

H3911

Opdrachtgever:

Dienst Weg- en Waterbouwkunde


Doorlatendheidsmetingen steenzettingen

november 2001

Handwritten: 58642
H 3911

WL/Delft Hydraulics

c 140099



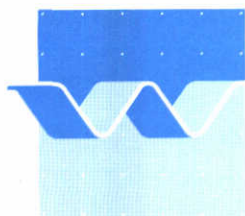
Opdrachtgever:

Dienst Weg- en Waterbouwkunde

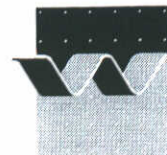
Doorlatendheidsmetingen steenzettingen

C. Kuiper en M. Klein Breteler

november 2001



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde

TITEL: Doorlatendheidsmetingen steenzettingen

SAMENVATTING:

In het kader van een onderzoek naar de maatgevende doorlatendheid van steenzettingen bestaande uit blokken op hun kant zijn metingen verricht op blokken van 50x50x20cm met verschillende spleetbreedtes en tevens met Hydroblocks. De huidige proeven zijn uitgevoerd in een speciale faciliteit waarin verschillende stationaire debieten (verticale stroming) door de constructie ingesteld konden worden. Dit is een geschematiseerde opstelling van de situatie waarin een steenzetting maximaal belast wordt, waarbij er water van onder naar boven door de toplaag stroomt. Bij elk debiet werden de verhangen over de toplaag en in het filter gemeten.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van een meetblok, waarmee het mogelijk was de stijghoogtes in zowel de stoot- als de langsvog te meten en daarmee de vervallen ten gevolge van aan- en instroom, inwasmateriaal en uitstroom te bepalen. De metingen zijn vergeleken met de berekende waarden die bepaald zijn met formules die ook gebruikt zijn in ANAMOS V2.21.

Naast de vergelijking met ANAMOS is een vergelijking gemaakt met de doorlatendheidsmetingen die gedaan zijn in het kader van het onderzoek in dezelfde faciliteit met blokken op hun kant met smalle spleten in maart 2000 (Smith, 2000).

REFERENTIES: Verificatie van de doorlatendheid van de toplaag van steenzettingen (ST2/Modelonderzoek)
Verplichtingnummer 3101.1101
DWW nr. 1823

VER.	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
0	C. Kuiper/ M. Klein Breteler	11-07-2001		M.R.A. van Gent	W.M.K. Tilmans
1	C. Kuiper/ M. Klein Breteler	28-11-2001		G.M. Smith	W.M.K. Tilmans
PROJECTNUMMER:		H3911			
TREFWOORDEN:		Doorlatendheid, toplaag, filterlaag, Forcheimercoëfficiënten, inwasmateriaal			
INHOUD:	TEKST	TABELLEN	FIGUREN	APPENDICES	
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG	<input type="checkbox"/> CONCEPT	<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF		

Inhoud

Lijst van symbolen

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Lijst van foto's

1 Inleiding	1
2 Modelopstelling	2
2.1 Materialen	2
2.2 Faciliteit en meetopstelling.....	3
2.3 Proevenprogramma	4
3 Resultaten	6
3.1 Serie 1; 20 mm langsvoegen en 1 mm stootvoegen.....	7
3.2 Serie 2 ; 1 mm langsvoegen en 20 mm stootvoegen.....	9
3.3 Serie 3; 30 mm langsvoegen en 1 mm stootvoegen.....	10
3.4 Serie 4; 1 mm langsvoegen en 20 mm stootvoegen.....	10
3.5 Serie 5; 2 mm langsvoegen, 9 mm stootvoegen, zonder vellingkanten	11
3.6 Serie 6; Hydroblocks	12
3.7 Nauwkeurigheid meetresultaten	13
4 Analyse van de resultaten	15
4.1 Analyse meetblok	15
4.2 Gemeten toplaagdoorlatendheid in vergelijking met ANAMOS.....	19
4.2.1 Invloed spleten.....	21
4.2.2 Invloed filtermateriaal	22
4.2.3 Invloed vellingkanten	23
4.2.4 Invloed inwasmateriaal	24
5 Conclusies en aanbevelingen	27
5.1 Conclusies.....	27

5.2 Aanbevelingen	29
Referenties	30

Bijlagen

Foto's

Bijlage A Figuren

Bijlage B Meetresultaten (uitgewerkt)

Bijlage C Meetresultaten (kale resultaten)

Lijst van symbolen

a	laminaire weerstandscoefficiënt voor het filter	(s/m)
a'	laminaire weerstandscoefficiënt voor de toplaag	(s/m)
A	doorstroomoppervlak	(m ²)
b	dikte van filter	(m)
b	turbulente weerstandscoefficiënt voor het filter	(s/m) ²
b'	turbulente weerstandscoefficiënt voor de toplaag	(s/m) ²
B	breedte van blok	(m)
D	toplaagdikte	(m)
D_{f15}	filter korrelgrootte die door 15% van de korrels onderschreden wordt	(mm)
D_{f85}	filter korrelgrootte die door 15% van de korrels overschreden wordt	(mm)
g	versnelling van de zwaartekracht	(m/s ²)
H_i	energiehoogte op locatie i	(m)
i	verhang over het filter	(-)
i'	verhang over de toplaag	(-)
k	doorlatendheid van het filter	(mm/s)
k'	doorlatendheid van de toplaag	(mm/s)
L	lengte van blok	(m)
n	porositeit van het filter-/inwasmateriaal	(-)
Q	debiet	(m ³ /s)
R	stromingsweerstand	(s/m)
s	spleetbreedte	(mm)
v_f	filtersnelheid = Q/A	(m/s)
v_i	snelheid op locatie i	(m/s)
ν	viscositeit van water bij temperatuur T	(m ² /s)
ϕ_i	stijghoogte op locatie i	(m)
Λ	leklengte	(m)

Lijst van tabellen

In rapport

- 2.1 Eigenschappen inwasmateriaal
- 2.2 Proevenprogramma
- 3.1 Resultaten Serie 1
- 3.2 Resultaten Serie 2
- 3.3 Resultaten Serie 3
- 3.4 Resultaten Serie 4
- 3.5 Resultaten Serie 5
- 3.6 Resultaten Serie 6
- 3.7 Gemiddelde en standaard afwijking van de Forchheimercoefficienten a en b en de filterdoorlatendheid k .
- 4.1 Gemeten vervallen (in procenten van het totaal verval over de toplaat) in de stoot- en langsvogen
- 4.2 Berekende vervallen (in procenten ten opzichte van het totale verval over de toplaat) in de stoot- en langsvogen
- 4.3 Samengestelde berekende en gemeten vervalstermen
- 4.4 Berekende en gemeten doorlatendheid van de toplaat
- 4.5 Resultaten gevoeligheidsberekeningen doorlatendheid van de toplaat
- 4.6 Berekende toplaatdoorlatendheid bepaald op basis van een gemiddelde spleetbreedte in combinatie met een correctiefactor (Smith, 2000)
- 4.7 Berekende en gemeten doorlatendheid van het filter
- 4.8 Berekende k waarbij onderscheid is gemaakt tussen stoot-, langsvogen en gaten, conform Tabel 4.4
- 4.9 Berekende stijghoogte vervallen (in procenten) in de stoot- en langsvogen opstelling maart 2000 en zonder vellingkanten van 2001
- 4.10 Berekende en gemeten doorlatendheden van het inwasmateriaal

In Bijlage B

- B.1 Gemeten spleetbreedtes in mm
- B.2 Uitgewerkte resultaten Serie 1A
- B.3 Uitgewerkte resultaten Serie 1B
- B.4 Uitgewerkte resultaten Serie 2A
- B.5 Uitgewerkte resultaten Serie 2B
- B.6 Uitgewerkte resultaten Serie 3A
- B.7 Uitgewerkte resultaten Serie 4A
- B.8 Uitgewerkte resultaten Serie h4A
- B.9 Uitgewerkte resultaten Serie 5A
- B.10 Uitgewerkte resultaten Serie 6A
- B.11 Uitgewerkte resultaten Serie 6B

Lijst van figuren

In rapport

- 2.1 Meetblok
- 2.2 Blok zonder vellingkant
- 4.1 Schematisatie van de stroomweerstand
- 4.2 Figuur ten behoeve van de bepaling van het verval over de top laag
- 4.3 Samenstelling van componenten van de doorlatendheid

In Bijlage A

- A.1 Zijaanzicht modelopstelling
- A.2 Bovenaanzicht modelopstelling
- A.3 Korrelverdeling filter- en inwasmateriaal
- A.4 Stijghoogtes in het filter voor Serie 1a en Serie 5a
- A.5 Resultaten doorlatendheid top laag
- A.6 Resultaten doorlatendheid filter laag
- A.7 Doorlatendheid van het filter van Serie 1b

Lijst van foto's

- 1a Stempeling van de constructie Serie 1
- 1b Blok zonder vellingkant
- 2a Meetblok met de locatie van de stijgbuisjes aan de voorzijde
- 2b Meetblok met de locatie van de stijgbuisjes aan de zijkant

I Inleiding

In het kader van een onderzoek naar de maatgevende doorlatendheid van steenzettingen heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde aan WL | Delft Hydraulics opdracht gegeven voor het uitvoeren van testseries om de doorlatendheid van verschillende opstellingen nader te beschouwen. De opstellingen die getest zijn bestaan uit steenzettingen met betonblokken op hun kant van 50x50x20 cm met verschillende spleetbreedtes en tevens met Hydroblocks, alle op een granulaire filter. Doel voor deze studie vormt het opstellen van een verbeterde formulering voor de doorlatendheid van steenzettingen in ANAMOS, vooral voor relatief dikke toplagen.

De proeven zijn uitgevoerd in een speciale faciliteit waarin verschillende stationaire debieten (verticale stroming) door de constructie ingesteld konden worden. Dit is een geschematiseerde opstelling van de situatie waarin een steenzetting maximaal belast wordt, waarbij er water van onder naar boven door de toplaag stroomt. Bij elk debiet werden de verhangen over de toplaag en in het filter gemeten.

De proeven die in het kader van deze studie zijn uitgevoerd, zijn een vervolg op:

- proeven uitgevoerd in de Deltagoot op een steenzetting met blokken van 20x20x10 cm op hun kant (Klein Breteler, 1999).
- proeven uitgevoerd met blokken van 50x50x20 cm en 20x20x10 cm met verschillende spleetbreedtes (Smith, 2000). Deze proeven zijn uitgevoerd in dezelfde faciliteit als de proeven die in dit rapport besproken worden.

De resultaten van beide proeven zullen in de analyse van de huidige proeven worden meegenomen.

De proeven zijn uitgevoerd in mei en juni 2001 in de “de Voorst” locatie van WL | Delft Hydraulics onder begeleiding van M. Klein Breteler, C. Kuiper en G.M. Smith, die hebben bijgedragen aan het verzorgen en opstellen van dit rapport. Begeleiding van de DWW werd verzorgd door ir. R. ‘t Hart.

2 Modelopstelling

2.1 Materialen

Voor de proeven zijn de volgende materialen gebruikt in het model:

Blokken 50x50x20 cm met vellingkantje

Blokken 50x50x20 cm zonder vellingkantje

Hydroblocks, blokhoogte 40 cm en blokkoppervlak van circa 549 cm²

In onderstaande tabel worden de gegevens van de gebruikte filter- en inwasmaterialen vermeld.

Filter type	Gradatie [mm]	D_{f15} [mm]
Filter A1	16 - 44 mm	18
Filter A2	12 - 31 mm	15
Filter B	5 - 17 mm	6
Filter C	21 - 58 mm	25
Filter D	11 - 20 mm	12

Tabel 2.1 Gebruikte filter- en inwas materialen

Voor Hydroblocks wordt een inwasmateriaal voorgeschreven met een D_{R5} die groter is dan 32 mm. Filter A1 zou hieraan voldoen. Echter tijdens het inbouwen van de Serie met Hydroblocks bleek dit materiaal toch te grof te zijn, waardoor veel materiaal niet ingewassen zou kunnen worden. Gekozen is om een iets fijnere gradatie te gebruiken wat resulteerde in filtermateriaal A2 ($D_{R5} = 26$ mm). De korrelgrootteverdelingen van de filter- en inwasmaterialen zijn in Figuur A.3 weergegeven.

Om de invloed van het inwasmateriaal op de doorlatendheid van de constructie te meten is één van de proeven herhaald met inwasmateriaal met een andere gradatie (Filter B in plaats van Filter D). Voor beide gradaties is de porositeit van het inwasmateriaal bepaald. Dit is gedaan door twee rijen blokken met een spleet van 20 mm op een plaat multiplex te plaatsen. De spleet werd vervolgens gevuld voor een halve blokhoogte en een hele blokhoogte. Het gewicht van het benodigde inwasmateriaal is bepaald. Tevens is voor beide materialen de dichtheid vastgesteld. In Tabel 2.2 staan de gegevens van beide inwasmaterialen weergegeven. Door wandeffecten is de porositeit groter dan verwacht zou worden bij een groot pakket materiaal van deze filtermaterialen. Voor filter B blijkt de porositeit van het inwas groter te zijn dan de porositeit van filter D

	D_{f15} [mm]	D_{f85} [mm]	ρ [kg/m ³]	n [%]
Filter B				
½ blokhoogte	8	15	2699	56.6
blokhoogte	8	15	2699	56.8
Filter D				
½ blokhoogte	13	18	2680	51.2
blokhoogte	13	18	2680	48.5

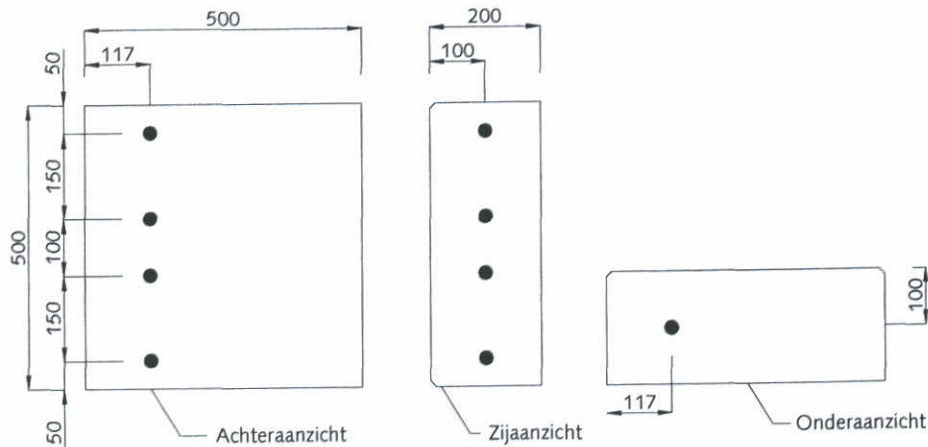
Tabel 2.2 Eigenschappen van de gebruikte inwasmaterialen

2.2 Faciliteit en meetopstelling

De opstelling werd gebouwd in een stalen bak met een aanvoerleiding en een overstortrand voor de afvoer. Het zijaanzicht van deze faciliteit is in Figuur A.1 gegeven en het bovenaanzicht in Figuur A.2. De aanvoer werd voorzien door een leiding van 200 mm diameter waardoor een debiet tot circa 120 l/s gerealiseerd kon worden. In de leiding werd een debietmeter gemonteerd. De aanvoer werd geleid in het onderste deel van de bak. Daarboven bevond zich een stalen rooster waarop de 0,35 m dikke filterlaag geplaatst werd. Het oppervlak van dit deel van de bak bedroeg $A = 1,250 \times 0,815 = 1,0875 \text{ m}^2$. Het bovenste deel van de bak werd groter gemaakt dan het onderste deel om voldoende ruimte te hebben voor het plaatsen van de toplaag. De afmetingen van het bovenste deel bedroegen $2,00 \times 1,25 \text{ m}$. Het werkelijke doorstroomoppervlak van de toplaag was echter gelijk aan dat van de onderbak. Een laag rubber werd aangebracht tussen de onderkant van de blokken en de bak om daar ongewenste lekkage te voorkomen. De spleten langs de zijkanten van de toplaag werden gevuld en afgekit om ook daar lekkage te voorkomen. Bij het vullen van de faciliteit met water bleek de constructie aan de randen ook nagenoeg waterdicht te zijn. Aangenomen kan worden dat stroming enkel door de spleten heeft plaatsgevonden.

De kleine spleetbreedtes van 1 en 2 mm werden ingesteld door schroefjes op de 4 hoekpunten van ieder blok. De brede spleten werden afgesteld door het plaatsen van blokjes multiplex die na het bouwproces werden verwijderd. Tijdens de proeven werden de spleetafstanden in stand gehouden door het aan de bovenzijde stempelen van de blokken (Foto 1a). Door onregelmatigheden in de blokafmetingen konden echter de breedte van de spleten lokaal iets afwijken van de gewenste waarde. De werkelijke spleetbreedte zal voor de kleine spleetbreedtes iets kleiner kunnen zijn dan de gemeten waarde, omdat de spleetbreedtes aan de bovenzijde zijn gemeten en de blokken door de wijze van fabriceren een bolling hebben waardoor ze in het midden iets breder zijn dan aan de boven- en onderzijde. De gemeten waarden voor de spleetbreedte zijn vermeld in Tabel B1 in Bijlage B.

De stijghoogte in, op en onder de toplaag werd gemeten op 26 locaties door middel van stijgbuisjes. Van deze stijgbuisjes bevonden zich 15 ervan in het filter, één stijgbuisje onder het filter en één stijgbuisje boven de toplaag. In een speciaal geprepareerd meetblok werden 9 stijgbuisjes geplaatst. Met dit meetblok was het mogelijk om zowel de stijghoogte in de langs- als de stootvoegen te meten. In Figuur 2.1 is de plaats van de stijgbuisjes in het meetblok weergegeven.



Figuur 2.1 Meetblok met de plaats van de stijgbuisjes

De faciliteit heeft op vier verschillende hoogtes zes aansluitingen om de stijghoogte in het filter te meten. Deze aansluitingen bevinden zich op 1, 10, 20 en 30 cm onder de onderkant van de toplaag. De onderste stijgbuisjes in het filter waren aangebracht met 17.5 cm lange buizen die in het filter staken, zodat de meetpunten niet verstoord zouden worden door de randen van het stalen rooster aan de onderkant van het filter. De overige stijgbuisjes in het filter waren vlak aan de zijkanten van de stalen bak aangebracht.

In dit onderzoek zijn 15 aansluitingen gebruikt om de stijghoogte te meten; 6 stijgbuisjes op 30 cm, 3 stijgbuisjes op 10 cm en 6 stijgbuisjes op 1 cm onder de onderkant van de toplaag. Van de 6 aansluitingen op iedere hoogte bevonden zich 3 aansluitingen onder een blok en 3 aansluitingen onder een spleet.

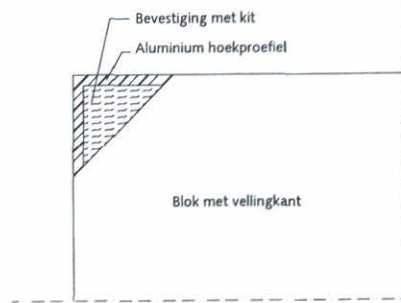
Bij de opstelling met Hydroblocks zijn alle 24 stijgbuisjes (6 raaen van 4 stijgbuisjes) in het filter gebruikt. Er kon bij deze opstelling geen onderscheid gemaakt worden tussen een stijgbuisje onder een spleet of onder een blok.

2.3 Proevenprogramma

In totaal zijn 9 series uitgevoerd. De eerste 7 series zijn uitgevoerd met de blokken 50x50x20 cm. In deze Serie zijn verschillende spleetbreedtes met en zonder inwassing toegepast.

Bij Serie 5 zijn op de vellingkanten van de betonblokken aluminium hoekprofielen geplaatst. Op deze manier ontstond een constructie met blokken zonder vellingkanten. Dit is gebeurd aan 3 zijden van het blok (Foto 1b). Aan de bovenzijde is geen hoekprofiel geplaatst, omdat verwacht kan worden dat het effect van vellingkanten op de uitstroom relatief klein zal zijn.

In Figuur 2.2 is de constructie met de aluminium profielen weergegeven.



Figuur 2.2 Blok zonder vellingkant

Tijdens de laatste 2 series zijn ingewassen Hydroblocks toegepast.

Het proeven programma was als volgt:

Serie	Blokken [cm]	Filter	Inwas	Stootvoeg [mm]	Langsvoeg [mm]	spleetvulling	opmerkingen
1a	50x50x20	A1	D	1	20	½ blokhoogte	
1b	50x50x20	A1	D	1	20	blokhoogte	
2a	50x50x20	A1	-	20	1	geen	
2b	50x50x20	A1	D	20	1	½ blokhoogte	
3a	50x50x20	A1	D	1	30	½ blokhoogte	
4a	50x50x20	A1	B	20	1	½ blokhoogte	
5a	50x50x20	B	-	9	2	geen	zonder vellingkanten
6a	Hydroblocks	C	A2	-	-	½ blokhoogte	
6b	Hydroblocks	C	A2	-	-	blokhoogte	

Tabel 2.3 Proevenprogramma (NB: Proef 4* van Smith (2000) is vergelijkbaar met Proef 5a, echter met vellingkanten en een doorlatender filter)

Elke Serie bestond uit een aantal proeven waarbij een stationair debiet werd ingesteld. Bij elk debiet werd het verhang over de toplaag en in het filter gemeten door de stijghoogte in elk stijgbuisje af te lezen.

3 Resultaten

Voor elke uitgevoerde proevenserie is per stap een stationair debiet ingesteld en zijn de stijghoogtes gemeten op de eerder beschreven meetlocaties. Daaruit konden het verhang over de toplaag (i'), het verhang in het filter (i), het verhang over de hele opstelling (i_{tot}) en het specifieke debiet v_f worden bepaald. Hieruit konden dan de volgende grootheden worden afgeleid:

- de doorlatendheid van de toplaag = k'
- de doorlatendheid van het filter = k
- het stijghoogteverloop in het filter.

Het stijghoogteverloop in het filter wordt weergegeven door de stijghoogte op elke meetlocatie uit te zetten tegen de afstand van de betreffende meetlocatie vanaf de onderkant van de blokken in de toplaag (zie voorbeeld in Figuur A.4 voor Serie 5a).

Het verhang over de toplaag (i') werd berekend door het gemiddelde stijghoogteverloop in het filter te extrapoleren vanuit het filter naar de onderzijde van de toplaag. De resulterende waarde voor de stijghoogte aan de onderzijde is van de stijghoogte op de toplaag afgetrokken en gedeeld door de toplaagdikte: $i' = (\phi_{\text{onder}} - \phi_{\text{op}})/D$.

De relatie tussen het verhang over de toplaag, i' , en het specifiek debiet (of filtersnelheid), v_f , is weergegeven in Figuur A.5 (boven). Het specifieke debiet v_f is het totale debiet Q gedeeld door het doorstroomoppervlak A .

Op dergelijke wijze werd ook het verhang over het filter (i) berekend: het gemiddelde stijghoogteverschil tussen de stijgbuisjes in de bovenste laag (19..24) en de stijgbuisje in overeenkomstige positie in de onderste laag (1..6), 30 cm onder de blokken, werd gedeeld door de verticale afstand tussen deze twee lagen (29 cm).

De doorlatendheid van de toplaag kan worden beschreven door de relatie van Forchheimer:

$$i' = a' \cdot v_f + b' \cdot v_f^2 \quad (1)$$

De coëfficiënten a' en b' zijn respectievelijk de laminaire en turbulente weerstandscomponenten. Ze zijn afhankelijk van de toplaagconfiguratie en kunnen worden afgeleid van de metingen wanneer i'/v_f uitgezet wordt tegen v_f (Figuur A.5, onder). Het doorstroomoppervlak is voor deze proeven $1,250 \times 0,815 = 1,01875 \text{ m}^2$. Door i'/v_f tegen v_f uit te zetten is het snijpunt op de i'/v_f as de laminaire weerstandscomponent (a') en de helling van de lijn is de turbulente weerstands-component (b'). De toplaagdoorlatendheid (Formule 1) is in ANAMOS gedefinieerd als het specifieke debiet bij een verhang over de toplaag die gelijk is aan $i' = 1$.

Voor de bepaling van a' en b' zijn de meetpunten gebruikt waarbij visueel nog geen inwasmateriaal was uitgespoeld. Dit kwam overeen met wat in de trend van meetresultaten tot uitdrukking kwam. Op het moment van uitspoelen is een knik zichtbaar in de relatie i'/v_f

en v_f . Dit wordt veroorzaakt door een relatief kleinere toename van het verhang bij verhoging van het specifieke debiet v_f .

De resultaten voor de top-laagdoorlatendheid zijn bepaald door een middeling van de stijghoogtes op elk meetniveau toe te passen. De resultaten van de stijghoogtes onder een blok en onder een spleet toonde in gevallen, waarin inwasmateriaal werd gebruikt, weinig onderling verschil (Figuur A.4 voor Serie 1a). In gevallen waarbij geen inwasmateriaal in combinatie met een brede spleet werd toegepast is er wel een verschil waarneembaar tussen de stijghoogte onder een blok en onder een spleet (zie voorbeeld in Figuur A.4 voor Serie 5a).

Op elk meetniveau onder de top-laag werd het gemiddelde van de 3 metingen onder een blok en de 3 metingen onder een spleet bepaald, voor elke proef in de Serie. Hieruit werd geconstateerd, dat er inderdaad weinig verschillen zijn binnen elk van deze groepen meetraaien.

De doorlatendheid van het filter kan worden gedefinieerd door de onderstaande relatie:

$$i = a \cdot v_f + b \cdot v_f^2 \quad (2)$$

De coëfficiënten a en b zijn afhankelijk van het filtermateriaal en kunnen worden afgeleid uit de metingen wanneer i/v_f uitgezet wordt tegen v_f (Figuur A.6).

