

waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

doorstroomoppervlakte, afvoercoëfficiënt en effectieve doorstroomoppervlakte van de in aanbouw zijnde kering

notitie werkgroep STROOM

STROOM-81.091

M 1756

december 1981

CO.MRT1982

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Het begrip afvoercoëfficiënt</u>	3
3. <u>Doorstroomoppervlak in de keel van de kering bij diverse opbouwfasen.</u>	9
4. <u>Twee-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte van de kering</u>	12
5. <u>Drie-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte van de kering</u>	14
6. <u>Debietverdeling tussen de sluitgaten onderling</u>	16
7. <u>Invloed van de hoogte van de waterstand op de grootte van de afvoercoëfficiënt</u>	19

Stormvloedkering Oosterschelde

Doorstroomoppervlakte, afvoercoëfficiënt en effectieve doorstroomoppervlakte van de in aanbouw zijnde kering

1. Inleiding

Bij de voorspelling van stroomsnelheden tijdens de bouw van de stormvloedkering spelen de volgende twee begrippen een belangrijke rol:

- doorstroomoppervlakte (A)
- effectieve doorstroomoppervlakte (μA)

De A van een dwarsprofiel van een sluitgat, is de oppervlakte zoals die uit tekeningen en peilkaarten is af te leiden. De μA is in feite alleen een reken-grootheid. Die grootheid geeft de verhouding aan tussen het verval over de kering (in aanbouw) en het debiet door de kering. De getijbeweging in de monding van de Oosterschelde tijdens de bouw van de stormvloedkering wordt o.a. bepaald door de (met de tijd varieërende) grootte van de effectieve doorstroomoppervlakte van de kering.

In elk sluitgat zijn er per bouwphase meerdere doorstroomoppervlaktes A, afhankelijk van de afstand uit de as van het dwarsprofiel waarin men geïnteresseerd is. Een bijzonder interessant dwarsprofiel is dat in de as. Daarbij hoort A(as). Er is per bouwphase en per sluitgat echter maar één μA , omdat er maar één verhouding tussen verval en debiet is. Met de A uit μA , wordt hier steeds de A(as) bedoeld. De definitie van μ volgt dan uit de definitie van μA . In hoofdstuk-2 wordt een theoretische beschouwing gegeven van het begrip afvoercoëfficiënt (μ). De grootte van A wordt besproken in hoofdstuk 3. Wat betreft de effectieve doorstroomoppervlakte μA , het volgende. Uitgaande van de resultaten van onderzoeken in het Waterloopkundig Laboratorium (M 1644, M 1696, M 1757) worden in de onderhavige notitie richtlijnen gegeven ter bepaling van de effectieve doorstroomoppervlakte van de in aanbouw zijnde kering. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen tweedimensionale effectieve doorstroomoppervlakte en drie-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte. Eerst genoemde grootheid wordt gepresenteerd (hoofdstuk 4) omdat deze als basis wordt gebruikt bij de bepaling van de debietverdeling tussen de sluitgaten onderling op een gegeven tijdstip (= bouwphase, met een gegeven vordering van de bouw in de drie sluitgaten Roompot, Schaar en Hammen). De bepaling van het maximum totaal debiet in de monding alsmede de verdeling tussen de

drie sluitgaten onderling als functie van de bouwfase wordt in hoofdstuk 6 behandeld. De relatie tussen de drie-dimensionale en de twee-dimensionale afvoercoëfficiënt wordt besproken in hoofdstuk 5. Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 de invloed van de hoogte van de waterstand op de grootte van de afvoercoëfficiënt behandeld.

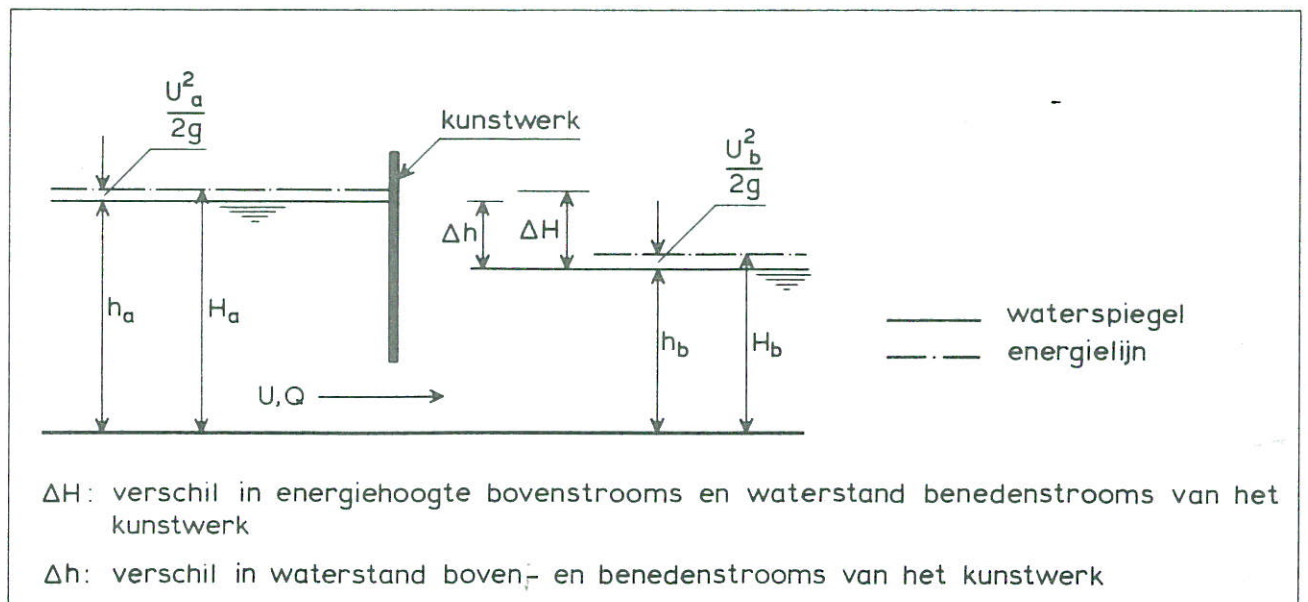
2. Het begrip afvoercoëfficiënt

De stroming bij een plotselinge verandering in de geometrie van een waterloop, zoals bijvoorbeeld bij een sluitgat al dan niet in combinatie met een kunstwerk, wordt voornamelijk beheerst door de convectieve kracht (Bernoulli) en de zwaartekracht (verval). Alle andere op het water werkende krachten, zoals die tengevolge van wrijving, worden klein verondersteld ten opzichte van bovengenoemde twee krachten en worden bij het afleiden van de afvoerrelaties voor dergelijke constructies buiten beschouwing gelaten. In feite wordt het effect van deze krachten mede verdisconteerd in de getalwaarde van de afvoercoëfficiënt μ . Hierbij gaat men van een permanente of quasi-permanente stroming uit.

Bij getijbeweging blijft bovengenoemde vereenvoudiging geldig zolang men te maken heeft met een redelijk grote stroomsnelheid (of verval); de locale traagheidskrachten (t.g.v. $\partial U/\partial t$) zijn dan klein ten opzichte van de Bernoulli- en vervalkrachten. Rondom kentering is dat niet meer het geval. In tegendeel, de traagheidskrachten zijn dan juist overheersend en de afvoerrelaties kunnen niet meer worden toegepast.

Alvorens op de afleiding van de afvoerrelaties nader in te gaan wordt het begrip verval in het hiernavolgende eerst gedefinieerd.

Het verval



Definitie van het verval

In een waterloop (rivier, kanaal of geul) hebben de waterspiegel en de energielijn een vrij regelmatig verloop. De helling van de waterspiegel (h) of van de totale energielijn ($h + \frac{U^2}{2g}$) ten opzichte van een horizontaal referentievlak wordt verhang genoemd.

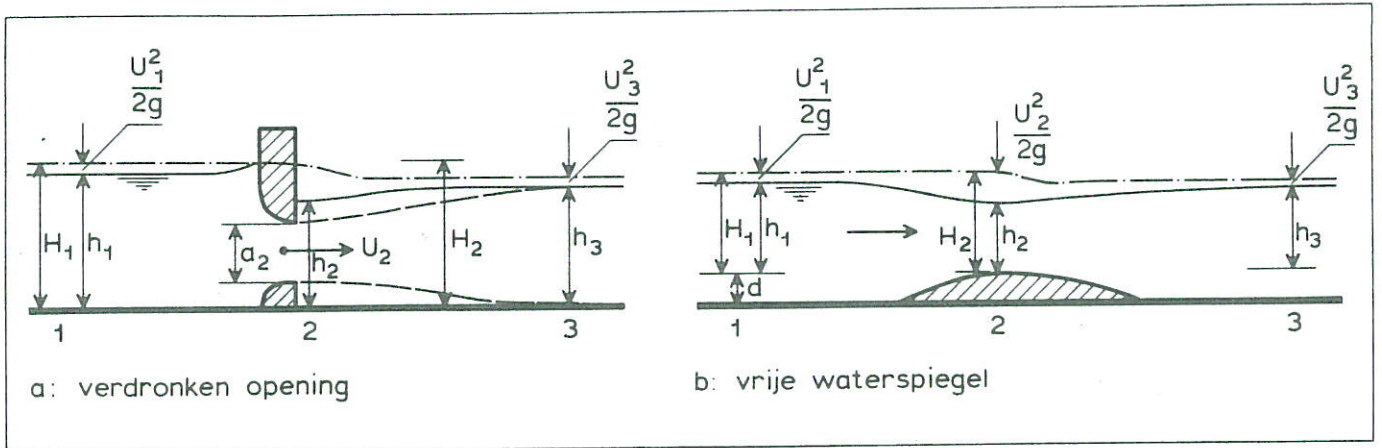
Bij een kunstwerk treedt veelal een discontinuïteit in de waterspiegel op. Het verschil tussen de waterstand of energielijn bovenstrooms en de waterstand benedenstrooms van het kunstwerk wordt aangeduid met verval (zie definitieschets op bladzijde 3)

In feite vindt bij het kunstwerk een dubbele transformatie plaats. De potentiële energie aan de bovenstroomse zijde wordt eerst omgezet in kinetische energie in de keel van de constructie (versnelling) en aan de benedenstroomse zijde wordt deze vervolgens weer in potentiële energie omgezet (vertraging). Daarbij wordt slechts een deel van de bovenstroomse potentiële energie teruggewonnen. Het (energie)verschil wordt in het vertraginggebied via vergroting van de turbulentie-intensiteit van het water omgezet in andere vormen van energie, zoals warmte- en geluidsenergie. In de constructie zelf gaat nog een deel van de energie verloren aan het overwinnen van wrijving en vormweerstand. Het deel van de energie dat niet teruggewonnen wordt, wordt hier als energieverlies beschouwd. Genoemde dubbele transformatie, en met name het terugwinnen van de potentiële energie aan de benedenstroomse zijde manifesteert zich over een bepaald traject. Benedenstrooms van het punt waar de stroomsnelheid maximaal en de waterspiegel het laagst is (in of nabij de "keel" van de constructie) loopt de waterspiegel geleidelijk omhoog, totdat een maximum is bereikt (zie figuur 1). Daarna overheerst de bodemwrijving weer en de waterspiegel ondergaat een min of meer regelmatige daling.

Uit het bovenstaande volgt dat het verval over een bepaald kunstwerk in feite afhankelijk is van de plaats waarop de boven- en met name de benedenstroomse waterstand wordt gemeten. Veelal, en voor zover de omstandigheden dit toelaten, wordt de benedenwaterstand gemeten op het punt waar de waterspiegel het hoogst is (h_3 op figuur 1).

Afvoerrelaties [1,2]

De basisvergelijking voor de afvoer door een kunstwerk of over een overlaat wordt verkregen door uit te gaan van de geldigheid van de wet van Bernoulli voor het versnellingsgebied (in secties 1 en 2, figuur 1).



Figuur 1 Schematisch waterstands- en energieverloop

Voor een moot in een geschematiseerde constructie met goed gevormde intree volgt bij toepassing van bovengenoemde beschouwing en aannemende dat alleen in het uittreedeelte energieverliezen plaatsvinden:

Wet van Bernoulli: $H_1 = h_1 + U_1^2/2g = H_2 = h_2 + U_2^2/2g$.

Continuïteitsvoorwaarde $q = \text{constant}$.

Daaruit volgt:

$$q = U_2 \cdot a_2 = a_2 \sqrt{2g(H_1 - h_2)} \quad (1)$$

- waarin: q = het debiet per eenheid van (constructie)lengte [m²/s]
- U_1 = over de verticaal gemiddelde stroomsnelheid ter plaatse van sectie 1 [m/s]
- U_2 = over de verticaal gemiddelde stroomsnelheid in sectie 2 (keelconstructie) [m/s]
- a_2 = doorstroomhoogte in sectie 2 (keelconstructie) [m]
- g = versnelling tengevolge van zwaartekracht = 9,81 [m/s²]
- H_1 = energiehoogte bovenstrooms (sectie 1) [m]
- H_2 = energiehoogte ter plaatse van de keel [m]
- h_1 = piëzometrische hoogte bovenstrooms (sectie 1) [m]
- h_2 = piëzometrische hoogte ter plaatse van de keel [m]

Het verschil tussen geval (a) en geval (b) van figuur 1 is dat de doorstroomhoogte van de keel in het eerste geval constant en eenduidig is, terwijl a_2 in het tweede geval een functie is van de vrije waterspiegel ter plaatse (= h_2).

In verband met de vertragingsverliezen mag de wet van Bernoulli niet worden toegepast tussen de secties 2 en 3. De koppeling met de benedenstroomse waterspiegel h_3 kan worden verkregen door toepassing van de impulswet en de continuïteitsvoorwaarde tussen de twee secties 2 en 3:

Impulswet : som van op het water werkende krachten = verandering hoeveelheid van beweging

$$\frac{1}{2}\rho g(h_3^2 - h_2^2) = \rho q(U_2 - U_3) \text{ voor geval (a) van figuur 1 of}$$

$$\frac{1}{2}\rho g\{(h_3^2 - h_2^2) + 2d(h_3 - h_2)\} = \rho q(U_2 - U_3) \text{ voor geval (b)}$$

(de vervalkracht is berekend uitgaande van hydrostatische drukverdeling in beide secties).

Continuïteit : $q = U_2 \cdot a_2 = U_3 \cdot h_3 = \text{constant}$ voor geval (a) of

$$q = U_2 \cdot h_2 = U_3(h_3 + d) \text{ voor geval (b)}$$

De afvoerrelatie wordt verkregen door substitutie van deze vergelijkingen in (1). Het resultaat is een gecompliceerde vergelijking die tot relatief bewerkelijke berekeningen leidt. Bovendien is de resulterende vergelijking slechts geldig voor de in beschouwing genomen geschematiseerde constructie en voor de bij de afleiding gehanteerde aannamen. Daarom wordt de voorkeur gegeven aan een eenvoudige vergelijking waarin een afvoercoëfficiënt μ is ingevoerd, die uitsluitend uit metingen (in de natuur of aan een schaalmodel ervan) bepaald kan worden.

