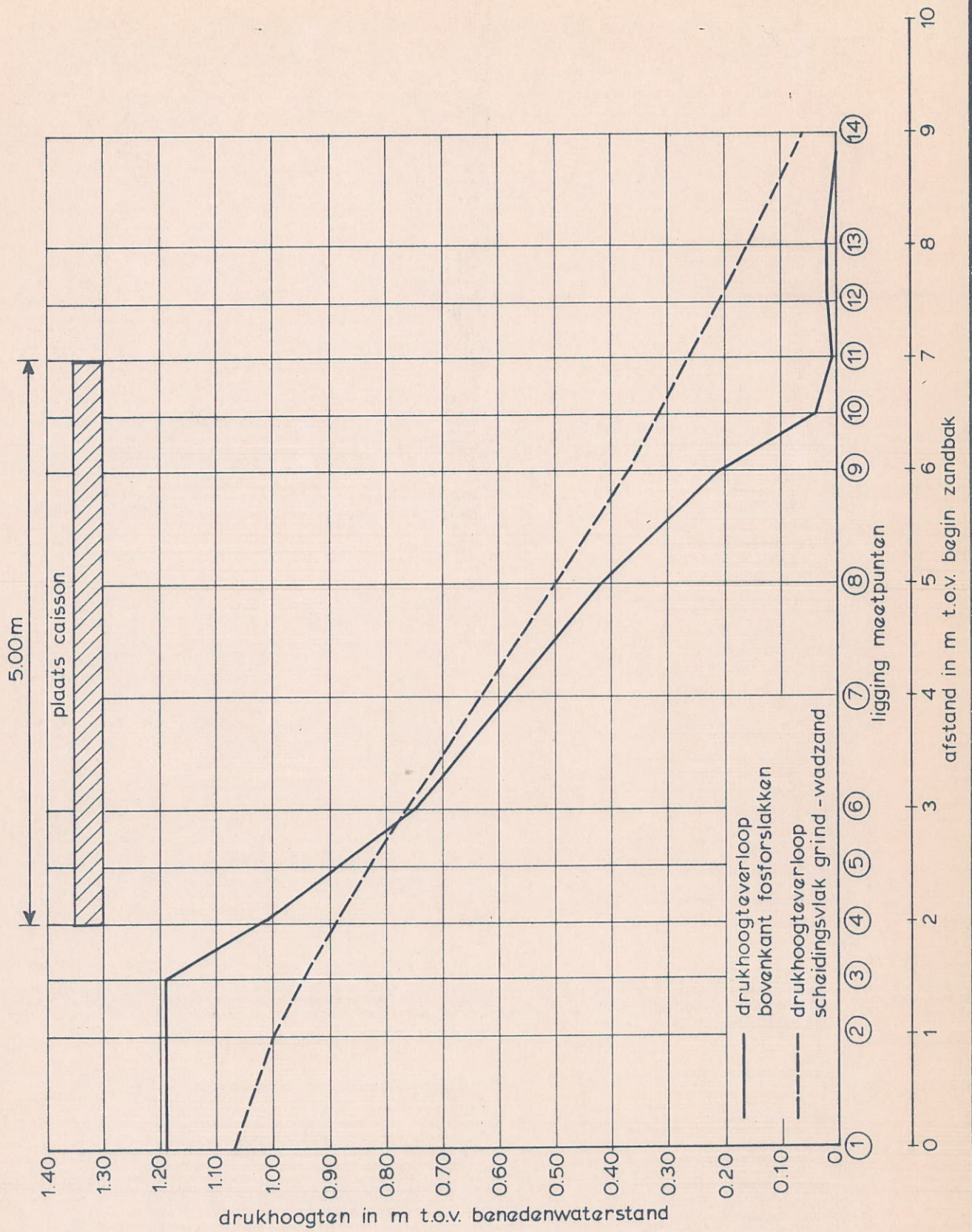
PROEF : 75 - 11

EXTRA AFVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 13



VERHANGLIJNEN

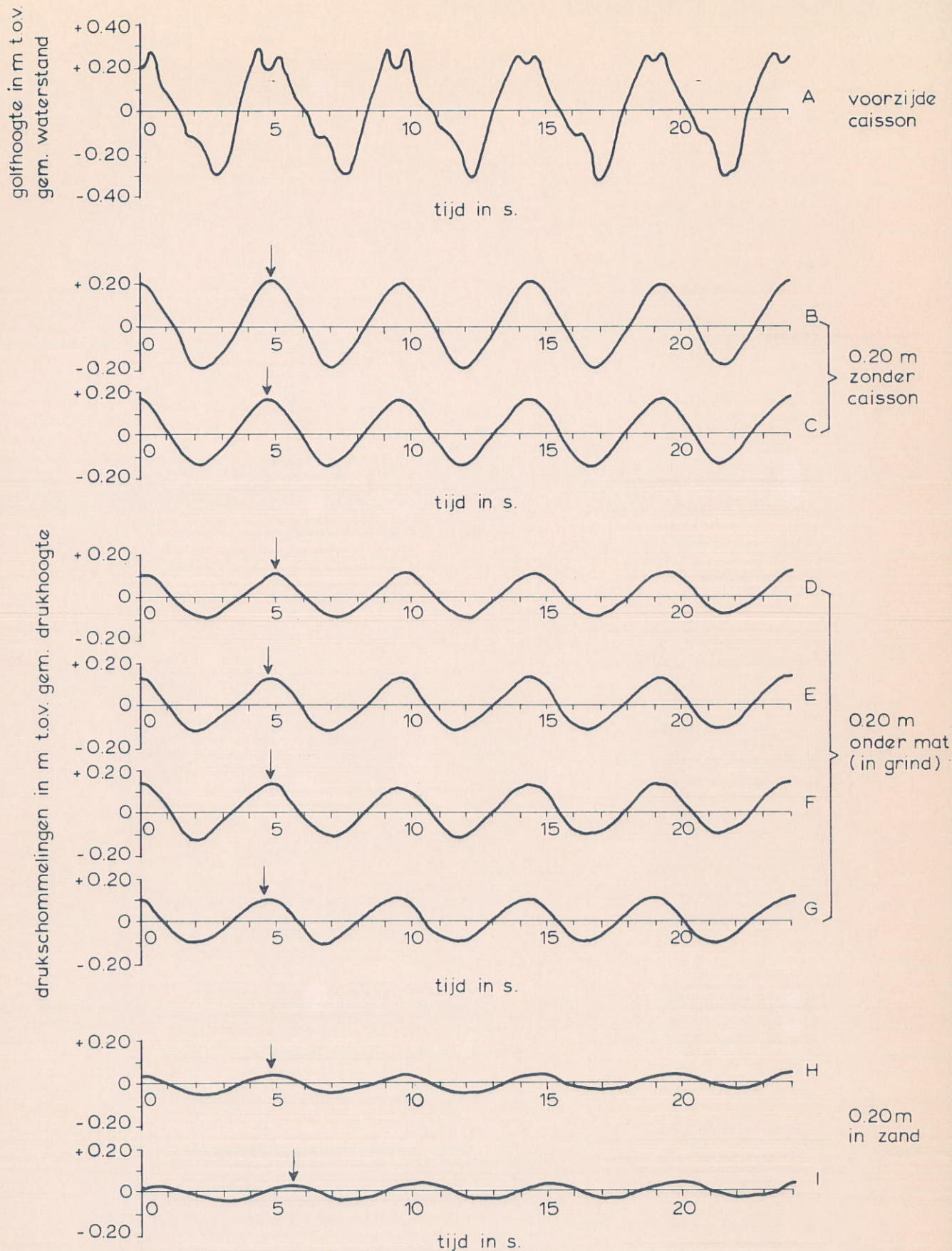
PROEF : 75-11

