INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 306, d. d. 17 juni 1965

De invloed van zijdelingse toestroming van water op de hydraulische weerstand van drainbuizen

dr. J. Wesseling en F. Homma

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Aan gebruikers buiten het Instituut wordt verzocht ze niet in publikaties te vermelden.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

1. Inleiding

In nota 293 d.d. 16 maart 1965 werden de resultaten van hydraulische weerstandsmetingen van enkele typen drainbuizen beschreven. Op pagina 5 en 6 van genoemde nota wordt gesteld, dat door perforatie van de buizen de lijn die het verband weergeeft tussen de waarde van de weerstandscoëfficiënt λ en het Reynoldsgetal R_e op dubbel logaritmische schaal evenwijdig verschuift ten opzichte van de lijn voor ongeperforeerde buizen. Afhankelijk van de kwaliteit van de perforatie, met name de hoeveelheid in de buis achtergebleven materiaal (baarden) zal een 11 tot 13% grotere drukhoogte nodig zijn voor het overwinnen van de hydraulische weerstand (verg. 7, 12 en 13 van nota 293).

Op pagina 9 tot 11 van bovengenoemde nota wordt voorts geconcludeerd dat onder veldomstandigheden van onregelmatigheden in de stroming, ontstaan door zijdelingse toestroming van water door perforaties of stootvoegen, eenzelfde soort effect is te verwachten. Hiermee zou dan de grotere drukhoogte in de drainreeksen, gevonden bij enkele veldwaarnemingen, gedeeltelijk kunnen worden verklaard. Om na te gaan of deze veronderstelling juist is, werd op het terrein van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding een model goot gebouwd waarin de toestroming naar een drainreeks is nagebootst. Een beschrijving van deze proef, en de hieruit verkregen resultaten vormen het onderwerp van deze nota.

2. Modelopstelling

Teneinde zoveel mogelijk te besparen op materiaalkosten werd een 45 meter lange goot (fig. 1) met een breedte van 20 cm en een diepte van 25 cm gegraven met een helling van 23 cm over de gehele lengte. Na bekleding van deze goot met een plastiek folie werd op de bodem een 3 cm dikke laag metselzand aangebracht, waarop een 4 cm plastiek drainbuis, omhuld met een laag glasvlies, werd gelegd. De laatste 5 meter van de buis was niet voorzien van perforaties om 'onderloopsheid' van de drainreeks bij de uitmonding te voorkomen. Rondom de drainreeks werden op 5 punten drukkamers aangebracht om de druk in de buis te meten. Deze kamers werden door middel van plastiek slangen verbonden met een centraal manometersysteem. Vervolgens werden om de 5 meter in de goot houten schotjes aangebracht die met behulp van stroken plastiekfolie aan de afdichtende wandfolie van de goot werden vastgelijmd. Hierna werd de gehele goot tot $\pm$ 5 cm onder de bovenrand met metselzand gevuld. Tussen de op hoogte gestelde houten schotten

werd een constant waterpeil gehandhaafd door een geperforeerde toevoerleiding, aangesloten op een pomp. De toevoer door deze leiding werd zo geregeld dat over elk schot slechts een zeer kleine hoeveelheid water afstroomde naar het volgende lager gelegen deel.

Tijdens de metingen werd de door de drainreeks afgevoerde hoeveelheid water gemeten met behulp van een emmer en een stopwatch. De drukhoogteverschillen tussen de meetpunten werden afgelezen op een centraal manometerbord door boven de manometer een onderdruk te bewerkstelligen. In plaats van absolute waarden van de drukhoogten zijn dan ook slechts relatieve waarden bekend. Doordat voor het eerste meetpunt een zodanige correctie kon worden aangebracht dat het de drukhoogte juist bij het begin van de perforatie aangaf, kon echter het gehele drukhoogteverloop in de drainreeks worden nagegaan.