Tot dusver is het probleem tweedimensionaal behandeld; variaties in de geometrie van de geul en/of het kunstwerk dwars op de stroomrichting zijn buiten beschouwing gelaten. In werkelijkheid is de stroming in de omgeving van het kunstwerk driedimensionaal, waardoor verschillen in waterstanden en stroomsnelheden in raaien loodrecht op de stroomrichting ontstaan. Vooral bij kunstwerken waarin de stroming in horizontale zin gecontraheerd wordt, kunnen deze verschillen aanzienlijk zijn. Gewoonlijk wordt de afvoerrelatie voor het kunstwerk als geheel beschouwd, de invloed van de driedimensionale effecten - zoals dwarsvariaties en randeffecten - wordt verdisconteerd in de waarde van μ .

De eerder genoemde eenvoudige afvoerrelatie luidt:

$$Q = \mu A \sqrt{2g \Delta H} \tag{2}$$

waarin: Q = het debiet door het kunstwerk

$$[m^3/s]$$

A = oppervlakte doorstroomprofiel van het kunstwerk

$$[m^2]$$

ΔH = het verval = $H_1 - h_3$

$$[m]$$

Deze vergelijking geeft de relatie weer tussen het debiet door de kering (Q) en het verval als functie van de afmetingen en eigenschappen van het doorstroomprofiel van het kunstwerk. Hierbij wordt h_2 van vergelijking (1) vervangen door de benedenstroomse waterstand h_3 , de invloed van het verschil alsmede de invloed van eventuele intreeverliezen is verdisconteerd in de afvoercoëfficiënt μ . Bij constructies met sterk driedimensionaal karakter wordt de grootte van μ bovendien beïnvloed door de ligging - dwars op de stroomrichting bezien - van de plaats waar h_3 wordt gemeten. Genoemde vervanging berust hoofdzakelijk op praktische gronden: het bepalen van de plaats van en het meten van h_2 in constructies is meestal moeilijk of onmogelijk, terwijl het meten van h_3 daarentegen vrij eenvoudig is. Bovendien is het veelal in de praktijk gewenst de hoogte van h_3 te kennen; deze vormt het startpunt voor de berekening van de stroming in het benedenstroomse traject.

In sommige gevallen, met name indien $\frac{\bar{U}_1^2}{2g} \ll \Delta H$, waarin \bar{U}_1 de over het doorstroomprofiel gemiddelde stroomsnelheid is ($= Q/A_1$), wordt het verval genomen als het waterstandsverschil boven- en benedenstrooms van de constructie, en wordt aangeduid met: $\Delta h = h_1 - h_3$. Ook in dit geval wordt de invloed van het verschil tussen h_1 en H_1 in de waarde van μ verdisconteerd. Vergelijking (2) wordt dan:

$$Q = \mu A \sqrt{2g \Delta h} \quad (2) a$$

Voor het doorstroomprofiel A wordt genomen de keeldoorsnede van de constructie (geval a) of, bij vrije waterspiegel (geval b), een referentiedoorsnede bij de keel van de constructie, echter met de waterspiegel gelijk-aan h_3 ; dit omdat gewoonlijk h_3 wordt gemeten (nodig voor het verval), terwijl h_2 onbekend blijft en het verschil tussen A behorend bij h_2 en A behorend bij h_3 meestal gering is. Keuze van A op andere secties blijft mogelijk, hoewel minder realistisch. Meestal is de verhouding van zo'n doorsnede tot het keel-doorstroomprofiel nagenoeg constant, met als gevolg dat μ evenredig ermee verandert.

De grootte van de afvoercoëfficiënt μ is dus afhankelijk van de definities van het doorstroomprofiel en het verval. In de eerste plaats is μ echter afhankelijk van de vormgeving en geometrie van het kunstwerk en de directe omgeving ervan. De waarde van μ vertegenwoordigt, naast de in- en uittreeverliezen, de wrijvingsverliezen in het kunstwerk, alsmede eventueel andere "interne" verliezen, zoals die tengevolge van de aanwezigheid van sponningen,

schuiven en dergelijke.

In de meest algemene vorm geldt dus:

$$\mu = f \text{ (vormgeving kunstwerk, materiaal constructie, plaats/definitie } \Delta H, \text{ plaats/definitie } A, \text{ benedenwaterstand, } Q) \quad (3)$$

Vergelijking (2) is geldig zolang de stroom zich in het "sub-kritische" gebied bevindt (voorwaarde bij een lange overlaat is dat $Fr_2 = \bar{U}_2 / \sqrt{gh_2} < 1$). Bij deze situatie spreekt men van een "onvolkomen overlaat". Bij overschrijding van bovengenoemde grens wordt de situatie van een "volkomen overlaat" verkregen, waarbij het debiet niet meer afhankelijk wordt van de benedenwaterstand, maar slechts van de hoogte van de bovenstroomse energielijn ten opzichte van de "kruin" van de constructie (H_1 in fig. 1b):

$$Q = \frac{2}{3} m L \sqrt{\frac{2}{3} g H_1^3} \quad (4)$$

waarin: m = afvoercoëfficiënt, afhankelijk van geometrie van waterloop en kunstwerk en plaats waarop H_1 wordt gemeten. Deze coëfficiënt is vergelijkbaar met de afvoercoëfficiënt μ bij een onvolkomen overlaat. [-]

L = lengte overlaat (dwars op stroomrichting) [m]

De voorwaarde bij de grens en het verschil tussen volkomen en onvolkomen condities bij een lange overlaat kunnen op fysische gronden als volgt worden verklaard [2]. Uitgaande van een vaste bovenwaterstand, zal een verlaging van de benedenwaterstand tot vergroting van het debiet leiden. Een dergelijke verandering laat zich niet meteen op de overlaat voelen, maar zal zich eerst tegen de stroom in voortplanten. De voortplantingssnelheid nabij de overlaat bedraagt: $c = c_0 - U_2$, met $c_0 = \sqrt{gh_2}$. Zolang $c_0 > U_2$ (c is positief) zal de verlaging van de benedenwaterstand uiteindelijk tot aan de overlaat doordringen en de hoogte en snelheid van de stroom daar wijzigen. Bij $c_0 \leq U_2$ zal de verstoring de overlaat nooit kunnen bereiken (c is negatief), met andere woorden de afvoer is afhankelijk van alleen de bovenstroomse condities.

3. Doorstroomoppervlakte in de keel van de kering bij diverse opbouwfasen

Waarvoor A wordt gebruikt

Het is van belang om de doorstroomoppervlakte A van een dwarsprofiel van een der sluitgaten te kennen, als men de over dat dwarsprofiel gemiddelde snelheid \bar{U} wil weten. Dat is van belang omdat een lokale snelheid u meestal rechtevenredig is met \bar{U} .

Verder is het van belang de doorstroomoppervlakte A van een poortje in de as van de stormvloedkering te kennen om de over dat poortje gemiddelde stroomsnelheid in de as, $\bar{u}(as)$ te kunnen afleiden uit het debiet door dat poortje. Het debiet door elk poortje wordt uit het getijmodel of met het rekenmodel R 1495 bepaald uit het totale debiet door het sluitgat en de μA -verdeling binnen het sluitgat (hoofdstuk 4 en verder).

Invloed van de waterstand

De doorstroomoppervlakte wisselt met de waterstand (h). In het algemeen wordt hier gesteld:

$$A(h) = A(NAP) + h.B \quad (5)$$

B = Breedte van het dwarsprofiel op N.A.P.

De konstanten A(NAP) en B zijn karakteristiek voor de grootte van A. In het hier volgende zal worden aangegeven hoe groot ze zijn, of hoe ze bepaald kunnen worden.

Referentie doorstroomoppervlakte A_A

Als referentie wordt steeds A_A gebruikt, zijnde de doorstroomoppervlakte van het oorspronkelijke dwarsprofiel t.p.v. de as van elk sluitgat. Het is op zich niet belangrijk om deze oppervlakte precies overeenkomstig de historische werkelijkheid te bepalen. Maar wel is het van belang steeds dezelfde waarde te hanteren.

Hier wordt gesteld: $A_A(NAP) = A\text{-GEUL} = A\text{-AANSTROMING}$, waarbij laatste 2 grootte-den zijn bepaald t.b.v. de oorspronkelijke R 1495-berekeningen. Voor de bepaling van A_A kan men uitgaan van de volgende konstanten:

sluitgat	A_A (NAP)	B
Roompot	39.920 m ²	1.860 m
Schaar	16.470 m ²	1.050 m
Hammen	18.630 m ²	1.160 m

Doorstroomoppervlakte dwarsprofielen buiten de as

Een eerste benadering voor deze doorstroomoppervlaktes is A_A . Maar de oppervlaktes zijn nauwkeurig te bepalen uit peilkaarten. De oppervlaktes zullen weinig verandering ondergaan tijdens de bouw van de stormvloedkering behalve t.p.v. de ontgrondingskuilen. Daarvoor wordt verwezen naar de RABO-nota's.

Doorstroomoppervlakte in de as van de kering bij diverse opbouwfasen

Er zijn bijzonder veel mogelijke bouwfasen. Daarom zou het erg onoverzichtelijk zijn de konstanten A (NAP) en B voor elk van deze bouwfasen te presenteren. Wel zullen hier de basisgetallen worden gegeven, waaruit de konstanten door simpele superpositie bepaald kunnen worden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds de damaanzetten, anderzijds de poortjes (inclusief de poortjes tussen damaanzet en eerste pijler).

De konstanten A (NAP) en B van de damaanzetten zijn te vinden in figuur 2. Het gaat daarbij om de eindfase ("2^e fase") van de damaanzetten. In het algemeen zullen deze waarden ook gehanteerd mogen worden voor de "1^e fase" van de damaanzetten, aangezien het verschil (een schil zware stenen) vrij gering is.

Van de poortjes is B eveneens te vinden in figuur 2.

De A (NAP)'s van de poortjes zijn te vinden in de tabellen 1-a t/m 1-c voor:

- "GEUL", dwz. bouwfase A of "Aanstroomoppervlakte"

- 8 opbouwfasen, zoals gedefiniëerd in figuur 3.

De waarden zijn ontleend aan notitie 2 PROBU - M - 81092 van J.P. Molegraaf.

Ten behoeve van het rekenmodel R 1495 zijn deze oppervlakken in een functie-vorm gerelateerd aan twee basisdiepten, te weten:

D1: aanlegdiepte t.p.v. het gegeven poortje
D8: niveau dorpelkruin t.p.v. het gegeven poortje } zie figuur 3

De door het introduceren van bovengenoemde functies ontstane onnauwkeurigheid bedraagt $\leq 1\%$.

Het is van belang op te merken dat alle stroomvoorspellingen en R 1495-berekeningen die zijn uitgevoerd vóór 1 december 1981 (BEBOFA-M-81041, DDWTZ-81.595, BEBOFA-M-81053/STROOM-81023, STROOM-81055, R 1495-berekening voor Pl 470 en die voor Pl 544), zijn uitgegaan van enigszins afwijkende A(NAP)-waarden. De voorspelde stroomsnelheden worden door aanpassing van A(NAP) nauwelijks beïnvloed, met uitzondering van de stroomsnelheden voorspeld m.b.v. R 1495. De R 1495-berekening voor Pl 544 A gaat wèl uit van de in deze notitie genoemde konstanten.

4. Twee-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte van de kering

In het onderzoek M 1644 [3] zijn de twee-dimensionale afvoercoëfficiënten (μ_{II}) bepaald voor 3 karakteristieke lokaties in de sluitgaten (hiervoor gekozen lokaties R 16, S 9 - beide zonder inbaggering - en H 13, met inbaggering) bij de volgende 3 opbouwfasen:

- pijler geplaatst (opbouwphase 2 in figuur 3)
- drempel gereed; echter wel met een vlakke kruin (opbouwphase 5)
- dorpel geplaatst en aanstortingen aangebracht (opbouwphase 8)

De resultaten zijn als basis gebruikt voor het bepalen van μ_{II} voor alle lokaties voor bovengenoemde opbouwfasen (zie figuur 4). Voor de overige opbouwfasen wordt tussen de gemeten afvoercoëfficiënten geïnterpoleerd, zoals weergegeven in figuren 5 t/m 7. Voor de lokaties waar nog geen pijler is geplaatst (opbouwphase 1, zie figuur 3) wordt een "equivalente afvoercoëfficiënt" als volgt bepaald:

$$Q_p = \mu_{II} \cdot A_p \sqrt{2g \Delta h} = \frac{A_p}{n} \cdot h^{2/3} \sqrt{\frac{\Delta h}{L}}$$

overlaat uniforme stroming

$$\text{waaruit: } \mu_{II} = \frac{1}{n} h^{2/3} \sqrt{1/2gL} \quad (6)$$

met: h = waterdiepte [m]
 n = ruwheidscoëfficiënt van Manning [m^{-1/3}.s]
 L = karakteristieke lengte loodrecht op as stormvloedkering [m]

De lengte L is in het kader van het onderzoek R 1495 [4] reeds eerder bepaald en bedraagt L = 600 m.

Vermenigvuldiging van μ_{II} en A_p levert de twee-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte per poortje. De aldus bepaalde waarden zijn, per opbouwphase, weergegeven in tabel 2-a voor de Roompot, tabel 2-b voor de Schaar en tabel 2-c voor de Hammen.

Uit genoemde tabellen kan voor elke willekeurige bouwphase de twee-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte (μ_{II}^A) per sluitgat worden bepaald:

$$\mu_{II}^A = \sum_{\text{poortjes}}^{\text{alle}} \mu_{II}^A \quad (7)$$

Hierbij kunnen diverse opbouwfasen langs de as van de kering voorkomen.

De "werkelijke" afvoercoëfficiënt van het sluitgat (d.i. de drie-dimensionale afvoercoëfficiënt μ_{III}) kan wezenlijk verschillen van de hierboven bepaalde twee-dimensionale afvoercoëfficiënt $\mu_{II} = \mu_{II}A/A$, zie hoofdstuk 2. Dat hier toch gebruik wordt gemaakt van μ_{II} heeft met het volgende te maken. De drie-dimensionale afvoercoëfficiënt μ_{III} kan slechts via schaalmodelonderzoek worden bepaald. Wil men snel beschikken over de grootte van de effectieve doorstroomoppervlakte voor een niet in de schaalmodellen onderzochte bouw-fase(n) dan kan $\mu_{II}A$ als basis dienen. Samen met een vertaalfactor $\mu_{II}^{-1}\mu_{III}$ (zie hoofdstuk 5) kan dan een schatting worden gemaakt van de effectieve doorstroomoppervlakte van elk der sluitgaten. De aldus verkregen grootheden kunnen vervolgens worden gebruikt in het wiskundig model IMPLIC, waarmee de getijbeweging kan worden berekend.

De $\mu_{II}A$ -waarden kunnen ook worden gebruikt voor afschatting van het maximale (eb en vloed) debiet in de drie sluitgaten voor elke willekeurige bouw-fase . De hiervoor te gebruiken methode wordt in hoofdstuk 6 beschreven.