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 14



A t/m I meetpunten aangegeven in figuur 15
 B t/m I zijn simultaan gemeten

GOLF - EN DRUKHOOGTEREGISTRATIES

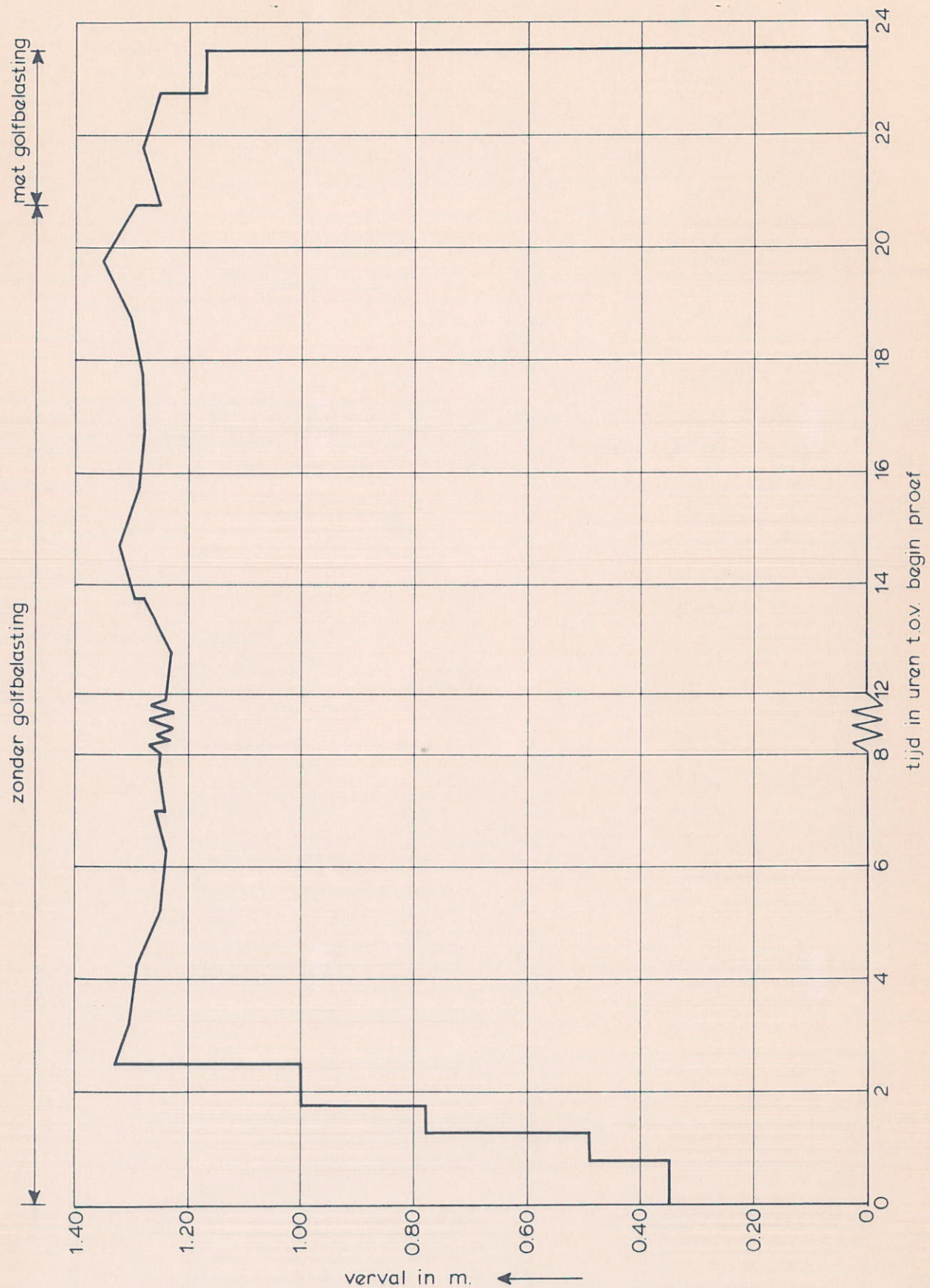
PROEF : 75 - 11

EXTRA AANVOER
 VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 16



SCHEMA VERVALINSTELLING

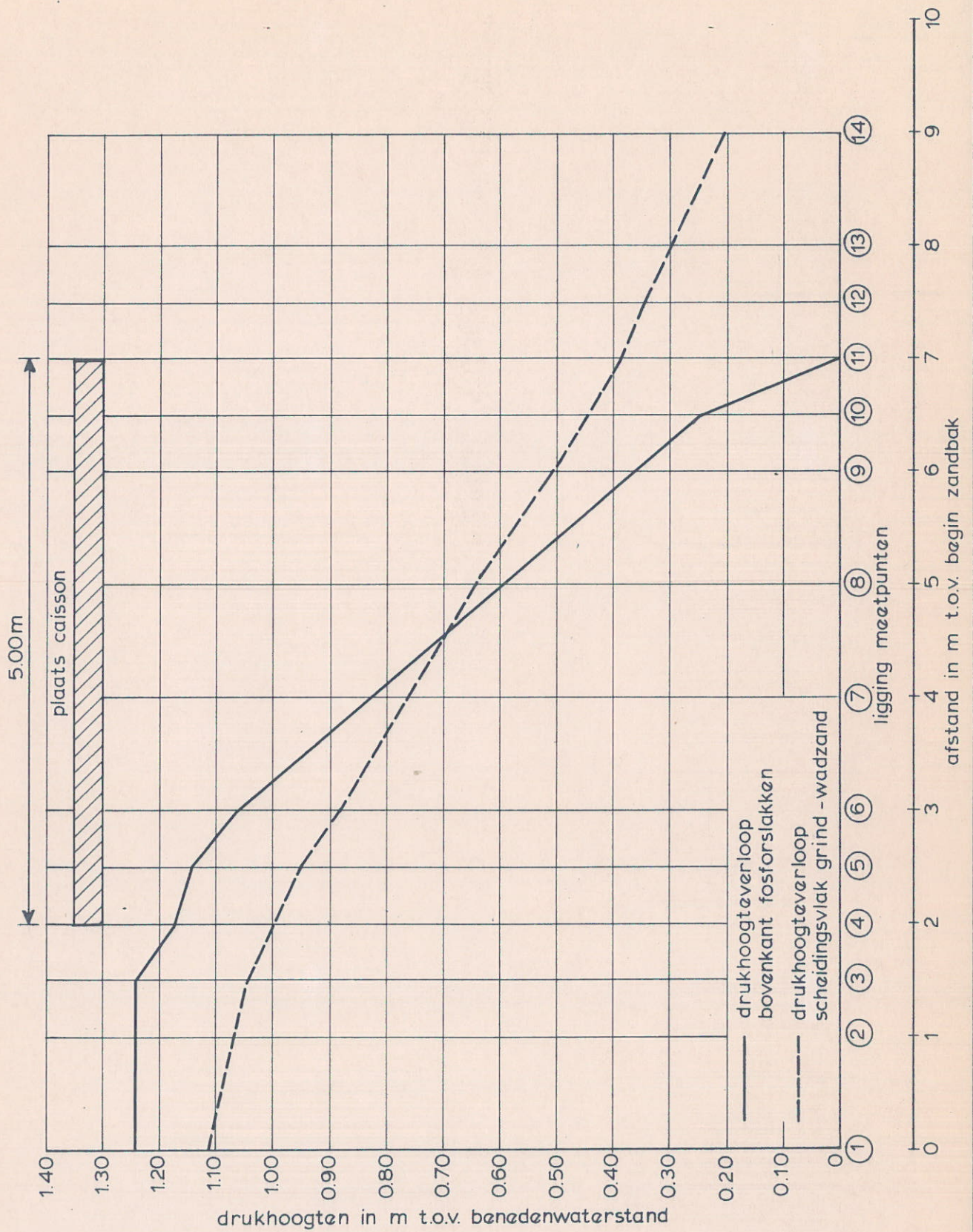
PROEF: 75-12