Door linearisatie van de doorlatendheidsrelatie wordt de filterdoorlatendheid in ANAMOS gedefinieerd als de verhouding van het specifieke debiet bij een verhang van 0.3 over de filterlaag en het verhang: $k = v_f/i = v_f$ bij $i=0,3/0,3$. De doorlatendheid van de filterlaag, k , is bepaald door de relatie (2) op te lossen voor v_f met bekende waarden van a en b bij $i = 0.3$.

3.1 Serie I; 20 mm langsvoegen en 1 mm stootvoegen

De blokken zijn geplaatst op het Filter (A1) dat eerst netjes was afgevlakt. De stroming uit de randen van de top-laag van deze opstelling is getracht te minimaliseren door daar de spleten op te vullen met trovidur platen van 1 mm en 20 mm dikte in combinatie met siliconenkit. Deze maatregel maakte de opstelling nagenoeg waterdicht en zorgde ervoor dat de stroming recht omhoog door de spleten ging.

Het totaal gemeten spleetoppervlak inclusief de vellingkanten bedroeg 0.1142 m^2 . De gemeten spleetbreedtes per spleet zijn weergegeven in Tabel B.1 van Bijlage B 'Meetresultaten'.

SERIE 1a; inwassing tot halve blokhoogte

Bij deze eerste serie zijn 8 proeven uitgevoerd met een steeds toenemend debiet. De inwassing van de constructie was tot een halve blokhoogte. Bij Proef 5 ($i' = 0.73$) was zichtbaar dat enig inwasmateriaal was uitgespoeld. Opvoeren van het debiet na Proef 8 ($i' = 1.10$) resulteerde in het uitspoelen van het inwasmateriaal op één plaats. Duidelijk zichtbaar was het terugvallen van de stijghoogte over de top- en filterlaag met enkele centimeters. In de bak ontstond een golvende waterbeweging, omdat de doorlatendheid aan de zijde waarvan het inwasmateriaal uitgespoeld was, groter was dan aan de zijde waar het

inwasmateriaal nog aanwezig was. De proef is gestopt nadat de stijghoogte was teruggevallen.

SERIE 1b; volledig ingewassen spleten

Bij deze serie zijn 10 proeven uitgevoerd met een steeds toenemend debiet. Deze serie is uitgevoerd met een inwassing over de volledige blokhoogte wat resulteerde in een groter verhang over de toplaag bij eenzelfde debiet als bij Serie 1a. Na Proef 6 ($i' = 0.80$) was duidelijk waarneembaar dat inwasmateriaal was uitgespoeld. Omdat bij het opvoeren van het debiet de stijghoogte over de toplaag nog toenam, is de proef nog verder uitgevoerd tot $i' = 1.57$. Bij dit verhang zakte de stijghoogte terug en is de proef afgebroken.

Bij het uitbouwen van de blokken na afloop van de serie is geen waarneembare verandering in het filter (onregelmatigheden of openingen onder de blokken) geconstateerd.

Tijdens de proeven uitgevoerd in het onderzoek van Smith (2000) ontstonden door de hoge stroomsnelheid 'fonteintjes' aan het wateroppervlak boven de kruisingen van de niet ingewassen spleten. Dit was door de aanwezigheid van inwasmateriaal in de huidige proevenserie niet zo duidelijk waarneembaar. Enkel in gevallen waar het inwasmateriaal uitgespoeld was ontstond op deze plaats een fontein.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in respectievelijk Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s ² /m ²)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s ² /m ²)	k' (mm/s)
1a	0.34	110	169	8.61	847	30
1b	0	130	155	7.67	2194	20

Tabel 3.1 Resultaten Serie 1

Voor de constructie waarbij de langsvoegen over de volledige blokhoogte werden ingewassen blijkt voor zowel het filter als de toplaag dat de laminaire weerstandscoefficiënt (a) blijkt af te nemen. De waarde voor de laminaire weerstandscoefficiënt van Serie 1b blijkt wanneer de optimale fit wordt genomen negatief te zijn (-0.19 s/m). Een negatieve waarde voor a is fysisch gezien niet mogelijk. De spreiding in de meetpunten van de doorlatendheid in het filter is zodanig dat de spreiding (nauwkeurigheid) hier de oorzaak van de kleine negatieve waarde kan zijn geweest. De lijn met de 'Best fit' is aangegeven in Figuur A.6 van de Bijlage. Tevens is de lijn aangegeven die gekozen is als vervangende lijn ('Aangepaste best fit') waarbij voor a de waarde 0 s/m is aangehouden.

De turbulente weerstandscoefficiënt (b) blijkt te zijn toegenomen. Waarbij zeker de stroming, en vooral de stroming door de toplaag, turbulenter te zijn geworden. Het toepassen van een volledig ingewassen langsvoeg in vergelijking met het toepassen van een tot de helft ingewassen langsvoeg blijkt voor deze opstelling een reductie te geven van zowel de filter- als de toplaagdoorlatendheid (k en k').

Het debiet met de bijhorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B 'Meetresultaten'.

3.2 Serie 2 ; 1 mm langsvoegen en 20 mm stootvoegen

Bij het inbouwen van Serie 2 zijn de spleten is op identieke wijze afgedicht zoals dit gedaan is in Serie 1. De afstand van de langsvoegen werd geregeld door het plaatsen van schroeven in de blokken die op 1 mm werden afgesteld.

Het totaal gemeten spleetoppervlak, inclusief de vellingkanten, bedroeg 0.0420 m^2 . De gemeten spleetbreedtes per spleet zijn weergegeven in Tabel B.1 van Bijlage B 'Meetresultaten'.

SERIE 2a; niet ingewassen spleten

Serie 2a is een opstelling waarbij geen inwasmateriaal werd toegepast. Voor deze proef zijn 8 proeven uitgevoerd waarbij de proeven zijn gestopt bij een verhang over de toplaag van $i' = 0.82$. Door het ontbreken van de inwassing was een relatief groot debiet nodig om dit verhang te realiseren. Echter door het hoge debiet werd door schommelingen (afwijking van 5% - 10% in de gemeten stijghoogte) in de stijghoogtes het aflezen van de stijgbuisjes onnauwkeurig.

SERIE 2b; inwassing tot halve blokhoogte

Voor deze serie werd de toplaag voorzien van een inwassing over de halve blokhoogte. Bij $i' = 1.0$ (Proef 5) is uitspoeling van het inwasmateriaal zichtbaar. Tijdens Proef 6 zakte de stijghoogte ineens 2 cm. De stijghoogtes voor Proef 6 zijn opnieuw afgelezen en er zijn vervolgens nog 4 proeven gedaan met een steeds toenemend debiet voordat het inwasmateriaal volledig uitgespoeld was ($i' = 2.04$). In Figuur A.5 is echter duidelijk te zien dat na Proef 5 sprake was van een ander soort constructie. De punten van proeven waarbij het inwasmateriaal uitgespoeld is liggen duidelijk op een andere lijn.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in respectievelijk Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s^2/m^2)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s^2/m^2)	k' (mm/s)
2a	0.52	113	164	0	170	77
2b	0.94	97	170	12.5	2501	18

Tabel 3.2 Resultaten Serie 2

Voor de constructie waarbij de stootvoegen over de halve blokhoogte werd ingewassen blijkt voor zowel het filter als de toplaag dat de laminaire weerstandscoefficiënt (a) blijkt toe nemen. De laminaire weerstandscoefficiënt blijkt voor Serie 2a een kleine negatieve waarde te hebben (-0.13 s/m). Dit is fysisch gezien echter niet mogelijk. Wanneer deze waarde echter op 0 s/m gezet wordt heeft dit een verwaarloosbaar effect op de toplaagdoorlatendheid k' .

De turbulente weerstandscoefficiënt van de toplaag is bijna 15 keer zo groot geworden van 2a naar 2b. Bij het toepassen van een voor de helft ingewassen stootvoeg in vergelijking met het toepassen van geen inwassing blijkt dat voor deze opstelling de filterdoorlatendheid nauwelijks verandert. De toplaagdoorlatendheid is echter sterk afgenomen, waarbij ook het stroombeeld turbulenter is geworden.

Het debiet met de bijhorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B 'Meetresultaten'.

3.3 Serie 3; 30 mm langsvoegen en 1 mm stootvoegen

De wijze van inbouwen kwam overeen met die van Serie 2. De langsvoegen zijn nu echter 30 mm breed. Er is gebruik gemaakt van hetzelfde inwasmateriaal dat gebruikt is voor Serie 1 en 2.

Het totaal gemeten spleetoppervlak, inclusief de vellingkanten, bedroeg 0.1579 m^2 . De gemeten spleetbreedtes per spleet zijn weergegeven in Tabel B.1 van Bijlage B.

SERIE 3a; inwassing tot halve blokhoogte

Deze serie bestond uit 6 proeven. Na Proef 4 ($i' = 0.36$) vond reeds uitspoeling plaats van het inwasmateriaal. Na Proef 6 ($i' = 0.71$) is de constructie bezwaken. Dit is een beduidend lager verhang in vergelijking met Serie 1a waarbij de breedte van de langsvoegen 20 mm bedroeg.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in respectievelijk Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s^2/m^2)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s^2/m^2)	k' (mm/s)
3a	0.89	110	161	4.5	920	33

Tabel 3.3 Resultaten Serie 3

Wanneer deze resultaten vergeleken worden met de resultaten van Serie 1a, waarbij een voor de helft ingewassen langsvoeg van 20 mm werd toegepast blijkt dat de laminaire stromingscoëfficiënt van het filter toe te nemen bij het verbreden van de langsvoeg. De turbulente stromingscoëfficiënt bleek 8.5% groter te zijn. Echter dit relatief kleine verschil kan een resultaat zijn van een meetonnauwkeurigheid (zie ook Paragraaf 3.7). De filterdoorlatendheid is nagenoeg gelijk onder beide condities.

De laminaire en de turbulente stromingscoëfficiënten van de top- en de filterlaag zijn toegenomen door het verbreden van de langsvoeg. Dit resulteert in een stijging van de toplaagdoorlatendheid van 10% bij een toename van langsvoeg van 10 mm (toename van het spleetoppervlak van 39%).

Het debiet met de bijhorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B.

3.4 Serie 4; 1 mm langsvoegen en 20 mm stootvoegen

De opstelling van deze serie was identiek aan de opstelling die is gebruikt voor Serie 2. In Serie 4a is echter gebruik gemaakt van een ander inwasmateriaal om de invloed van het inwasmateriaal op de doorlatendheid van de toplaag te kunnen meten. Deze serie bestond uit 5 proeven. Na Proef 4 ($i' = 0.67$) was er uitgespoeld inwasmateriaal zichtbaar op de

toplaag en ontstond een fontein op deze locatie waar het inwasmateriaal voor een deel was uitgespoeld. Na het aflezen van Proef 5 ($i' = 0.85$) is het debiet nog opgevoerd. Direct daarna spoelde alle inwasmateriaal uit een bepaalde spleet en zakte de stijghoogte terug. De proef werd toen beëindigd.

Omdat relatief weinig meetpunten beschikbaar waren is besloten om de constructie opnieuw in te wassen en deze serie te herhalen (Serie h4a) onder gelijkblijvende condities. Gekozen is om het debiet nu te verhogen met kleinere stappen. Deze serie bestond uit 6 stappen waarbij halverwege de laatste stap het inwasmateriaal uitspoelde en de proef is afgebroken. Het verval over de toplaag in Proef 5 (laatste proef) bedroeg $i' = 0.85$. Deze herhalingsserie komt dus goed overeen met hetgeen in de eerste meetserie werd gemeten.

Het totaal gemeten spleetoppervlak inclusief de vellingkanten bedroeg 0.0467 m^2 . Het totale gemeten spleetoppervlak was dus iets groter (0.0042 m^2) dan Serie 2. De gemeten spleetbreedtes per spleet zijn weergegeven in Tabel B.1.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in respectievelijk Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in onderstaande tabel samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s^2/m^2)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s^2/m^2)	k' (mm/s)
4a	0.45	152	143	16.6	2033	18
h4a	1.10	107	160	21.2	1584	19

Tabel 3.4 Resultaten Serie 4

Ondanks dat de constructie bij eenzelfde verhang over de toplaag bezweek, bleken de Forchheimercoëfficiënten a' en b' voor de toplaag toch af te wijken. Dit duidt op een ander stromingsbeeld in de spleten. De doorlatendheid van de toplaag bij $i' = 1$ was nagenoeg gelijk. Voor de verdere analyse in dit rapport zal gebruik gemaakt worden van Serie h4a.

Wanneer de resultaten van Serie h4a worden vergeleken met de resultaten van Serie 2b blijkt dat de toepassing van een fijner inwasmateriaal in Serie h4a nauwelijks invloed heeft op de filterdoorlatendheid. Wanneer de toplaagdoorlatendheid wordt beschouwd, blijkt de laminaire weerstandscoëfficiënt bij een fijner filter groter te worden, terwijl de turbulente weerstandscoëfficiënt blijkt af te nemen. De doorlatendheid van de toplaag blijft nagenoeg onveranderd.

Het debiet met de bijhorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B.

3.5 Serie 5; 2 mm langsvogen, 9 mm stootvogen, zonder vellingkanten

De proeven van Serie 5 sloten aan op de proeven van Serie 4 uit het onderzoek Smith (2000). Voor deze opstelling is hetzelfde filter en zijn dezelfde spleetbreedtes gebruikt. Voor deze opstelling is echter gebruik gemaakt van blokken zonder vellingkanten. Deze serie bestond uit 11 proeven met een geleidelijk oplopend debiet. Voor de laatste proef is het debiet terug gedraaid naar een hoogte waarbij een verhang over de toplaag van ongeveer

1 wordt verwacht. Deze is vergeleken met de waarde waarbij een oplopend debiet is toegepast en bleek nagenoeg identiek te zijn. Hieruit valt op te maken dat geen deformaties in de filterlaag zijn ontstaan gedurende de proevenserie.

Door de relatief hoge debieten en de smallere spleten ontstonden hoge stroomsnelheden in de spleten. Ondanks dat fijn filtermateriaal werd gebruikt, is nauwelijks filtermateriaal uitgespoeld. Bij het uitbouwen van de blokken na afloop van de serie werd geen waarneembare verandering in het filter (onregelmatigheden of openingen onder de blokken) geconstateerd.

Het totaal gemeten spleetoppervlak (geen vellingkanten), bedroeg 0.0290 m^2 . De gemeten spleetbreedtes per spleet zijn weergegeven in Tabel B.1.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in respectievelijk Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in Tabel 3.5 samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s^2/m^2)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s^2/m^2)	k' (mm/s)
5a	3.2	262	94	2.0	514	42
4, Smith (2000)	3.9	386	78	5.0	400	44

Tabel 3.5 Resultaten Serie 5 in vergelijking met resultaten uit Smith (2000)

De gemeten doorlatendheid van het filtermateriaal van Serie 5a was beduidend groter dan de doorlatendheid van de vergelijkbare Serie 4 uit het voorgaande onderzoek met vellingkanten. De invloed van de vellingkanten is op basis van bovenstaande tabel derhalve moeilijk te onderscheiden en wordt nader bekeken in Hoofdstuk 4. Het oppervlak van de vellingkanten in verhouding tot het totale spleetoppervlak is echter gering en bedraagt 3.4%.

Totale spleet oppervlak (exclusief vellingkanten) Serie 5a : 29243 mm^2
 Oppervlak vellingkanten 10 stuks van 100 mm^2 : 1000 mm^2

Het debiet met de bijbehorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B.

3.6 Serie 6; Hydroblocks

De stroming uit de randen van de toplaag van deze opstelling is getracht te minimaliseren door de blokken met siliconenkit te monteren. De gaten die boven de rand van de instroombak lagen zijn afgedicht met latjes zodat de stroomoppervlak de grootte had van de onderbak. Deze maatregel maakte de opstelling nagenoeg waterdicht en zorgde ervoor dat de stroming recht omhoog door de toplaag ging. Voor deze opstelling was geen meetblok beschikbaar.

Het totaal spleetoppervlak is niet gemeten. Wel is het percentage open oppervlak bepaald voor deze constructie door de gemiddelde hart op hart afstand van de blokken en het oppervlak van één blok te meten. Zo is bepaald dat één blok 0.0558 m^2 was, en inclusief de

open ruimte, 0.0624 m^2 in beslag neemt. Het percentage open oppervlak is daardoor voor de geteste opstellingen 10.6%.

SERIE 6a; inwassing tot halve blokhoogte

Bij deze eerste serie werden 11 proeven uitgevoerd met een steeds toenemend debiet. De inwassing van de constructie was tot een halve blokhoogte. Na Proef 7 ($i' = 0.81$) was zichtbaar dat enig inwasmateriaal was uitgespoeld. Na Proef 8 ($i' = 1.42$) was op diverse plaatsen het inwasmateriaal uitgespoeld. De proef is gestopt nadat de stijghoogte was teruggevallen.

SERIE 6b; inwassing over volledige blokhoogte

Bij deze serie werden 10 proeven uitgevoerd met een steeds toenemend debiet. Deze serie is uitgevoerd met een inwassing over de volledige blokhoogte wat resulteerde in een groter verhang over de toplaag bij eenzelfde debiet. Na Proef 8 ($i' = 1.21$) was duidelijk waarneembaar dat inwasmateriaal op diverse plaatsen is uitgespoeld. Het debiet is nog twee keer opgevoerd tot een verhang over de toplaag $i' = 1.52$. Tijdens deze laatste proef zakte de stijghoogte terug.

De resultaten van de filter- en toplaagdoorlatendheid zijn in, respectievelijk, Figuren A.5 en A.6 te zien. Deze resultaten zijn in Tabel 3.6 samengevat:

serie	filter			toplaag		
	a (s/m)	b (s^2/m^2)	k (mm/s)	a' (s/m)	b' (s^2/m^2)	k' (mm/s)
6a	0.64	38.1	269	4.0	539	40
6b	0.16	48.4	257	6.6	913	30

Tabel 3.6 Resultaten Serie 6

De laminaire weerstandscoefficiënt van het filter neemt af bij toepassen van een volledig ingewassen constructie in vergelijking met een voor de helft ingewassen constructie. De turbulente weerstandscoefficiënt neemt juist toe onder deze condities. De filterdoorlatendheid neemt iets af. Wanneer de toplaagdoorlatendheid wordt bekeken blijkt zowel de laminaire als de turbulente weerstandscoefficiënten toe te nemen wat resulteert in een kleinere toplaagdoorlatendheid.

Het debiet met de bijhorende gemeten stijghoogtes zijn weergegeven in Bijlage B.

3.7 Nauwkeurigheid meetresultaten

De nauwkeurigheid van de meetresultaten van de toplaagdoorlatendheid wordt bepaald door de spreiding in stijghoogtes van de individuele meetpunten. Om inzicht te krijgen in de spreiding van de meetpunten zijn per raai de afwijkingen bekeken ten opzichte van het gemiddelde. Hieruit bleek dat de meetniveaus op 10 en 30 cm onder de toplaag nauwelijks spreiding vertoonde ten opzichte van het gemiddelde. De afwijking lag maximaal rond de 3% hetgeen betekent dat de gemiddelde waarde goed representatief was. Voor de series zonder inwasmateriaal, Serie 2a en 5a, vertoonde het meetniveau 1 cm onder de toplaag een grotere afwijking (Figuur A.4) met een maximum van 12%. Dit werd veroorzaakt doordat

drie stijgbuisjes onder een blok en drie stijgbuisjes onder een spleet gelegen waren. De invloed van de spleet is zonder inwasmateriaal beduidend groter dan met inwasmateriaal.

De spreiding in i' zal leiden tot een spreiding in de afgeleide Forchheimercoëfficiënten a' en b' .

Van de Series waar hetzelfde filtermateriaal werd gebruikt werd verwacht dat deze nagenoeg eenzelfde filterdoorlatendheid moeten hebben gehad. Dit was echter niet het geval. In onderstaande tabel staan de gemiddelde waarden weergegeven met de afwijking van Filter A1.

	a	b	k
Gemiddelde	0.61	117.0	160.3
Standaard afwijking	0.39	18.3	9.2

Tabel 3.7 Gemiddelde en standaard afwijking van de Forchheimercoëfficiënten a en b en de filterdoorlatendheid k .

De relatief grote spreiding in de waarden van a en b resulteren in een standaardafwijking van de filterdoorlatendheid van orde 6%. Met name onder in het filter was het soms moeilijk de stijghoogten goed af te lezen als gevolg van schommelingen die ontstonden als gevolg van de instroming. Hiervoor werd in deze gevallen vaak de stijghoogte twee maal afgelezen. In de Bijlage 'meetresultaten (kale resultaten)' zijn in geval van deze dubbele aflezing de gemiddelde waarden weergegeven.

Het aantal stijgbuisjes onder een blok en het aantal stijgbuisjes onder een spleet is gelijk. Daarom wordt in dit onderzoek de gemiddelde waarde voor de stijghoogte op het meetniveau 1 cm onder de toplaag gebruikt, waarbij een fout optreedt die kleiner is dan 5% (gezien de verschillen tussen de meetwaarden). De spreiding van de meetpunten in het filter vertoonden een grotere spreiding

De meetresultaten van de series met de bijbehorende verhangen zijn weergegeven in de Bijlage B.

4 Analyse van de resultaten

4.1 Analyse meetblok

Hoewel het onderzoek gericht was op de doorlatendheid van de steenzettingen, is het in de analyse soms noodzakelijk om te werken met verwante fysische begrippen, zoals:

- stromingsweerstand (R): reciproce van doorlatendheid:

$$R = 1/k'$$

- verval of stijghoogteverval $\Delta\phi$: verlaging van de stijghoogte (ϕ) samenhangend met een stromingsweerstand:

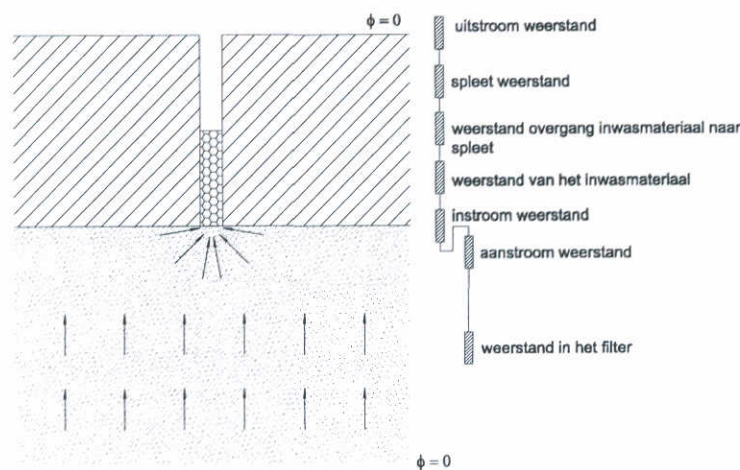
$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

- energiehoogteverlies: verlaging van de energiehoogte (H) samenhangend met een stromingsweerstand:

$$H_{\text{verlies}} = H_2 - H_1 = \left(\phi_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right) - \left(\phi_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (3)$$

Met: R = stromingsweerstand (s/m)
 H_j = energiehoogte op locatie j (m)
 ϕ_j = stijghoogte op locatie j (m)
 v_j = snelheid op locatie j (m/s)
 g = zwaartekrachtsversnelling (m^2/s)

Tijdens het onderzoek zijn alleen de totale debieten en stijghoogtes (en vervallen) gemeten, waaruit de doorlatendheid en stromingsweerstand is af te leiden.



Figuur 4.1 Schematische weergave van stroomweerstand

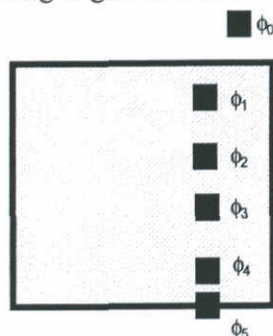
In Figuur 4.1 staan schematisch de stromingsweerstand weergegeven die met behulp van het meetblok zijn geanalyseerd. Omdat het niet mogelijk was de aanstroom- en

instroomweerstand te scheiden is deze in de bepaling van de verschillende weerstandscomponenten gecombineerd.

In Tabel 4.1 zijn de gemeten vervallen in de stoot- en langsvoeg weergegeven als percentage van het totale verval over de toplaag. Hierbij zijn in de tabel 5 delen onderscheiden, namelijk;

- *Instroom/aanstroomvervallen*; omdat de afzonderlijke invloed van zowel de instroom als de aanstroom met de huidige meetmethode moeilijk te scheiden is, is het gecombineerde verval hier beschouwd.
- *Inwasmateriaal*; verval wat ontstaat onder invloed van het inwasmateriaal
- *Overgang inwasmateriaal/spleet*; verval wat ontstaat wanneer stroming vanuit het inwasmateriaal de lege spleet in stroomt. Dit is van toepassing voor de opstelling waarbij de constructie voor de helft is ingewassen.
- *Spleet*; Dit is het verval wat optreedt ten gevolge van de stromingsweerstand in de stoot- en langsvoeg.
- *Uitstroom*; het verval wat optreedt wanneer het water vanuit de spleet uit de toplaag stroomt.

Aan de hand van Figuur 4.2 wordt uitgelegd hoe de vervallen in Tabel 4.1 bepaald zijn. Voor de het bepalen van de waarden in Tabel 4.1 is gekeken naar de resultaten waarbij het verhang over de toplaag ongeveer 1 bedroeg.