5. Drie-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakte van de kering

De in hoofdstuk 4 genoemde vertaalfactor $\mu_{III} - \mu_{II}$ is bepaald aan de hand van de resultaten van de onderzoeken M 1696 [5] en M 1757 [6] in het getijmodel van de Oosterschelde. Uit de gemeten debieten en vervallen werd μ_{III}^A (per sluitgat) op de gebruikelijke manier bepaald. In verband met de nauwkeurigheid van het gemeten verval, werd μ_{III}^A slechts bepaald voor die situaties waarbij het verval $\Delta h > 0,15$ m (vanaf bouwphase S = drempel gereed in alle sluitgaten). Tevens werd μ_{II}^A berekend, zoals beschreven in hoofdstuk 4. Uit de aldus verkregen resultaten werd de functionele relatie:

$$\mu_{III}/\mu_{II} = f(\mu_{II}^A) \quad (8)$$

bepaald; zie figuren 8 (Roompot), 9 (Schaar) en 10 (Hammen).

De verschillen tussen de punten verkregen uit het onderzoek M 1696 (regelmatige vernauwing in alle sluitgaten) en de punten verkregen uit het onderzoek M 1757 (met vrij extreme verschillen in vernauwing tussen de sluitgaten onderling) zijn in de Roompot gering; zie figuur 8. De verschillen zijn in de andere twee sluitgaten daarentegen niet onaanzienlijk, met name in de Hammen; zie figuren 9 en 10. Zulks t.g.v. de vrij grote onderlinge beïnvloeding van deze twee sluitgaten. Afhankelijk van de onderlinge verschillen in vernauwing kunnen deze effecten echter mee genomen worden bij de bepaling van de factor μ_{III}/μ_{II} .

Voor situaties met een relatief kleine vernauwing (hogere μ^A -waarden), zijn de lijnen van de functionele relatie geëxtrapoleerd naar $\mu_{III}/\mu_{II} = 1$, behalve in de Schaar waar in verband met de rechte aanstroming van dit sluitgat geëxtrapoleerd werd naar $\mu_{III}/\mu_{II} = 1,2$ (eb) of 1,1 (vloed). De keuze van deze verhoudingen is subjectief en kan zeker aangevochten worden. Een controle daarop kan verkregen worden via het model IMPLIC: de huidige situatie kan twee maal doorbreekend worden; éénmaal met de gebruikelijke geulsecties en éénmaal met vervalsecties in de sluitgaten waarbij μ_{II}^A volgens tabel 2 (opbouwphase 1) en μ_{III}/μ_{II} volgens figuren 8 t/m 10 ingevuld worden.

De twee-dimensionale effectieve doorstroomoppervlakten zijn bij eenzelfde benedenwaterstand gelijk voor eb en vloed ($\mu_{IIeb} \approx \mu_{IIvloed}$, zie [3]). Derhalve kan uit de figuren 8 t/m 10 geconcludeerd worden dat de aan- en afstroming van de sluitgaten Roompot en Hammen gunstiger is bij vloed dan bij eb

($\frac{\mu_{III}}{\mu_{II}} \text{ vloed} > \frac{\mu_{III}}{\mu_{II}} \text{ eb}$), terwijl voor de Schaar het omgekeerde het geval is.

6. Debietverdeling tussen de sluitgaten onderling

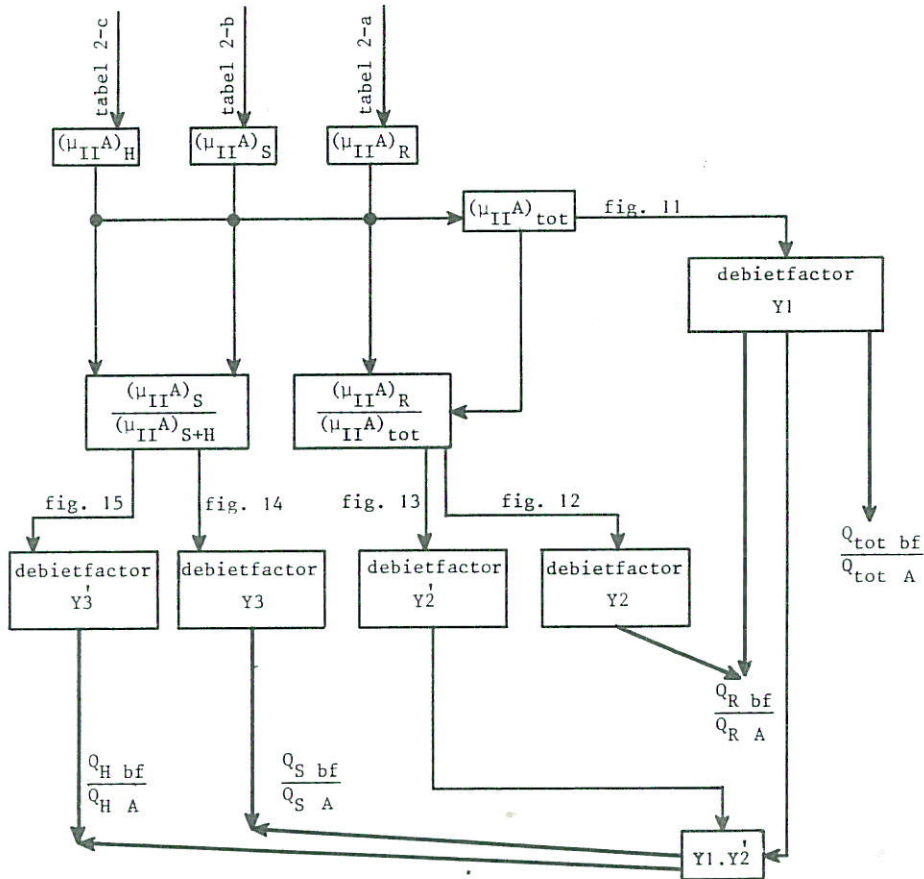
Indien het horizontale getij door één grootheid gekarakteriseerd wordt, namelijk Q_{\max} (eb en vloed), dan is het mogelijk deze grootheid zonder proeven of berekeningen middels een aantal relaties te schatten. Deze relaties zijn met behulp van de resultaten van de onderzoeken M1696 en M1757 [5,6] geconstrueerd (figuren 11 t/m 15). Uitgaande van de gegevens over de opbouwphase in de diverse poortjes kan Q_{\max} per sluitgat worden bepaald voor gemiddeld getij omstandigheden ($Q_{\max.g.g.}$). Deze exercitie wordt hieronder beschreven. Extrapolatie naar andere getij-omstandigheden kan vervolgens plaatsvinden. De extrapolatiemethode wordt in de onderhavige notitie niet behandeld, hiervoor wordt verwezen naar [7].

Hoewel het getijverschil van het bij de modelonderzoeken gebruikte getij van 11 september 1968 dat van het gemiddeld getij zeer nauw benadert, wijkt het bijbehorende horizontale getij iets af van het gemiddelde horizontale getij. Bovendien wijkt de debietverdeling tussen de sluitgaten onderling in het model iets af t.o.v. die in het prototype [8]. Daarom wordt bij de bepaling van het maximale debiet bij een gegeven bouwphase (Q_{bf}) steeds de verhouding t.o.v. het maximale debiet in de huidige situatie (notatie Q_A) gebruikt. Op deze wijze worden bovengenoemde afwijkingen omzeild. Nadat de verhouding Q_{bf}/Q_A is bepaald, kan de grootte van Q_{bf} worden berekend uitgaande van de volgende, voor de huidige situatie vastgestelde, basisdebieten:

	Roompot Q_{RA}	Schaar Q_{SA}	Hammen Q_{HA}	
max. eb	56.100	20.200	18.800	m^3/s
max. vloed	55.700	17.800	20.800	m^3/s

De wijze van bepaling van Q_{bf}/Q_A is hieronder schematisch weergegeven.

Opbouwfasen diverse poortjes sluitgaten



met:

$Y1$ = factor voor de verandering van de verhouding $\frac{Q_{tot.bf}}{Q_{tot.A}}$ (zie fig. 11)

$Y2$ = factor voor de verandering van de verhouding $\frac{Q_R bf}{Q_{tot.bf}} / \frac{Q_R A}{Q_{tot.A}}$ (zie fig. 12)

$Y2'$ = factor voor de verandering van de verhouding $\frac{Q_{(S+H)bf}}{Q_{tot.bf}} / \frac{Q_{(S+H)A}}{Q_{tot.A}}$ (zie fig. 13)

$Y3$ = factor voor de verandering van de verhouding $\frac{Q_S bf}{Q_{(S+H)bf}} / \frac{Q_S A}{Q_{(S+H)A}}$ (zie fig. 14)

$Y3'$ = factor voor de verandering van de verhouding $\frac{Q_H bf}{Q_{(S+H)bf}} / \frac{Q_H A}{Q_{(S+H)A}}$ (zie fig. 15)

waarin:

$(\mu_A)_R$ en Q_R betrekking hebben op de Roompot

$(\mu_A)_{S+H}$ en $Q_{(S+H)}$ betrekking hebben op de Schaar én Hammen tesamen

$(\mu A)_S$ en Q_S betrekking hebben op de Schaar

$(\mu A)_H$ en Q_H betrekking hebben op de Hammen

De maximale debieten bij de bouwfase worden als volgt bepaald:

$$Q_{R_{bf}} = Q_{RA} \cdot Y_1 \cdot Y_2 \quad (9)$$

$$Q_{S_{bf}} = Q_{SA} \cdot Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \quad (10)$$

$$Q_{H_{bf}} = Q_{HA} \cdot Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \quad (11)$$

Uitgaande van de spreiding van de modelpunten rondom de betrekkinglijnen zijn voor de hier beschreven methode de volgende nauwkeurigheidsmarges geschat:

- voor situaties met min of meer gelijke vernauwingspercentages in alle sluitgaten:

$$2\sigma \approx 5\% \quad (95\% \text{ betrouwbaarheidsinterval})$$

- voor situaties met sterk verschillende vernauwingspercentages in de sluitgaten:

$$2\sigma = 10 \text{ à } 12\% \quad (95\% \text{ betrouwbaarheidsinterval})$$

Als voorbeeld van de toepassing van de bovenbeschreven methode worden de voor planning PL-544^a uitgevoerde berekeningen (23 bouwfasen) bijgevoegd, zie tabellen 3 en 4-a t/m 4-c.

7. Invloed van de hoogte van de waterstand op de grootte van de afvoercoëfficiënt

Reeds in hoofdstuk 2 is gewezen op de (mogelijke) afhankelijkheid van de afvoercoëfficiënt van de benedenwaterstand (zie vergelijking 3). Voor de in aanbouw zijnde stormvloedkering is de relatie tussen μ_{III} en de benedenwaterstand bepaald aan de hand van de resultaten van het onderzoek M 1696 [5]. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5, waarbij alleen de situaties vanaf bouwphase S (=drempel gereed in alle sluitgaten) in verband met de nauwkeurigheid bij de bepaling van μ_{III} in beschouwing zijn genomen.

De variatie van μ_{III} met de waterstand is het geringste in de Roompot en het grootste in de Schaar. Ten aanzien van de bouwphase is de variatie het geringste bij bouwphase S en het grootste bij bouwphase V (=alle dorpels geplaatst), met uitzondering van de Schaar bij vloed en de Hammen bij eb. Ten aanzien van de stroomrichting zijn de afvoercoëfficiënten van de sluitgaten Roompot en Hammen groter en variëren in mindere mate met de waterstand bij vloed vergeleken met de ebsituatie. Voor de Schaar zijn de afvoercoëfficiënten groter bij eb dan bij vloed (behalve bij bouwphase V), en evenzo de variatie als functie van de benedenwaterstand.

LITERATUUR

- [1] VEN TE CHOW:
"Open-channel hydraulics", McGraw-Hill, 1955
- [2] SCHÖNFELD, J.C.:
"Discharge of long and very long weirs", Proceedings 6th Congress IAHR, Den Haag, 1955
- [3] Waterloopkundig Laboratorium:
"Schematisatie van de pijlers voor het detailmodel en het getijmodel van de Oosterschelde", verslag modelonderzoek M 1644, april 1981
- [4] Waterloopkundig Laboratorium:
"Stroomsnelheidsverdeling bouwfasen pijlers; berekeningsmethode en -resultaten", nota R 1219/M 1000/M 1001, januari 1978
- [5] Waterloopkundig Laboratorium:
"Getijmodel Oosterschelde, stroomrandvoorwaarden bouwfasen", verslagen modelonderzoek M 1696 delen I t/m XII, juli 1980-maart 1981
- [6] Waterloopkundig Laboratorium
"Getijmodel Oosterschelde, alternatieve volgorde dorpelbalkplaatsingen" verslag modelonderzoek M 1757, juni 1981
- [7] Werkgroep "Snelheden Bouwfasen" en de Groot, M.B.:
"Stroomsnelheid bij maximum eb of vloed", notitie BEBOFA-M 81-039, juli 1981
- [8] Werkgroep STROOM en de Groot, M.B.:
"Stroomsnelheid bij maximum eb en vloed tijdens Cardium", notitie BEBOFA-M-81041, oktober 1981. Eveneens notitie STROOM-81.054

Lijst van symbolen

A	Oppervlakte doorstroomprofiel	[m ²]
A _p	Doorstroomprofiel per poortje van de stormvloedkering	[m ²]
B	Breedte van het dwarsprofiel	[m]
a	Doorstroomhoogte	[m]
c	Voortplantingssnelheid van een verstoring	[m/s]
d	Damhoogte	[m]
Fr	Froudegetal = snelheid/(hoogte x g) ^{1/2}	[-]
f	Functie van	[-]
g	Versnelling tengevolge van zwaartekracht = 9,81	[m/s ²]
H	Totale energiehoogte = $h + \frac{U^2}{2g}$	[m]
h	Waterstand ten opzichte van een referentievlak Waterdiepte	[m] [m]
ΔH	Verval (zie definitieschets op blz. 3)	[m]
Δh	Waterstandverval (zie definitieschets op blz. 3)	[m]
L	Karakteristieke lengte loodrecht op as stormvloedkering	[m]
m	Afvoercoëfficiënt (volkomen overlaat)	[-]
n	Ruwheidscoëfficiënt van Manning	[m ^{-1/3} .s]
Q	Debiet	[m ³ /s]
Q _p	Debiet per poortje	[m ³ /s]
q	Debiet per eenheid van (constructie)lengte	[m ² /s]
U	Over de verticaal gemiddelde stroomsnelheid	[m/s]
\bar{U}	Over het doorstroomprofiel gemiddelde stroomsnelheid	[m/s]
Y ₁ ...Y ₃	Debietfactoren	[-]
μ	Afvoercoëfficiënt (onvolkomen overlaat)	[-]
σ	Standaardafwijking	[-]

SLUITGAT: ROOMPOT
OVERZICHT DOORSTROOMPROFIEEL VOLGENS R1495

VAK	AFST.(HM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	6.00-6.45	414.	968.	743.	390.	390.	251.	251.	0.	0.
2	6.45-6.90	540.	990.	673.	583.	529.	484.	368.	219.	178.
3	6.90-7.35	720.	1035.	711.	622.	569.	524.	408.	259.	217.
4	7.35-7.80	999.	1080.	750.	662.	608.	563.	447.	298.	257.
5	7.80-8.25	1188.	1136.	800.	678.	623.	576.	455.	300.	257.
6	8.25-8.70	1314.	1204.	861.	724.	668.	619.	497.	340.	296.
7	8.70-9.15	1382.	1271.	922.	770.	712.	662.	538.	380.	336.
8	9.15-9.60	1413.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
9	9.60-10.05	1449.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
10	10.05-10.50	1476.	1328.	975.	813.	754.	703.	578.	420.	375.
11	10.50-10.95	1503.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
12	10.95-11.40	1512.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
13	11.40-11.85	1512.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
14	11.85-12.30	1503.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
15	12.30-12.75	1485.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
16	12.75-13.20	1458.	1350.	996.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
17	13.20-13.65	1422.	1350.	956.	846.	789.	740.	616.	459.	415.
18	13.65-14.10	1404.	1328.	975.	813.	754.	703.	578.	420.	375.
19	14.10-14.55	1377.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
20	14.55-15.00	1350.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
21	15.00-15.45	1319.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
22	15.45-15.90	1283.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
23	15.90-16.35	1238.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
24	16.35-16.80	1170.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
25	16.80-17.25	1098.	1305.	954.	807.	750.	700.	577.	420.	375.
26	17.25-17.70	990.	1271.	922.	770.	712.	662.	538.	380.	336.
27	17.70-18.15	918.	1238.	891.	761.	705.	657.	535.	379.	336.
28	18.15-18.60	864.	1204.	861.	724.	668.	619.	497.	340.	296.
29	18.60-19.05	747.	1136.	800.	704.	651.	605.	488.	338.	296.
30	19.05-19.50	675.	1080.	750.	688.	634.	589.	477.	336.	296.
31	19.50-19.95	612.	1035.	711.	645.	595.	550.	438.	297.	257.
32	19.95-20.40	549.	990.	673.	605.	555.	510.	358.	257.	217.
33	20.40-20.85	495.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
34	20.85-21.30	441.	968.	743.	350.	390.	251.	251.	0.	0.