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 17



VERHANGLIJNEN

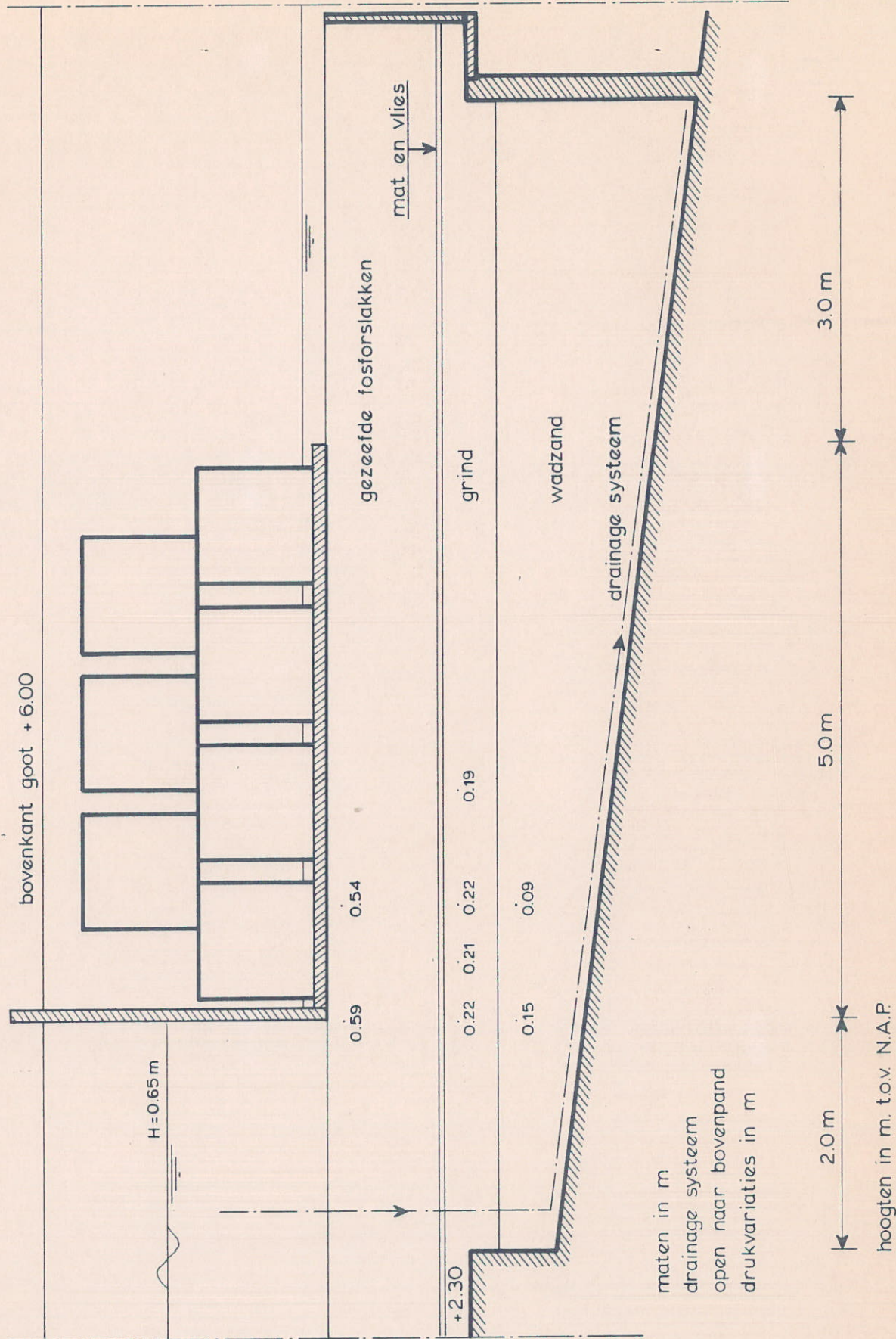
PROEF: 75-12

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 19