3. Resultaten van de metingen

Begonnen werd met een serie metingen waarbij de overloopschotten zodanig waren gesteld, dat de gemiddelde helling van het open waterpeil in de goot gelijk was aan de helling van de drainreeks. Variaties in de afvoer van de drainreeks werden hierbij verkregen door de uitmonding van de drainreeks gedeeltelijk te blokkeren met behulp van een doorboorde rubberstop. Figuur 2 geeft enkele resultaten van de gemeten drukhoogten. Vergelijkt men deze met de hoogte van het open water, dan valt meteen op, dat de drukverschillen tussen buis en goot sterk naar de plaats variëren. Dit heeft tot gevolg, dat de toestroming per lengte-eenheid van de buis niet constant is. Dit blijkt ook duidelijk uit figuur 3 waarin de gemeten drukhoogten zijn uitgezet tegen de berekende waarden, de laatste onder aanname dat de toestroming per lengte-eenheid buis gelijk is. De aldus verkregen lijnen zijn niet evenwijdig, zodat kon worden geconcludeerd, dat de toestroming niet constant is.

Onder deze omstandigheden is het niet gelukt een theoretische oplossing te verkrijgen voor de drukhoogte in de buis zelf. Bij de volgende metingen werd dan ook een andere werkwijze toegepast. Nadat bij een bepaalde afvoer een stationaire toestand was opgetreden werden de peilen in het open water door verhoging van de overloopschotten zodanig gewijzigd, dat zij als gemiddelde overeenkwamen met de drukhoogten in de buis. Figuur 4 geeft hiervan een voorbeeld. Omdat onder deze omstandigheden het verschil in druk in de buis en in de open goot vrijwel overal gelijk is, mag worden aangenomen dat de toestroming per lengte-eenheid van de reeks constant was. Bij de aldus beschreven proefopzet, zijn de

mogelijke debieten beperkt, omdat rekening moet worden gehouden met het werkelijke drukverloop in de buis dat sterk afwijkt van de helling van de goot. Onder deze aanname kan voor de druk in de buis een formule worden afgeleid. Uitgaande van een hydraulisch gladde ongeperforeerde buis krijgt men dan voor een 4 cm buis de vergelijking

$$h = 9{,}034.10^{-3} \left(\frac{q}{L}\right)^{1{,}75} \{L^{2{,}75} - (L - x)^{2.75}\} \qquad (1)$$

waarin h de benodigde drukhoogte, L de lengte van de reeks, q de afvoer in l/sec en x de afstand van het meetpunt tot de uitmonding van de reeks is (zie verg. 27a nota 293).

Met behulp van vergelijking 1 kan nu voor elk meetpunt de benodigde drukhoogte bij gegeven q worden berekend. De aldus verkregen waarden zijn in figuur 5 uitgezet tegen de gemeten waarden. De punten vertonen een redelijk rechtlijnig verband. De getrokken lijn heeft een helling 1,03. Dit houdt in dat de weerstandsfactor van de gemeten buis 1,03 maal die van een ongeperforeerde buis is. Dit komt redelijk overeen met het reeds eerder gevonden verschil tussen ongeperforeerde en goed geperforeerde buizen (factor 1,11), zodat moet worden geconcludeerd, dat onder de onderzochte omstandigheden de zijdelingse toestroming van water geen invloed heeft op de hydraulische weerstand van de buis zoals in nota 293 is verondersteld.

4. Discussie

Bij de proeven werd een buis met een perforatie van 900 mm^2 per m^2 gebruikt. Voor een lengte van 40 meter betekent dit 360 cm^2 intreedoppervlak. De hoogste gemeten afvoer van de reeks was 0,682 l/sec. hetgeen zou neerkomen op een gemiddelde stroomsnelheid van $\frac{682}{360}$ cm/sec = 1,9 cm/sec. Neemt men in de buis een gemiddelde stromingshoeveelheid van $\frac{1}{2}$ x 0,682 = 0,341 l/sec dan zou dit neerkomen op een stroomsnelheid van ongeveer 27 cm/sec. Dit betekent inderdaad, dat de zijdelingse stromingscomponent gevoegelijk kan worden verwaarloosd.

De minimaal gemeten afvoer bij de proeven bedroeg 0,372 l/sec. Een dergelijke afvoer zou bij een maximaal te draineren oppervlakte van 0,53 ha op een 4 cm buis met een helling van 20 cm per 100 meter (tabel 1 nota 293) een afvoer van 6 mm/dag betekenen. De stroomsnelheid in de reeks zal dus onder praktijkomstandigheden doorgaans wel kleiner zijn dan de laagste hier gemeten waarde doch de

zijdelingse component zal dan ook kleiner worden. Vooralsnog hoeft hier niet uit te volgen dat de zijdelingse toestroming in de praktijk wel van betekenis kan zijn.