TOTAAL A-GEUL	: 37818.	M2
TOTAAL A-AS FASE 1	: 41423.	M2
TOTAAL A-AS FASE 2	: 29970.	M2
TOTAAL A-AS FASE 3	: 25113.	M2
TOTAAL A-AS FASE 4	: 23314.	M2
TOTAAL A-AS FASE 5	: 21489.	M2
TOTAAL A-AS FASE 6	: 17614.	M2
TOTAAL A-AS FASE 7	: 12170.	M2
TOTAAL A-AS FASE 8	: 10784.	M2

Tabel 1-a

SLUITGAT: SCHAAR
 OVERZICHT DOORSTROOMPROFIEEL VOLGENS R1455

VAK	AFST. (HM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	59.68-60.13	473.	968.	743.	390.	390.	251.	251.	0.	0.
2	60.13-60.58	698.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
3	60.58-61.03	783.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
4	61.03-61.48	864.	990.	673.	583.	529.	484.	368.	219.	178.
5	61.48-61.93	900.	1035.	711.	622.	569.	524.	408.	259.	217.
6	61.93-62.38	923.	1080.	750.	662.	608.	563.	447.	298.	257.
7	62.38-62.83	936.	1103.	770.	695.	641.	596.	482.	337.	296.
8	62.83-63.28	954.	1103.	770.	695.	641.	596.	482.	337.	296.
9	63.28-63.73	972.	1103.	770.	695.	641.	596.	482.	337.	296.
10	63.73-64.18	990.	1103.	770.	695.	641.	596.	482.	337.	296.
11	64.18-64.63	981.	1080.	750.	662.	608.	563.	447.	298.	257.
12	64.63-65.08	954.	1058.	731.	655.	602.	557.	443.	297.	257.
13	65.08-65.53	909.	1035.	711.	622.	569.	524.	408.	259.	217.
14	65.53-65.98	837.	990.	673.	583.	529.	484.	368.	219.	178.
15	65.98-66.43	720.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
16	66.43-66.88	648.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
17	66.88-67.33	563.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
18	67.33-67.78	504.	968.	743.	390.	390.	251.	251.	0.	0.

TOTAAL A-GEUL	:	14607.	M2
TOTAAL A-AS FASE 1	:	18450.	M2
TOTAAL A-AS FASE 2	:	12832.	M2
TOTAAL A-AS FASE 3	:	10831.	M2
TOTAAL A-AS FASE 4	:	9975.	M2
TOTAAL A-AS FASE 5	:	8974.	M2
TOTAAL A-AS FASE 6	:	7137.	M2
TOTAAL A-AS FASE 7	:	4287.	M2
TOTAAL A-AS FASE 8	:	3634.	M2

SLUITGAT: HAMMEN
 OVERZICHT DOORSTROOMPROFIEEL VOLGENS R1495

VAK	AFST. (HM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	75.65-76.10	531.	968.	743.	390.	390.	251.	251.	0.	0.
2	76.10-76.55	603.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
3	76.55-77.00	666.	990.	673.	583.	529.	484.	368.	219.	178.
4	77.00-77.45	783.	1035.	711.	622.	569.	524.	408.	259.	217.
5	77.45-77.90	1035.	1080.	750.	662.	608.	563.	447.	298.	257.
6	77.90-78.35	1170.	1125.	790.	701.	648.	603.	487.	338.	296.
7	78.35-78.80	1193.	1148.	810.	734.	681.	636.	522.	376.	336.
8	78.80-79.25	1193.	1148.	810.	734.	681.	636.	522.	376.	336.
9	79.25-79.70	1143.	1148.	810.	734.	681.	636.	522.	376.	336.
10	79.70-80.15	1080.	1125.	790.	701.	648.	603.	487.	338.	296.
11	80.15-80.60	1008.	1080.	750.	662.	608.	563.	447.	298.	257.
12	80.60-81.05	945.	1035.	711.	622.	569.	524.	408.	259.	217.
13	81.05-81.50	864.	990.	673.	583.	529.	484.	368.	219.	178.
14	81.50-81.95	792.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
15	81.95-82.40	720.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
16	82.40-82.85	675.	968.	654.	576.	523.	478.	364.	218.	178.
17	82.85-83.30	630.	968.	743.	390.	390.	251.	251.	0.	0.

TOTAAL A-GEUL	:	15030.	M2
TOTAAL A-AS FASE 1	:	17708.	M2
TOTAAL A-AS FASE 2	:	12378.	M2
TOTAAL A-AS FASE 3	:	10426.	M2
TOTAAL A-AS FASE 4	:	9624.	M2
TOTAAL A-AS FASE 5	:	8667.	M2
TOTAAL A-AS FASE 6	:	6940.	M2
TOTAAL A-AS FASE 7	:	4228.	M2
TOTAAL A-AS FASE 8	:	3614.	M2

SLUITGAT: ROOMPOT
OVERZICHT EFFEKTIEF DOORSTROOMPROFIEL VOLGENS R1455

VAK	AFST. (HM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	6.00-6.45	414.	783.	805.	367.	350.	123.	223.	0.	0.
2	6.45-6.90	540.	957.	915.	966.	811.	700.	460.	195.	161.
3	6.90-7.35	720.	1212.	1108.	968.	852.	764.	532.	232.	198.
4	7.35-7.80	999.	1573.	1197.	1010.	930.	855.	606.	269.	234.
5	7.80-8.25	1188.	1803.	1288.	1035.	953.	874.	617.	271.	234.
6	8.25-8.70	1314.	1985.	1431.	1143.	1055.	972.	656.	308.	270.
7	8.70-9.15	1382.	2174.	1573.	1256.	1159.	1070.	744.	344.	304.
8	9.15-9.60	1413.	2271.	1643.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
9	9.60-10.05	1449.	2271.	1643.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
10	10.05-10.50	1476.	2337.	1690.	1368.	1261.	1163.	851.	378.	338.
11	10.50-10.95	1503.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
12	10.95-11.40	1512.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
13	11.40-11.85	1503.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
14	11.85-12.30	1485.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
15	12.30-12.75	1458.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
16	12.75-13.20	1422.	2403.	1736.	1468.	1351.	1246.	924.	409.	370.
17	13.20-13.65	1404.	2337.	1650.	1368.	1261.	1163.	851.	378.	338.
18	13.65-14.10	1377.	2271.	1643.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
19	14.10-14.55	1350.	2271.	1643.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
20	14.55-15.00	1319.	2271.	1643.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
21	15.00-15.45	1283.	2245.	1661.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
22	15.45-15.90	1238.	2192.	1655.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
23	15.90-16.35	1170.	2111.	1742.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
24	16.35-16.80	1098.	2024.	1787.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
25	16.80-17.25	990.	1640.	1736.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
26	17.25-17.70	918.	1703.	1655.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
27	17.70-18.15	864.	1591.	1565.	1357.	1253.	1158.	849.	377.	338.
28	18.15-18.60	747.	1363.	1371.	1198.	1077.	961.	684.	306.	270.
29	18.60-19.05	675.	1211.	1204.	1216.	1086.	974.	668.	304.	270.
30	19.05-19.50	612.	1087.	1065.	1134.	593.	882.	554.	268.	234.
31	19.50-19.95	549.	967.	922.	1059.	501.	788.	520.	231.	198.
32	19.95-20.40	495.	882.	825.	554.	819.	701.	455.	195.	161.
33	20.40-20.85	441.	817.	857.	367.	350.	123.	223.	0.	0.
34	20.85-21.30									
TOTAAL A-GEUL										
TOTAAL UA-AS FASE 1		37818.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 2		63367.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 3		50145.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 4		41626.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 5		37955.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 6		34363.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 7		25098.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 8		10971.	M2							
TOTAAL UA-AS FASE 8		9713.	M2							

Tabel 2-a

SLUITGAT: SCHAAR
 OVERZICHT EFFEKTIEF DOORSTROOMPROFIEL VOLGENS R1495

VAK	AFST.(HM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	59.68-60.13	473.	855.	908.	367.	350.	123.	223.	0.	0.
2	60.13-60.58	698.	1109.	945.	860.	744.	665.	455.	195.	161.
3	60.58-61.03	783.	1198.	957.	824.	740.	665.	455.	195.	161.
4	61.03-61.48	864.	1309.	1006.	828.	750.	674.	460.	195.	161.
5	61.48-61.93	900.	1406.	1108.	917.	839.	764.	532.	232.	198.
6	61.93-62.38	923.	1491.	1215.	1010.	930.	855.	606.	269.	234.
7	62.38-62.83	936.	1537.	1270.	1096.	1013.	936.	675.	305.	270.
8	62.83-63.28	954.	1557.	1266.	1096.	1013.	936.	675.	305.	270.
9	63.28-63.73	972.	1576.	1262.	1096.	1013.	936.	675.	305.	270.
10	63.73-64.18	990.	1596.	1257.	1096.	1013.	936.	675.	305.	270.
11	64.18-64.63	981.	1554.	1202.	1010.	930.	855.	606.	269.	234.
12	64.63-65.08	954.	1493.	1153.	1000.	920.	845.	600.	269.	234.
13	65.08-65.53	909.	1415.	1106.	917.	839.	764.	532.	232.	198.
14	65.53-65.98	837.	1281.	1008.	828.	750.	674.	460.	195.	161.
15	65.98-66.43	720.	1133.	950.	845.	740.	665.	455.	195.	161.
16	66.43-66.88	648.	1056.	930.	885.	761.	665.	455.	195.	161.
17	66.88-67.33	563.	961.	885.	938.	793.	685.	455.	195.	161.
18	67.33-67.78	504.	893.	949.	367.	350.	123.	223.	0.	0.
TOTAAL A-GEUL		:	14607.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 1		:	23419.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 2		:	19377.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 3		:	15985.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 4		:	14487.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 5		:	12766.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 6		:	9218.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 7		:	3855.	M2						
TOTAAL UA-AS FASE 8		:	3303.	M2						

Tabel 2-b

SLUITGAT: HAMMEN
 OVERZICHT EFFEKTIEF DOORSTROOMPROFIEL VOLGENS K1495

VAK	AFST. (MM)	GEUL	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5	FASE 6	FASE 7	FASE 8
1	75.65-76.10	531.	924.	979.	367.	350.	123.	223.	0.	0.
2	76.10-76.55	603.	1006.	910.	911.	778.	674.	455.	195.	161.
3	76.55-77.00	666.	1100.	986.	885.	764.	674.	460.	195.	161.
4	77.00-77.45	783.	1281.	1114.	540.	939.	764.	532.	232.	198.
5	77.45-77.90	1035.	1610.	1186.	1010.	930.	855.	606.	269.	234.
6	77.90-78.35	1170.	1773.	1265.	1107.	1024.	946.	681.	306.	270.
7	78.35-78.80	1193.	1833.	1312.	1197.	1108.	1027.	750.	340.	304.
8	78.80-79.25	1193.	1833.	1312.	1197.	1108.	1027.	750.	340.	304.
9	79.25-79.70	1143.	1828.	1314.	1197.	1108.	1027.	750.	340.	304.
10	79.70-80.15	1086.	1726.	1284.	1107.	1024.	946.	681.	306.	270.
11	80.15-80.60	1008.	1562.	1194.	1010.	930.	855.	606.	269.	234.
12	80.60-81.05	945.	1452.	1100.	917.	839.	764.	532.	232.	198.
13	81.05-81.50	864.	1309.	1006.	828.	750.	674.	460.	195.	161.
14	81.50-81.95	792.	1207.	957.	821.	740.	665.	455.	195.	161.
15	81.95-82.40	720.	1133.	950.	849.	740.	665.	455.	195.	161.
16	82.40-82.85	675.	1085.	939.	871.	752.	665.	455.	195.	161.
17	82.85-83.30	630.	1036.	1050.	367.	350.	123.	223.	0.	0.