DRUKVARIATIES ONDER CAISSON t.g.v. GOLFBEWEGING

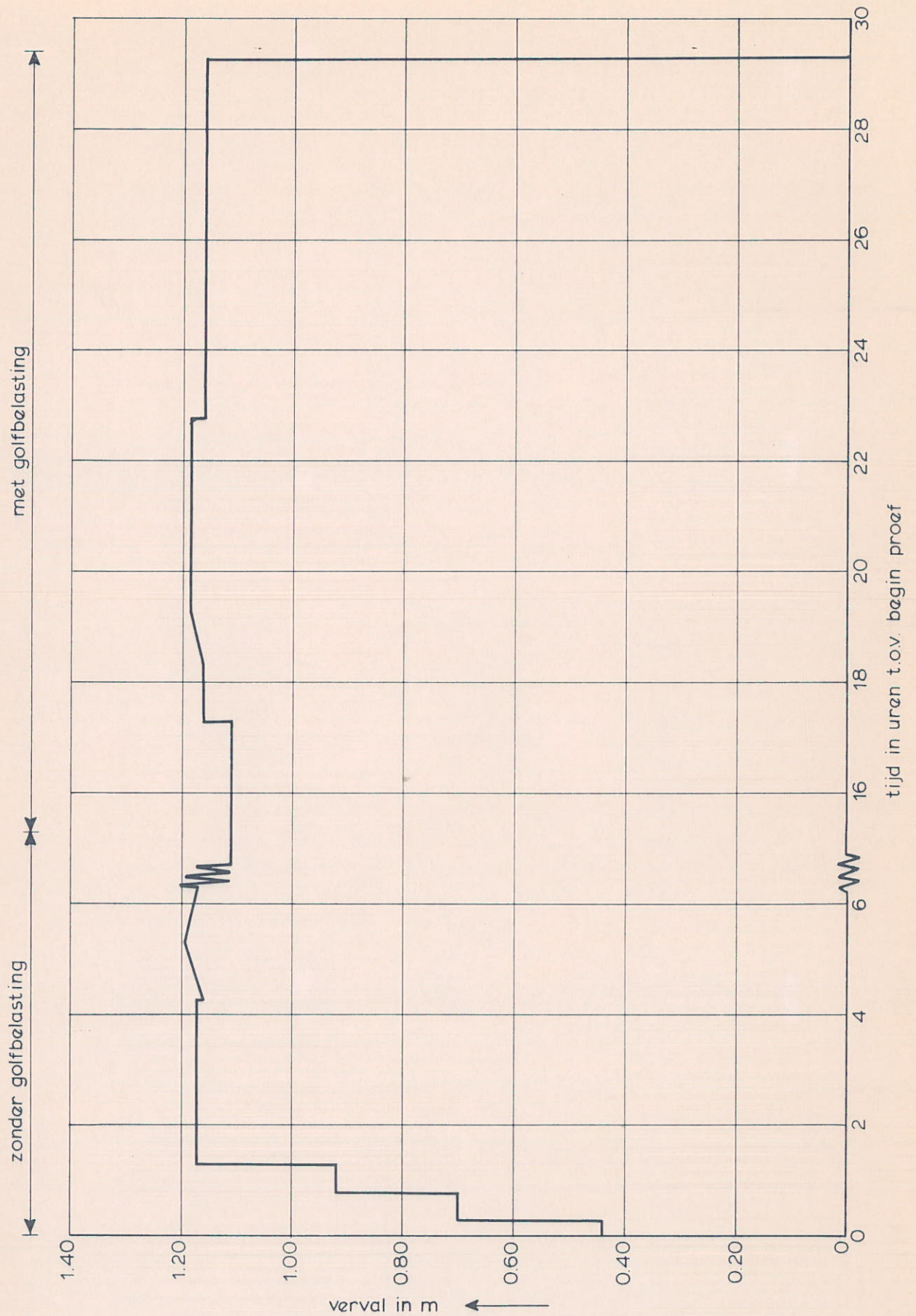
PROEF: 75-12

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 20



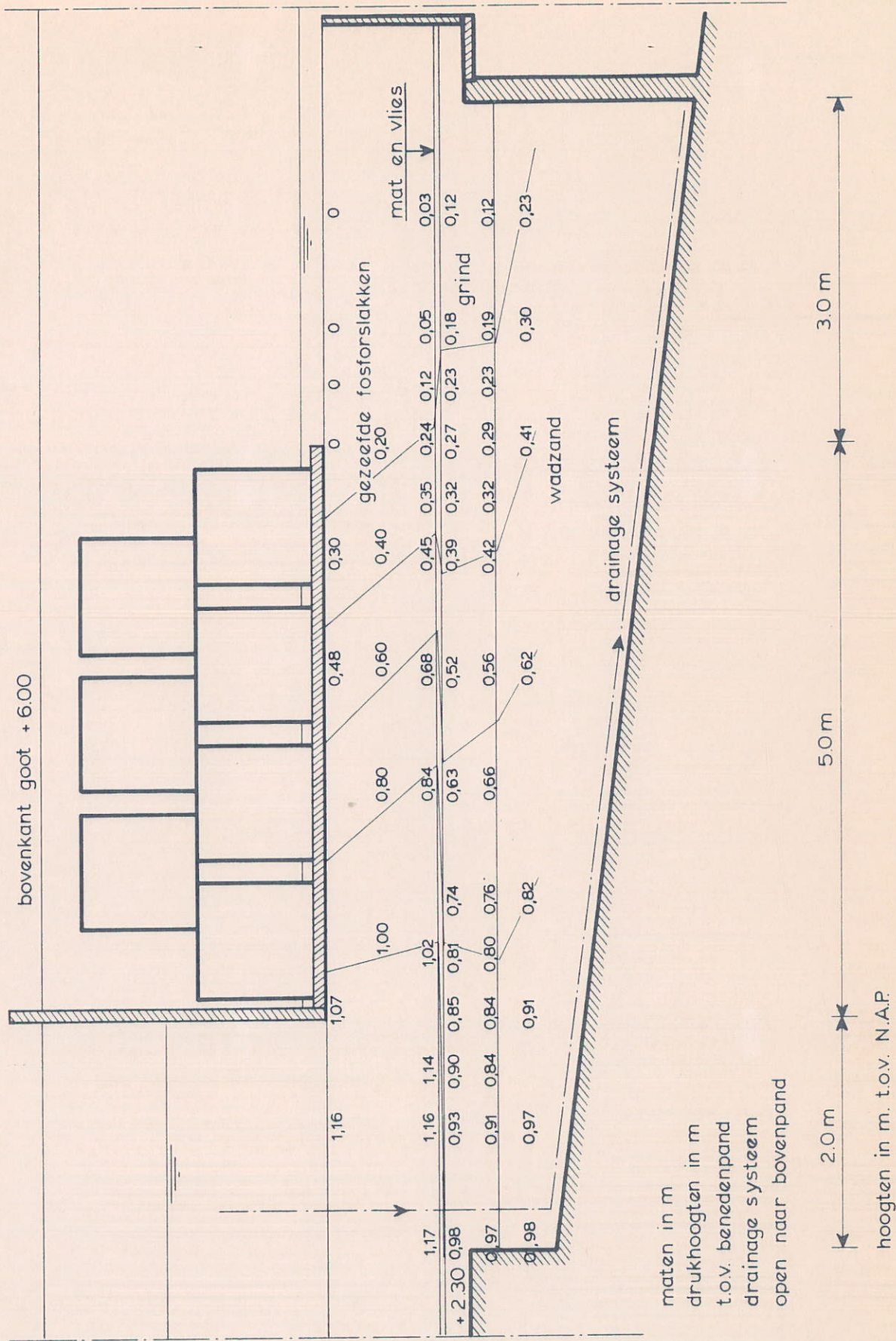