Ook al zou de zijdelingse toevoer bij kleinere afvoeren enig effect hebben, dan zal dit effect zeker niet groot genoeg zijn om de 1,8 x grotere drukhoogten gevonden uit veldwaarnemingen (fig. 9 en 11 nota 293) te verklaren. Men zal hierbij dan ook aan andere oorzaken moeten denken. Voor plastiek drains kan dit in de eerste plaats een veel slechtere kwaliteit van de perforatie (veel haren of bramen) zijn. Voor gewone drainreeksen zou men kunnen denken aan een slechtere aansluiting van de buizen onderling. Voor beide reeksen kan men denken aan een toename van de weerstandscoëfficiënt door afzetting van slib of ijzer in de buizen. Voorts dient rekening te worden gehouden met het feit, dat onder veldomstandigheden de reeks wellicht niet geheel gevuld is geweest. Omdat een verkleining van diameter een relatief groot effect teweeg kan brengen, kan een onvolledige vulling of gedeeltelijke dichtslibbing een groot effect hebben.

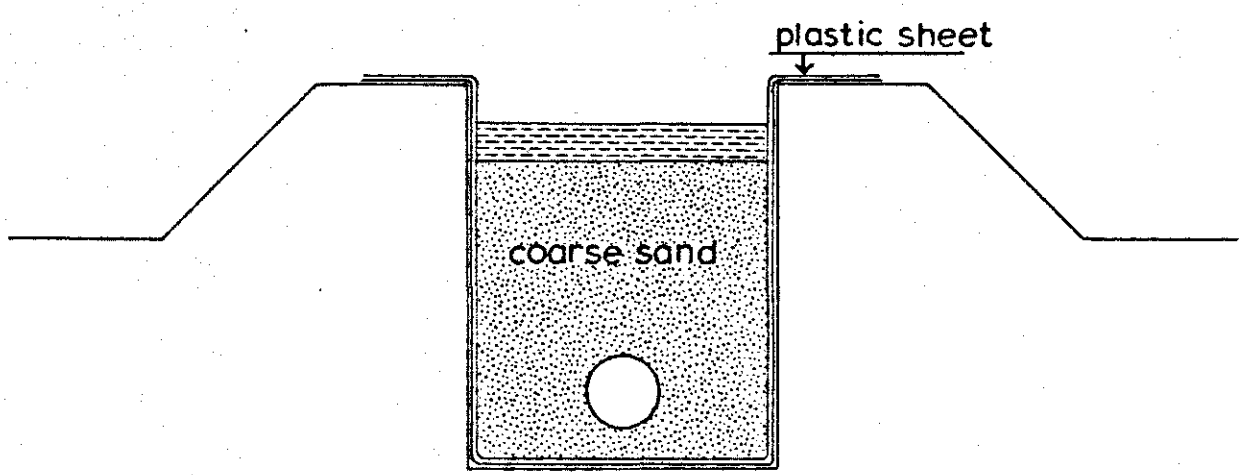
5. Conclusie

Metingen over de hydraulische weerstand van een 4 cm plastiek drainbuis met zijdelingse watertoevoer gaven geen effect van deze toestroming op de weerstand te zien. Hoewel bij kleinere afvoeren wellicht enig effect van een dergelijke toestroming op kan treden, kan deze niet groot genoeg zijn om de veel grotere benodigde drukken te bewerkstelligen die in enkele praktijkmetingen werden gevonden. Voor de verklaring van het laastgenoemde verschijnsel moet men dan ook denken aan andere oorzaken als aanwezigheid van slib of ijzer in de buizen en een niet geheel gevuld zijn van de reeksen.