TOTAAL A-GEUL	:	15030.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 1	:	23718.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 2	:	18857.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 3	:	15580.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 4	:	14132.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 5	:	12472.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 6	:	9077.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 7	:	3803.	M2
TOTAAL UA-AS FASE 8	:	3281.	M2

Tabel 3

TIJDSTIP	R	S	H	TOTAAL		$\frac{(\mu_{II}^A)_R}{(\mu_{II}^A)_{tot.}}$	$\frac{(\mu_{II}^A)_S}{(\mu_{II}^A)_{S+H}}$
01.01.82	65932	24107	24322	114361		0.58	0.50
15.03.83	65932	23419	22813	112164		0.59	0.51
23.06.83	65932	23419	19501	108852		0.61	0.55
15.08.83	65932	23419	18857	108208		0.61	0.55
15.10.83	64122	21316	17012	102450		0.63	0.56
23.11.83	64122	20289	16055	100466		0.64	0.56
15.01.84	64122	18733	14341	97196		0.66	0.57
01.04.84	62689	17012	10483	90184		0.70	0.62
01.06.84	57670	15181	8753	81604		0.71	0.63
15.08.84	50298	11752	8630	70680		0.71	0.58
01.10.84	47572	9336	8630	65538		0.73	0.52
01.12.84	44458	8772	8630	61860		0.72	0.50
01.04.85	34734	8772	8630	52136		0.67	0.50
01.08.85	27693	8772	8630	45095		0.61	0.50
01.01.86	25761	8772	8630	43163		0.60	0.50
01.02.86	24651	8772	6161	39584		0.62	0.59
01.03.86	24651	8772	3384	36807		0.67	0.72
01.04.86	24651	6287	3281	34219		0.72	0.66
01.05.86	24651	3404	3281	31336		0.79	0.51
01.06.86	20036	3303	3281	26620		0.75	0.50
01.07.86	14673	3303	3281	21257		0.69	0.50
01.08.86	9962	3303	3281	16546		0.60	0.50
01.10.86	9713	3303	3281	16297		0.60	0.50

PL-544 a Overzicht μ_{II}^A N.A.P. en verhoudingsgetallen

R = Roompot

S = Schaar

H = Hammen

Tabel 4-a

TIJDSTIP	EB				VLOED			
	Y1	Y2	Q _{bf}		Y1	Y2	Q _{bf}	
01.01.82	1.00	1.005	56380		1.00	1.005	55980	
15.03.83	1.00	1.010	56660		1.00	1.010	56260	
23.06.83	1.00	1.020	57220		1.00	1.020	56820	
15.08.83	1.00	1.020	57220		1.00	1.020	56810	
15.10.83	1.00	1.040	58340		1.00	1.040	57930	
23.11.83	1.00	1.050	58910		1.00	1.045	58210	
15.01.84	1.00	1.065	59750		1.00	1.060	59040	
01.04.84	1.00	1.100	61710		1.00	1.090	60710	
01.06.84	1.00	1.110	62270		1.00	1.100	61270	
15.08.84	1.00	1.110	62270		1.00	1.100	61270	
01.10.84	1.00	1.130	63390		1.00	1.120	62380	
01.12.84	1.00	1.120	62830		1.00	1.110	61830	
01.04.85	0.980	1.075	59100		0.990	1.070	59000	
01.08.85	0.935	1.020	53500		0.965	1.020	54830	
01.01.86	0.925	1.020	52930		0.960	1.020	54540	
01.02.86	0.900	1.030	52000		0.945	1.030	54220	
01.03.86	0.880	1.075	53070		0.930	1.070	55430	
01.04.86	0.860	1.120	54040		0.915	1.110	56570	
01.05.86	0.835	1.210	56680		0.895	1.200	59820	
01.06.86	0.795	1.150	51290		0.860	1.140	54610	
01.07.86	0.745	1.090	45560		0.820	1.085	49560	
01.08.86	0.700	1.020	40060		0.785	1.020	44600	
01.10.86	0.695	1.020	39770		0.780	1.020	44310	

PL - 544a Roompot; Overzicht debietfactoren en debieten

Q(A) eb = 56100 m³/s
vloed = 55700 m³/s

Tabel 4-b

TIJDSTIP	EB					VLOED			
	Y1	Y2'	Y3	Q _{bf}		Y1	Y2'	Y3	Q _{bf}
01.01.82	1.00	0.995	0.995	20000		1.00	0.995	0.995	17620
15.03.83	1.00	0.985	1.005	20000		1.00	0.985	1.005	17620
23.06.83	1.00	0.965	1.035	20180		1.00	0.965	1.045	17950
15.08.83	1.00	0.965	1.035	20180		1.00	0.965	1.045	17950
15.10.83	1.00	0.950	1.040	19960		1.00	0.955	1.050	17850
23.11.83	1.00	0.940	1.040	19750		1.00	0.945	1.050	17660
15.01.84	1.00	0.920	1.050	19510		1.00	0.925	1.060	17450
01.04.84	1.00	0.870	1.090	19160		1.00	0.885	1.115	17560
01.06.84	1.00	0.855	1.100	19000		1.00	0.870	1.125	17420
15.08.84	1.00	0.855	1.060	18310		1.00	0.870	1.070	16570
01.10.84	1.00	0.830	1.010	16930		1.00	0.850	1.015	15360
01.12.84	1.00	0.845	0.995	16980		1.00	0.860	0.995	15230
01.04.85	0.980	0.905	0.995	17830		0.990	0.915	0.995	16040
01.08.85	0.935	0.965	0.995	18130		0.965	0.965	0.995	16490
01.01.86	0.925	0.975	0.995	18130		0.960	0.975	0.995	16580
01.02.86	0.900	0.960	1.065	18590		0.945	0.960	1.075	17360
01.03.86	0.880	0.905	1.200	19300		0.930	0.915	1.255	19010
01.04.86	0.860	0.845	1.125	16510		0.915	0.860	1.150	16110
01.05.86	0.835	0.720	1.005	12200		0.895	0.750	1.005	12010
01.06.86	0.795	0.800	0.995	12780		0.860	0.825	0.995	12570
01.07.86	0.745	0.880	0.995	13180		0.820	0.895	0.995	13000
01.08.86	0.700	0.975	0.995	13720		0.785	0.975	0.995	13560
01.10.86	0.695	0.975	0.995	13620		0.780	0.975	0.995	13470

PL - 544 a Schaar; overzicht debietfactoren en debieten

$$Q(A) \begin{array}{l} \text{eb} = 20200 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{vloed} = 17800 \text{ m}^3/\text{s} \end{array}$$

Tabel 4-c

TIJDSTIP	EB					VLOED			
	Y1	Y2	Y3	Q _{bf}		Y1	Y2	Y3	Q _{bf}
01.01.82	1.00	0.995	1.005	18800		1.00	0.995	1.005	20800
15.03.83	1.00	0.985	0.990	18330		1.00	0.985	0.990	20280
23.06.83	1.00	0.965	0.955	17330		1.00	0.965	0.995	19170
15.08.83	1.00	0.965	0.955	17330		1.00	0.965	0.995	19170
15.10.83	1.00	0.950	0.950	16970		1.00	0.955	0.950	18870
23.11.83	1.00	0.940	0.950	16790		1.00	0.945	0.950	18670
15.01.84	1.00	0.920	0.940	16260		1.00	0.925	0.940	18090
01.04.84	1.00	0.870	0.900	14720		1.00	0.885	0.900	16570
01.06.84	1.00	0.855	0.890	14310		1.00	0.870	0.890	16110
15.08.84	1.00	0.855	0.930	14950		1.00	0.870	0.930	16830
01.10.84	1.00	0.830	0.980	15290		1.00	0.850	0.980	17330
01.12.84	1.00	0.845	1.005	15970		1.00	0.860	1.005	17980
01.04.85	0.980	0.905	1.005	16760		0.990	0.915	1.005	18940
01.08.85	0.935	0.965	1.005	17050		0.965	0.965	1.005	19470
01.01.86	0.925	0.975	1.005	17040		0.960	0.975	1.005	19570
01.02.86	0.900	0.960	0.925	15020		0.945	0.960	0.925	17450
01.03.86	0.880	0.905	0.780	11680		0.930	0.915	0.755	13360
01.04.86	0.860	0.845	0.855	11680		0.915	0.860	0.855	13990
01.05.86	0.835	0.720	0.990	11190		0.895	0.750	0.990	13820
01.06.86	0.795	0.800	1.005	12020		0.860	0.825	1.005	14830
01.07.86	0.745	0.880	1.005	12390		0.820	0.895	1.005	15340
01.08.86	0.700	0.975	1.005	12900		0.785	0.975	1.005	16000
01.10.86	0.695	0.975	1.005	12800		0.780	0.975	1.005	15900

PL - 544 a Hammen; overzicht debietfactoren en debieten

Q(A) eb = 18800 m³/s
vloed = 20800 m³/s

Tabel 5

sluit- gat	bouw- fase (PGO 9)	EB			VLOED		
		μ_{III} bij een benedenwater- stand			μ_{III} bij een benedenwater- stand		
		NAP + 1m	NAP	NAP - 1m	NAP + 1m	NAP	NAP - 1m
Roompot	S	1,12	1,11	1,11	1,27	1,27	1,28
	T1	0,91	0,90	0,88	1,01	1,00	0,99
	U	0,93	0,91	0,89	0,94	0,94	0,94
	V	0,86	0,87	0,99	0,93	0,96	1,00
Schaar	S	1,39	1,43	1,47	1,39	1,36	1,31
	T1	0,99	1,04	1,10	1,02	0,94	0,84
	U	0,94	0,98	1,03	0,99	0,94	0,89
	V	0,87	0,94	1,03	1,01	0,99	0,97
Hammen	S	1,02	1,02	1,01	1,25	1,27	1,32
	T1	0,89	0,93	0,99	0,98	1,03	1,08
	U	0,89	0,92	0,95	0,92	0,95	0,98
	V	0,85	0,86	0,86	0,86	0,97	1,13

Relatie μ_{III} - benedenwaterstand
(ontleend aan de resultaten van het onderzoek M 1696 [5])

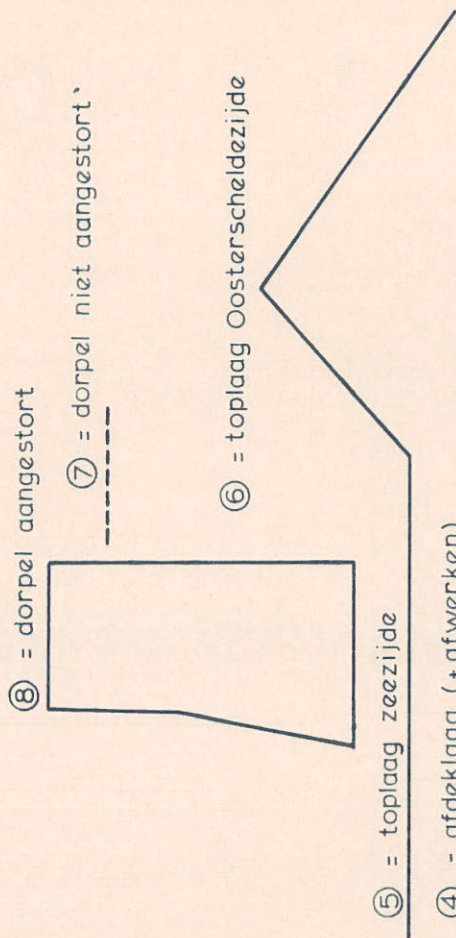
N.A.P.

N.A.P.

- ⑧ _____ = D8 (variabel)
- ⑦ _____ = D8 + 1,5m
- ⑥ _____ = D8 + 5,5m
- ⑤ _____ = D8 + 9,5m
- ④ _____ = D8 + 11,2m
- ③ _____ = D8 + 13,2m

- ①, ② _____ = D1 (variabel)

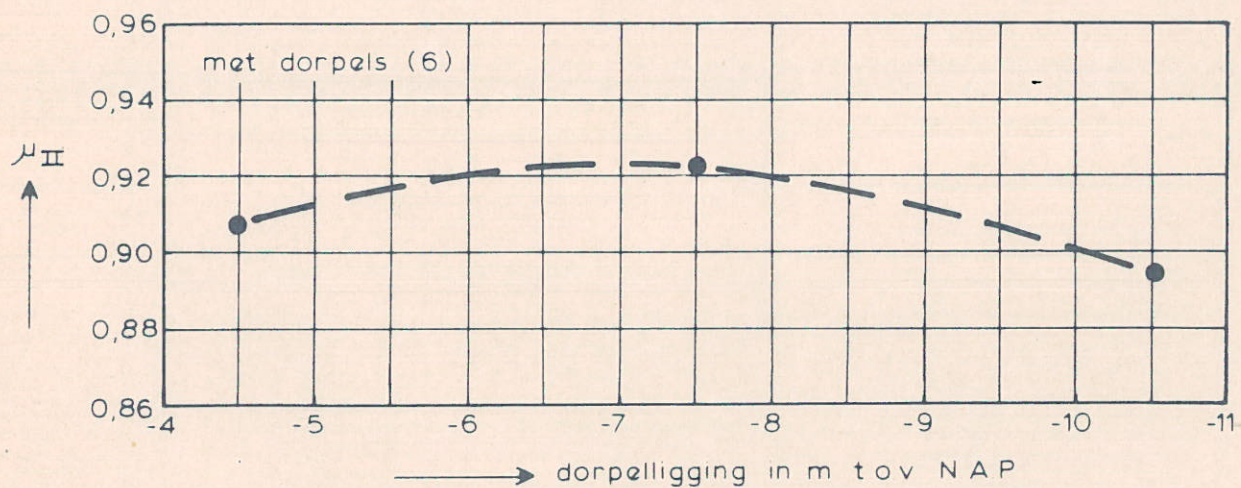
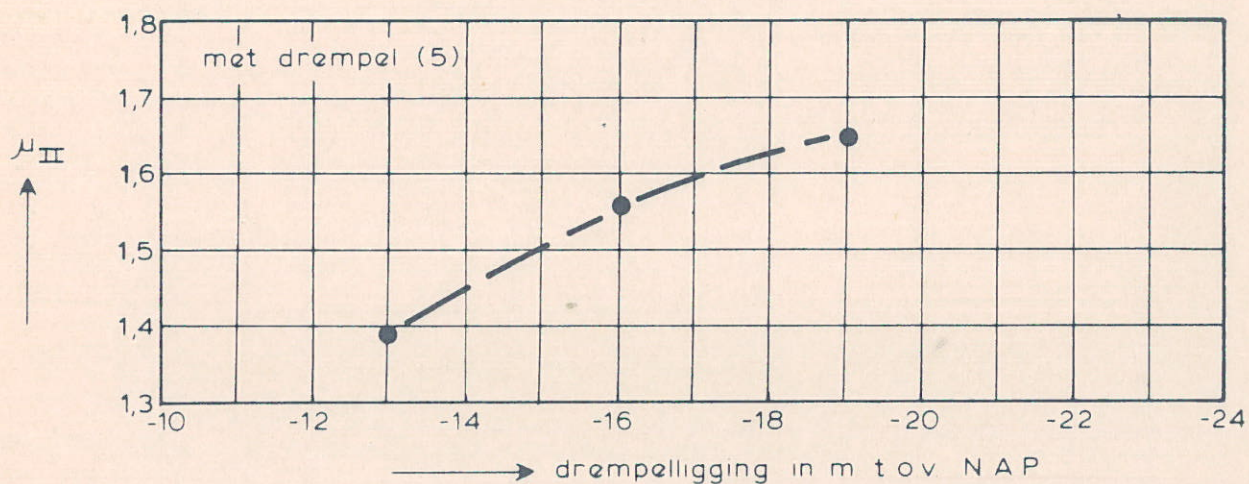
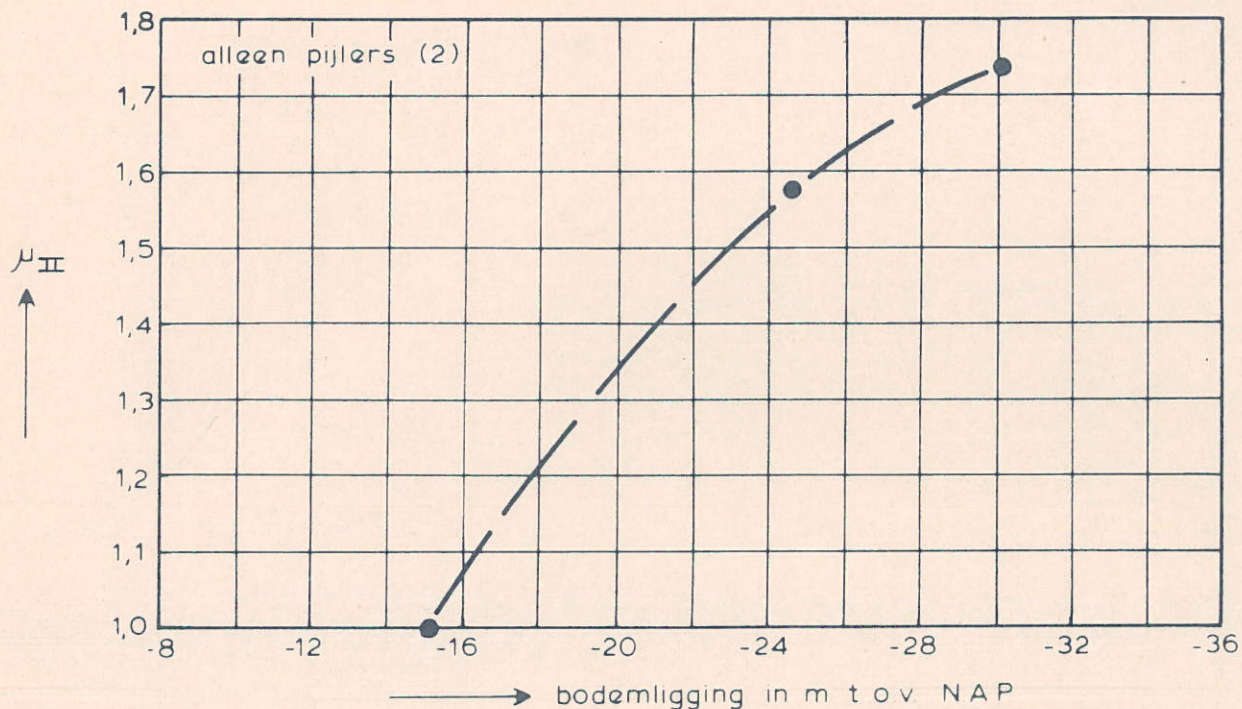
→ diepte in de as (m)