Figuur 4.2 Figuur ten behoeve van de bepaling van het verval over de toplaag

instroom/aanstroom

Het instroom/aanstroom verval is bepaald door het verschil tussen ϕ_5 en ϕ_4 te nemen. In gevallen waarbij inwasmateriaal is toegepast, is het verval wat ontstaan is ten gevolge van dit inwasmateriaal hier nog afgetrokken.

inwasmateriaal

Wanneer een inwasmateriaal is toegepast is het verval over het inwasmateriaal bepaald door het verschil te nemen tussen ϕ_4 en ϕ_3 wanneer voor de helft is ingewassen en het verschil tussen ϕ_4 en ϕ_1 wanneer volledig is ingewassen. Aangezien zo niet het volledige verval beschouwd wordt (immers, er is over 25 c.q. 50 cm ingewassen en het verval wordt bepaald over 15 dan wel 40 cm), zijn in Tabel 4.1 de bepaalde vervallen vermenigvuldigd met respectievelijk 25/15 en 50/40 om het totale verval over het inwasmateriaal te verkrijgen.

overgang inwasmateriaal/spleet

Wanneer de constructie voor de helft was ingewassen is het verval bepaald bij de uitstroom van het inwasmateriaal naar de spleet. Dit is gebeurd door het verval te bepalen tussen ϕ_3 en

ϕ_2 . Hiervan is deel van het verval wat ontstaan is door weerstand in de spleet en een deel wat ontstaan is uit het verval over het inwasmateriaal afgetrokken:

$$\Delta\phi = \phi_3 - \phi_2 - (\phi_4 - \phi_3) \cdot 5/15 - (\phi_2 - \phi_1) \cdot 5/15.$$

spleet

Dit verval is bepaald door het verschil te nemen van ϕ_2 en ϕ_1 wanneer voor de helft is ingewassen of ϕ_4 en ϕ_1 wanneer volledig is ingewassen. Beide zijn weer gecorrigeerd omdat het bepaalde verval niet het volledige gebied dekt waarover de spleetweerstand werkt. Daarom zijn de bepaalde vervallen vermenigvuldigd met respectievelijk 25/15 en 50/40.

uitstroom

Dit verval is bepaald door het verschil te nemen van ϕ_1 en ϕ_0 . Dit wordt gecorrigeerd door het deel van het verval dat door de spleet dan wel het inwasmateriaal wordt bepaald er vanaf te trekken afhankelijk van de mate van inwassing. Het stijgbuisje ϕ_0 bevindt zich boven de toplaag.

De som van alle deelvervallen moet gelijk zijn aan het totaal verval over de toplaag. Dit is gecontroleerd en bleek in alle gevallen correct te zijn. De vervallen zijn weergegeven als percentage van het totale verval over de toplaag (ϕ_5 en ϕ_0).

Sommige vervallen blijken negatief te zijn; de stroming gaat van een lage stijghoogte naar een hoge. Dit is te verklaren door de energiehogte te beschouwen, waarin ook de invloed van de snelheidshoogte zit. De bepaling van het verlies wordt gedaan op basis van formule (3). De stijghoogtes ϕ_1 en ϕ_2 zijn gemeten, maar de snelheidshoogtes zijn in dit onderzoek niet gemeten. Wel geldt dat de snelheid in de spleet (v_1) veel groter is dan de snelheid na uitstroming (v_2). Deze zal ongeveer nul worden bij uitstroming. Voor het bepalen van de vervallen zijn in Tabel 4.1 feitelijk de waarden weergegeven voor:

$$\left(H_{\text{verlies}} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (4)$$

De negatieve waarden voor het uitstroomverval zijn dus veroorzaakt door een klein uitstroomverval en een grote stroomsnelheid in de spleet. De negatieve waarden voor de ‘overgang inwasmateriaal/spleet’ en de ‘spleet’ zijn fysisch te verklaren omdat door de turbulente uitstroom uit het inwasmateriaal de snelheid lokaal groot kan zijn. Hierdoor zou een negatief verval bij de overgang verklaard kunnen worden.

Bij het toepassen van inwasmateriaal wordt het grootste deel van de stromingsweerstand door het inwasmateriaal bepaald. Bij het ontbreken van inwasmateriaal zijn vooral de in- en aanstroomweerstand en weerstand in de spleet bepalend. Dit beeld is voor zowel de langs- als de stootvoeg aanwezig.

De Herhalingsserie h4a blijkt ten opzichte van Serie 4a ongeveer dezelfde resultaten te geven.

LANGSVOEG

	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
instroom/aanstroom	4.9	1.7	32.8	7.4	2.6	3.9	33.6
inwasmateriaal	92.2	96.6	-	-	94.8	-	-
overgang inwas/spleet	3.5	-	-	-	2.8	-	-
spleet	-1.0	-	77.1	102.7	0.5	105.7	74.5
uitstroom	0.4	1.7	-9.9	-10.1	-0.8	-9.6	-8.1

STOOTVOEG

	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
instroom/aanstroom	17.2	2.2	54.1	-1.5	4.4	1.0	48.6
inwasmateriaal	-	-	-	110.7	-	95.8	-
overgang inwas/spleet	-	-	-	-9.1	-	4.7	-
spleet	90.6	91.2	56.4	-0.3	106.2	-1.6	53.7
uitstroom	-7.8	6.5	-10.5	0.2	-10.6	0.1	-2.3

Tabel 4.1 Gemeten vervallen (in procenten van het totaal verval over de toplaag) in de stoot- en langsvoeegen

Tevens zijn de vervallen voor de stoot- en langsvoeegen berekend met behulp van de formules die ook gebruikt worden in ANAMOS v2.21 (WL/GD-verslag deel XVIII, 1990). Hierbij zijn het laminaire en turbulente deel van het verval bij elkaar opgeteld om tot het totale verval te komen. In Tabel 4.2 zijn voor de verschillende componenten de berekende vervallen weergegeven als percentage van het totale stijghoogteverval over de toplaag. Tevens is de procentuele bijdrage van de langs-, stootvoeg en de gaten weergegeven als deel van de totale doorlatendheid van de toplaag.

LANGSVOEG

	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
<i>Bijdrage langsvoeg [%]</i>	87	82	7	35	90	39	44
<i>Bijdrage gat [%]</i>	0	1	3	2	1	1	0
aanstroom	1.1	0.6	0.1	0.1	1.8	0.1	5.4
in-/uitstroom	0.9	0.4	16.8	16.8	0.9	18.0	59.0
inwasmateriaal	97.9	99.0	0	0	97.2	0	0
spleet	0.1	0	83.1	83.1	0.1	81.9	35.6

STOOTVOEG

	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
<i>Bijdrage stootvoeg [%]</i>	13	17	90	63	9	60	56
aanstroom	0.2	0.2	52.5	1.2	0.2	1.0	55.1
in-/uitstroom	27.5	27.5	41.0	0.9	27.0	0.8	33.0
inwasmateriaal	0	0	0	97.8	0	98.1	0
spleet	72.3	72.3	6.5	0.1	72.8	0.1	11.9

Tabel 4.2 Berekende vervallen (in procenten ten opzichte van het totale verval over de toplaag) in de stoot- en langsvoeegen

De berekende vervallen blijken in grote lijnen overeen te komen met de gemeten vervallen. Het grootste deel van het verval over de toplaag wordt bepaald door het inwasmateriaal. Het uitstroomverval is procentueel hoger dan het procentuele verval dat werd gemeten. Dit

wordt veroorzaakt omdat het berekende verval een gecombineerd verval is over in- en uitstroom. Tevens wordt er geen verval berekend voor de uitstroom uit het inwasmateriaal (overgang van inwasmateriaal naar lege spleet). Dit verval is wel gemeten.

De bijdrage van langsvoeg, stootvoeg en gat heeft betrekking op het specifieke debiet door elk van deze componenten bij een verhang van $i' = 1$ en is berekend op basis van een berekende k' (zie Paragraaf 4.2).

Het vergelijken van de verschillende vervaltermen wordt overzichtelijker als enkele waarden worden samengevoegd zodat de volgende drie vervaltermen overblijven:

1. Instroom-, aanstroom- en uitstroomverval;
2. Inwassing en overgang inwassing/spleet;
3. Verval in de spleet.

Tevens wordt de vervalcomponent in de langsvoegen en de stootvoegen opgeteld, gewogen volgens de berekende bijdrage van elk. In onderstaande tabel zijn deze waarden weergegeven.

Gemeten	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
Aan-, in- en uitstroom	5.8	4.3	41.5	-1.8	1.1	-1.6	37.1
Inwassing, overgang inwassing/spleet	83.3	80.2	0.0	64.0	88.8	60.3	0.0
spleet	10.9	15.5	58.5	37.8	10.1	41.3	62.9
Berekend	Serie 1a	Serie 1b	Serie 2a	Serie 2b	Serie 3a	Serie h4a	Serie 5a
Aan-, in- en uitstroom	5.3	5.5	85.8	7.6	4.9	8.3	77.7
Inwassing, overgang inwassing/spleet	85.2	82.2	0.0	61.6	88.5	58.9	0.0
spleet	9.5	12.3	14.2	30.8	6.6	32.8	22.3

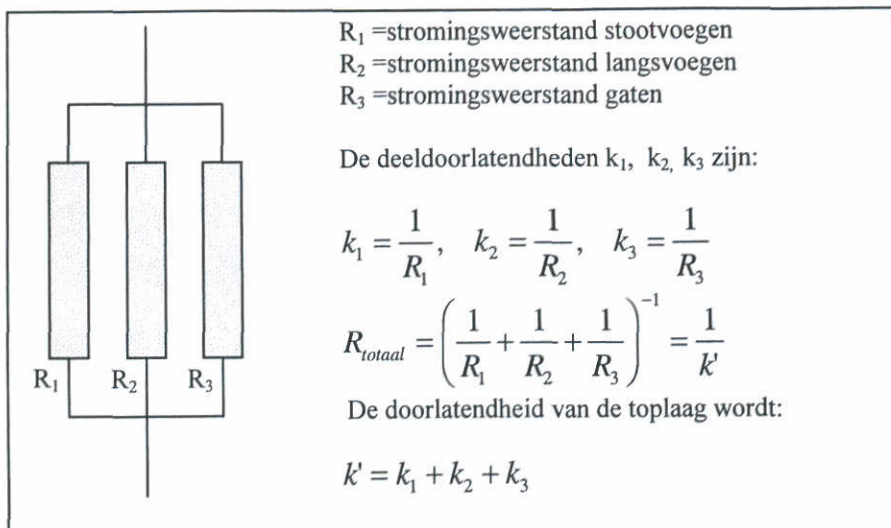
Tabel 4.3 Samengestelde berekende en gemeten vervaltermen in procenten ten opzichte van het totaal over de toplaa

Uit de samengestelde vervaltermen blijkt dat de gemeten en berekende vervallen voor de proeven waarbij een inwasmateriaal is toegepast in grote lijnen goed overeen komen met de berekende waarden. In de gevallen waarbij geen inwasmateriaal werd toegepast (Serie 2a en Serie 5) blijkt het spleetverval in de berekening in verhouding tot de samengestelde in-, aan- of uitstroom te worden onderschat.

4.2 Gemeten toplaa

De doorlatendheid van een steenzetting kan met het rekenmodel ANAMOS berekend worden. De formules zijn gebaseerd op het WL/GD-verslag deel XVIII (1990).

De doorlatendheden voor de toplaa worden separaat berekend voor de langsvoeg, de stootvoeg en de gaten. De totale doorlatendheid van de toplaa k' is de sommatie van deze doorlatendheden. In onderstaand schema wordt deze sommatie toegelicht.



Figuur 4.3 Samenstelling van componenten van de doorlatendheid

Overigens wordt in ANAMOS ten onrechte de doorlatendheid samengesteld volgens de formule:

$$k' = k'_{\text{gat}} + k'_{\text{spleet}} - \frac{\min(k'_{\text{gat}}; k'_{\text{spleet}})}{2} \tag{5}$$

Doorgaans heeft dit echter een verwaarloosbare invloed.

In Tabel 4.4 zijn de berekende en de gemeten doorlatendheden van de toplaag weergegeven in mm/s.

	1a	1b	2a	2b	3a	h4a	5a	4*	6a	6b
gemeten k' (mm/s)	30	20	77	18	33	18	42	44	40	30
berekende k' (mm/s)	20	15	53	11	26	11	28	26	19	13
Procentueel verschil	33	25	31	39	21	39	33	41	53	57

Tabel 4.4 Berekende en gemeten doorlatendheid van de toplaag

Serie 4* is de proef die is uitgevoerd in het onderzoek Smith (2000). De omstandigheden voor deze proef zijn vergelijkbaar met die van Serie 5a. Bij Serie 5a zijn echter de vellingkanten verwijderd en is het filter meer doorlatend.

Uit de Tabel 4.4 blijkt dat met de formules van ANAMOS de doorlatendheid sterk wordt onderschat. Hiervoor kunnen de volgende redenen aangevoerd worden die in de aangegeven sub-paragrafen behandeld zullen worden.

- De wijze waarop de spleten in ANAMOS geschematiseerd zijn (zie §4.2.1).
- De berekende doorlatendheid van het filter wijkt af van de gemeten waarden (zie §4.2.2).
- De vorm van de blokken. De randen van de blokken zijn niet mooi glad en ten gevolge van transport en opslag zijn de randen van sommige blokken beschadigd. Dit wordt geïllustreerd op de onderste foto van Foto 1. Op de foto is te zien dat bij dit blok de bovenkant (vellingkant) is afgewerkt met een aluminium hoekje terwijl duidelijk

zichtbaar is op de foto dat de andere zijde beschadigd is. Dit zou mogelijk een iets grotere doorlatendheid tot gevolg kunnen hebben. De invloed van de vellingkanten zullen worden behandeld in §4.2.3.

- De invloed van de doorlatendheid van het inwasmateriaal (zie §4.2.4).

4.2.1 Invloed spleten

Om de gevoeligheid van de topplaagschematisatie ten aanzien van de open ruimte in de top laag op de berekende top laag doorlatendheid te kwantificeren zijn enkele cases doorgerekend.

1. Eerst is de top laag doorlatendheid berekend door per blok vier gaten aan te nemen en de rekenwaarde voor de spleetbreedte op 1 mm te zetten. Het gatoppervlak is zo vastgesteld dat het totale percentage open oppervlak gelijk is aan het percentage open oppervlak dat is gebruikt voor de berekende waarden uit Tabel 4.4. De gaten zijn ingewassen terwijl de spleten als niet ingewassen worden verondersteld. De doorlatendheid van de top laag wordt berekend door de sommatie van de doorlatendheid van de gaten en de doorlatendheid van de spleten volgens Figuur 4.3.
2. In de 'berekening k' met rekenwaarde spleetbreedte' is voor de berekening gebruik gemaakt van een rekenwaarde voor de spleetbreedte. De rekenwaarde voor de spleetbreedte is gelijk aan de gemiddelde spleetbreedte en is bepaald met behulp van onderstaande formule:

$$s = \frac{(L \cdot s_{\text{langsvoeg}} + B \cdot s_{\text{stootvoeg}})}{(B + L)} \quad (6)$$

De doorlatendheid van de top laag is de sommatie van de doorlatendheid van de spleten en de doorlatendheid van de gaten volgens Figuur 4.3. Hierbij is de inwassing meegenomen voor zowel de spleten en de gaten. Hierbij wordt mogelijk het effect van de inwassing overschat omdat in werkelijkheid alleen de stoot- of langsvoeg is ingewassen.

De resultaten van de gevoeligheidsberekeningen staan weergegeven in Tabel 4.5.

	1a	1b	2a	2b	3a	h4a	5a	6a	6b
berekening k' met gaten i.p.v. spleten	20	16	38	11	27	11	24	22	17
berekening k' met rekenwaarde spleetbreedte	17	12	58	9	23	7	27	15	11

Tabel 4.5 Resultaten gevoeligheidsberekeningen doorlatendheid van de top laag

Uit Tabel 4.4 en Tabel 4.5 blijkt dat de berekende doorlatendheid met gemiddelde spleetbreedte meestal het kleinste is en het verste af ligt van de gemeten waarden, behalve voor Serie 2a. De berekende doorlatendheden op basis van een goed onderscheid tussen stoot- en langsvoegen (Tabel 4.4) geeft de resultaten die het dichtste de metingen benaderen. De verschillen zijn echter nog aanzienlijk.

In Paragraaf 4.2.2 en Paragraaf 4.2.4 wordt onderzocht of dit verschil veroorzaakt wordt door een verschil tussen de berekende doorlatendheid van het filter en/of het inwasmateriaal.

In het onderzoek van Smith (2000) werd geadviseerd, wanneer met de formules van ANAMOS v2.21 gerekend werd, een correctie op de spleetbreedtes toe te passen waarin de invloed van de vellingkanten en de onnauwkeurigheden in de formules worden verdisconteerd. Het advies was om een factor 1,8 te gebruiken voor blokken op hun kant met vellingkanten en een factor 1,35 voor blokken op hun kant zonder vellingkanten.

In dit onderzoek zijn deze factoren wederom toegepast. Wanneer de rekenmethode wordt gebruikt waarbij afzonderlijk voor de stoot-, langsvoegen en gaten de doorlatendheden worden bepaald en deze vervolgens worden gesommeerd levert toepassen van de factoren te hoge toplaagdoorlatendheden op. Wordt echter de rekenmethode uit het onderzoek van Smith (2000) toegepast, waarbij een gemiddelde spleetbeedte werd bepaald waarop deze factor werd toegepast, dan komen de berekende waarden beter overeen. Deze rekenmethode wordt echter niet geprefereerd omdat de afzonderlijke invloed van de stoot- en langsvoegen met eventuele inwassing niet wordt meegenomen. Voor de opstelling met Hydroblocks (Serie 6a en Serie 6b) is geen factor bepaald in het voorgaande onderzoek. Voor deze constructie geeft de berekening de grootste afwijking met de gemeten waarden. Toch kan een gemiddelde spleetbreedte bepaald worden, die vervolgens in de berekening met 1,35 is vermenigvuldigd (correctiefactor voor een constructie zonder vellingkanten). Het resultaat is ook opgenomen in Tabel 4.6.

	1a	1b	2a	2b	3a	h4a	5a	4*	6a	6b
gemeten k' (mm/s)	30	20	77	18	33	18	42	44	40	30
berekende k' (mm/s)	29	21	109	13	38	12	38	38	19	13

Tabel 4.6 Berekende toplaagdoorlatendheid bepaald op basis van een gemiddelde spleetbreedte in combinatie met een correctiefactor (Smith, 2000)

4.2.2 Invloed filtermateriaal

De doorlatendheidstermen van het filter uit de Forchheimer-vergelijking, a en b , en de gelineariseerde doorlatendheid k , zijn als volgt:

	1a	1b	2a	2b	3a	h4a	5a	4*	6a	6b
berekende a (s/m)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.4	5.4	0.2	0.2
berekende b (s ² /m ²)	64	64	64	64	64	64	203	305	52	52
berekende k (mm/s)	223	223	223	223	223	223	110	79	248	248
gemeten a (s/m)	0.3	0	0.5	0.9	0.9	1.1	3.2	3.9	0.6	0.2
gemeten b (s ² /m ²)	110	143	113	97	110	107	262	386	38	48
gemeten k (mm/s)	169	155	164	170	161	160	94	78	269	257

Tabel 4.7 Berekende en gemeten doorlatendheid van het filter

Uit Tabel 4.7 blijkt dat de filterdoorlatendheden door ANAMOS worden overschat. Wel is het verschil in doorlatendheid zichtbaar voor de drie gebruikte filtermaterialen. Dit verschil is zichtbaar gemaakt in Figuur A.6.

In Tabel 4.8 is de berekende doorlatendheid van de toplaag gegeven waarbij is uitgegaan van de gemeten waarden van de filterdoorlatendheid.

	1a	1b	2a	2b	3a	h4a	5a	4*	6a	6b
gemeten k' (mm/s)	30	20	77	18	33	18	42	44	40	30
berekende k' met gemeten k (mm/s)	20	15	46	11	26	11	27	23	19	13
berekende k' zonder gemeten k (mm/s)	20	15	53	11	26	11	28	26	19	13

Tabel 4.8 Berekende k' waarbij onderscheid is gemaakt tussen stoot-, langsvoeegen en gaten, conform Tabel 4.4

Voor de berekening van de doorlatendheid van de toplaag met de formules van ANAMOS, waarbij gebruik gemaakt is van de gemeten filterdoorlatendheden is een middeling toegepast op de filterdoorlatendheden voor series waarbij hetzelfde filter werd gebruikt ($k = 164$ voor Series 1a tot en met h4a, $k = 94$ voor Serie 5a en $k = 261$ voor Serie 6a). De middeling is toegepast, omdat voor de proeven waarbij eenzelfde filter werd gebruikt, dit filtermateriaal tijdens het ombouwen van de toplaag niet opnieuw is aangebracht. Derhalve mag verwacht worden dat constructies met hetzelfde filter nagenoeg eenzelfde filterdoorlatendheid moeten hebben gehad. De gemeten afwijkingen kunnen worden opgevat als meetonauwkeurigheden in combinatie met onnauwkeurigheden bij het vaststellen van de Forchheimercoëfficiënten (Paragraaf 3.7).

Uit Tabel 4.8 blijkt dat voor de opstellingen waarbij geen inwasmateriaal werd toegepast (Serie 2a en Serie 5a) de invloed van filterdoorlatendheid zichtbaar is in het resultaat, terwijl voor constructies waarbij wel een inwassing is toegepast de invloed van het filter minimaal is. Voor Serie 2a en Serie 5a is met de gemeten doorlatendheid het verschil tussen de gemeten k' en de berekende k' alleen maar groter geworden.

4.2.3 Invloed vellingkanten

De invloed van vellingkanten aan de blokken is onderzocht met Serie 5a. Modelopstelling van Serie 5a is vrijwel identiek aan die van Serie 4 uit het onderzoek dat is uitgevoerd in Smith (2000). Voor Opstelling 5a is gebruik gemaakt van blokken zonder vellingkant terwijl voor Opstelling 4 gebruikt gemaakt is van een opstelling zonder vellingkanten. Doel van deze vergelijking was om te kijken naar het effect van de vellingkanten op de in- en aanstroomvervallen nabij een spleet.

Het filtermateriaal dat gebruikt is voor Serie 4 is echter fijner dan het filtermateriaal dat gebruikt is voor Serie 5a (respectievelijk $D_{f15} = 5.9$ mm en $D_{f15} = 8$ mm). Dit resulteerde in een grotere filterdoorlatendheid voor Serie 5a (respectievelijk $k = 94$ m/s en $k = 78$ m/s).

Uit Tabel 4.4 blijkt dat het verschil tussen berekende k' en gemeten k' voor de vergelijkbare series met en zonder vellingkant (Serie 4* en Serie 5a) kleiner is bij toepassen van een constructie zonder vellingkanten (respectievelijk 33% en 41 % afwijking). Dit komt overeen met de verwachtingen omdat de vellingkanten aan de onderzijde van het blok niet in de berekening worden meegenomen. De vellingkanten aan de beide zijkanten worden in de berekeningen gemodelleerd als een gat.

In Tabel 4.1 zijn de gemeten procentuele vervallen in de stoot- en langsvoeegen weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat het in- en aanstroomverval voor Serie 5a overeenkomt met dat van Serie 2a. Serie 2a was een opstelling met niet ingewassen

stootvoegen van 20 mm en langsvoeegen van 1 mm. Tevens waren voor deze opstelling blokken met vellingkanten toegepast. Van Serie 4 uit het onderzoek van maart 2000 zijn geen vervallen bepaald, omdat hier geen meetblok aanwezig was. Wel zijn de vervallen berekend met ANAMOS. De berekende vervallen voor de proeven uit het onderzoek uit maart 2000 staan weergegeven in Tabel 4.9.

LANGSVOEG	met vellingkanten					zonder
	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 5a
Vervallen [%]						
Bijdrage langsvoeg [%]	64	69	69	44	45	44
Bijdrage gat [%]	11	4	3	3	33	0
aanstroom	2	11	15	10	0	5
in-/uitstroom	19	53	31	51	6	59
spleet	79	36	53	39	94	36

STOOTVOEG	met vellingkanten					zonder
	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5	Serie 5a
Vervallen [%]						
Bijdrage stootvoeg [%]	26	28	28	53	23	56
aanstroom	2	12	16	70	0	55
in-/uitstroom	19	52	31	22	6	33
spleet	79	36	53	8	94	12

Tabel 4.9 Berekende stijghoogte vervallen (in procenten) in de stoot- en langsvoeegen opstelling maart 2000 en zonder vellingkanten van 2001

De berekende vervallen voor de stoot- en langsvoeg zijn gelijk aan elkaar, omdat de spleetbreedtes voor zowel de stoot- als de langsvoeegen toen gelijk waren (behalve voor bij Serie 4 en Serie 5a waar de breedte van de langs- en stootvoegen wel verschilde). Het procentuele verschil in de bijdrage werd veroorzaakt door het verschil in voeglengte.

Uit de tabel blijkt verder dat de invloed van de gewijzigde filterdoorlatendheid van Serie 4 ten opzichte van Serie 5a de vervalverdeling in de smalle langsvoeegen nauwelijks beïnvloed. Bij de beide stootvoegen is wel een invloed waarneembaar; het in-/uitstroomverval is groter en het aanstroomverval is kleiner.

4.2.4 Invloed inwasmateriaal

Een andere bron waarom de berekende toplaag doorlatendheid afwijkt van de gemeten waarde is de invloed van het inwasmateriaal. In de berekening van de toplaag doorlatendheden worden de Forchheimercoëfficiënten a en b van het inwasmateriaal berekend.

$$a = 160 \cdot \frac{v}{g} \cdot \frac{(1-n)^2}{n^3 \cdot D_{f15}^2} \quad (7)$$

$$b = \frac{2,2}{g \cdot n^2 \cdot D_{f15}} \quad (8)$$

De doorlatendheid van het inwasmateriaal kan ook bepaald worden met behulp de meetresultaten van het meetblok. Eerst wordt gekeken wat de procentuele bijdrage van de

ingewassen spleet aan doorlatendheid van de toplaag (berekend met de formules van ANAMOS). Het percentage open oppervlak is gemeten zodat de filtersnelheid v_f in de ingewassen spleten bepaald kan worden. Het verhang over het inwasmateriaal is afgeleid van de gemeten stijghoogtes in het meetblok. Met de onderstaande relatie wordt in ANAMOS de gelineariseerde doorlatendheid van het inwasmateriaal ($k = [v_f]_{i=1}$) bepaald:

$$v_f = k \cdot i \quad (9)$$

De invloed van het inwasmateriaal is bekeken voor de Serie 1, Serie 3 en Serie 6. Bij deze series was het aandeel van de langsvoegen op de totale doorlatendheid het grootst (zie Tabel 4.2). Omdat bij de opstelling met Hydroblocks geen meetblok aanwezig was is de gemeten doorlatendheid van het inwasmateriaal op een andere wijze bepaald. In de berekening is het aandeel van de stoot- en de langsvoegen gelijk verondersteld. Het verhang over de toplaag is gemeten. Tevens is het procentuele verval over het inwasmateriaal berekend gesommeerde voor de stoot- en langsvoegen. Met de formules is berekend, dat respectievelijk 98% en 99% van het verhang in de spleten wordt veroorzaakt door het inwasmateriaal. In Tabel 4.10 staan de berekende Forchheimercoëfficiënten en de gemeten en berekende doorlatendheden van het inwasmateriaal.