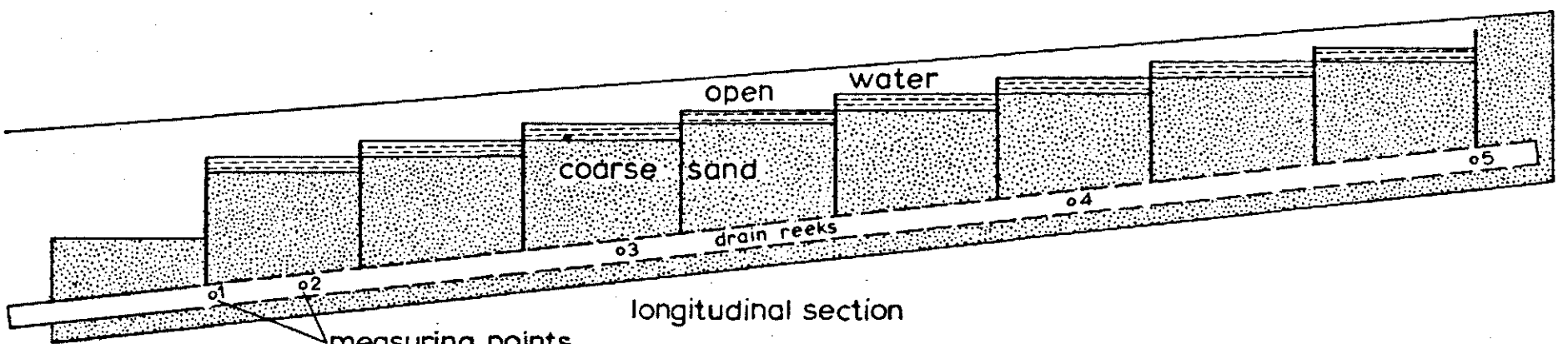
6. Literatuur

WESSELING, J., Stromingsweerstanden in plastiek drainbuizen Nota 293 d.d. 16 maart 1965. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