- ⑤ = toplaag zeezijde
- ④ = afdeklaag (+ afwerken)
- ③ = kern (slijtbak)

- ① = sluitgat + mat , ② = pijler geplaatst

OVERZICHT OPBOUWFASEN



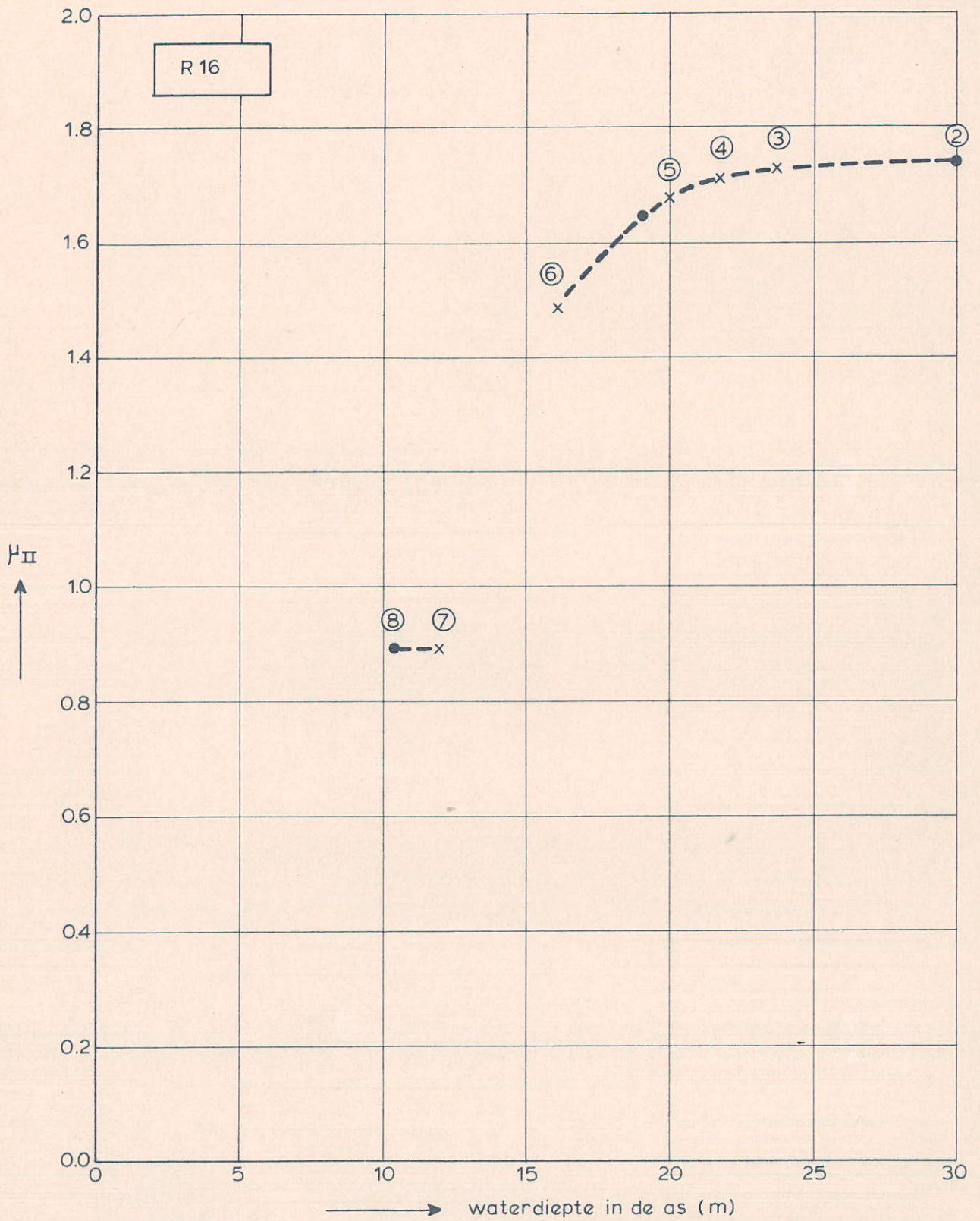
OVERZICHT AFVOERKOEFFICIENTEN μ_{II}

ontleend aan M 1644

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

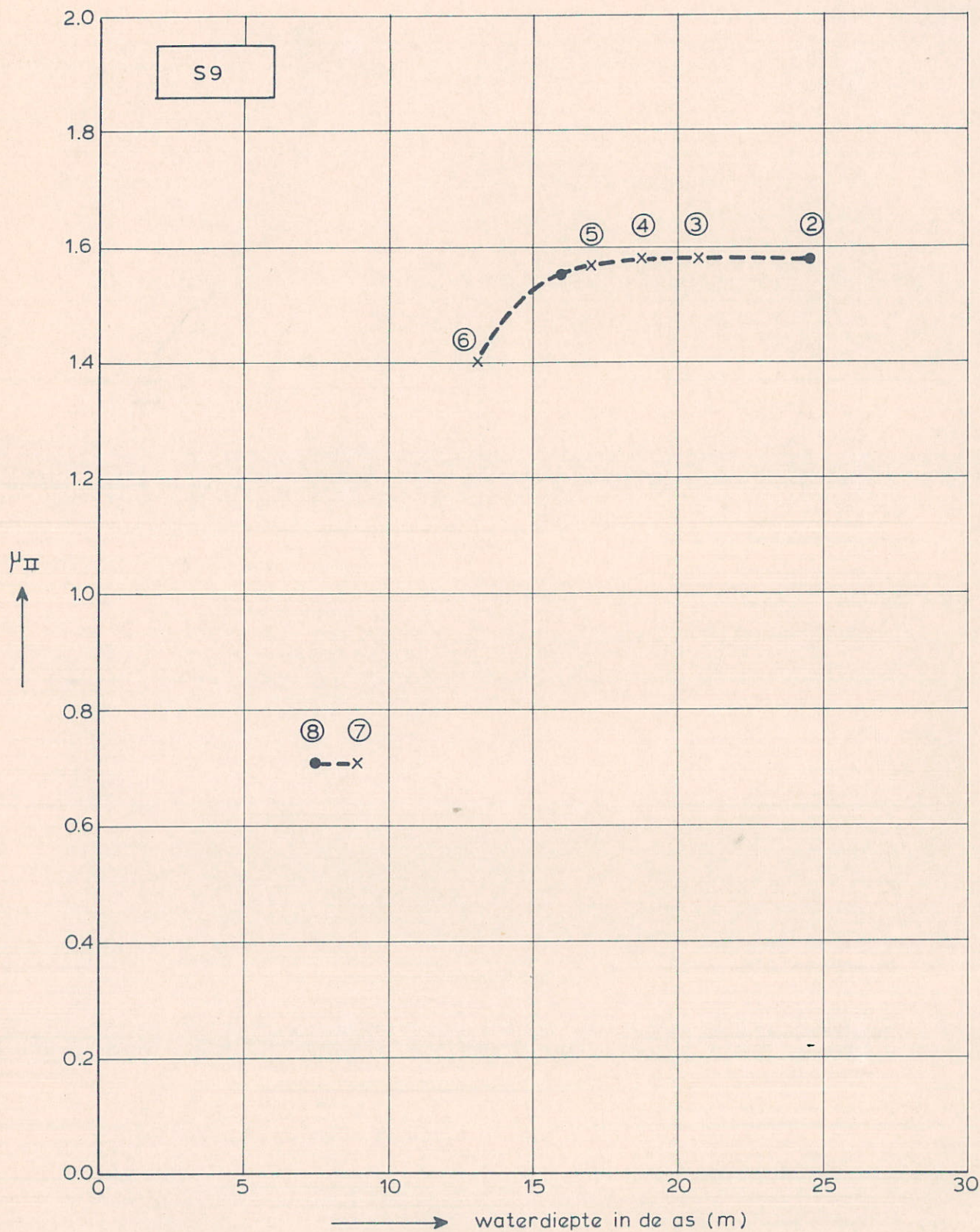
R 1495

FIG. 4



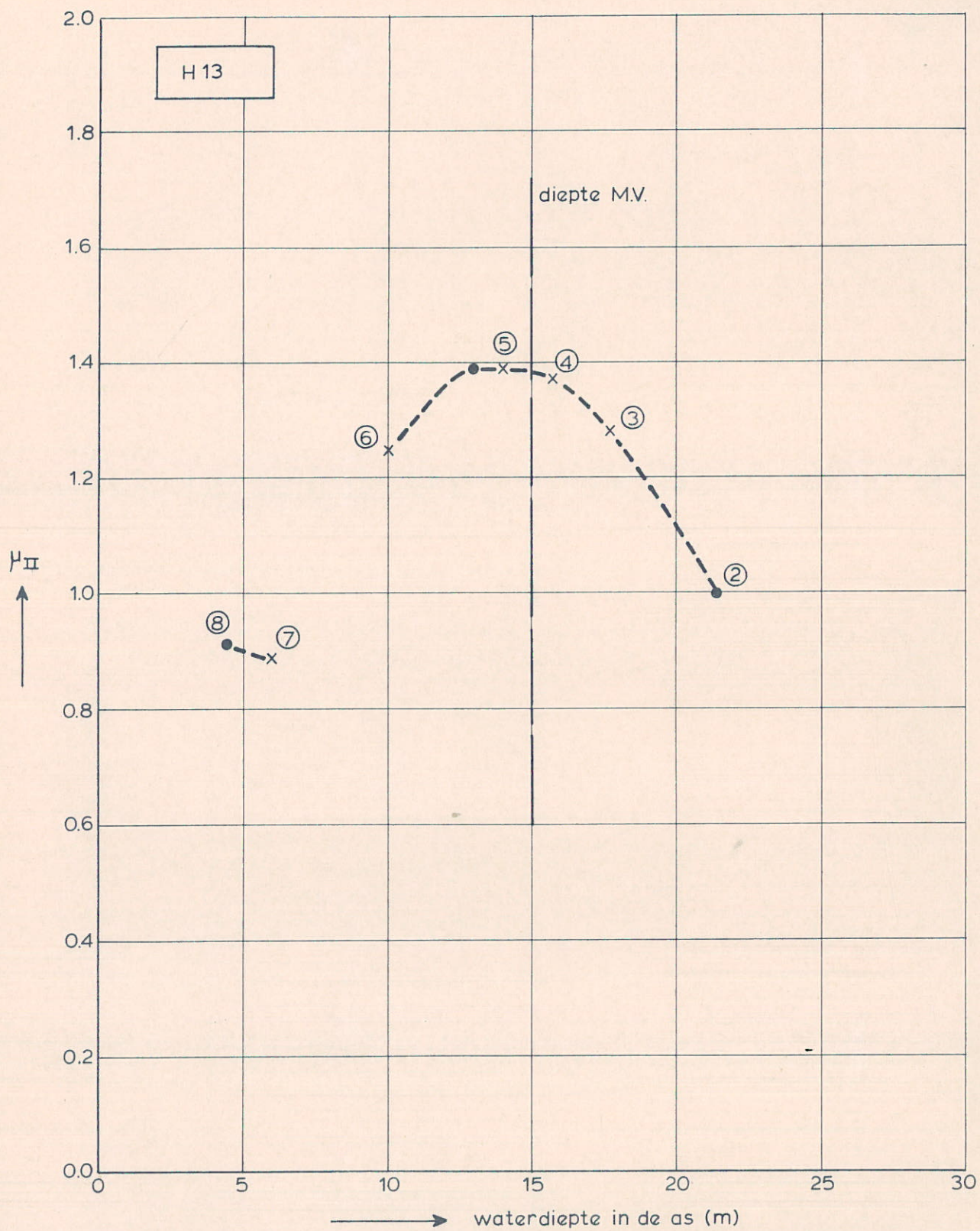
- μ_{II} uit M1644
- x afgeleide μ_{II} -waarde
- ② opbouwfase R1495