Uit deze berekening blijkt dat de invloed van het inwasmateriaal met de formules uit ANAMOS sterk wordt onderschat. Voor de berekening van de toplaagdoorlatendheid zal dit een lagere doorlatendheid tot gevolg hebben. Dit bleek ook uit de te laag berekende toplaagdoorlatendheden uit Tabel 4.4. Wel moet opgemerkt worden, dat in het onderzoek van Smith (2000) ook de berekende doorlatendheden werden onderschat door ANAMOS, terwijl hier geen inwasmateriaal werd toegepast.

gemeten	1a	1b	3a	h4a	6a	6b
n (-)	0.49	0.49	0.49	0.55	0.50	0.50
D_{f15} (mm)	13	13	13	9	15	15
k_{inwas} (mm/s)	191	212	147	273	441	545
k' (mm/s)	30	20	33	18	40	30
Berekend						
a (s/m)	0.26	0.26	0.26	0.29	0.17	0.17
b (s ² /m ²)	72	72	72	82	60	60
n (-)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
D_{f15} (mm)	16	16	16	22	40	40
k_{inwas} (mm/s)	187	187	187	219	295	295
k' (mm/s)	30	22	39	17	41	30

Tabel 4.10 Berekende en gemeten waarden van de doorlatendheid van het inwasmateriaal

Vervolgens is de invloed van het inwasmateriaal in ANAMOS getest voor alle drie de inwasmaterialen (Serie 1a, 1b en 3a; Serie h4a; Serie 6a en 6b). Er is getracht de Forchheimercoëfficiënten van het inwasmateriaal zo te beïnvloeden dat de berekende doorlatendheid van het inwasmateriaal overeenkomt met de gemeten doorlatendheid bij een verhang van $i = 1$. Dit is gedaan door de porositeit en de korrelgrootte (D_{f15}) van het inwasmateriaal te variëren. De resultaten staan weergegeven in Tabel 4.10.

Er is bij deze aanpak geen eenduidige methode waarneembaar waarmee de porositeit en de korreldiameter van elk inwasmateriaal moeten worden gevarieerd. Wanneer de porositeit en de korreldiameter waarbij de berekende en gemeten doorlatendheid van het inwasmateriaal overeenkomen worden gebruikt om de totale toplaagdoorlatendheid k' te berekenen, wordt een toplaagdoorlatendheid berekend die goed overeen komt met de gemeten toplaagdoorlatendheden. Moeilijkheid blijft echter hoe de doorlatendheid van het inwasmateriaal bepaald moet worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In het rekenmodel ANAMOS zijn formules opgenomen waarmee de doorlatendheid van steenzettingen kan worden berekend. Deze doorlatendheid is een belangrijke parameter voor de stabiliteit van de steenzetting.

In dit onderzoek zijn twee type steenzettingen bekeken, namelijk gezette betonblokken (50x50x20cm) op hun kant en Hydroblocks. Er is gekozen voor deze bekledingen omdat ze buiten het geldigheidsgebied van ANAMOS vallen.

In de modelopstelling is gewerkt met een stroming door het filter en door de zetting omhoog. Hiermee wordt de maatgevende belasting tijdens golfaanval gemodelleerd.

Het onderzoek heeft de volgende conclusies opgeleverd:

Algemeen

- Met behulp van een geprepareerd blok zijn de stijghoogtes gemeten in zowel de langs- als de stootvoeg. Hierdoor konden verschillende vervaltermen afzonderlijk vastgesteld worden. De berekende en de gemeten vervaltermen blijken voor constructies met inwasmateriaal over het algemeen vrij goed overeen te komen (Tabel 4.1 en Tabel 4.2). Voor constructies, waarbij geen inwasmateriaal werd toegepast, wordt het aandeel van het spleetverval door ANAMOS onderschat en de som van het aan-, -in en uitstroomverval overschat. Voor de toplagen met inwasmateriaal is het aandeel van dat inwasmateriaal veruit dominant (bepaald 60% tot 90% van de toplaagdoorlatendheid).
- De toplaagdoorlatendheid wordt evenals in het onderzoek van Smith (2000) door ANAMOS onderschat. Dit geldt eveneens voor de constructie met Hydroblocks. Voor de verklaring van dit verschijnsel is gekeken naar de invloed van de verschillende parameters, namelijk de invloed van de spleten, het filtermateriaal, de vellingkanten en het inwasmateriaal.
- De geconstateerde verschillen tussen berekeningen en metingen zijn opmerkelijk, omdat dit voor de onderzochte bekledingen niet eerder is waargenomen. Tijdens het Deltagootonderzoek in 1997 en 1998 zijn bijvoorbeeld leklengten gemeten die goed overeenkwamen met de berekende waarden. In de leklengte is de toplaagdoorlatendheid k' een belangrijke parameter: $\Lambda = \sqrt{b \cdot D \cdot k / k'}$.

Invloed spleten

- De gemeten toplaagdoorlatendheid is vergeleken met berekende waarden, waarbij de doorlatendheid van de stoot- en langsvoegen en gaten (veroorzaakt door de vellingkanten) apart zijn berekend en vervolgens zijn gesommeerd. De op deze wijze berekende toplaagdoorlatendheden blijken een factor 1,5 à 2 te laag te zijn.
- In Smith (2000) werd geadviseerd wanneer met de formules van ANAMOS voor de toplaagdoorlatendheid gerekend werd, een correctie toe te passen op de spleetbreedtes. Het advies was om een factor 1,8 te gebruiken voor blokken op hun kant met

vellingkanten en een factor 1,35 voor dezelfde blokken zonder vellingkant. Wanneer deze factoren worden gebruikt voor de in dit onderzoek uitgevoerde proeven, wordt een goed resultaat gekregen, wanneer overeenkomstig het voorgaande onderzoek wordt gerekend met gemiddelde spleetbreedtes. Wanneer echter de toplaagdoorlatendheid berekend wordt door separaat voor de gaten, de stoot-, en langsvogen de doorlatendheid te berekenen en deze vervolgens te sommeren, dan levert deze factor een iets te hoge toplaagdoorlatendheid op.

- Tevens is gekeken naar een andere schematisatie van de spleten door de brede spleten te vervangen door gaten en verder met de smalle spleetbreedte te rekenen alsof deze spleet rondom het blok zit. Deze aanpak leverde nauwelijks een verbetering op in de berekening van de toplaagdoorlatendheid.

Invloed filtermateriaal

- De doorlatendheid van één van de filtermaterialen wordt door ANAMOS met 30% overschat. Voor de andere twee toegepaste filtermaterialen werd een overschatting van respectievelijk 5% en 15% gevonden van de berekende en gemeten filterdoorlatendheden.
- Wanneer de gemeten waarden voor de filterdoorlatendheid gebruikt worden voor berekening van de doorlatendheid van de toplaag levert dit voor de opstellingen met inwasmateriaal geen verschillen op voor de toplaagdoorlatendheid. In gevallen waarbij geen inwasmateriaal werd toegepast, werd het verschil tussen berekende en gemeten toplaagdoorlatendheid alleen maar groter.

Invloed vellingkanten

- Voor de invloed van de vellingkanten zijn Serie 4 uit het onderzoek Smith (2000) en Serie 5a dit onderzoek met elkaar vergeleken. De spleetbreedtes waren voor beide opstellingen identiek. De filterdoorlatendheid was voor Serie 5a (geen vellingkanten) groter dan voor Serie 4 (wel vellingkanten). Reden hiervoor was dat korrelgrootte van het filter van Serie 5a verschilde van Serie 4. De afwijking kan derhalve niet direct worden toegeschreven aan de invloed van de vellingkanten.
- In de berekeningen wordt nog geen rekening gehouden met vellingkanten. Uit de vergelijking tussen metingen en berekeningen blijkt dat het verschil tussen de berekende en gemeten toplaagdoorlatendheid van constructies met vellingkanten groter is dan het verschil bij een constructie met blokken zonder vellingkanten. Hierdoor is de invloed van de vellingkanten voorlopig nog een ondergeschikt probleem.

Invloed inwasmateriaal

- De doorlatendheid van het inwasmateriaal wordt in de ANAMOS sommen sterk onderschat. Wanneer de gemeten doorlatendheden voor het inwasmateriaal worden gebruikt in de berekeningen, worden de gemeten toplaagdoorlatendheden goed benaderd. Een eenduidige aanpak voor het vaststellen van de doorlatendheid van het inwasmateriaal is nog moeilijk te geven. Wellicht is de invloed van de porositeit, die hier relatief hoog is, niet goed in de formules vertegenwoordigd.

5.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om de metingen te gebruiken voor de aanpassing van de formules van ANAMOS. Voorlopig lijkt het erop dat vooral de grootte van het aanstroomverval en het verval door de aanwezigheid van inwasmateriaal aanzienlijk verkleind zullen moeten worden.

Referenties

Klein Breteler (1999). Doorlatendheidsmetingen van blokken op hun kant in de Deltagoot. WL rapport H3553, augustus 1999.

Smith (2000). Doorlatendheid van gezette blokken op hun kant. WL rapport H3564, maart 2000.

WL/GD (1990). Talusbekleding van gezette steen. Doorlatendheid van toplaag en filter en berekening van lek lengte. WL rapport M1795/H1995, GD rapport co 272550/56, januari 1990.

Foto's

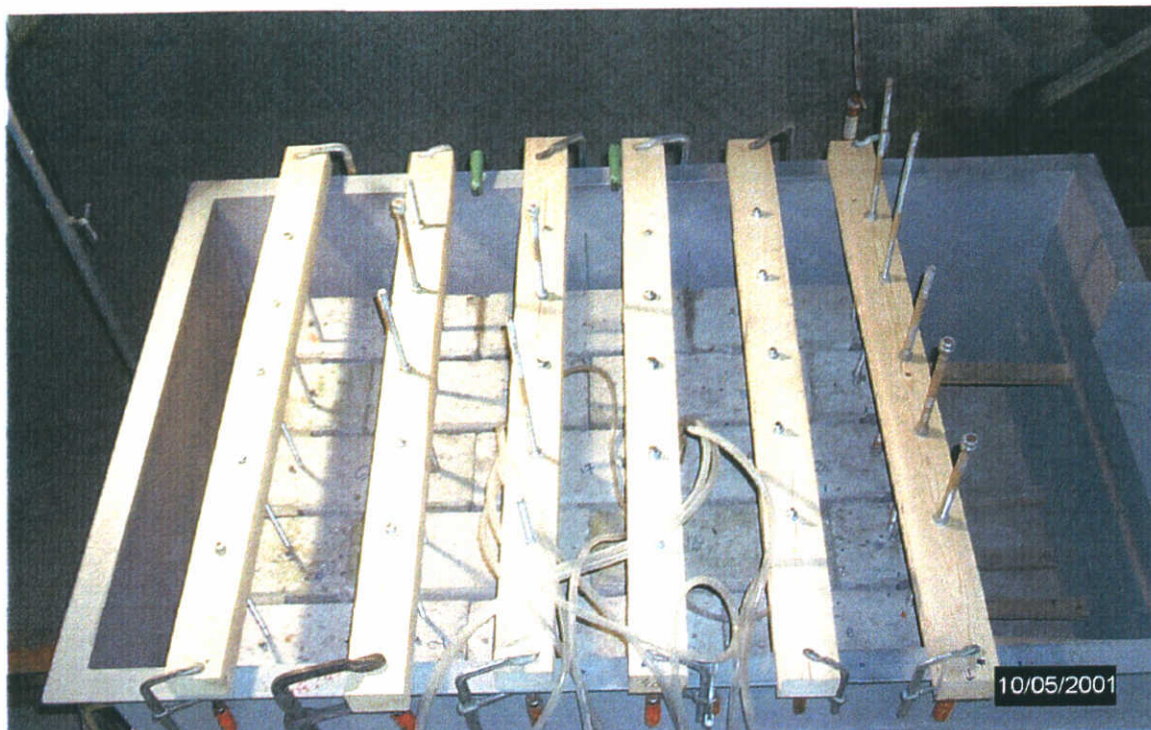


Foto 1a



Foto 1b

Stempeling van de constructie (boven)
 Blok zonder vellingkanten (onder)

WL | DELFT HYDRAULICS

H3911

Foto 1

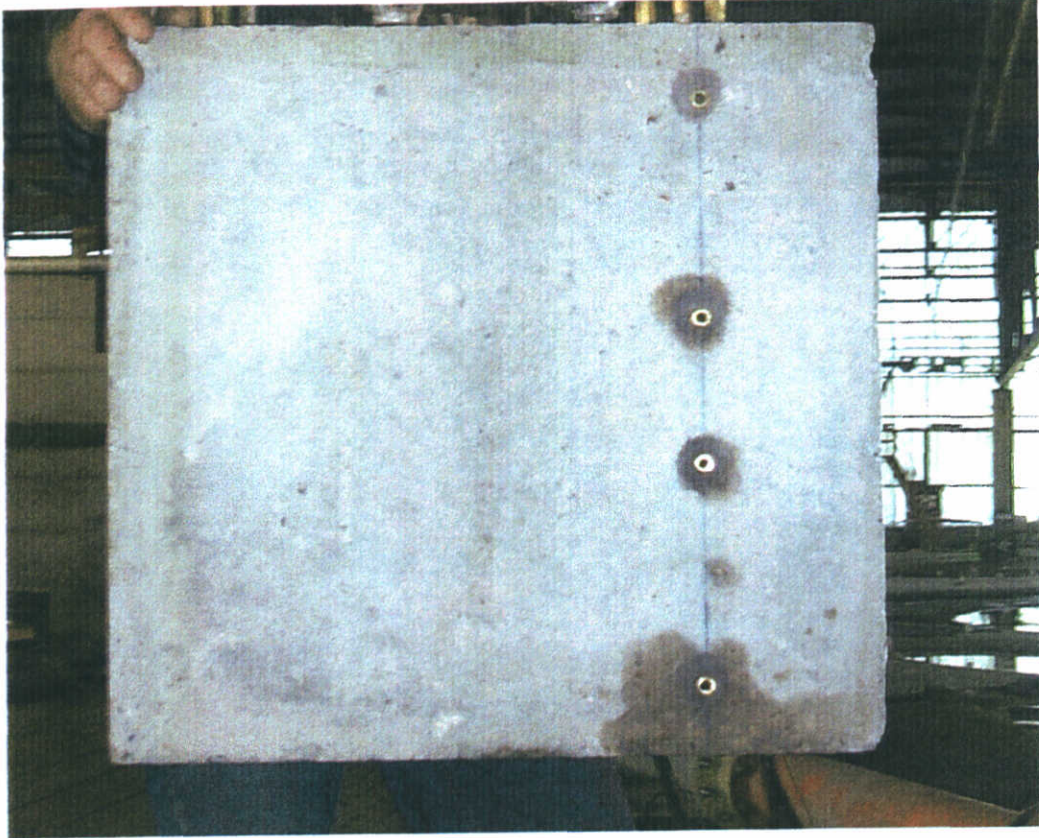


Foto 2a

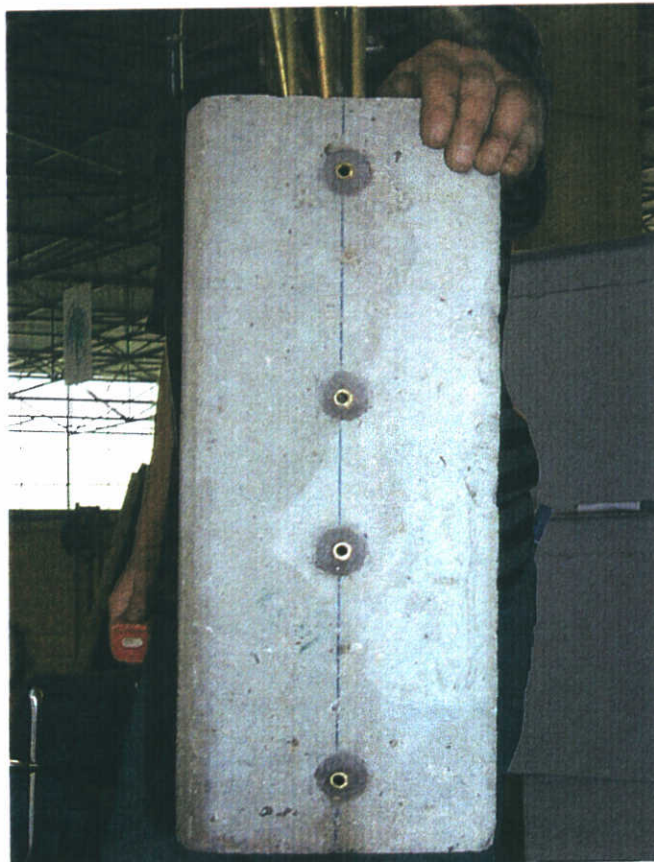
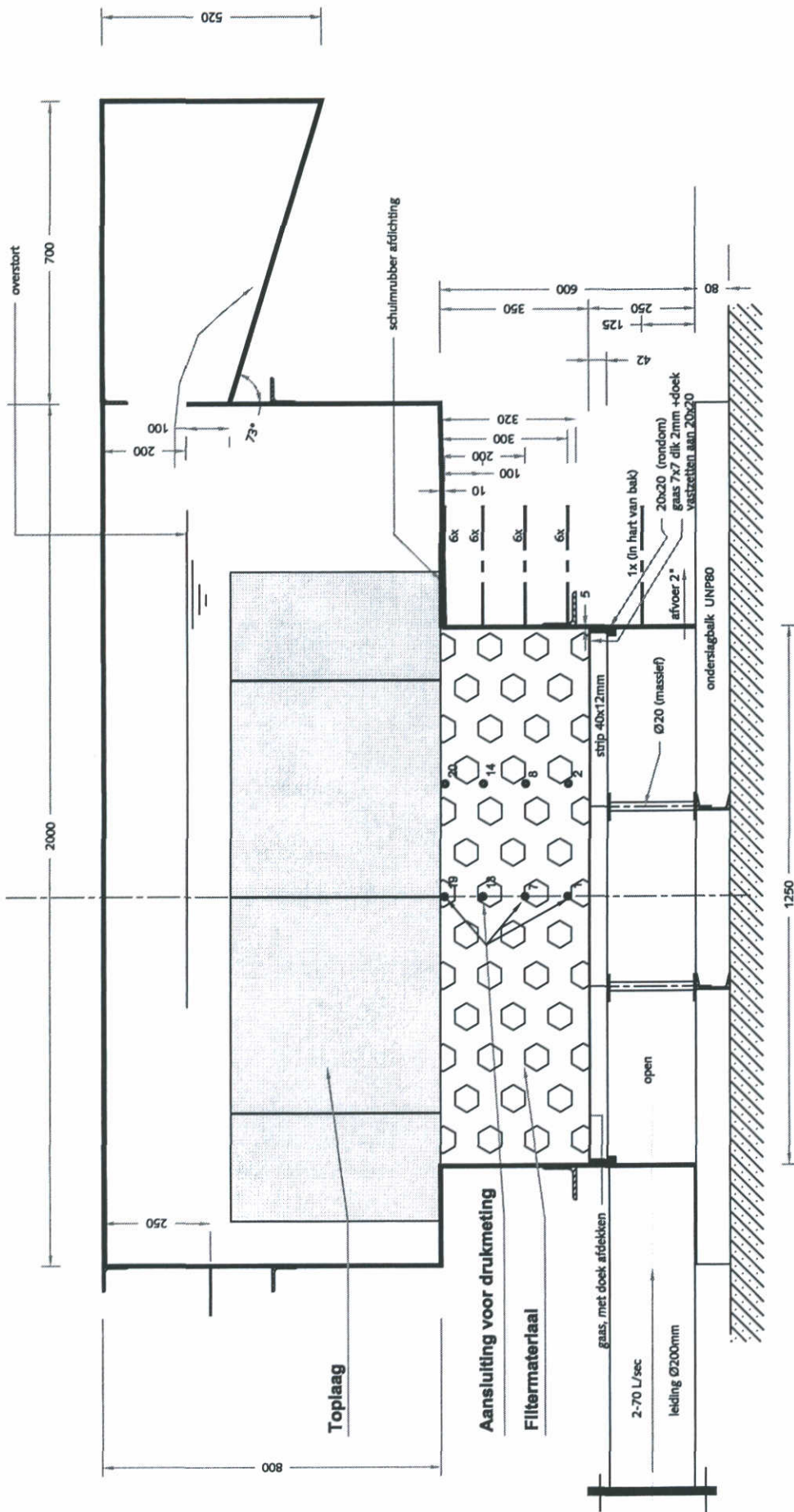


Foto 2b

Meetblok met de locatie van de stijgbuisjes

A Figuren



ZIJAAANZICHT

Zijaanzicht modelopstelling

file: Fig_1.Dwg

BY: ck

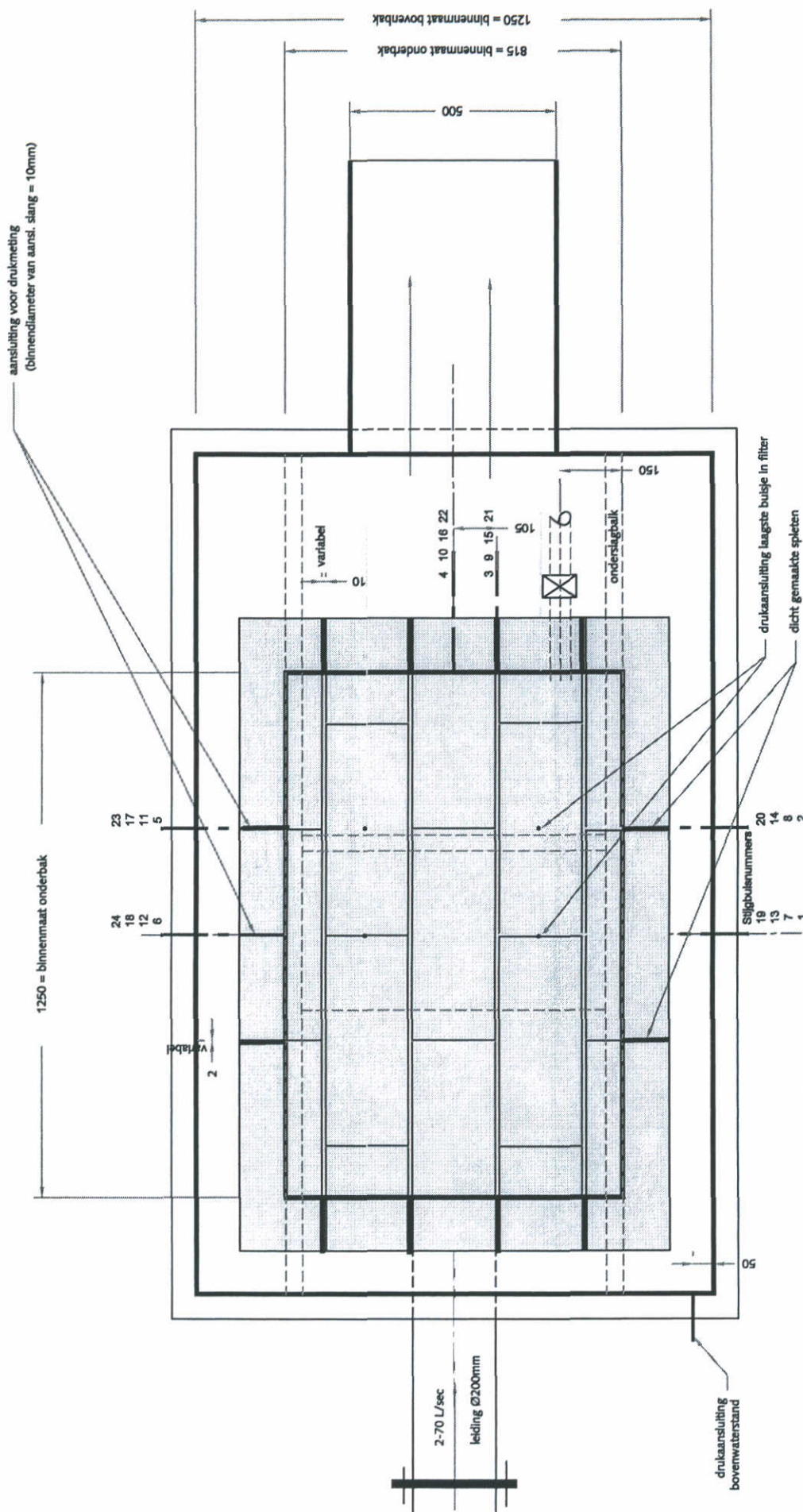
Date: 06-07-01

Schaal: 1:15 (tot model)