fig 1



cross-section



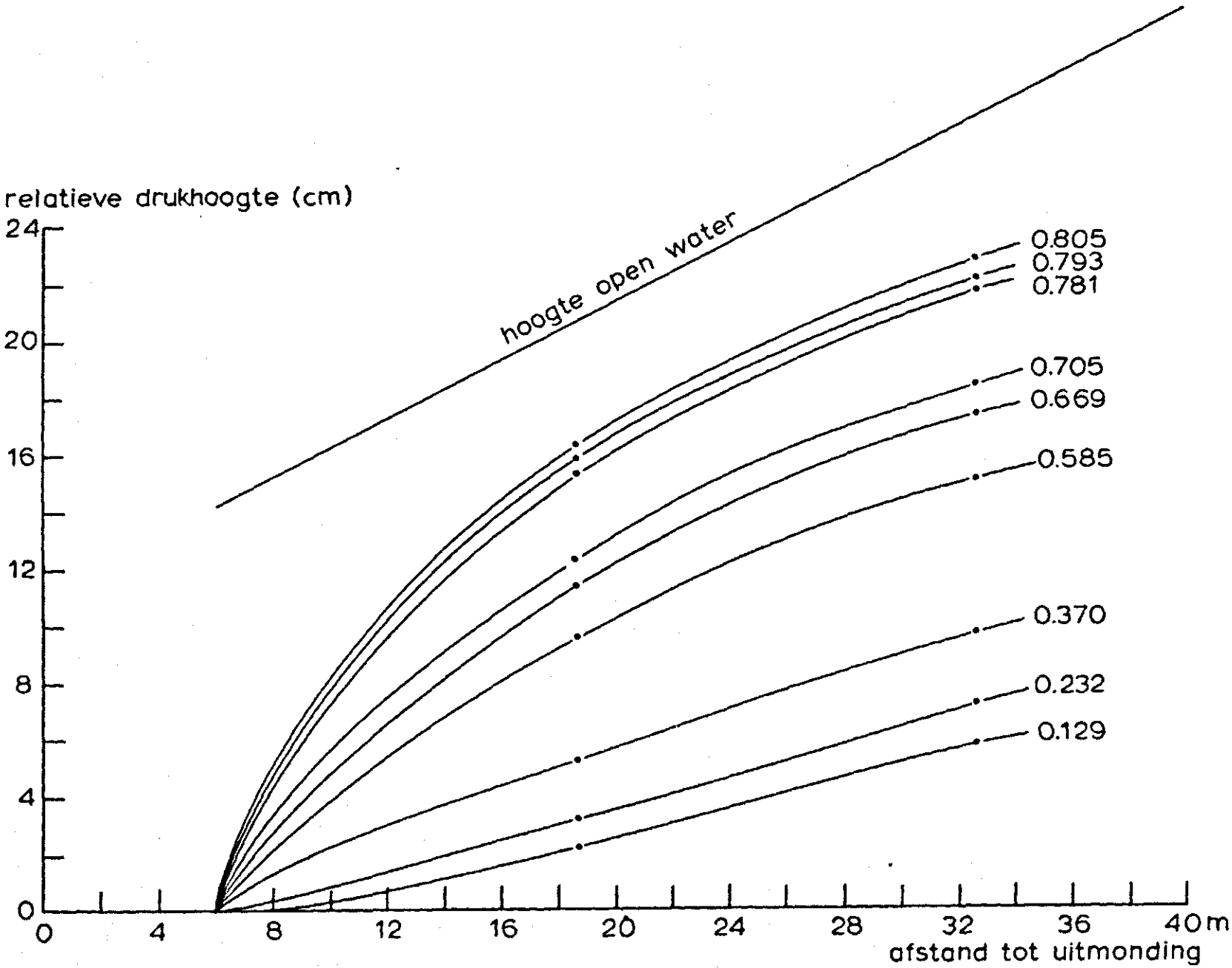
longitudinal section

measuring points
for hydraulic head

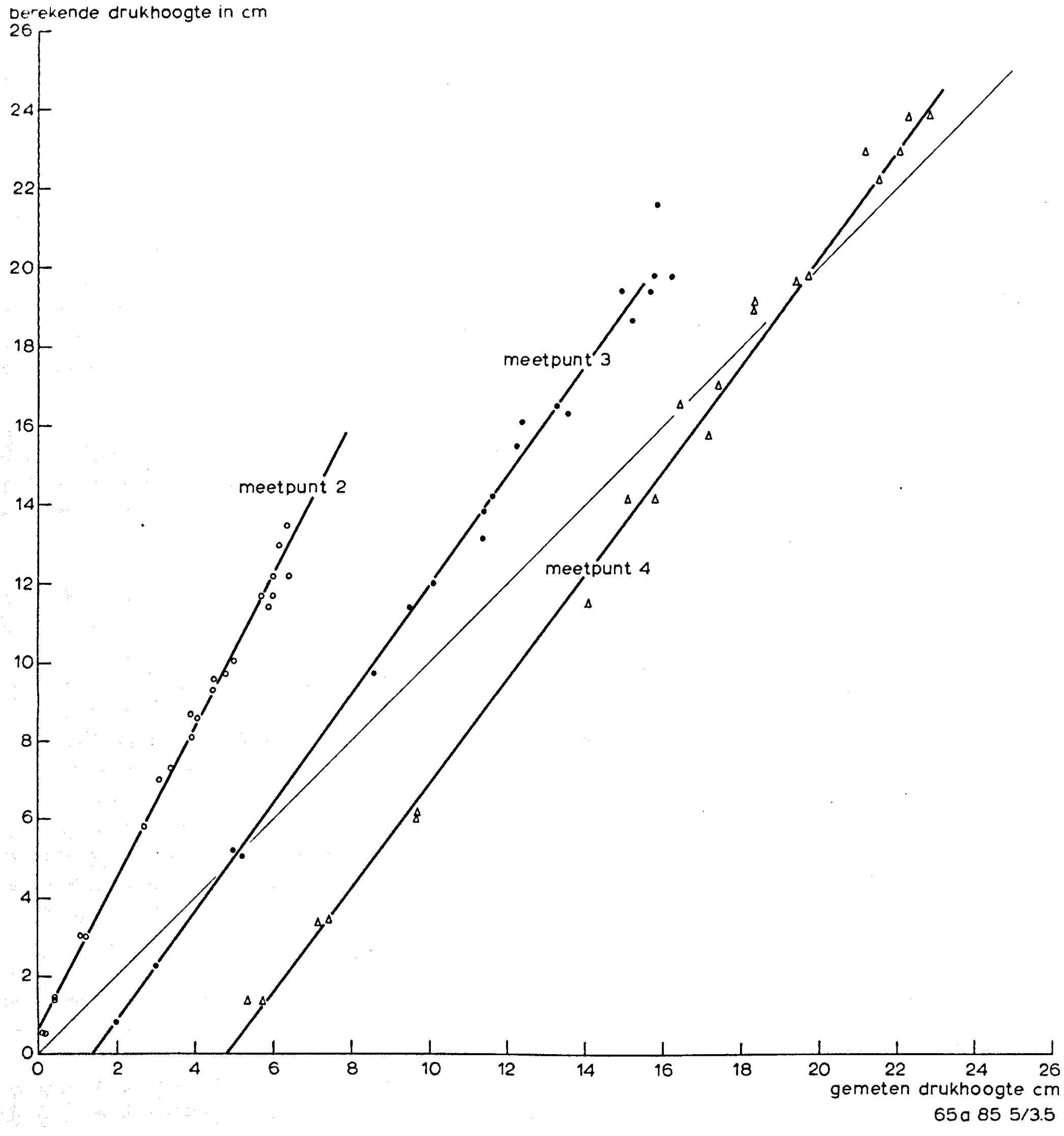
65C 85 4/35

Relatieve drukhoogten in reeks bij verschillende afvoeren

fig 2