μ_{II} BIJ LOCATIE VAN PIJLER R16



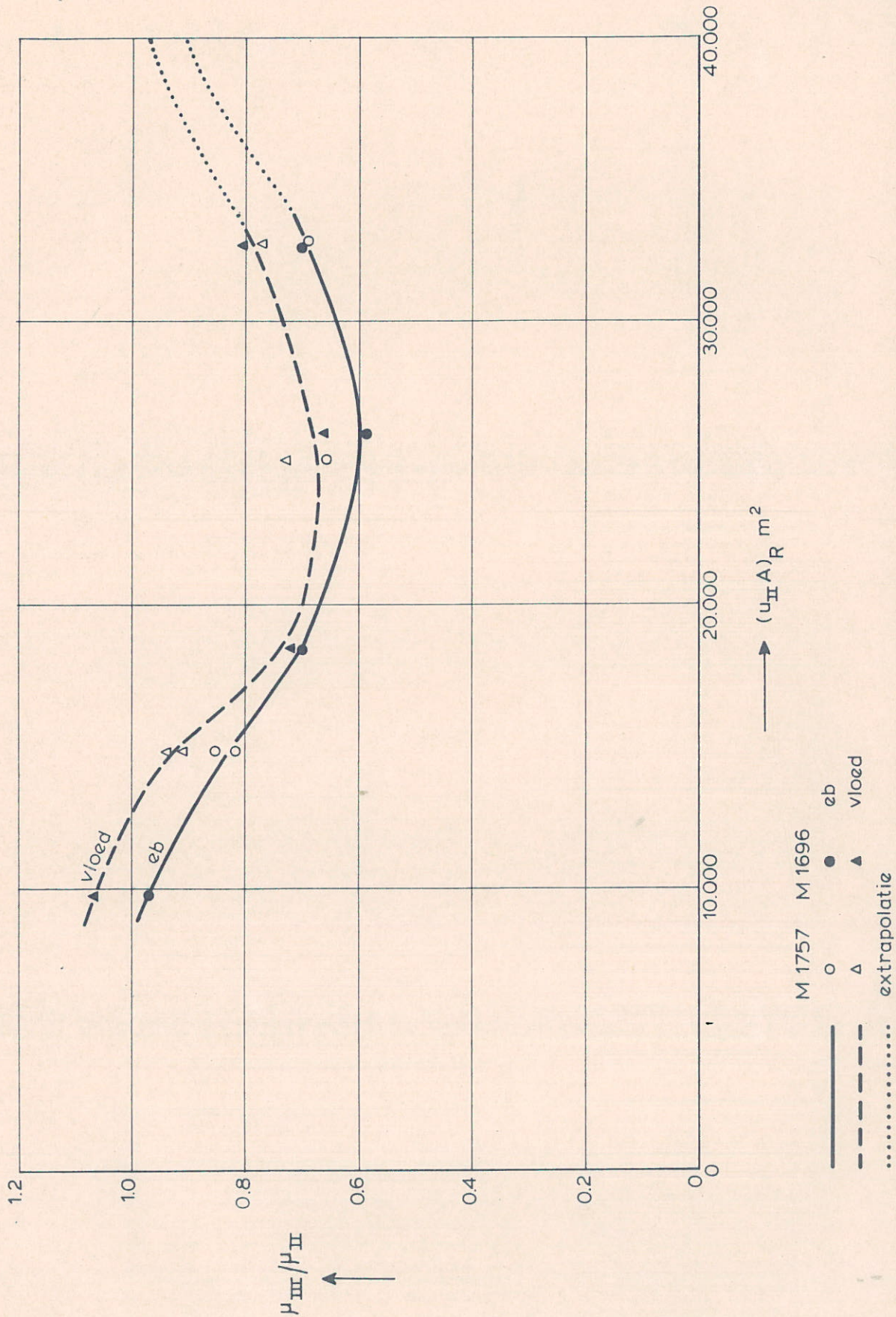
- μ_{II} uit M1644
- x afgeleide μ_{II} -waarde
- ② opbouwfase R1495

μ_{II} BIJ LOCATIE VAN PIJLER S9



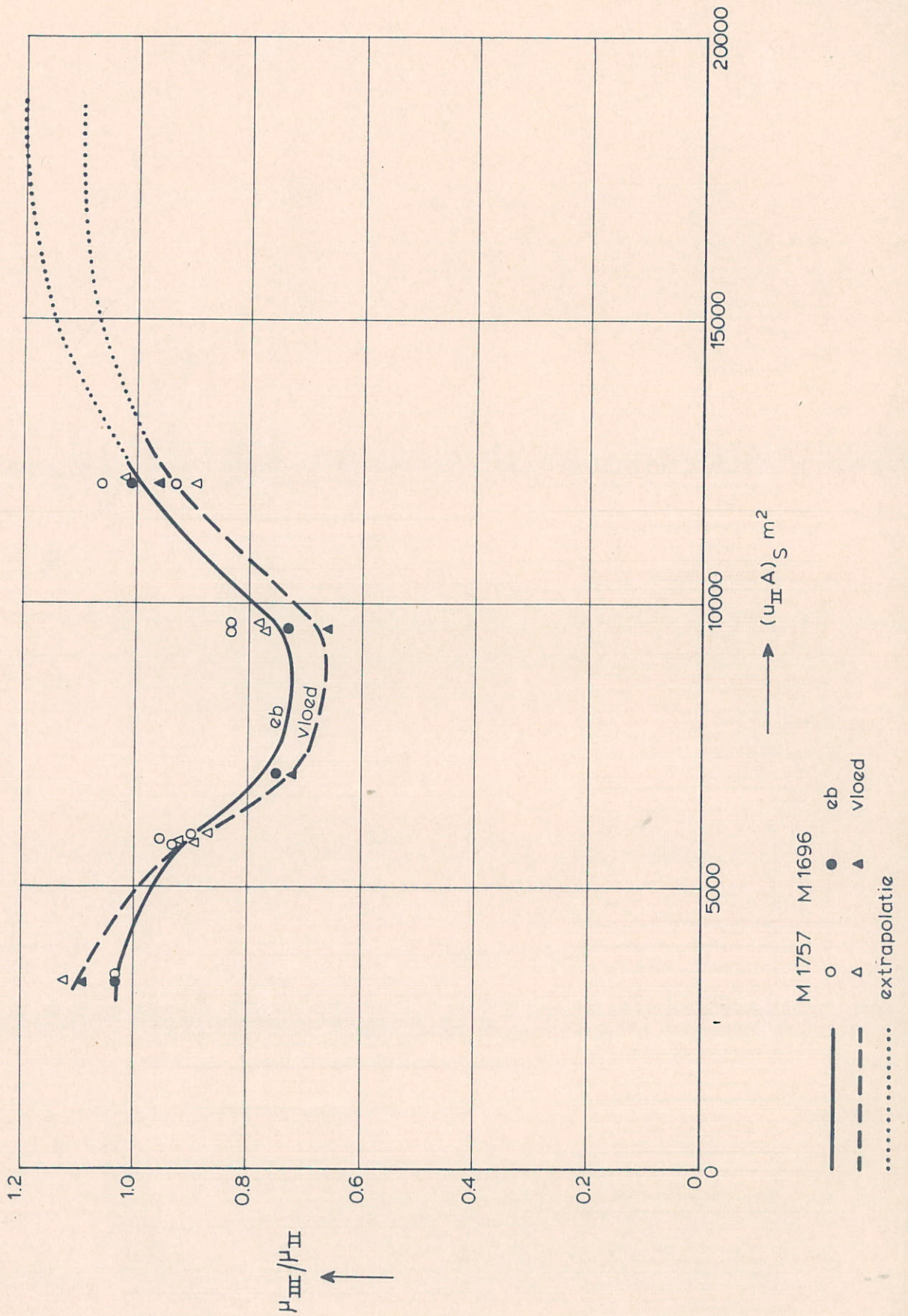
- μ_{II} uit M1644
- x afgeleide μ_{II} -waarde
- ② opbouwfase R1495