WL| delft hydraulics

H3911

FIG. A1



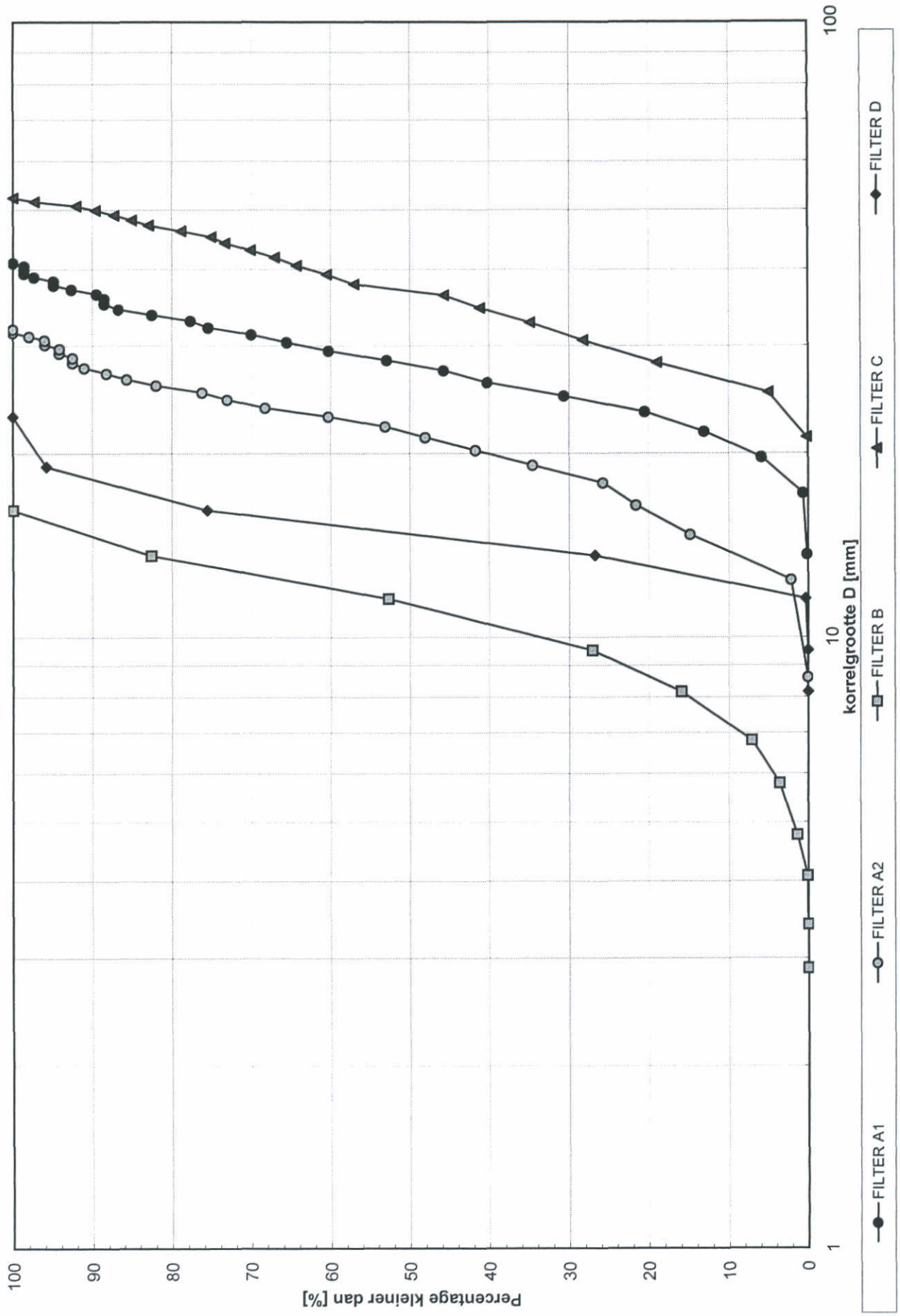
BOVENAANZICHT

Bovenaanzicht modelopstelling
(met blokken 50x50x20 cm)

file: Fig_2.Dwg BY: CK
Date: 12-11-01

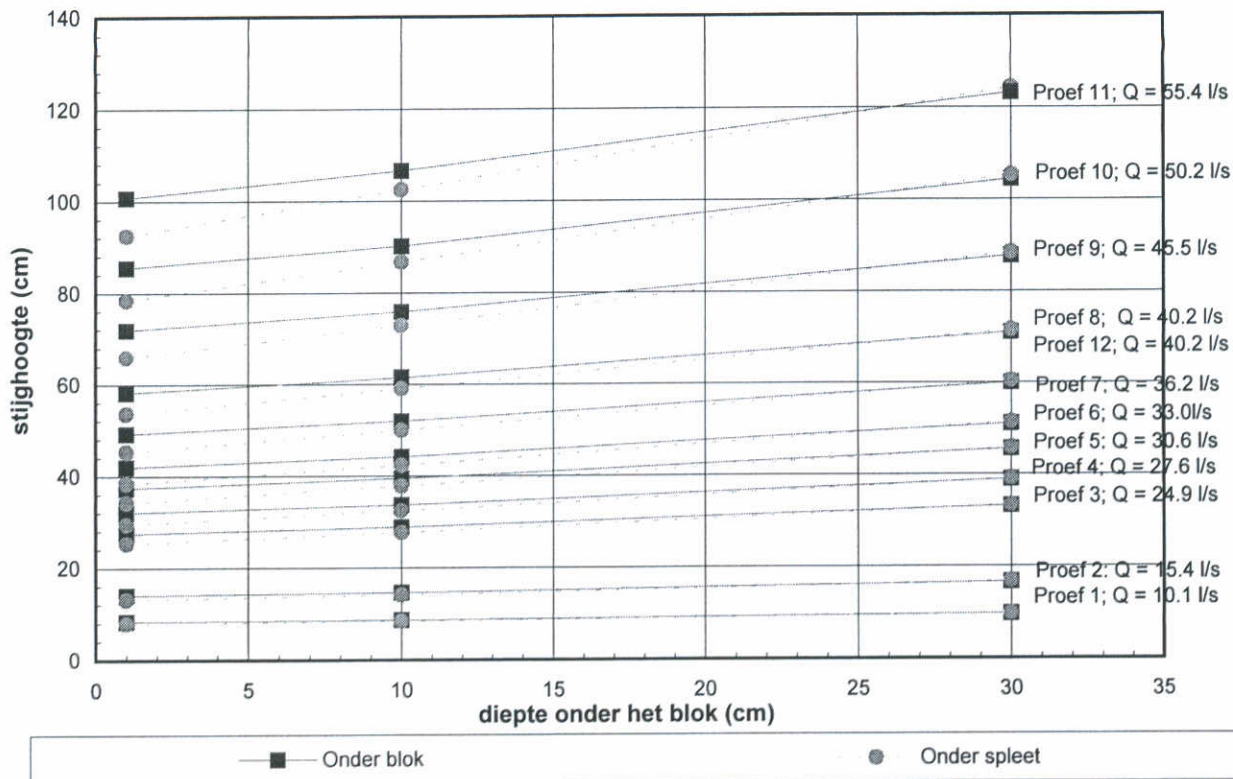
Schaal: 1:15 tot Model

ZEEEFKROMME

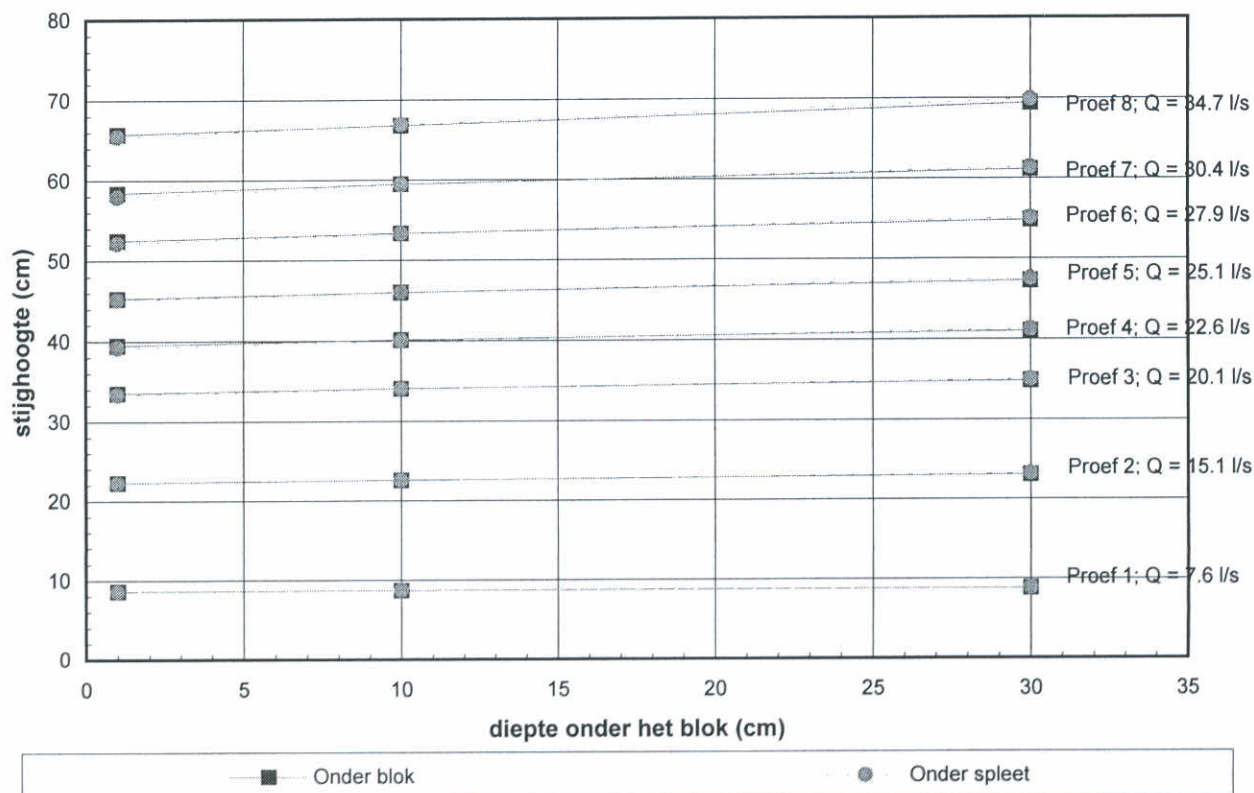


Korrelverdeling filter- en inwasmateriaal

STIJGHOOGTEVERLOOP IN HET FILTER SERIE 5a

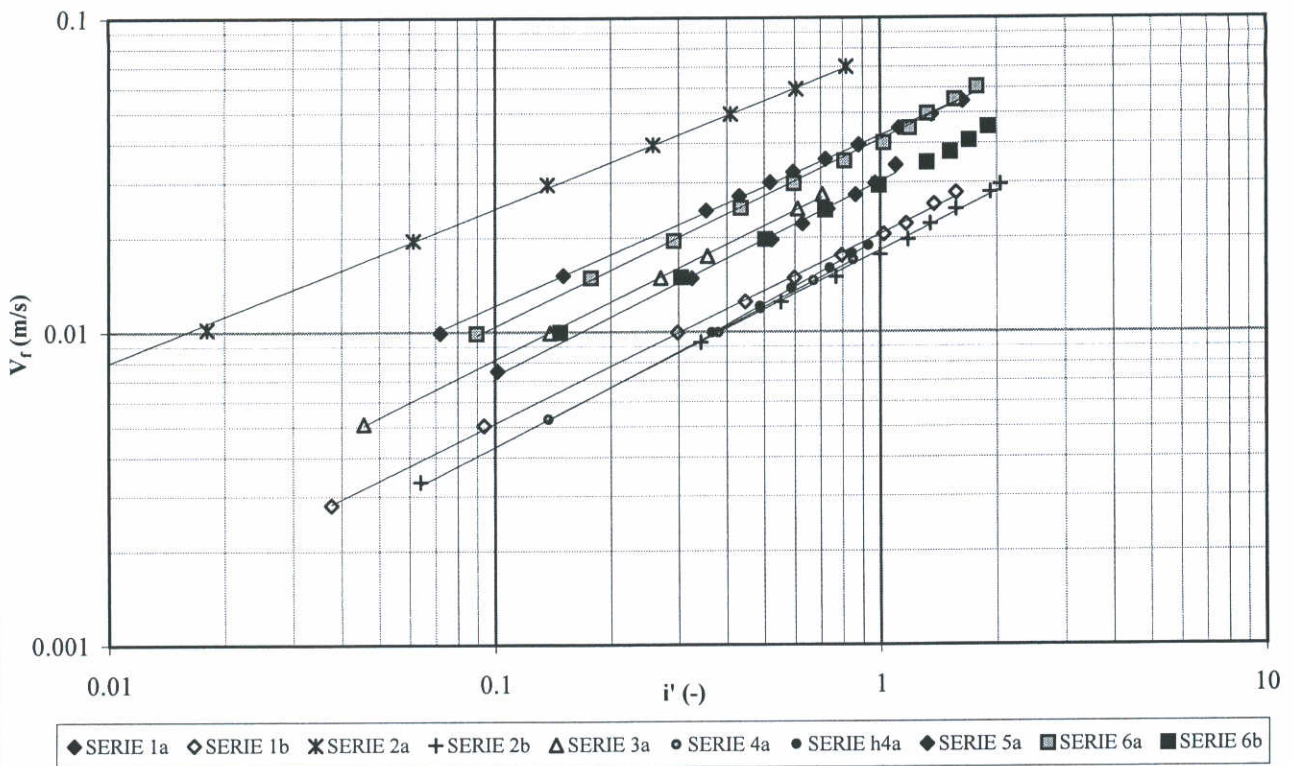


STIJGHOOGTEVERLOOP IN HET FILTER SERIE 1a

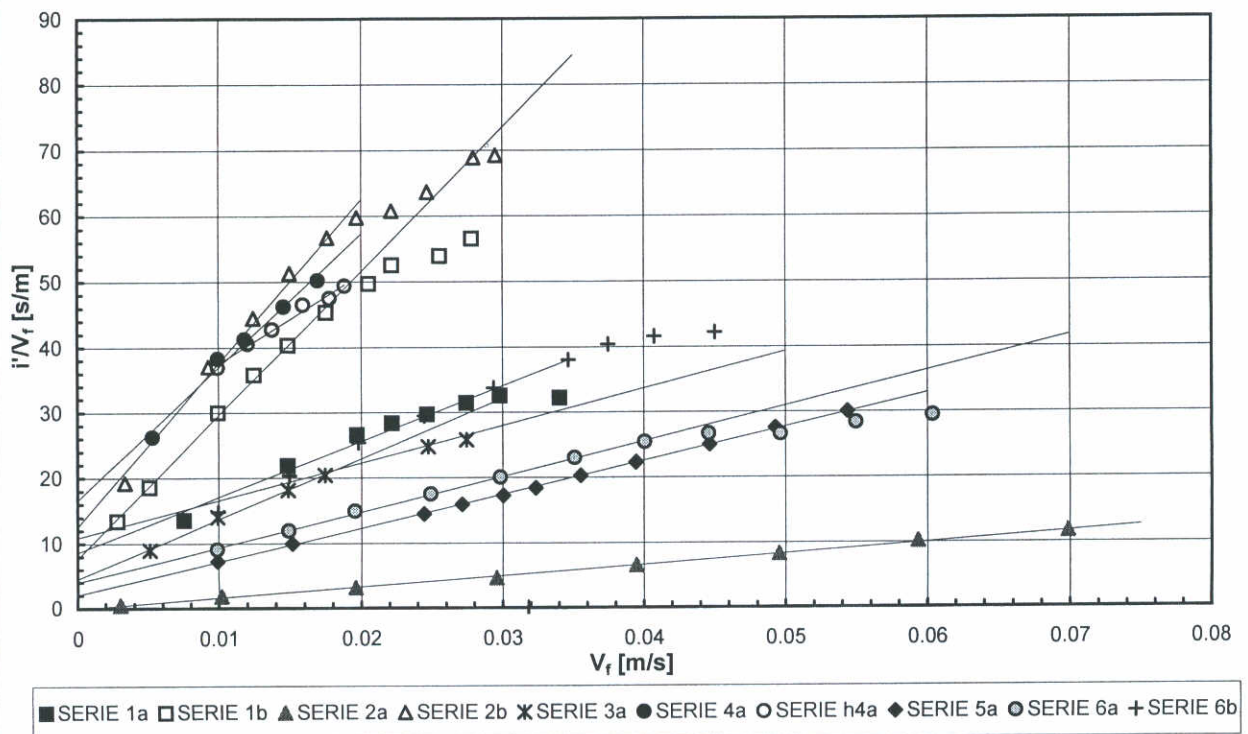


Stijghoogte verloop in het filter (Serie 5a en Serie 1a)

DOORLATENDHEID TOPLAAG

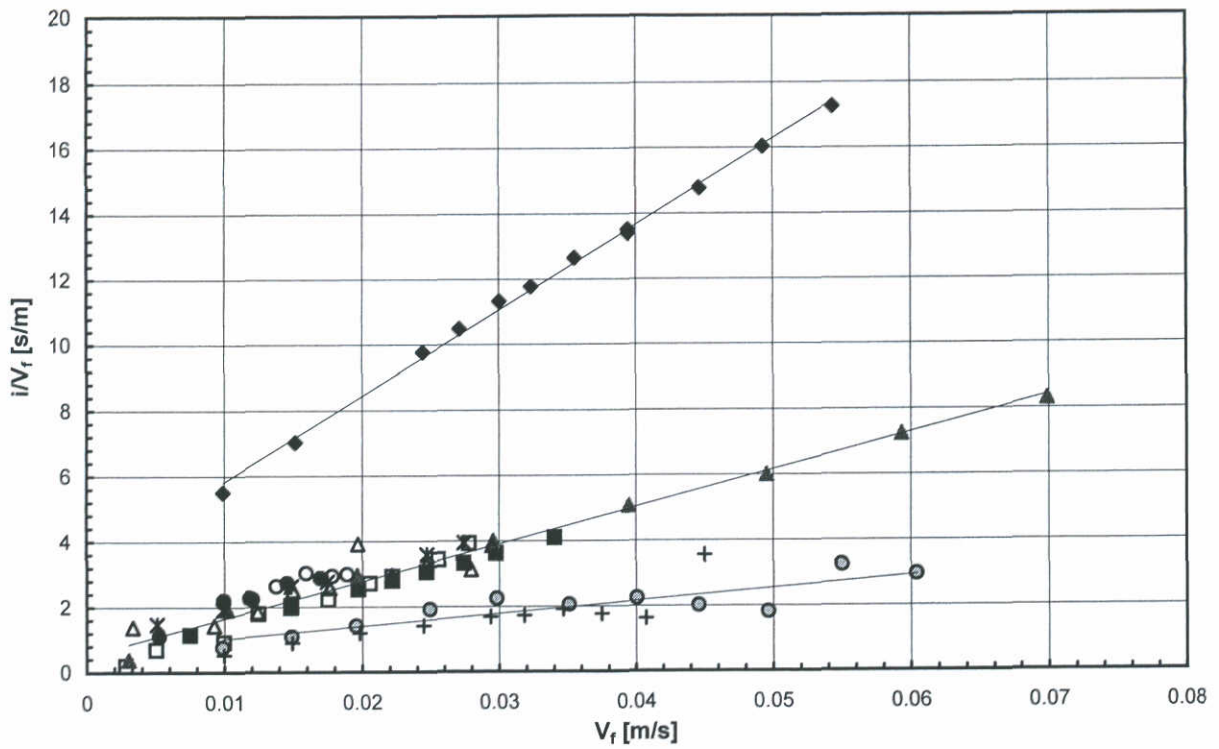


DOORLATENDHEID TOPLAAG



Resultaten doorlatendheid toplaag

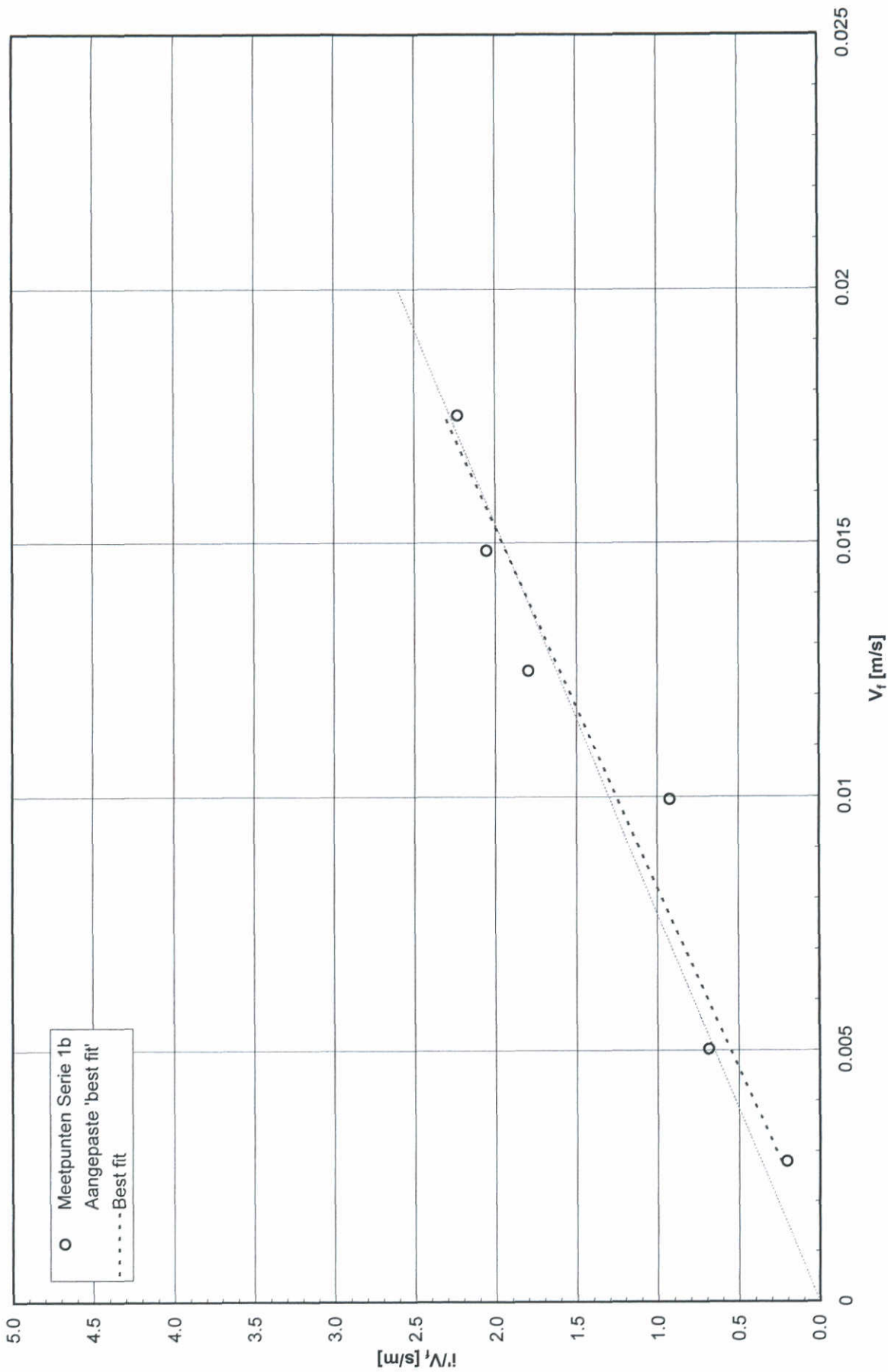
DOORLATENDHEID FILTERLAAG



SERIE 1a
 SERIE 1b
 SERIE 2a
 SERIE 2b
 SERIE 3a
 SERIE 4a
 SERIE h4a
 SERIE 5a
 SERIE 6a
 SERIE 6b

Resultaten doorlatendheid filterlaag

DOORLATENDHEID FILTERLAAG



Doorlatendheid van het filter van Serie 1b

B **Meetresultaten** (uitgewerkt)

Opstelling met spleetnummering

1	2	25	3	4	26	5	6
7	27	8	9	28	10	11	29
13	14	30	15	16	31	17	18
19	32	20	21	33	22	23	34
	35			36			

spleet	gemeten spleetbreedte (in mm)*				
	serie 1	serie 2	serie 3	serie 4	serie 5
1	21.7	1.0	30.5	1.2	2.0
2	23.2	0.7	33.0	1.3	1.4
3	24.7	1.3	32.0	0.9	1.8
4	24.4	1.0	32.6	1.0	1.8
5	22.3	0.9	33.3	0.7	2.1
6	21.4	1.2	30.3	0.9	2.0
7	23.0	1.4	31.4	1.0	2.5
8	21.9	1.1	30.5	1.0	2.6
9	22.9	0.9	31.1	1.0	2.2
10	22.3	1.1	30.4	1.0	2.0
11	22.1	1.2	31.6	1.7	2.4
12	22.8	1.0	33.1	1.6	2.7
13	22.1	0.7	32.2	1.3	2.0
14	20.9	1.3	30.9	1.3	2.0
15	21.0	1.3	30.2	1.3	2.3
16	22.1	1.0	32.1	1.3	1.9
17	22.6	0.8	30.9	1.0	3.0
18	21.1	1.3	30.9	1.0	2.3
19	23.9	1.8	31.5	1.4	2.5
20	22.3	0.9	30.8	1.3	2.3
21	22.7	1.4	31.9	1.0	1.5
22	21.8	1.3	29.8	1.2	2.0
23	21.6	1.5	30.1	1.2	2.3
24	21.7	1.3	31.7	1.2	2.5
25	3.5	22.8	1.8	22.2	11.7
26	1.3	21.6	0.9	20.6	9.5
27	1.7	21.2	1.5	20.8	9.2
28	3.2	21.5	2.5	22.7	9.3
29	1.2	19.3	1.4	18.1	9.0
30	0.8	21.8	0.9	21.1	8.3
31	0.5	18.6	1.0	17.5	7.6
32	1.0	20.7	1.0	19.9	8.7
33	0.6	20.5	1.0	20.0	8.9
34	1.2	19.4	1.3	18.1	8.7
35	1.8	20.6	1.8	20.7	9.4
36	2.3	22.4	2.8	22.0	11.6

* spleten gemeten aan de bovenzijde van het blok

Tabel B.1 Gemeten spleetbreedtes in mm

H3911 Doorlatendheid steenzettingen Serie 1a
20 mm langsvoegen/ 1mm stoetvoegen

	Proef: 1	Proef: 2	Proef: 3	Proef: 4	Proef: 5	Proef: 6	Proef: 7	Proef: 8
	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):
Filter								
Vf (m/s) =	0.007	0.015	0.020	0.022	0.025	0.027	0.030	0.034
if (-) =	0.009	0.029	0.050	0.062	0.075	0.091	0.108	0.140
vVf (m/s) =	1.150	1.977	2.539	2.800	3.055	3.332	3.626	4.101
Toplaag								
v_top (m/s) =	0.067	0.133	0.176	0.198	0.220	0.245	0.266	0.304
i_top (-) =	0.102	0.325	0.523	0.628	0.732	0.862	0.965	1.096
i_topVf =	13.557	21.927	29.544	28.334	29.685	31.430	32.504	32.177
In filter								
diepte onder blok (cm)	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*
1	8.60 8.57	22.27 22.23	33.53 33.33	39.43 39.17	45.27 45.10	52.47 52.13	58.37 57.90	65.73 65.43
10	8.70 8.70	22.55 22.50	34.05 34.00	40.10 40.00	46.00 46.00	53.35 53.30	59.50 59.40	66.80 66.80
30	8.83 8.83	23.03 23.17	34.80 34.97	41.00 41.20	47.23 47.50	54.80 55.10	61.13 61.40	68.40 69.87
Meerblok								
vanaf onderzijde meetblok	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**
0	langs voeg 8.4	langs stoet 22	langs stoet 33.2	langs stoet 39	langs stoet 44.7	langs stoet 51.9	langs stoet 57.6	langs stoet 64.8
5	7.6 7.7	19 19	28.1 28.1	32.8 32.7	36.7 35.8	42.1 41.1	46.4 45	51.6 49.9
20	5 5.9	10 13.8	12.7 19.6	15.7 22.5	17.1 22.6	18.5 25.3	19.9 27	21.1 28.8
30	3.7 4	6 7.4	7.3 9.6	7.9 10.6	8.6 11	9.3 11.9	9.5 12.7	10.6 14.3
45	3.7 3.6	6 6.2	7.4 7.6	8 8.4	8.7 9	9.3 9.7	9.8 10.3	10.9 11.5

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijgwaten onder een blok dan wel de stijgwaten onder een spleet.

Herbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langsvoeg en een stoetvoeg

** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meetblok

Tabel B.2 Uitgewerkte resultaten Serie 1A

H3911 Doortelendheid steenzettingen Serie 1b
20 mm langsvogesv/ 1mm stoosvoegen

	Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5		Proef: 6		Proef: 7		Proef: 8		Proef: 9		Proef: 10		
	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	2,86 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	5,13 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	10,14 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	12,72 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	15,13 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	17,65 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	20,91 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	22,56 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	26,03 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlak (m ²):	28,33 1,0188	
Filter																					
Vf (ms) =	0,003	0,005	0,010	0,012	0,015	0,018	0,021	0,022	0,021	0,021	0,018	0,018	0,021	0,021	0,022	0,022	0,026	0,026	0,028	0,028	
f (°) =	0,001	0,003	0,009	0,022	0,030	0,039	0,056	0,039	0,056	0,030	0,039	0,056	0,039	0,056	0,065	0,065	0,088	0,088	0,109	0,109	
v _{cr} (mm/s) =	0,205	0,685	0,924	1,795	2,051	2,229	2,716	2,229	2,716	2,051	2,229	2,716	2,229	2,716	2,930	2,930	3,441	3,441	3,927	3,927	
Toplaag																					
v _u (ms) =	0,025	0,045	0,089	0,112	0,133	0,157	0,184	0,157	0,184	0,133	0,157	0,184	0,157	0,184	0,198	0,198	0,228	0,228	0,249	0,249	
L _{top} (°) =	0,038	0,064	0,298	0,447	0,589	0,795	1,020	0,795	1,020	0,589	0,795	1,020	0,795	1,020	1,164	1,164	1,377	1,377	1,572	1,572	
L _{top} VF =	13,417	18,601	29,973	35,800	40,333	45,367	49,711	45,367	49,711	40,333	45,367	49,711	45,367	49,711	52,517	52,517	53,905	53,905	56,541	56,541	
In filter																					
diepte																					
onder																					
blok (cm)																					
1	3,13	6,87	19,20	27,40	35,90	46,47	58,50	46,47	58,50	35,90	46,47	58,50	46,47	58,50	65,70	65,70	77,80	77,80	88,00	88,00	
10	3,15	6,95	19,40	27,70	36,30	46,90	59,15	46,90	59,15	36,30	46,90	59,15	46,90	59,15	66,50	66,50	78,85	78,85	89,40	89,40	
30	3,20	6,97	19,50	27,97	36,67	47,43	59,93	47,43	59,93	36,67	47,43	59,93	47,43	59,93	67,40	67,40	80,13	80,13	90,93	90,93	
Meeblok																					
vanaf onderzijde																					
meetblok																					
0	2,9	6,7	17,4	24,7	32,3	41,7	52	41,7	52	32,3	41,7	52	41,7	52	58,6	58,6	69,6	69,6	77,7	77,7	
5	2,9	6,7	17,4	24,9	32,5	42,2	53,4	42,2	53,4	32,5	42,2	53,4	42,2	53,4	61,5	61,5	72,7	72,7	81,9	81,9	
20	2,6	5,5	13,3	18,5	23,8	30	37,5	30	37,5	23,8	30	37,5	30	37,5	41,5	41,5	48,4	48,4	56,6	56,6	
30	2,2	4,5	10,3	14,2	18,2	22,8	27,5	22,8	27,5	18,2	22,8	27,5	22,8	27,5	30,1	30,1	34,2	34,2	39,7	39,7	
45	1,7	3,2	6,3	7,8	9	11,1	12,8	11,1	12,8	9	11,1	12,8	11,1	12,8	10,7	10,7	12	12	14,3	14,3	

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijghuizen onder een blok dat we de stijghuizen onder een spleet.
Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langsvog en een stoosvoeg
** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meetblok

Tabel B.3 Uitgewerkte resultaten Serie 1B

H3911 Doorlatendheid steenzettingen Serie Za
 Serie Za: 1 mm langvoegen/20 mm stoelvoegen

		Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5		Proef: 6		Proef: 7		Proef: 8	
		Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	3.08 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	10.38 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	19.97 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	30.14 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	40.22 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	50.47 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	60.44 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m2):	71.19 1.0188
Filter																	
	Vf (m/s) =	0.003	0.010	0.020	0.030	0.039	0.050	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.070
	f (°) =	0.001	0.020	0.058	0.118	0.200	0.297	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.580
	WV (km) =	0.380	1.918	2.961	4.002	5.066	5.998	7.227	7.227	7.227	7.227	7.227	7.227	7.227	7.227	7.227	8.298
	v _{top} (m/s) =	0.073	0.245	0.471	0.711	0.949	1.191	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.427	1.680
	L _{top} (°) =	0.001	0.018	0.061	0.137	0.257	0.410	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.817
	L _{loop} /V =	0.441	1.767	3.129	4.631	6.518	8.269	10.192	10.192	10.192	10.192	10.192	10.192	10.192	10.192	10.192	11.687
	In filter																
	diepte																
	onder		stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	
	blok (cm)		onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	
			blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	
			spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	
	1	1.73	1.80	10.63	10.30	10.63	10.30	17.10	16.20	17.10	16.20	17.10	16.20	17.10	16.20	17.10	56.87
	10	1.80	2.00	11.15	11.40	11.15	11.40	18.10	18.40	18.10	18.40	18.10	18.40	18.10	18.40	18.10	68.40
	30	1.77	1.83	12.03	12.27	12.03	12.27	19.93	20.23	19.93	20.23	19.93	20.23	19.93	20.23	19.93	77.53
	Meebalk																
	vanaf onderzijde																
	meeblok																
			stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	
			langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	
			stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	
			voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	
			blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	
			1.7	5.5	10.4	16.7	24.9	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	60.1
	0																
	5	1.6	1.8	5.2	5	5.2	5	14.3	12.5	14.3	12.5	14.3	12.5	14.3	12.5	14.3	35.5
	20	1.7	1.7	8.1	7.9	8.1	7.9	11.4	11.1	11.4	11.1	11.4	11.1	11.4	11.1	11.4	30.3
	30	1.7	1.7	7.4	7.5	7.4	7.5	10.2	10.3	10.2	10.3	10.2	10.3	10.2	10.3	10.2	27.5
	45	1.5	1.8	4.5	4.7	4.5	4.7	9.2	9.9	9.2	9.9	9.2	9.9	9.2	9.9	9.2	16.9

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijgbuisjes onder een blok dan wel de stijghoogte onder een spleet.
 Hierbij is geen rekening gemaakt tussen een lachvoeg en een stoelvoeg
 ** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meeblok

Tabel B.4 Uitgewerkte resultaten Serie Za

H3911 Doortatendheid steenzettingen		Serie 2b		1 mm langsvoegen/20 mm stoetvoegen																	
		Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5		Proef: 6		Proef: 7		Proef: 8		Proef: 9		Proef: 10	
		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	
		3.39 1.0188		9.44 1.0188		12.67 1.0188		15.25 1.0188		17.94 1.0188		20.06 1.0188		22.56 1.0188		25.14 1.0188		28.47 1.0188		30.06 1.0188	
Filter	Vf (m/s) = if (-) = v (cm) =	0.003 0.005 1.382	0.009 0.013 1.427	0.012 0.023 1.848	0.015 0.037 2.496	0.018 0.045 2.578	0.020 0.077 3.911	0.022 0.066 2.959	0.025 0.082 3.307	0.028 0.087 3.126	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.025 0.082 3.307	0.028 0.087 3.126	0.030 0.114 3.857	0.030 0.114 3.857
Toplaag	v _{top} (m/s) = L _{top} (-) = L _{top} /V _f =	0.080 0.084 19.233	0.223 0.343 37.016	0.299 0.553 44.438	0.360 0.768 51.305	0.423 0.998 56.692	0.473 1.177 59.757	0.532 1.346 60.767	0.593 1.570 63.621	0.672 1.924 68.835	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.593 1.570 63.621	0.672 1.924 68.835	0.710 2.042 69.193	0.710 2.042 69.193
In filter	displee onder blok (cm)	4.93 5.07 10 4.95 5.20 5.10 5.17	21.33 21.37 21.45 21.80 21.70 21.77	32.97 32.90 33.20 33.40 33.53 33.67	44.57 44.43 44.90 45.20 45.50 45.67	56.83 56.60 57.25 57.40 57.97 58.10	66.33 66.13 67.50 67.80 68.33 68.60	75.50 75.07 76.10 76.30 77.07 77.30	87.30 86.90 88.00 88.20 89.30 89.63	105.83 105.33 106.55 106.80 107.93 108.30	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37	112.27 111.50 113.35 113.60 115.00 115.37
Meeblok	vanaf onderzijde meeblok	0 5 20 30 45	18.8 18.5 11.5 8.9 6.2 4.3 4.2 4.3	28.5 28 16.3 12.4 7.9 5.2 5.1 5.2	37.9 36.8 20.8 12.4 9.3 5.8 6.1 6.1	48 46.3 25.1 13.8 10.2 6.7 6.8 6.8	54.5 52.8 28.7 14.8 11.3 7.4 7.5 7.5	62.9 60.6 32.6 16.7 12.2 8 8.1 8	72.3 69.5 37 18.2 13.4 9 8.7 8.6	84.3 83.2 37.1 21.8 14.2 9.3 9.4 9.3	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	90.3 88.1 38.5 22.8 14.1 9.7 9.8 9.8	

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijgbuis onder een blok dan wel de stijgbuis onder een spleet.
 hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langvoeg en een stoetvoeg
 ** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meeblok

Tabel B.5 Uitgewerkte resultaten Serie 2B

H3911 Doortandheid steenzettingen

Serie 3a
30 mm langsvoegen/ 1mm stoetvoegen

	Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5		Proef: 6		Proef: 7	
	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):	Debiet (l/s):	Oppervlak (m ²):
Filter	0.005	1.0188	0.010	1.0188	0.015	1.0188	0.017	1.0188	0.025	1.0188	0.027	1.0188	0.031	1.0188
<i>Vf (m/s) =</i>	0.007		0.019		0.039		0.048		0.089		0.108		0.211	
<i>Wf (cm) =</i>	1.467		1.911		2.630		2.766		3.579		3.935		6.785	
Toplaag	0.033	1.0188	0.064	1.0188	0.096	1.0188	0.112	1.0188	0.159	1.0188	0.177	1.0188	0.200	1.0188
<i>v_top (m/s) =</i>	0.046		0.139		0.270		0.357		0.611		0.707		0.450	
<i>L_top (-) =</i>	8.964		14.040		18.146		20.436		24.710		25.751		14.486	
In filter	stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*		stijghoogte (cm)*	
<i>onder</i>	onder		onder		onder		onder		onder		onder		onder	
<i>blok</i>	spleet		spleet		spleet		spleet		spleet		spleet		spleet	
<i>blok (cm)</i>	1		11.60		19.57		24.67		39.37		44.87		32.40	
<i>1</i>	5.17		11.60		20.10		25.30		40.55		46.30		37.40	
<i>10</i>	5.30		11.90		20.20		25.40		40.70		46.50		37.80	
<i>30</i>	5.40		12.07		20.67		25.97		41.83		47.83		38.93	
Meeblok	stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**		stijghoogte (cm)**	
<i>vanaf onderzijde</i>	langs		langs		langs		langs		langs		langs		langs	
<i>meerblok</i>	veeg		veeg		veeg		veeg		veeg		veeg		veeg	
<i>0</i>	5.2		11.6		19.7		24.7		39.4		44.9		35.2	
<i>5</i>	4.6		10.0		16.8		20.8		32.8		37.0		29.2	
<i>20</i>	3.4		7.6		10.1		12.1		15.4		16.5		14.2	
<i>30</i>	3.0		6.8		9.1		10.8		12.4		13.4		13.4	
<i>45</i>	2.7		4.4		6.1		6.8		8.7		9.3		10.2	
	2.8		4.6		6.1		6.9		8.6		9.3		10.1	
													10.1	
													10.4	

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stipbuisjes onder een blok dan wel de stipbuisjes onder een spleet.

hierin is geen onderscheid gemaakt tussen een langsvoeg en een stoetvoeg

** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meerblok

Tabel B.6 Uitgewerkte resultaten Serie 3A

H3911 Doortalendheid steenzettingen

Serie 4a

Serie 4a: 1 mm langvoegen/20 mm stootvoegen

	Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5	
	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	5,36 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	10,14 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	12,06 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	14,83 1,0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	17,27 1,0188
Filter	Vf (m/s) = if (°) = kVf (cm) =	0,005 0,006 1,092	0,010 0,022 2,194	0,012 0,027 2,278	0,012 0,027 2,278	0,012 0,027 2,278	0,015 0,040 2,724	0,015 0,040 2,724	0,017 0,049 2,882	0,017 0,049 2,882
Toplaag	v _{top} (m/s) = L _{top} (°) = L _{topVf} =	0,114 0,138 26,229	0,215 0,381 38,278	0,256 0,488 41,239	0,256 0,488 41,239	0,256 0,488 41,239	0,314 0,672 46,186	0,314 0,672 46,186	0,366 0,851 50,220	0,366 0,851 50,220
In filter	diepte onder blok spieet blok (cm)	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok	stijghoogte (cm)* onder blok spieet blok
Meeblok	diepte 1 10 30	9,63 9,65 9,73	23,67 23,80 24,17	29,67 29,85 30,20	29,67 29,85 30,20	29,67 29,85 30,20	39,67 40,05 40,67	39,67 40,05 40,67	49,23 49,60 50,43	49,23 49,60 50,53
vanaf onderzijde meeblok	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg	stijghoogte (cm)** lange stoot voeg
0	9,6	23,6	29,6	29,6	29,6	39,7	39,7	49,1	49,1	49,1
5	8,3	19,7	25,7	25,7	25,7	31,9	31,9	39,7	39,7	39,7
20	4,8	7,4	11,0	11,0	11,0	12,6	12,6	14,9	14,9	14,9
30	2,8	4,4	6,9	6,9	6,9	8,6	8,6	11,3	11,3	11,3
45	2,8	4,5	5,0	5,0	5,0	5,9	5,9	7,0	7,0	7,0

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijgblokken onder een blok dan wel de stijgblokken onder een spieet.

Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langvoeg en een stootvoeg

** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meetblok

Tabel B.7 Uitgewerkte resultaten Serie 4A

H3911 Doorlatendheid steenzettingen

Serie h4a
Serie h4a: 1 mm langvoegen/20 mm stoelvoegen

	Proef: 1		Proef: 2		Proef: 3		Proef: 4		Proef: 5		Proef: 6	
	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	10.14 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	12.28 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	14.03 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	16.22 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	18.14 1.0188	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	19.22 1.0188
Filter												
Vf (mis) =	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019
if (-) =	0.021	0.027	0.036	0.048	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.056	0.056
vV/(km) =	2.136	2.241	2.629	3.032	2.937	2.937	2.937	2.937	2.937	2.937	2.985	2.985
Toplaag												
v_top (mis) =	0.215	0.261	0.298	0.344	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385	0.385	0.408	0.408
L_top (-) =	0.367	0.489	0.588	0.740	0.845	0.740	0.740	0.740	0.845	0.845	0.931	0.931
L_topVf =	36.872	40.540	42.720	46.478	47.474	46.478	46.478	46.478	47.474	47.474	49.365	49.365
In filter												
diepte	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*
onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder
blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok
spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet	spleet
1	22.90	22.80	29.63	29.43	35.27	34.97	43.57	43.23	49.33	49.00	53.93	53.60
10	23.10	23.20	29.95	30.00	35.60	35.70	44.10	44.30	49.75	49.90	54.45	54.70
30	23.47	23.47	30.33	30.30	36.13	36.20	44.73	44.87	50.63	50.73	55.33	55.47
meetsblok												
vanaf onderzijde	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**	stijghoogte (cm)**
meetsblok	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs	langs
0	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg
5	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot	stoot
20	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder	onder
30	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok	blok
45	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg	voeg
	22.9	29.6	35.2	43.3	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0
	20.4	19.2	26.1	24.7	30.5	29.1	38.7	35.7	42.9	40.5	42.9	40.5
	13.6	9.1	16.9	11.1	19.8	12.4	25.9	14.9	27.0	16.3	27.0	16.3
	7.3	4.3	8.6	4.9	9.6	5.5	11.0	7.0	11.5	6.4	11.5	6.4
	4.6	4.5	5.3	5.0	6.0	5.7	6.6	7.3	7.3	6.8	7.3	6.8

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijgbuisje onder een blok dan wel de stijgbuisje onder een spleet.
Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langvoeg en een stoelvoeg
** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meetblok

Tabel B.8 Uitgewerkte resultaten Serie h4A

H3911 Doorlatendheid steenzettingen
Serie 5a, 2 mm langvoegsg 9 mm stootvoegen

		Proef: 1	Proef: 2	Proef: 3	Proef: 4	Proef: 5	Proef: 6	Proef: 7	Proef: 8	Proef: 9	Proef: 10	Proef: 11	Proef: 12	
		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	
Filter	Vf (m/s) = If (-) = Vf (cm) =	0,010 0,055 5,502	0,015 0,106 7,015	0,024 0,239 9,762	0,027 0,284 10,485	0,030 0,340 11,323	0,032 0,381 11,774	0,036 0,450 12,657	0,039 0,533 13,526	0,045 0,660 14,772	0,049 0,790 16,030	0,054 0,938 17,248	0,039 0,529 13,403	
Toplaag	V _{top} (m/s) = L _{top} (-) = L _{top} (cm) =	0,346 0,072 7,255	0,538 0,151 9,983	0,851 0,354 14,489	0,945 0,431 15,886	1,047 0,518 17,251	1,127 0,595 18,375	1,238 0,721 20,289	1,374 0,878 22,267	1,556 1,116 24,995	1,717 1,355 27,507	1,894 1,531 29,999	1,374 0,880 22,298	
In filter	diepte onder blik (cm)	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	stijghoogte (cm)* onder blik spleet	
	1 10 30	8,33 8,63 9,67	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	13,10 14,60 16,70	
Meetblok	vanaf onderzijde meetblok	stijghoogte (cm)** langs voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	stijghoogte (cm)** stoot voeg	
	0 5 20 30 45	8,0 8,3 8,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	13,5 14,0 14,6	8,0 8,3 8,6	
		10,7 6,9 5,8 5,1 4,5	10,0 10,0 8,6 7,4 6,3	17,4 19,3 14,0 11,8 8,6	19,9 22,2 15,8 11,4 9,3	22,5 25,5 17,8 12,6 9,9	24,8 28,3 19,5 13,5 10,4	28,4 32,7 21,9 14,9 11,1	33,0 38,1 25,0 16,5 11,9	39,6 46,4 29,6 18,9 12,9	46,0 54,4 33,9 21,0 13,7	52,7 63,3 38,7 23,2 14,5	62,4 74,4 48,8 29,1 17,5	71,5 86,3 58,1 35,6 22,5
		58,37 61,55 71,07	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	53,60 59,20 71,57	

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte van de stijghoogtes onder een blok dan wel de stijghoogtes onder een spleet.
hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen een langvoeg en een stoetvoeg
** de vermelde stijghoogte is de gemeten stijghoogte in het meetblok

Tabel B.9 Uitgewerkte resultaten Serie 5A

H3911 Doorlatendheid steenzettingen		Serie 6a Hydroblocks										
		Proef: 1	Proef: 2	Proef: 3	Proef: 4	Proef: 5	Proef: 6	Proef: 7	Proef: 8	Proef: 9	Proef: 10	Proef: 11
		Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):
Filter	Vf (mis) = if (-) = ivf (cm) =	0.010 0.007 0.755	0.015 0.016 1.081	0.020 0.028 1.411	0.025 0.048 1.914	0.030 0.067 2.234	0.035 0.072 2.045	0.040 0.090 2.237	0.045 0.090 2.010	0.050 0.090 1.806	0.055 0.178 3.239	0.060 0.178 2.950
Toplaag	v _{top} (m/s) = L _{top} (-) = L _{top} (m) =	0.094 0.090 9.054	0.142 0.178 11.948	0.186 0.292 14.916	0.237 0.435 17.471	0.284 0.597 20.009	0.334 0.807 22.980	0.381 1.018 25.398	0.424 1.187 26.614	0.472 1.320 26.578	0.523 1.555 28.281	0.574 1.776 29.402
In filter	diepte onder balk (cm)	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*
	1	7.98	13.02	18.87	25.92	33.58	43.18	52.72	60.48	66.68	77.22	87.23
	10	7.98	13.18	19.18	26.42	34.30	43.97	53.73	61.78	68.33	78.92	89.25
	20	8.15	13.32	19.40	26.80	34.92	44.58	54.47	62.75	69.75	80.47	91.07
	30	8.20	13.48	19.67	27.30	35.52	45.27	55.32	63.90	71.20	82.38	92.92

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte

Tabel B.10 Uitgewerkte resultaten Serie 6A

H3911 Doortlatendheid steenzettingen

Serie 6b
Serie 6b: Hydroblocks

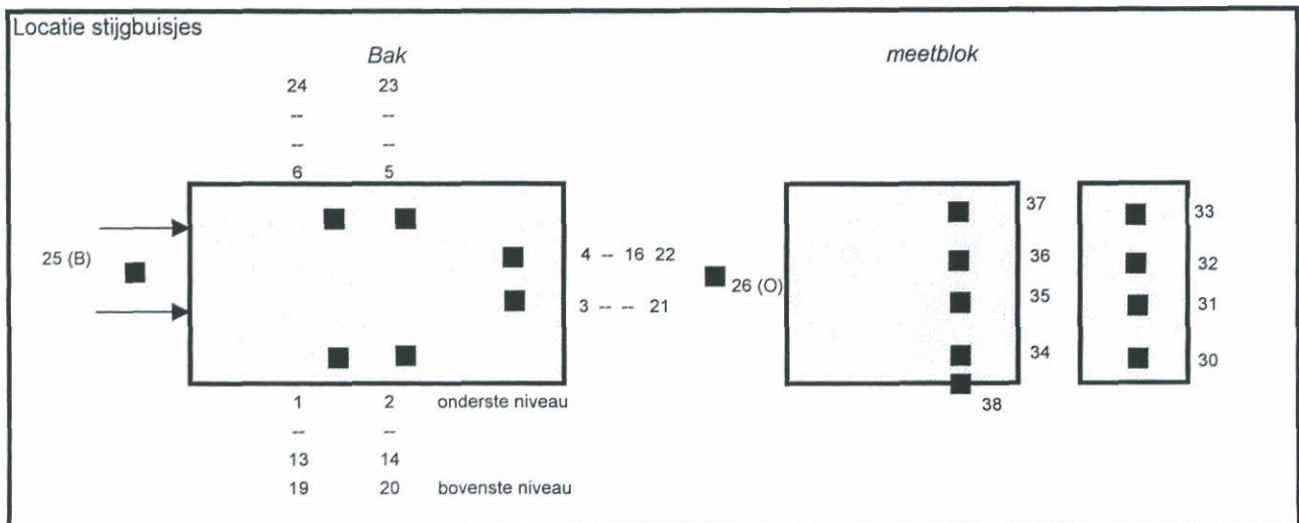
	Proef: 1	Proef: 2	Proef: 3	Proef: 4	Proef: 5	Proef: 6	Proef: 7	Proef: 8	Proef: 9	Proef: 10	
	Debiet (l/s): Oppervlakt (m ²):	10.17 1.0188	15.22 1.0188	20.17 1.0188	24.92 1.0188	29.32 1.0188	32.44 1.0188	35.33 1.0188	38.19 1.0188	41.50 1.0188	45.89 1.0188
Filter	Vf (m/s) = if (s) =	0.010 0.005	0.015 0.013	0.020 0.024	0.024 0.034	0.029 0.049	0.035 0.066	0.037 0.066	0.041 0.066	0.045 0.160	0.045 0.160
	l _{top} (cm) =	0.518	0.895	1.190	1.410	1.683	1.906	1.763	1.622	3.547	3.547
Toplaag	v _{top} (m/s) = l _{top} (s) = l _{top} Vf =	0.095 0.148 14.817	0.142 0.305 20.387	0.188 0.502 25.359	0.233 0.720 29.434	0.279 0.990 33.723	0.330 1.319 38.027	0.356 1.514 40.392	0.387 1.695 41.599	0.428 1.900 42.170	0.428 1.900 42.170
Inr filter	diepte onder blok (cm)	10.42 10.42 10.55 10.57	18.28 18.40 18.57 18.67	27.48 27.70 27.98 28.17	37.40 37.77 38.13 38.40	49.32 49.80 50.22 50.75	63.65 64.38 64.97 65.57	72.07 72.95 73.65 74.35	79.98 80.93 81.83 82.60	89.08 90.07 91.23 93.72	89.08 90.07 91.23 93.72
	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*	stijghoogte (cm)*