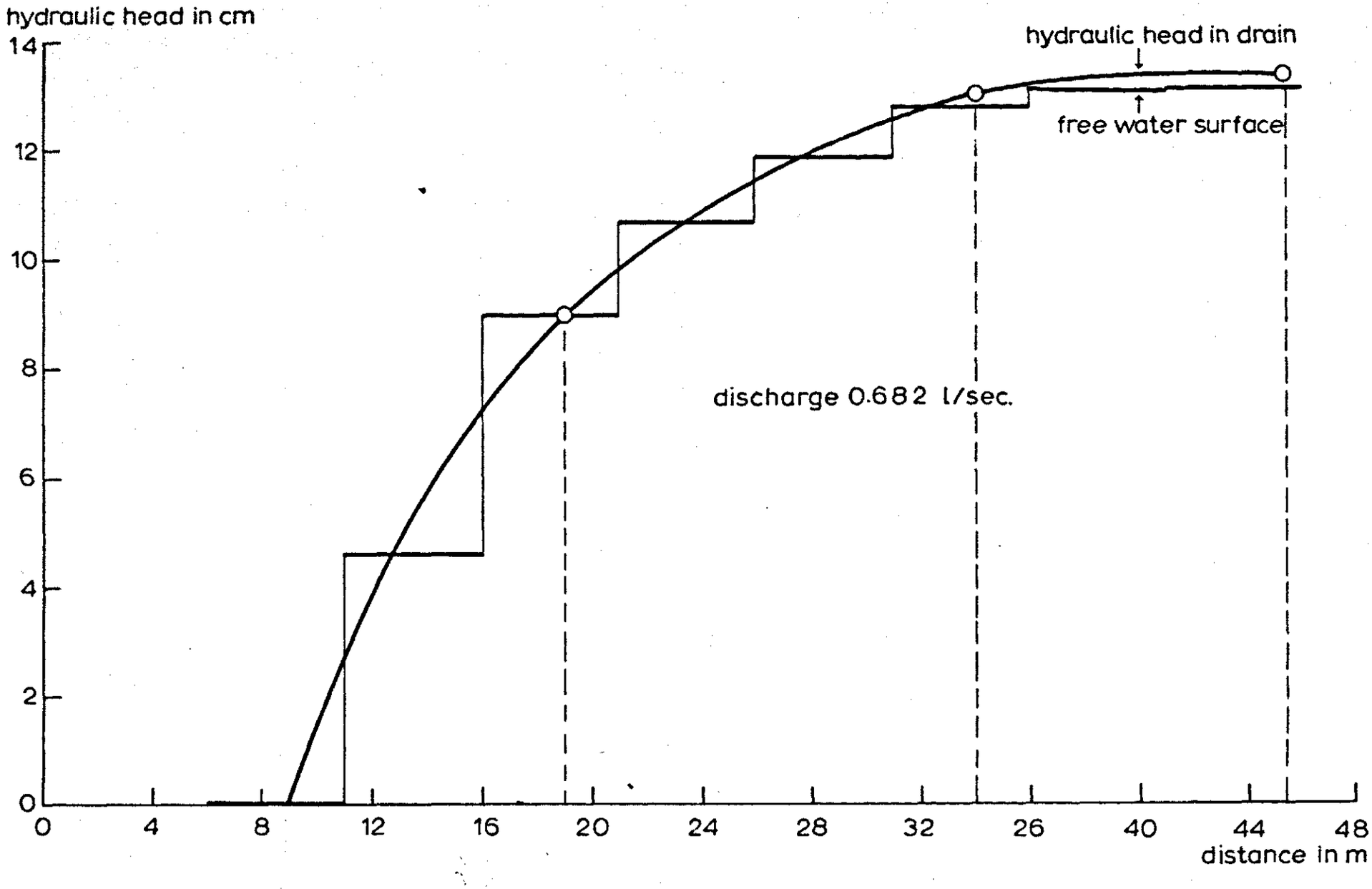


650 85 1/3.5


berekende drukhoogte in cm
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
meetpunt 2
meetpunt 3
meetpunt 4
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
gemeten drukhoogte cm