μ_{II} BIJ LOCATIE VAN PIJLER H13



VERHOUDING μ_{III} / μ_{II}

ROOMPOT



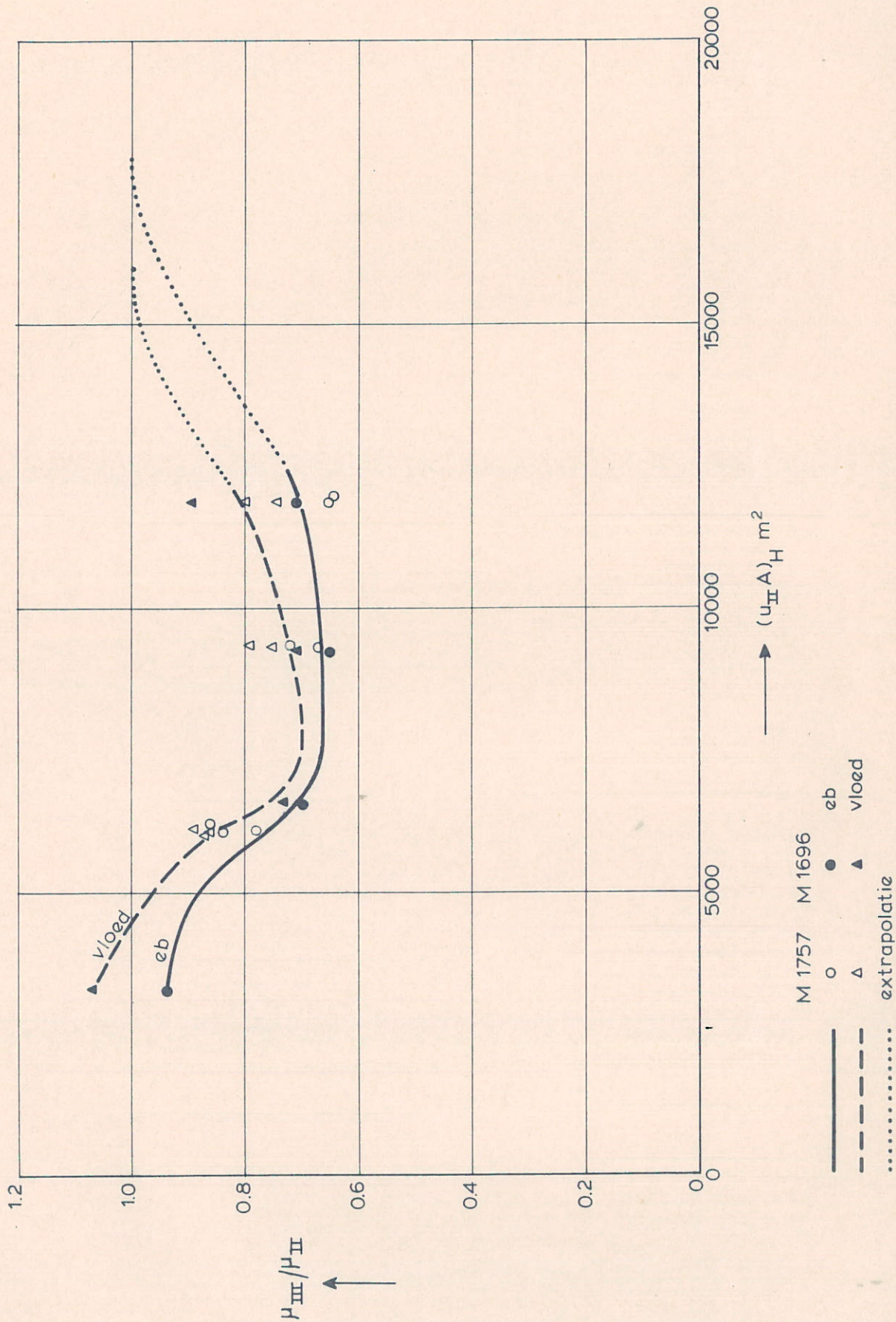
VERHOUDING μ_{III}/μ_{II}

SCHAAR

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

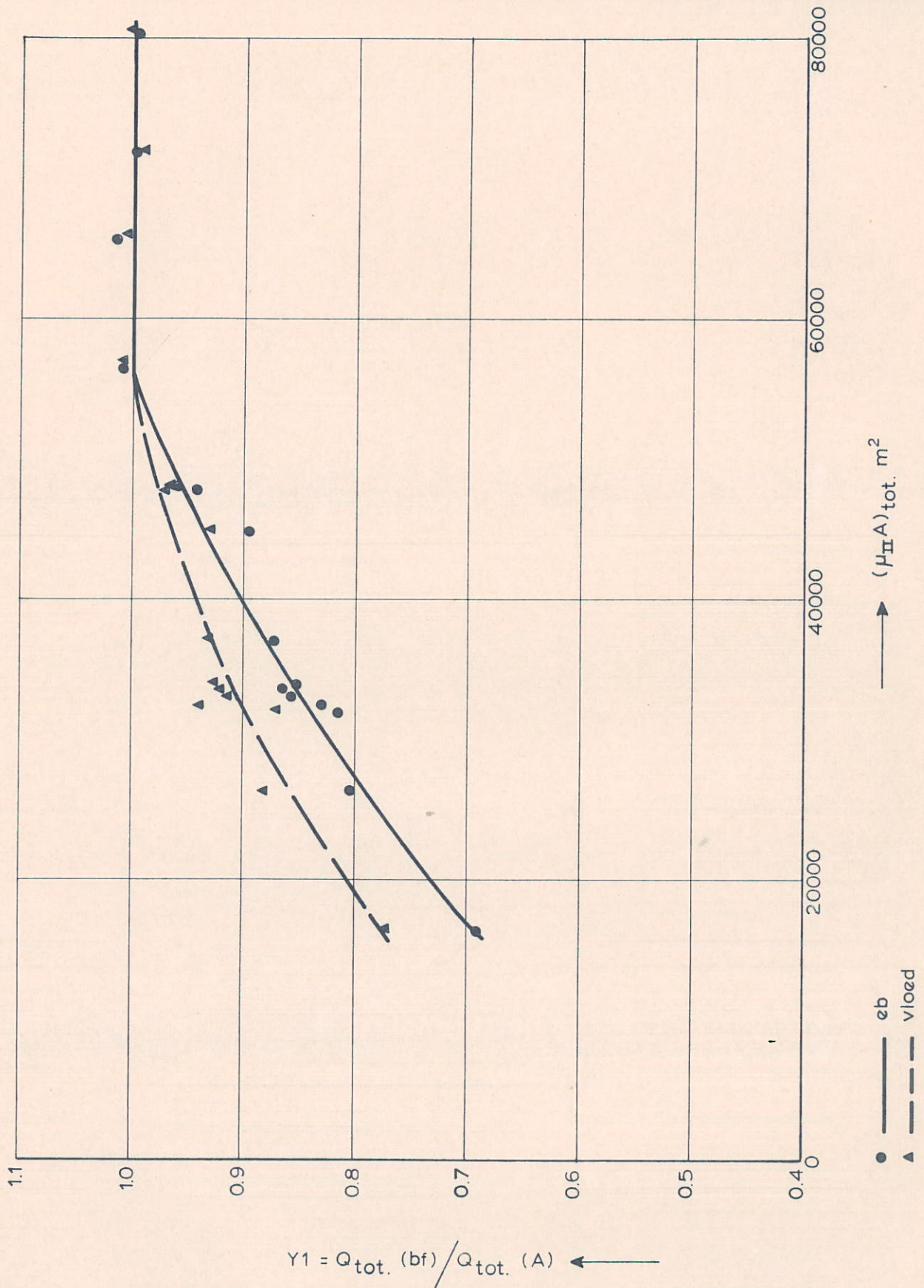
M 1756

FIG. 9

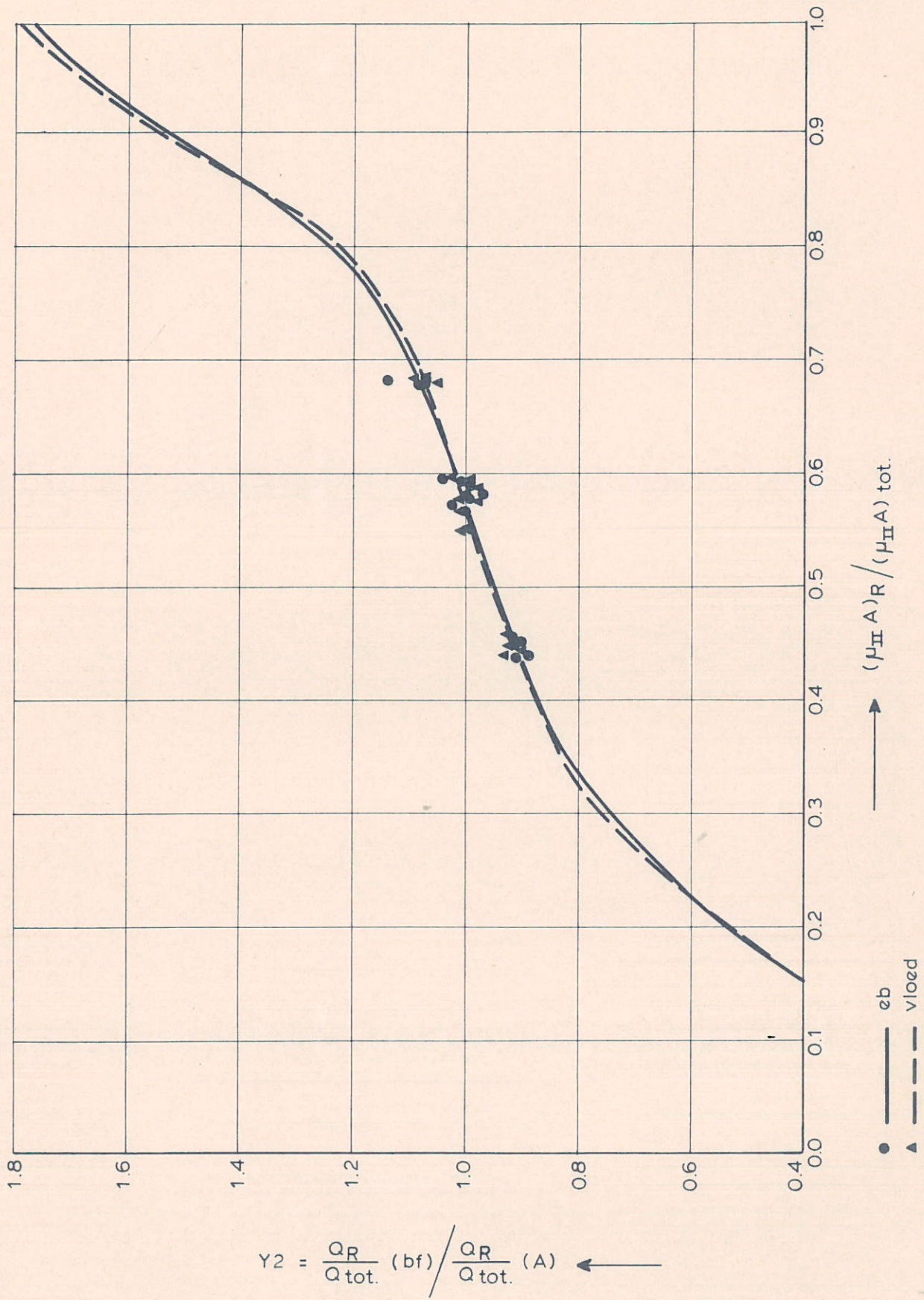


VERHOUDING μ_{III} / μ_{II}

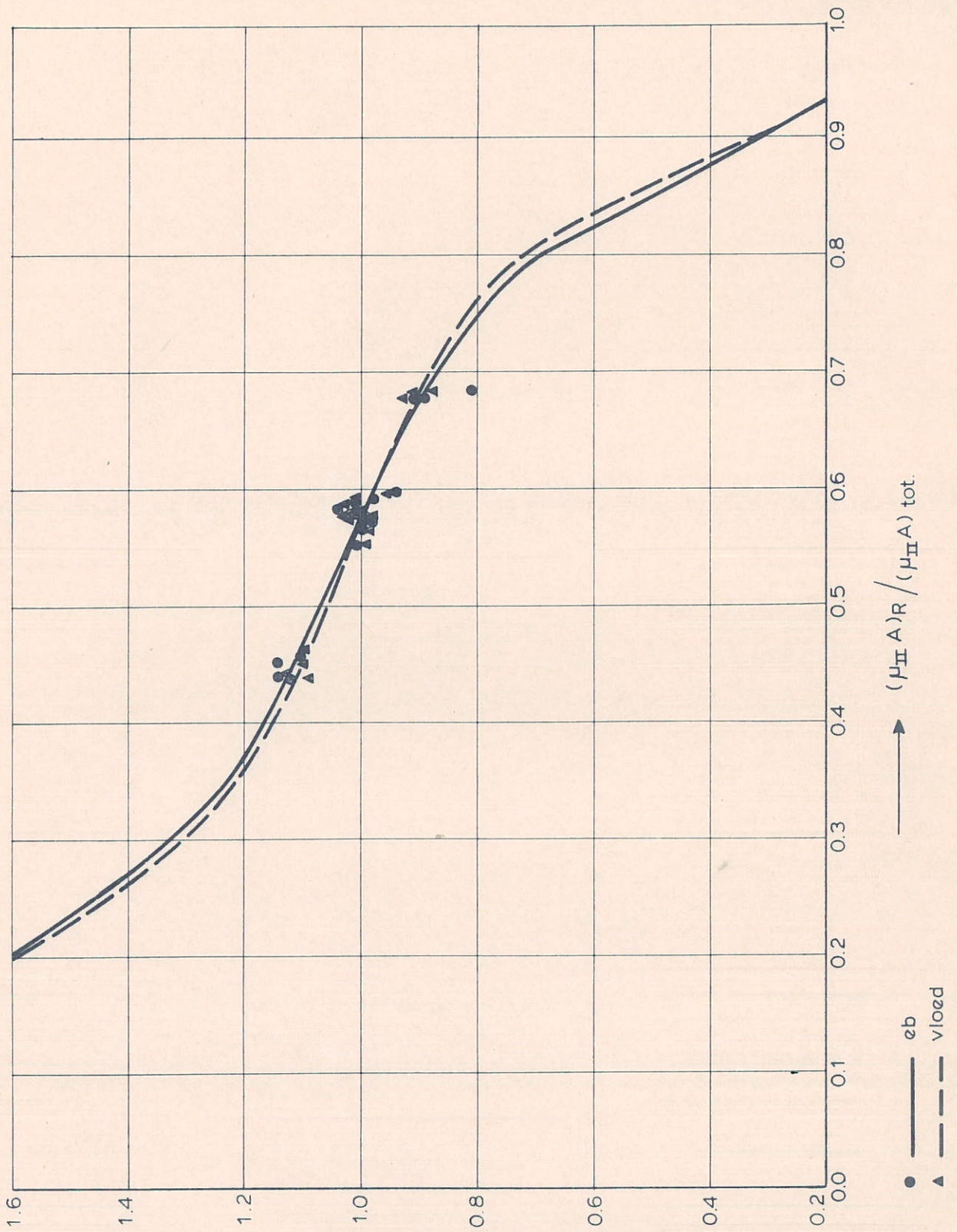
HAMMEN



DEBIËTFACTOR Y 1

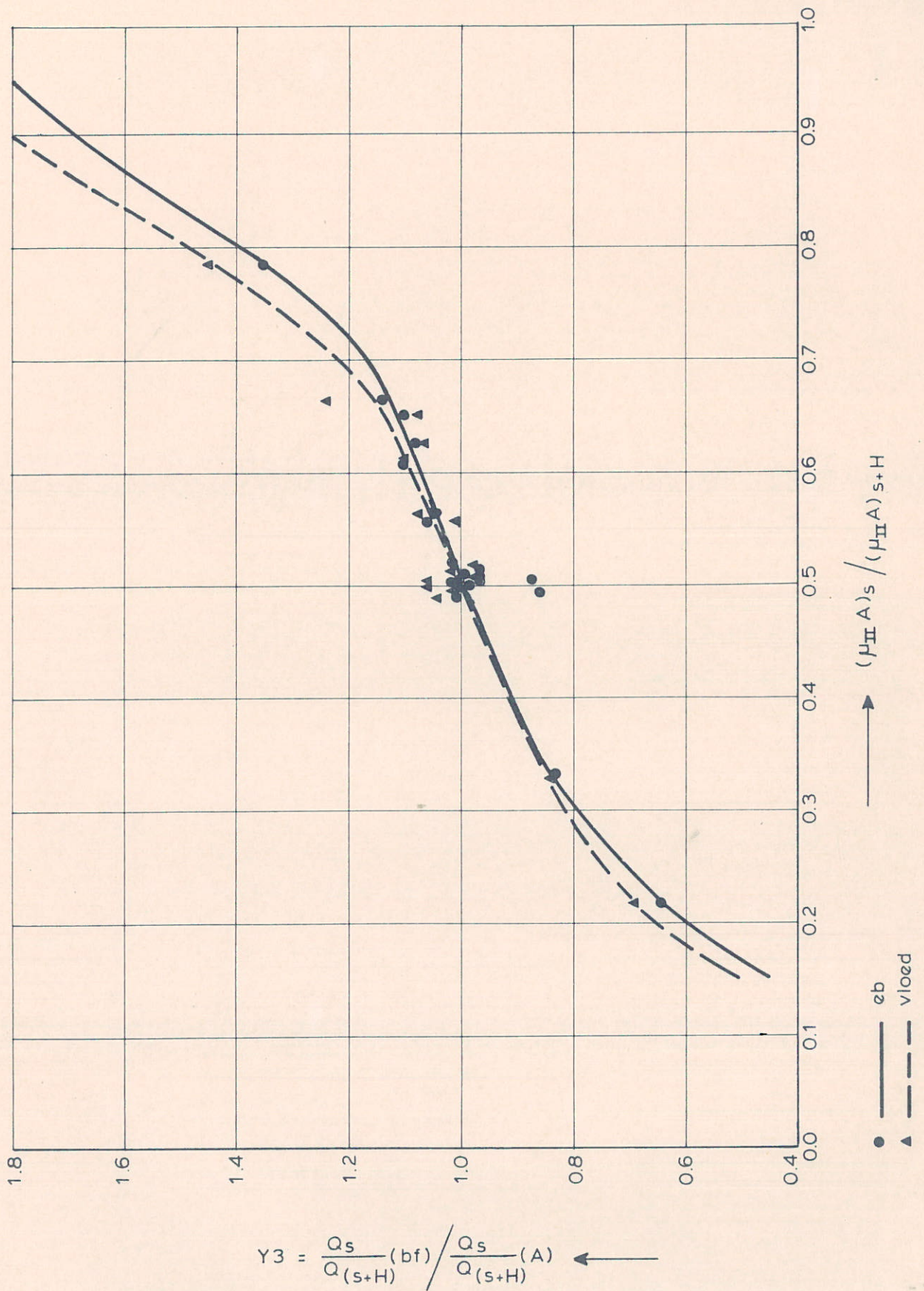


DEBIETFACTOR Y 2

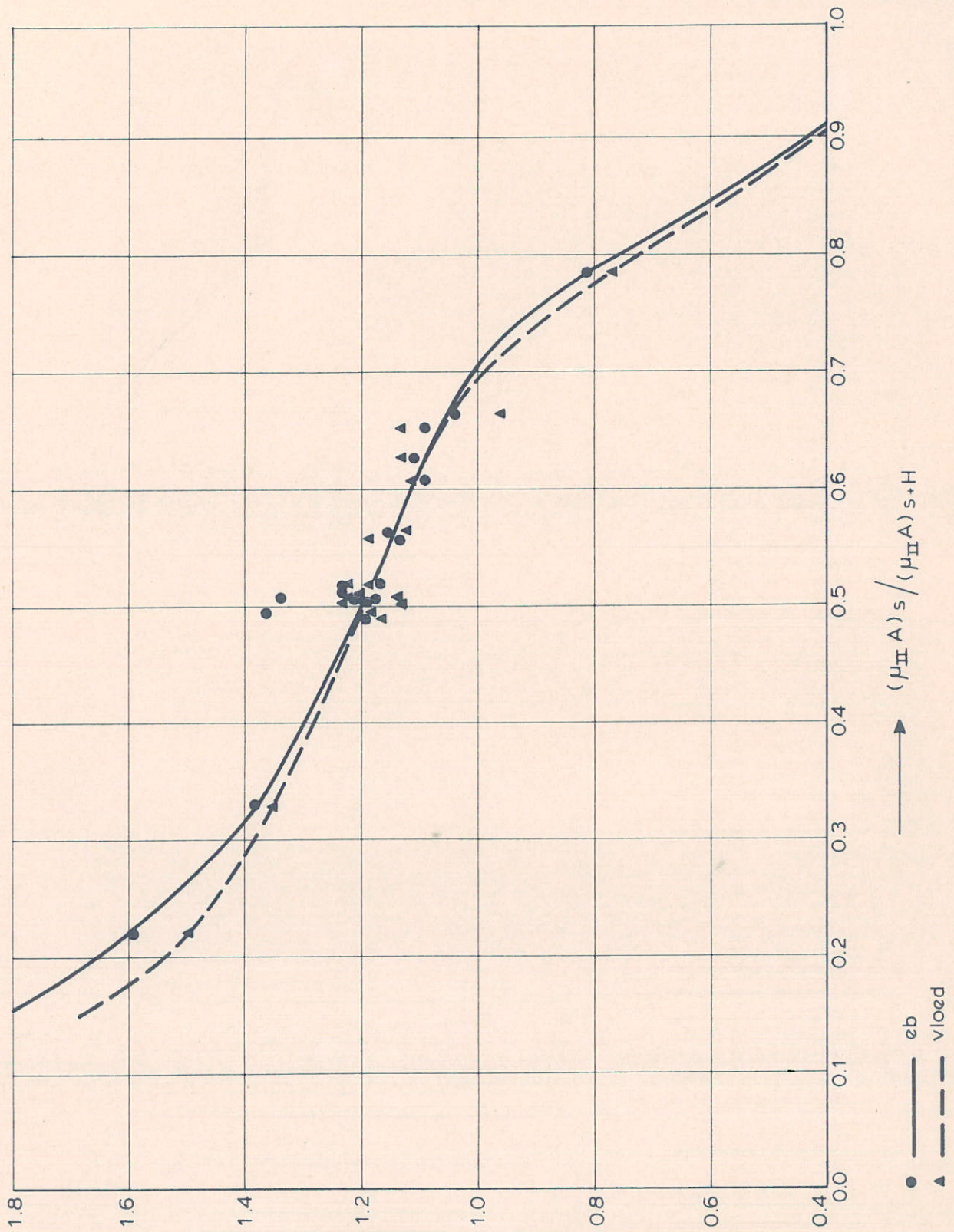


$$Y2' = \frac{Q_{(s+H)}(bf)}{Q_{tot.}} \bigg/ \frac{Q_{(s+H)}(A)}{Q_{tot.}}$$

DEBIETFACTOR $Y2'$



DEBIËTFACTOR Y 3



$$Y3' = \frac{Q_H}{Q_{(s+H)}} (bf) / \frac{Q_H}{Q_{(s+H)}} (A) \leftarrow$$

DEBIËTFACOR Y 3'