SCHEMA VERVALINSTELLING

PROEF: 75-13

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 21



DRUKVERLOOP ONDER CAISSON

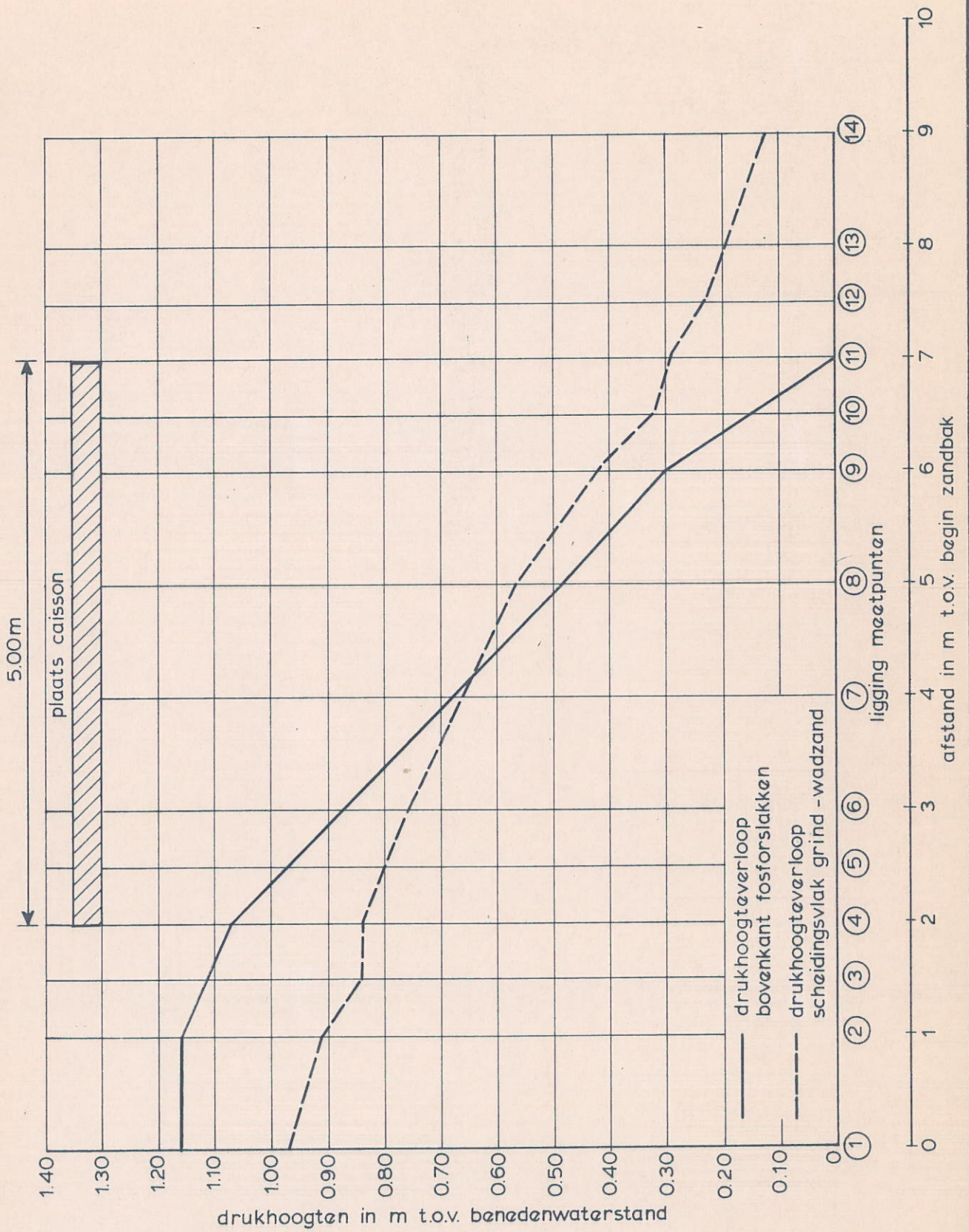
PROEF: 75-13