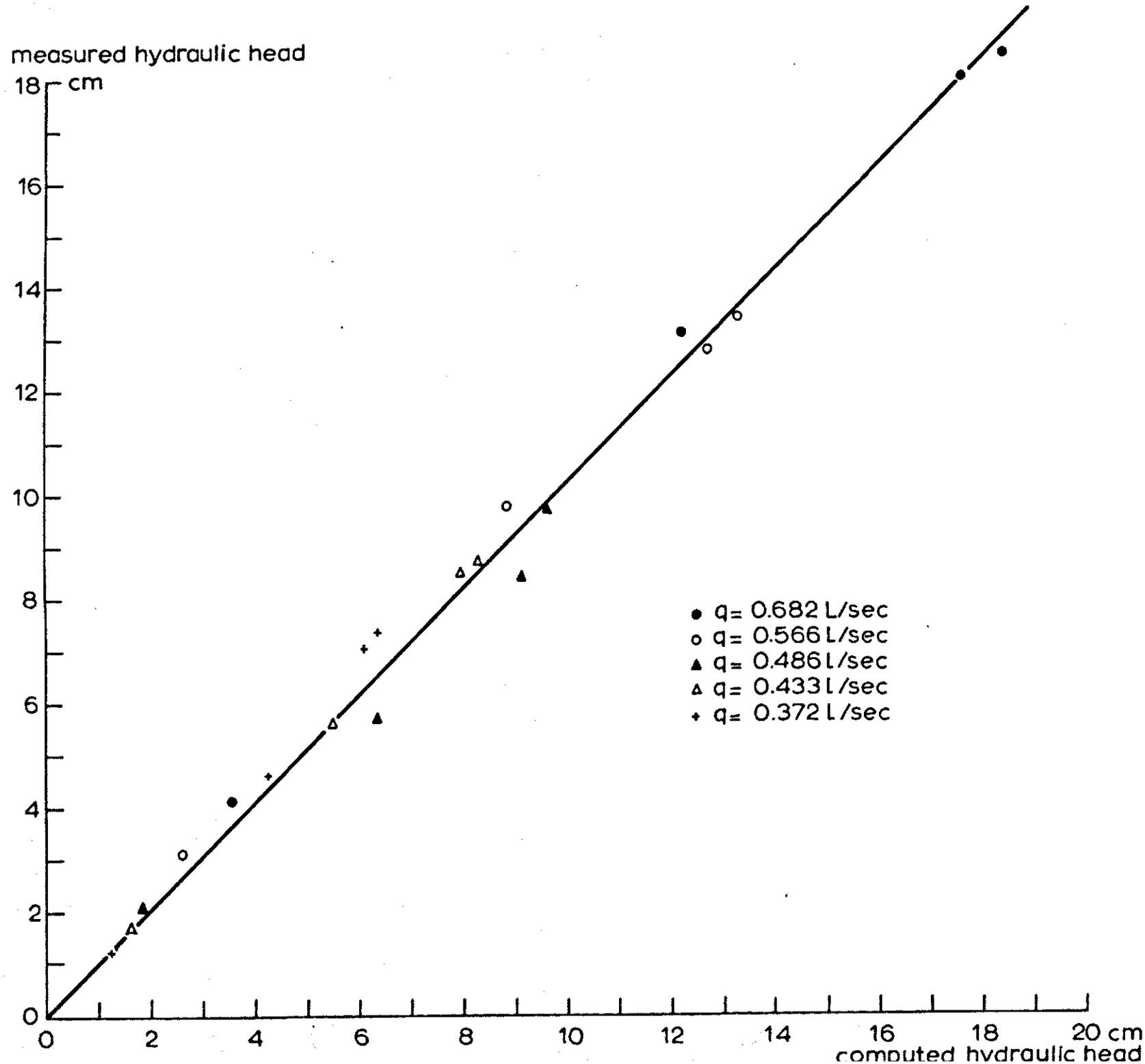
65a 85 5/3.5

fig 9


hydraulic head in cm
14
12
10
8
6
4
2
0
0
4
8
12
16
20
24
28
32
26
40
44
48
distance in m
hydraulic head in drain
free water surface
discharge 0.682 l/sec.

65C 85 2

fig 10



65C 85 3/35