* de vermelde stijghoogte is een gemiddelde van de gemeten stijghoogte op elke diepte

Tabel B.11 Uitgewerkte resultaten Serie 6B

C Meetresultaten (kale resultaten)

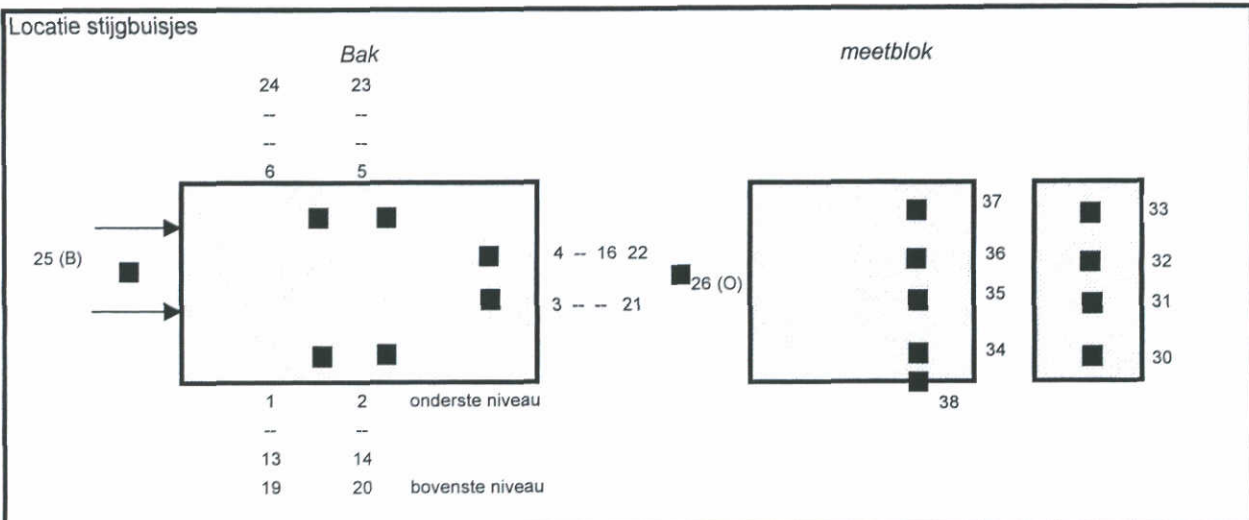
		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 7.64			Debiet (l/s): 15.10			Debiet (l/s): 20.06		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
1	682	+500			+500			+500		
2	682	270	88		410	228		526	344	
3	682	270	88		412	230		529	347	
4	682	270	88		414	232		532	350	
5	683	270	88		414	232		533	351	
6	682	272	89		416	233		535	352	
		271	89		413	231		531	349	
		+500			+500			+500		
13	682	270	88	0	408	226	2	522	340	4
14	683	270	87	1	408	225	5	523	340	7
16	683	269	86	2	408	225	7	524	341	10
		+500			+500			+500		
19	682	268	86	2	405	223	5	517	335	9
20	682	267	85	3	403	221	9	514	332	15
21	682	268	86	2	405	223	9	516	334	16
22	682	268	86	2	406	224	8	519	337	14
23	682	268	86	3	405	223	10	516	334	18
24	682	268	86	3	403	221	10	516	334	15
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	683	218	35		243	60		256	73	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	682	270	88	53	415	233	173	533	351	278
Meetblok		500			+500			+500		
30	683	260	77		373	190		464	281	
31	683	242	59	18	321	138	52	381	198	83
32	683	223	40	37	257	74	116	279	96	185
33	682	218	36	41	244	62	128	258	76	205
34	682	258	76		372	190		463	281	
35	681	231	50	26	281	100	90	308	127	154
36	682	219	37	39	242	60	130	255	73	208
37	680	217	37	39	240	60	130	254	74	207
38	681	265	84		401	220		513	332	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.102			0.325			0.523
Gem. <i>i</i> filter				0.009			0.029			0.050
<i>i</i> totaal				0.062			0.204			0.327



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 22.58			Debiet (l/s): 25.11			Debiet (l/s): 27.94		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	682	589	407		650	468		728	546	
2	682	592	410		655	473		731	549	
3	682	594	412		657	475		732	550	
4	682	595	413		659	477		733	551	
5	683	597	414		660	477		737	554	
6	682	592	410		654	472		729	547	
		+500			+500			+500		
13	682	582	400	7	642	460	8	714	532	14
14	683	583	400	10	643	460	13	716	533	16
16	683	585	402	11	644	461	16	718	535	16
		+500			+500			+500		
19	682	577	395	12	635	453	15	707	525	21
20	682	572	390	20	631	449	24	701	519	30
21	682	575	393	19	635	453	22	705	523	27
22	682	578	396	17	637	455	22	708	526	25
23	682	574	392	22	633	451	26	704	522	32
24	682	574	392	18	632	450	22	705	523	24
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	683	262	79		269	86		275	92	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	682	595	413	334	660	478	392	737	555	463
Meetblok		500			+500			+500		
30	683	510	327		542	359		594	411	
31	683	408	225	102	409	226	133	436	253	158
32	683	289	106	221	293	110	249	302	119	292
33	682	266	84	243	272	90	269	279	97	314
34	682	510	328		549	367		603	421	
35	681	348	167	161	352	171	196	366	185	236
36	682	261	79	249	268	86	281	272	90	331
37	680	260	80	248	267	87	280	273	93	328
38	681	571	390		628	447		700	519	
Gem. i' toplaag				0.628			0.732			0.862
Gem. i filter				0.062			0.075			0.091
i totaal				0.393			0.461			0.545

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 30.36			Debiet (l/s): 34.69			Debiet (l/s): 41.94		
buis	Nulaflizing (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500					
1	682	791	609		875	693				
2	682	794	612		878	696				
3	682	795	613		881	699				
4	682	797	615		882	700				
5	683	800	617		884	701				
6	682	792	610		871	689				
		+500			+500					
13	682	776	594	15	850	668	25			
14	683	777	594	18	852	669	27			
16	683	779	596	19	856	673	27			
		+500			+500					
19	682	766	584	25	840	658	35			
20	682	759	577	35	833	651	45			
21	682	763	581	32	839	657	42			
22	682	768	586	29	843	661	39			
23	682	761	579	38	837	655	46			
24	682	763	581	29	835	653	36			
boven toplaag		+500			+500					
25	683	280	97		291	108				
onder filterlaag		+500			+500					
26	682	802	620	523	890	708	600			
Meetblok		500			+500					
30	683	633	450		682	499				
31	683	453	270	180	481	298	201			
32	683	310	127	323	326	143	356			
33	682	285	103	347	297	115	384			
34	682	646	464		698	516				
35	681	380	199	265	392	211	305			
36	682	277	95	369	288	106	410			
37	680	278	98	366	289	109	407			
38	681	757	576		829	648				
Gem. i' toplaag				0.969			1.096			
Gem. i filter				0.108			0.140			
i totaal				0.615			0.706			

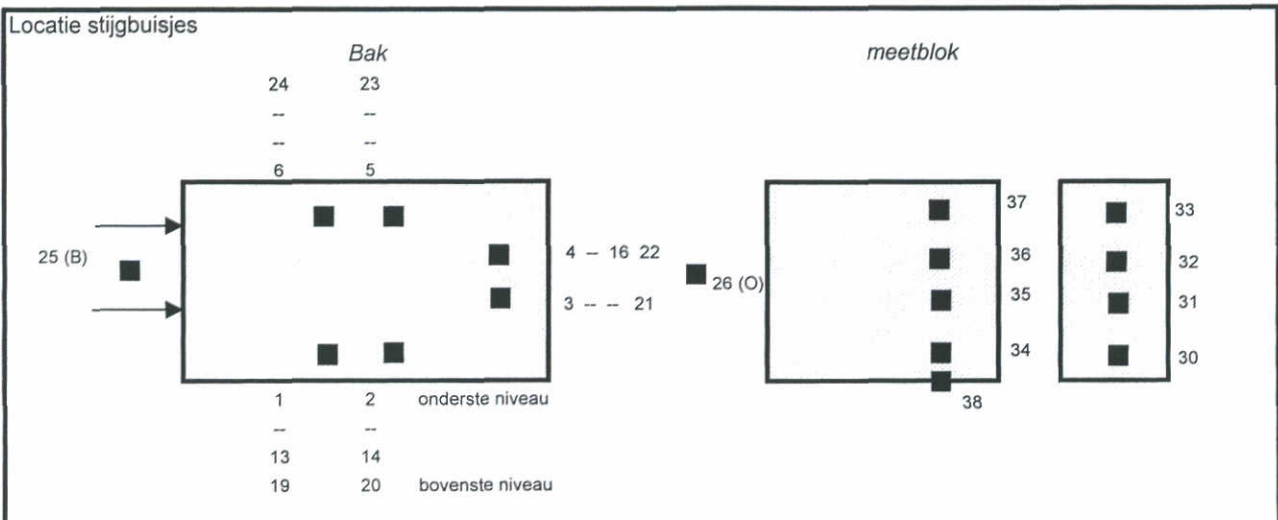
buis	Nulaflezing (mm)	Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 2.86			Debiet (l/s): 5.13			Debiet (l/s): 10.14		
	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	
		+500			+500		+500			
1	682	214	32		250	68		376	194	
2	682	214	32		252	70		377	195	
3	682	214	32		252	70		377	195	
4	682	214	32		252	70		378	196	
5	683	215	32		253	70		377	194	
6	682	214	32		253	71		377	195	
		+500			+500		+500			
13	682	214	32	0	252	70	-2	377	195	-1
14	683	216	33	-1	255	72	-2	378	195	0
16	683	214	31	1	252	69	1	376	193	3
		+500			+500		+500			
19	682	214	32	0	252	70	-2	375	193	1
20	682	214	32	0	251	69	1	374	192	3
21	682	214	32	0	251	69	1	374	192	3
22	682	214	32	0	251	69	1	375	193	3
23	682	215	33	-1	251	69	1	375	193	1
24	682	212	30	2	249	67	4	372	190	5
boven toplaag		+500			+500		+500			
25	683	196	13		205	22		226	43	
onder filterlaag		+500			+500		+500			
26	682	213	31	18	251	69	47	377	195	152
Meetblok		500			+500		+500			
30	683	213	30		248	65		358	175	
31	683	209	26	4	240	57	8	332	149	26
32	683	204	21	9	238	55	10	286	103	72
33	682	199	17	13	214	32	33	247	65	110
34	682	211	29		249	67		356	174	
35	681	207	26	3	236	55	12	314	133	41
36	682	204	22	7	227	45	22	287	105	69
37	680	197	17	12	212	32	35	243	63	111
38	681	213	32		253	72		372	191	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.038			0.094			0.298
Gem. <i>i</i> filter				0.001			0.003			0.009
<i>i</i> totaal				0.021			0.055			0.179



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 12.72			Debiet (l/s): 15.13			Debiet (l/s): 17.86		
buis	Nulaflizing (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	682	459	277		546	364		653	471	
2	682	461	279		548	366		655	473	
3	682	463	281		550	368		658	476	
4	682	464	282		551	369		659	477	
5	683	464	281		553	370		661	478	
6	682	462	280		549	367		657	475	
		+500			+500			+500		
13	682	459	277	0	545	363	1	651	469	2
14	683	461	278	1	547	364	2	653	470	3
16	683	460	277	5	546	363	6	652	469	8
		+500			+500			+500		
19	682	457	275	2	542	360	4	648	466	5
20	682	455	273	6	540	358	8	644	462	11
21	682	456	274	7	541	359	9	646	464	12
22	682	457	275	7	542	360	9	648	466	11
23	682	454	272	9	539	357	13	644	462	16
24	682	454	272	8	539	357	10	644	462	13
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	683	233	50		242	59		249	66	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	682	464	282	232	552	370	311	660	478	412
Meetblok		500			+500			+500		
30	683	432	249		508	325		600	417	
31	683	393	210	39	455	272	53	533	350	67
32	683	322	139	110	359	176	149	403	220	197
33	682	266	84	165	286	104	221	310	128	289
34	682	429	247		505	323		599	417	
35	681	366	185	62	419	238	85	481	300	117
36	682	324	142	105	364	182	141	410	228	189
37	680	258	78	169	270	90	233	291	111	306
38	681	453	272		538	357		643	462	
Gem. i' toplaag				0.447			0.599			0.795
Gem. i filter				0.022			0.030			0.039
i totaal				0.273			0.366			0.485

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9			Proef: 10		
		Debiet (l/s): 20.91			Debiet (l/s): 22.58			Debiet (l/s): 26.03			Debiet (l/s): 28.33		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+1000			+1000		
1	682	778	596		853	671		481	799		588	906	
2	682	781	599		856	674		484	802		593	911	
3	682	784	602		858	676		485	803		594	912	
4	682	784	602		859	677		487	805		596	914	
5	683	786	603		860	677		487	804		597	914	
6	682	782	600		856	674		482	800		590	908	
		+500			+500			+1000			+1000		
13	682	773	591	5	846	664	7	470	788	11	575	893	13
14	683	776	593	6	848	665	9	471	788	14	576	893	18
16	683	775	592	10	849	666	11	472	789	16	578	895	19
		+500			+500			+1000			+1000		
19	682	767	585	11	839	657	14	462	780	19	567	885	21
20	682	764	582	17	835	653	21	457	775	27	560	878	33
21	682	768	586	16	839	657	19	459	777	26	564	882	30
22	682	769	587	15	841	659	18	463	781	24	567	885	29
23	682	764	582	21	837	655	22	456	774	30	557	875	39
24	682	765	583	17	837	655	19	455	773	27	552	870	38
boven toplaag		+500			+500			+500			+500		
25	683	257	74		257	74		271	88		276	93	
onder filterlaag		+500			+500			+1000			+1000		
26	682	786	604	530	861	679	605	489	807	719	587	905	812
Meetblok		500			+500			+500			+500		
30	683	707	524		769	586		874	691		947	764	
31	683	618	435	89	667	484	102	749	566	125	780	597	167
32	683	443	260	264	468	285	301	480	297	394	470	287	477
33	682	329	147	377	342	160	426	342	160	531	332	150	614
34	682	702	520		768	586		878	696		959	777	
35	681	556	375	145	596	415	171	643	462	234	676	495	282
36	682	457	275	245	483	301	285	524	342	354	531	349	428
37	680	287	107	413	287	107	479	300	120	576	283	103	674
38	681	764	583		835	654		958	777		1050	869	
Gem. i' toplaag				1.020			1.164			1.377			1.572
Gem. i filter				0.056			0.065			0.088			0.109
i totaal				0.624			0.712			0.846			0.955

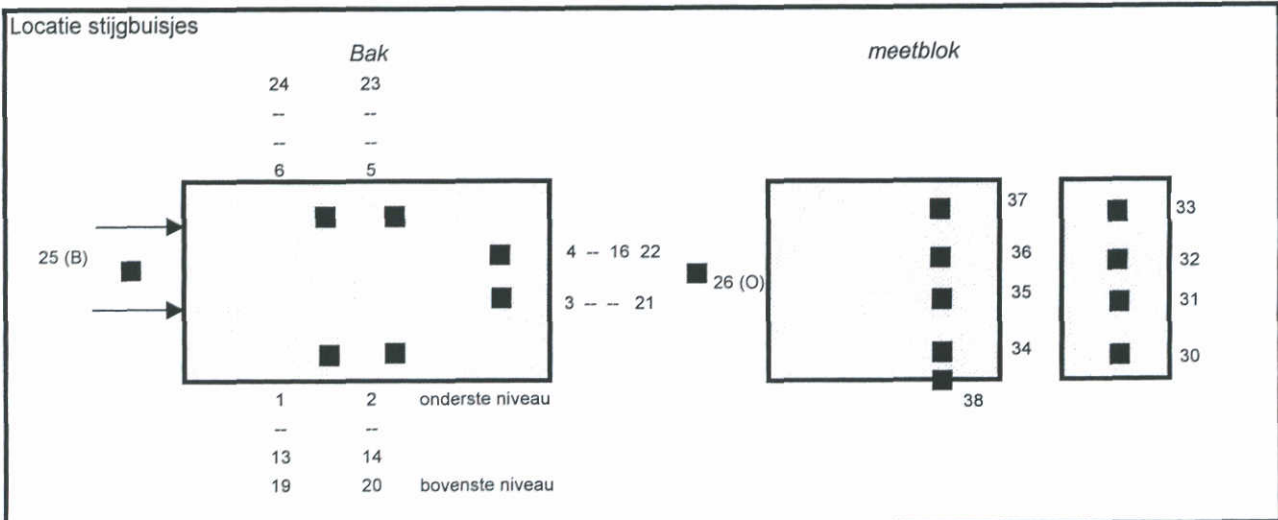
buis	Nulaflazing (mm)	Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3							
		Debiet (l/s): 3.08			Debiet (l/s): 10.38			Debiet (l/s): 19.97							
		Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)					
1	679	+500	197	18			+500	239	60			+500	299	120	
2	679	+500	197	18			+500	239	60			+500	300	121	
3	679	+500	197	18			+500	240	61			+500	301	122	
4	680	+500	197	17			+500	240	60			+500	301	121	
5	679	+500	198	19			+500	241	62			+500	304	125	
6	679	+500	197	18			+500	240	61			+500	299	120	
13	681	+500	198	17	1		+500	238	57	3		+500	292	111	9
14	680	+500	200	20	-2		+500	240	60	0		+500	294	114	7
16	680	+500	199	19	-2		+500	237	57	3		+500	292	112	9
19	680	+500	199	19	-1		+500	236	56	4		+500	287	107	13
20	680	+500	197	17	1		+500	233	53	7		+500	279	99	22
21	679	+500	197	18	0		+500	235	56	5		+500	284	105	17
22	680	+500	197	17	0		+500	235	55	5		+500	285	105	16
23	679	+500	198	19	0		+500	235	56	6		+500	284	105	20
24	680	+500	196	16	2		+500	234	54	7		+500	287	107	13
boven toplaag		+500					+500					+500			
25	679	+500	196	17			+500	225	46			+500	253	74	
onder filterlaag		+500					+500					+500			
26	678	+500	196	18	1		+500	240	62	16		+500	303	125	51
Meetblok		+500					+500					+500			
30	680	+500	198	18			+500	230	50			+500	266	86	
31	680	+500	197	17	1		+500	227	47	3		+500	259	79	7
32	679	+500	196	17	1		+500	225	46	4		+500	254	75	11
33	679	+500	197	18	0		+500	226	47	3		+500	253	74	12
34	679	+500	195	16			+500	231	52			+500	274	95	
35	679	+500	196	17	-1		+500	228	49	3		+500	260	81	14
36	679	+500	196	17	-1		+500	226	47	5		+500	253	74	21
37	679	+500	194	15	1		+500	224	45	7		+500	252	73	22
38	679	+500	196	17			+500	234	55			+500	283	104	
Gem. i' toplaag					0.001					0.018					0.061
Gem. i filter					0.001					0.020					0.058
i totaal					0.001					0.019					0.060



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 30.14			Debiet (l/s): 40.22			Debiet (l/s): 50.47		
buis	Nulaflazing (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	377	198		479	300		601	422	
2	679	378	199		484	305		603	424	
3	679	381	202		488	309		613	434	
4	680	382	202		490	310		619	439	
5	679	385	206		494	315		623	444	
6	679	377	198		480	301		602	423	
		+500			+500			+500		
13	681	361	180	18	455	274	26	563	382	40
14	680	364	184	15	457	277	28	566	386	38
16	680	362	182	20	456	276	34	565	385	54
		+500			+500			+500		
19	680	352	172	26	440	260	40	542	362	60
20	680	335	155	44	408	228	77	493	313	111
21	679	345	166	36	428	249	60	528	349	85
22	680	348	168	34	432	252	58	531	351	88
23	679	344	165	41	422	243	72	511	332	112
24	680	353	173	25	440	260	41	542	362	61
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	277	98		299	120		319	140	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	387	209	111	505	327	207	640	462	322
Meetblok		500			+500			+500		
30	680	305	125		349	169		392	212	
31	680	291	111	14	324	144	25	357	177	35
32	679	282	103	22	308	129	40	334	155	57
33	679	278	99	26	302	123	46	323	144	68
34	679	322	143		378	199		443	264	
35	679	293	114	29	328	149	50	362	183	81
36	679	281	102	41	307	128	71	332	153	111
37	679	271	92	51	298	119	80	318	139	125
38	679	346	167		428	249		524	345	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.137			0.257			0.410
Gem. <i>i</i> filter				0.118			0.200			0.297
<i>i</i> totaal				0.131			0.244			0.379

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 60.44			Debiet (l/s): 71.19			Debiet (l/s): 0.00		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500					
1	679	754	575		935	756				
2	679	774	595		958	779				
3	679	780	601		968	789				
4	680	772	592		950	770				
5	679	760	581		937	758				
6	679	749	570		920	741				
		+500			+500					
13	681	696	515	60	852	671	85			
14	680	706	526	69	864	684	95			
16	680	698	518	74	853	673	97			
		+500			+500					
19	680	668	488	87	813	633	123			
20	680	591	411	184	707	527	252			
21	679	649	470	131	790	611	178			
22	680	652	472	120	793	613	157			
23	679	620	441	140	747	568	190			
24	680	666	486	84	812	632	109			
boven toplaag		+500			+500					
25	679	338	159		368	189				
onder filterlaag		+500			+500					
26	678	726	548	389	960	782	593			
Meetblok		500			+500					
30	680	473	293		535	355				
31	680	434	254	39	483	303	52			
32	679	412	233	60	454	275	80			
33	679	330	151	142	348	169	186			
34	679	524	345		613	434				
35	679	397	218	127	433	254	180			
36	679	356	177	168	381	202	232			
37	679	338	159	186	359	180	254			
38	679	642	463		780	601				
Gem. <i>i</i> ' toplaag				0.605			0.817			
Gem. <i>i</i> filter				0.429			0.580			
<i>i</i> totaal				0.458			0.698			

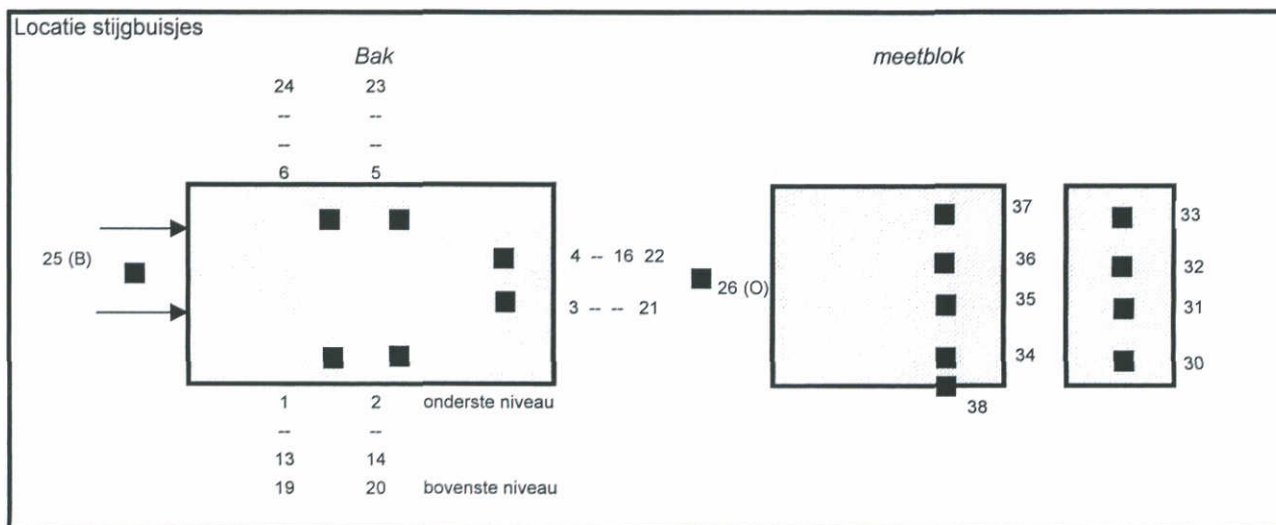
		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 3.39			Debiet (l/s): 9.44			Debiet (l/s): 12.67		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
1	679	+500	230	51	+500	395	216	+500	513	334
2	679	230	51		396	217		515	336	
3	679	230	51		396	217		515	336	
4	680	230	50		397	217		516	336	
5	679	232	53		398	219		517	338	
6	679	231	52		397	218		515	336	
13	681	+500	230	49	+500	395	214	+500	513	332
14	680	232	52	-1	398	218	-1	514	334	2
16	680	230	50	0	395	215	2	512	332	4
19	680	+500	230	50	+500	395	215	+500	511	331
20	680	230	50	1	393	213	4	509	329	7
21	679	230	51	0	393	214	3	509	330	6
22	680	229	49	1	393	213	4	509	329	7
23	679	230	51	2	393	214	5	507	328	10
24	680	229	49	3	392	212	6	509	329	7
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	197	18		221	42		232	53	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	228	50	32	396	218	176	517	339	286
Meetblok		+500			+500			+500		
30	680	226	46		365	185		460	280	
31	680	207	27	19	269	89	96	304	124	156
32	679	198	19	27	222	43	142	231	52	228
33	679	198	19	27	222	43	142	231	52	228
34	679	226	47		367	188		464	285	
35	679	210	31	16	294	115	73	342	163	122
36	679	201	22	25	241	62	126	258	79	206
37	679	196	17	30	221	42	146	230	51	234
38	679	229	50		392	213		508	329	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.064			0.343			0.553
Gem. <i>i</i> filter				0.005			0.013			0.023
<i>i</i> totaal				0.038			0.207			0.336