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 22



VERHANGLIJNEN

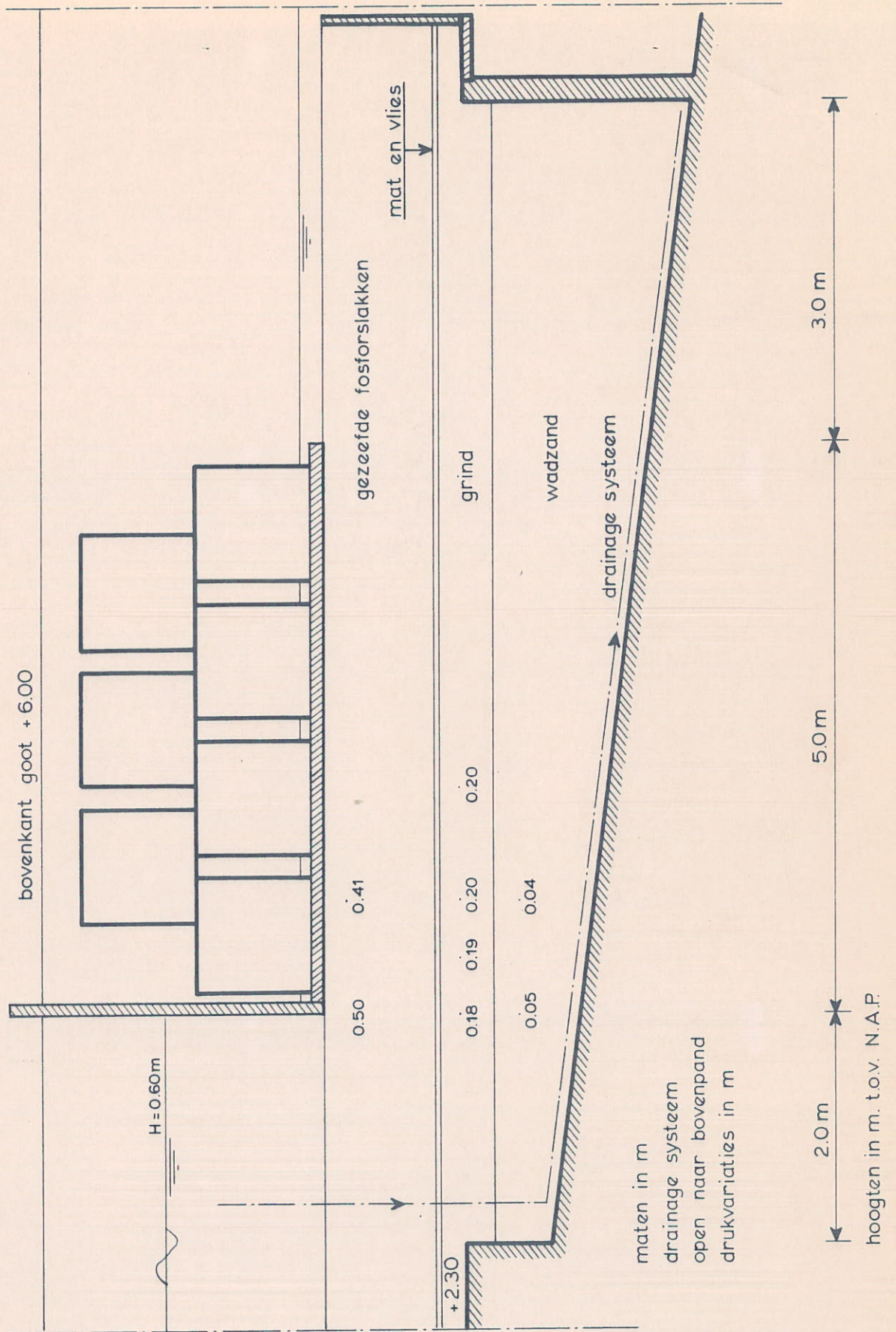
PROEF: 75-13

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 23



DRUKVARIATIES ONDER CAISSON t.g.v. GOLFBEWEGING

PROEF: 75-13

EXTRA AANVOER
VIA DRAINAGE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R 460

FIG. 24

p.o. box 177

delft

the netherlands