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 15.25			Debiet (l/s): 17.94			Debiet (l/s): 20.06		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	633	454		756	577		840	661	
2	679	634	455		758	579		843	664	
3	679	635	456		760	581		845	666	
4	680	635	455		761	581		846	666	
5	679	638	459		762	583		846	667	
6	679	635	456		760	581		844	665	
		+500			+500			+500		
13	681	629	448	6	753	572	5	836	655	6
14	680	632	452	3	754	574	5	838	658	6
16	680	630	450	5	753	573	8	837	657	9
		+500			+500			+500		
19	680	627	447	7	750	570	7	832	652	9
20	680	623	443	12	745	565	14	826	646	18
21	679	624	445	11	746	567	14	829	650	16
22	680	624	444	11	747	567	14	829	649	17
23	679	624	445	14	745	566	17	827	648	19
24	680	626	446	10	748	568	13	830	650	15
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	240	61		247	68		253	74	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	636	458	397	761	583	515	866	688	614
Meetblok		+500			+500			+500		
30	680	548	368		643	463		708	528	
31	680	304	124	244	318	138	325	328	148	380
32	679	237	58	310	246	67	396	253	74	454
33	679	240	61	307	247	68	395	254	75	453
34	679	558	379		659	480		724	545	
35	679	387	208	171	430	251	229	466	287	258
36	679	272	93	286	281	102	378	292	113	432
37	679	240	61	318	247	68	412	254	75	470
38	679	623	444		745	566		825	646	
Gem. i' toplaag				0.768			0.998			1.150
Gem. i filter				0.037			0.045			0.054
i totaal				0.467			0.606			0.722

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9			Proef: 10		
		Debiet (l/s): 22.56			Debiet (l/s): 25.14			Debiet (l/s): 28.47			Debiet (l/s): 30.06		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+1000			+1000			+1000		
1	679	947	768		571	892		755	1076		829	1150	
2	679	948	769		574	895		759	1080		830	1151	
3	679	953	774		575	896		762	1083		833	1154	
4	680	953	773		576	896		763	1083		834	1154	
5	679	955	776		577	898		765	1086		835	1156	
6	679	950	771		570	891		758	1079		825	1146	
		+500			+1000			+1000			+1000		
13	681	941	760	8	560	879	13	747	1066	10	815	1134	16
14	680	943	763	6	562	882	13	748	1068	12	816	1136	15
16	680	942	762	11	561	881	15	745	1065	18	813	1133	21
		+500			+1000			+1000			+1000		
19	680	938	758	10	555	875	17	739	1059	17	806	1126	24
20	680	929	749	20	547	867	28	729	1049	31	790	1110	41
21	679	932	753	21	550	871	25	732	1053	30	797	1118	36
22	680	933	753	20	551	871	25	733	1053	30	799	1119	35
23	679	929	750	26	548	869	29	737	1058	28	796	1117	39
24	680	934	754	17	553	873	18	743	1063	16	803	1123	23
boven toplaag		+500			+500			+500			+500		
25	679	259	80		265	86		273	94		277	98	
onder filterlaag		+500			+1000			+1000			+1000		
26	678	953	775	695	578	900	814	768	1090	996	839	1161	1063
Meetblok		+500			+500			+500			+500		
30	680	786	606		875	695		1012	832		1061	881	
31	680	347	167	439	362	182	513	398	218	614	408	228	653
32	679	259	80	526	269	90	605	272	93	739	276	97	784
33	679	259	80	526	265	86	609	272	93	739	277	98	783
34	679	808	629		902	723		1022	843		1082	903	
35	679	505	326	303	549	370	353	550	371	472	564	385	518
36	679	301	122	507	313	134	589	321	142	701	320	141	762
37	679	260	81	548	266	87	636	273	94	749	277	98	805
38	679	930	751		1047	868		1233	1054		1296	1117	
Gem. <i>i'</i> toplaag		1.346			1.570			1.924			2.042		
Gem. <i>i</i> filter		0.066			0.082			0.087			0.114		
<i>i</i> totaal		0.818			0.958			1.172			1.251		

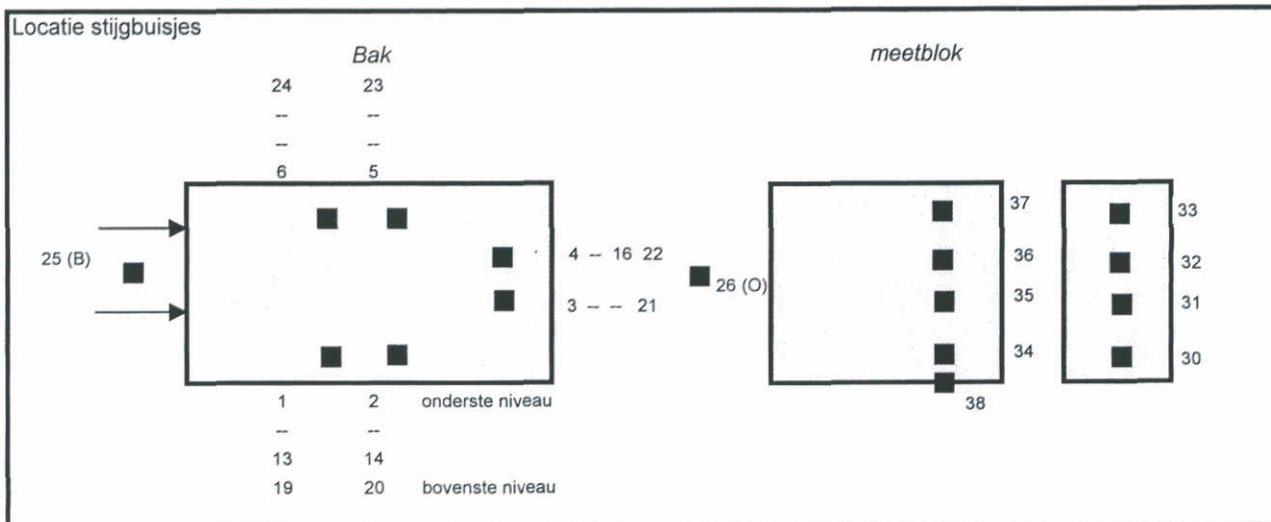
		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 5.19			Debiet (l/s): 10.11			Debiet (l/s): 15.14		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
1	678	+500	232	54	+500	298	120	+500	384	206
2	678	232	54		300	122		386	208	
3	678	232	54		300	122		386	208	
4	678	232	54		299	121		386	208	
5	679	233	54		300	121		386	207	
6	678	232	54		299	121		384	206	
13	678	+500	231	53	+500	297	119	+500	378	200
14	680	233	53	1	299	119	3	382	202	6
16	678	231	53	1	297	119	2	380	202	6
19	678	+500	230	52	+500	294	116	+500	373	195
20	678	230	52	2	293	115	7	373	195	13
21	678	230	52	2	294	116	6	375	197	11
22	678	230	52	2	295	117	4	376	198	10
23	678	230	52	2	293	115	6	374	196	11
24	678	229	51	3	293	115	6	372	194	12
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	207	29		224	46		239	61	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	676	230	54	25	298	122	76	384	208	147
Meetblok		+500			+500			+500		
30	679	230	51		288	109		360	181	
31	679	216	37	14	247	68	41	270	91	90
32	679	209	30	21	229	50	59	248	69	112
33	679	207	28	23	225	46	63	240	61	120
34	679	225	46		279	100		347	168	
35	679	213	34	12	255	76	24	280	101	67
36	677	207	30	16	223	46	54	238	61	107
37	678	205	27	19	222	44	56	239	61	107
38	677	229	52		293	116		374	197	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.046			0.139			0.270
Gem. <i>i</i> filter				0.007			0.019			0.039
<i>i</i> totaal				0.029			0.089			0.173



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 17.78			Debiet (l/s): 25.19			Debiet (l/s): 27.97		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	678	437	259		596	418		655	477	
2	678	439	261		598	420		660	482	
3	678	440	262		600	422		662	484	
4	678	439	261		599	421		660	482	
5	679	439	260		597	418		657	478	
6	678	437	259		594	416		654	476	
		+500			+500			+500		
13	678	430	252		581	403		639	461	
14	680	434	254		587	407		645	465	
16	678	432	254		586	408		643	465	
		+500			+500			+500		
19	678	424	246		569	391		623	445	
20	678	423	245		569	391		624	446	
21	678	426	248		575	397		630	452	
22	678	427	249		577	399		633	455	
23	678	423	245		570	392		625	447	
24	678	423	245		569	391		624	446	
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	246	68		266	88		273	95	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	676	439	263	195	602	426	338	662	486	391
Meetblok		+500			+500			+500		
30	679	406	227		527	348		570	391	
31	679	287	108	119	303	124	224	313	134	257
32	679	255	76	151	271	92	256	280	101	290
33	679	248	69	158	267	88	260	274	95	296
34	679	387	208		507	328		549	370	
35	679	300	121	87	333	154	174	344	165	205
36	677	245	68	140	264	87	241	270	93	277
37	678	244	66	142	264	86	242	271	93	277
38	677	424	247		571	394		626	449	
Gem. i' toplaag				0.357			0.611			0.707
Gem. i filter				0.048			0.089			0.108
i totaal				0.229			0.398			0.460

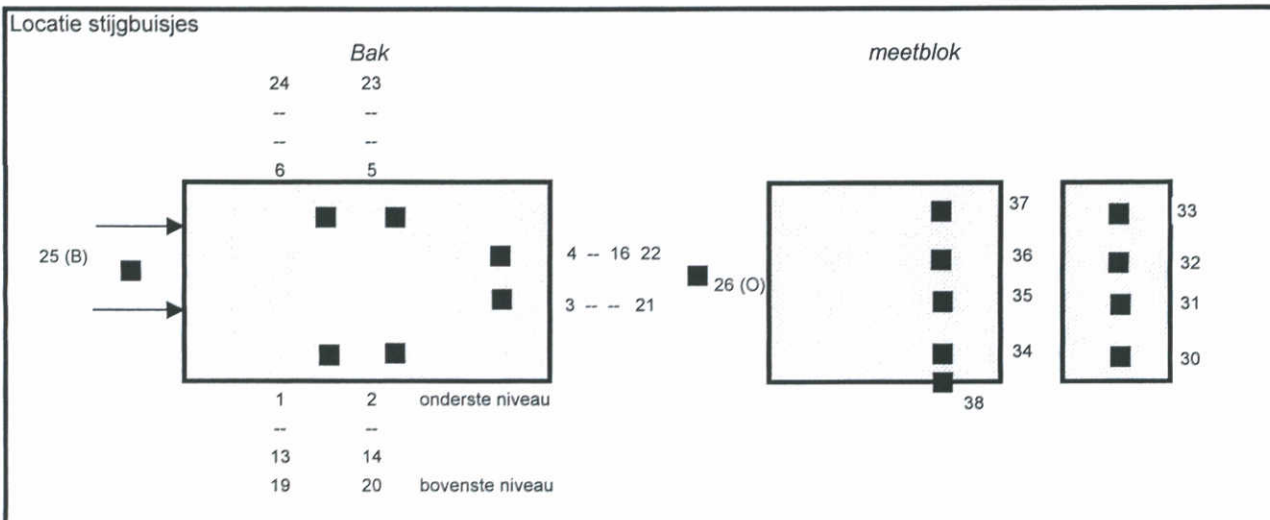
		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 31.67			Debiet (l/s):			Debiet (l/s):		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500								
1	678	567	389							
2	678	574	396							
3	678	575	397							
4	678	572	394							
5	679	566	387							
6	678	563	385							
		+500								
13	678	551	373							
14	680	558	378							
16	678	553	375							
		+500								
19	678	539	361							
20	678	540	362							
21	678	543	365							
22	678	543	365							
23	678	460	282							
24	678	424	246							
boven toplaag		+500								
25	678	283	105							
onder filterlaag		+500								
26	676	577	401	296						
Meetblok		+500								
30	679	496	317							
31	679	313	134	183						
32	679	289	110	207						
33	679	283	104	213						
34	679	471	292							
35	679	321	142	150						
36	677	279	102	190						
37	678	279	101	191						
38	677	529	352							
Gem. i' toplaag				0.450						
Gem. i filter				0.211						
i totaal				0.348						

		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 5.36			Debiet (l/s): 10.14			Debiet (l/s): 12.08		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	275	96		420	241		480	301	
2	679	277	98		421	242		481	302	
3	679	277	98		420	241		482	303	
4	679	277	98		421	242		482	303	
5	680	278	98		423	243		483	303	
6	679	277	98		421	242		481	302	
		+500			+500			+500		
13	679	276	97	-1	418	239	2	478	299	2
14	681	278	97	1	420	239	3	480	299	3
16	680	276	96	2	417	237	5	478	298	5
		+500			+500			+500		
19	679	276	97	-1	417	238	3	476	297	4
20	679	275	96	2	415	236	6	474	295	7
21	679	274	95	3	413	234	7	472	293	10
22	679	275	96	2	415	236	6	473	294	9
23	679	275	96	2	412	233	10	471	292	11
24	678	274	96	2	414	236	6	474	296	6
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	206	27		224	45		229	50	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	275	97	70	420	242	197	482	304	254
Meetblok		+500			+500			+500		
30	680	263	83		377	197		422	242	
31	679	227	48	35	273	94	103	289	110	132
32	679	207	28	55	223	44	153	228	49	193
33	679	207	28	55	224	45	152	229	50	192
34	678	267	89		386	208		435	257	
35	678	241	63	26	315	137	71	342	164	93
36	678	218	40	49	252	74	134	260	82	175
37	677	205	28	61	224	47	161	230	53	204
38	678	274	96		414	236		473	295	
Gem. i' toplaag				0.138			0.381			0.489
Gem. i filter				0.006			0.022			0.027
i totaal				0.082			0.232			0.299



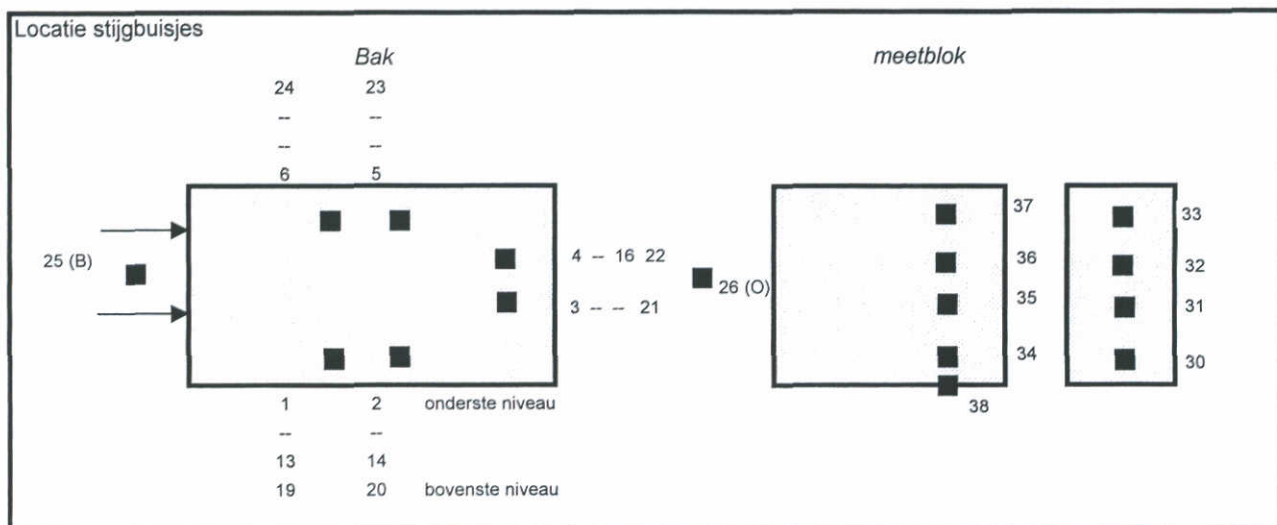
		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 14.83			Debiet (l/s): 17.27			Debiet (l/s): 19.03		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500					
1	679	585	406		682	503				
2	679	585	406		683	504				
3	679	586	407		684	505				
4	679	587	408		685	506				
5	680	587	407		687	507				
6	679	585	406		683	504				
		+500			+500					
13	679	580	401		676	497				
14	681	582	401		679	498				
16	680	580	400		675	495				
		+500			+500					
19	679	578	399		673	494				
20	679	574	395		669	490				
21	679	572	393		668	489				
22	679	574	395		669	490				
23	679	572	393		667	488				
24	678	574	396		671	493				
boven toplaag		+500			+500					
25	679	238	59		244	65				
onder filterlaag		+500			+500					
26	678	586	408	349	685	507	442			
Meetblok		+500			+500					
30	680	499	319		577	397				
31	679	305	126	193	328	149	248			
32	679	235	56	263	240	61	336			
33	679	238	59	260	244	65	332			
34	678	517	339		598	420				
35	678	388	210	129	433	255	165			
36	678	278	100	239	291	113	307			
37	677	240	63	276	247	70	350			
38	678	573	395		669	491				
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.672			0.851			
Gem. <i>i</i> filter				0.040			0.049			
<i>i</i> totaal				0.411			0.520			

		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 10.14			Debiet (l/s): 12.28			Debiet (l/s): 14.03		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	413	234		482	303		539	360	
2	679	413	234		482	303		540	361	
3	679	414	235		482	303		541	362	
4	679	414	235		483	304		541	362	
5	680	415	235		483	303		543	363	
6	679	414	235		482	303		541	362	
		+500			+500			+500		
13	679	411	232	2	479	300	3	536	357	3
14	681	413	232	2	481	300	3	538	357	4
16	680	410	230	5	479	299	5	535	355	7
		+500			+500			+500		
19	679	409	230	4	476	297	6	533	354	6
20	679	408	229	5	474	295	8	530	351	10
21	679	406	227	8	473	294	9	528	349	13
22	679	407	228	7	474	295	9	530	351	11
23	679	407	228	7	473	294	9	528	349	14
24	678	407	229	6	475	297	6	531	353	9
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	224	45		230	51		236	57	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	413	235	190	483	305	254	542	364	307
Meetblok		+500			+500			+500		
30	680	372	192		427	247		471	291	
31	679	270	91	101	290	111	136	303	124	167
32	679	222	43	149	228	49	198	234	55	236
33	679	224	45	147	229	50	197	236	57	234
34	678	382	204		439	261		483	305	
35	678	314	136	68	347	169	92	376	198	107
36	678	251	73	131	264	86	175	274	96	209
37	677	223	46	158	230	53	208	237	60	245
38	678	407	229		474	296		530	352	
Gem. i' toplaag				0.367			0.489			0.588
Gem. i filter				0.021			0.027			0.036
i totaal				0.224			0.299			0.361



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 16.22			Debiet (l/s): 18.14			Debiet (l/s): 19.22		
buis	Nulaflazing (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	624	445		683	504		729	550	
2	679	627	448		685	506		732	553	
3	679	627	448		687	508		734	555	
4	679	628	449		688	509		735	556	
5	680	630	450		688	508		736	556	
6	679	627	448		685	506		733	554	
		+500			+500			+500		
13	679	621	442	3	677	498	6	724	545	5
14	681	624	443	5	680	499	7	728	547	6
16	680	620	440	9	677	497	12	724	544	12
		+500			+500			+500		
19	679	617	438	7	673	494	10	720	541	9
20	679	614	435	13	671	492	14	717	538	15
21	679	610	431	17	668	489	19	715	536	19
22	679	613	434	15	671	492	17	717	538	18
23	679	610	431	19	668	489	19	713	534	22
24	678	613	435	13	672	494	12	717	539	15
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	243	64		248	69		251	72	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	629	451	387	687	509	440	734	556	484
Meetblok		+500			+500			+500		
30	680	537	357		585	405		622	442	
31	679	328	149	208	342	163	242	353	174	268
32	679	249	70	287	243	64	341	245	66	376
33	679	252	73	284	247	68	337	250	71	371
34	678	565	387		607	429		645	467	
35	678	437	259	128	448	270	159	NA		
36	678	288	110	277	293	115	314	NA		
37	677	243	66	321	250	73	356	NA		
38	678	611	433		668	490				
Gem. i' toplaag				0.740			0.845			0.931
Gem. i filter				0.048			0.052			0.056
i totaal				0.455			0.518			0.569

		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 10.11			Debiet (l/s): 15.44			Debiet (l/s): 24.89		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
1	678	+500			+500			+500		
2	678	274	96		341	163		506	328	
3	678	274	96		343	165		508	330	
4	678	275	97		345	167		512	334	
5	678	275	97		345	167		512	334	
6	679	277	98		348	169		514	335	
6	678	275	97		345	167		510	332	
		+500			+500			+500		
13	678	264	86	10	323	145	18	463	285	43
14	680	264	84	12	321	141	24	456	276	54
16	679	265	86	11	326	147	20	470	291	43
		+500			+500			+500		
19	678	260	82	14	315	137	26	445	267	61
20	678	254	76	20	303	125	40	417	239	91
21	677	257	80	17	310	133	34	436	259	75
22	678	261	83	14	317	139	28	449	271	63
23	678	258	80	18	313	135	34	437	259	76
24	679	264	85	12	323	144	23	462	283	49
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	223	45		238	60		264	86	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	679	279	100	55	350	171	111	522	343	257
Meetblok		+500			+500			+500		
30	678	243	65		278	100		352	174	
31	678	237	59	6	264	86	14	326	148	26
32	677	229	52	13	251	74	26	295	118	56
33	677	224	47	18	240	63	37	270	93	81
34	678	247	69		285	107		371	193	
35	677	235	58	11	260	83	24	317	140	53
36	678	229	51	18	247	69	38	281	103	90
37	677	222	45	24	237	60	47	263	86	107
38	677	257	80		312	135		442	265	
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.072			0.151			0.354
Gem. <i>i</i> filter				0.055			0.106			0.239
<i>i</i> totaal				0.065			0.131			0.302

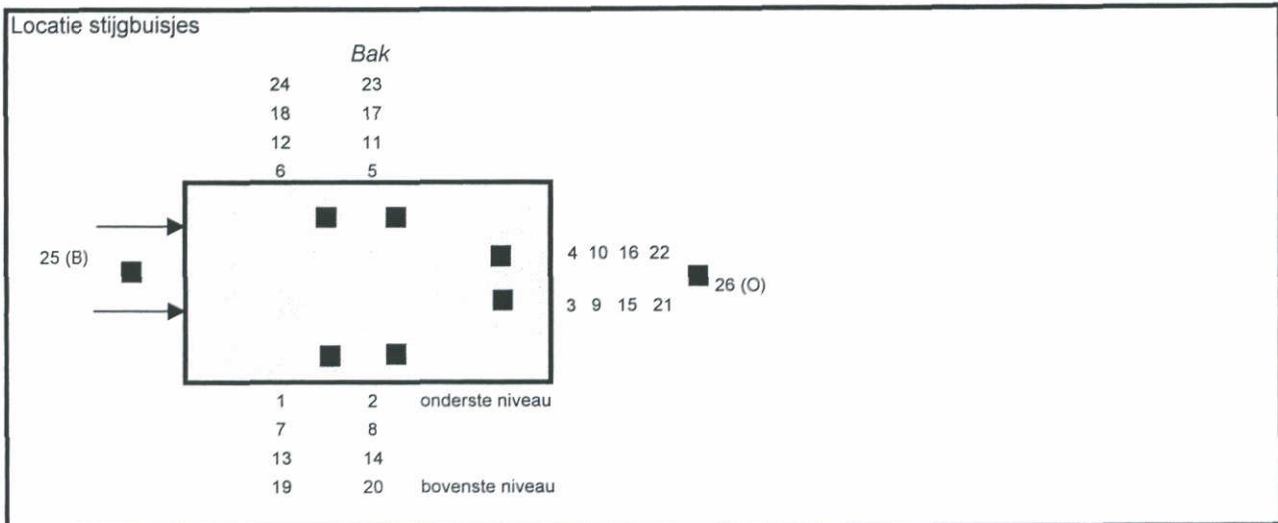


		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 27.64			Debiet (l/s): 30.61			Debiet (l/s): 32.97		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	678	563	385		628	450		683	505	
2	678	565	387		630	452		686	508	
3	678	570	392		638	460		693	515	
4	678	570	392		638	460		692	514	
5	679	573	394		641	462		697	518	
6	678	568	390		635	457		689	511	
		+500			+500			+500		
13	678	512	334	51	569	391	59	615	437	68
14	680	504	324	63	558	378	74	603	423	85
16	679	519	340	52	577	398	62	624	445	69
		+500			+500			+500		
19	678	491	313	72	543	365	85	587	409	96
20	678	457	279	108	503	325	127	540	362	146
21	677	479	302	90	529	352	108	572	395	120
22	678	496	318	74	548	370	90	594	416	98
23	678	481	303	91	529	351	111	572	394	124
24	679	509	330	60	565	386	71	611	432	79
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	270	92		277	99		282	104	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	679	582	403	311	652	473	374	709	530	426
Meetblok		+500			+500			+500		
30	678	377	199		403	225		426	248	
31	678	345	167	32	366	188	37	384	206	42
32	677	309	132	67	323	146	79	335	158	90
33	677	277	100	99	286	109	116	292	115	133
34	678	400	222		433	255		461	283	
35	677	335	158	64	355	178	77	372	195	88
36	678	292	114	108	304	126	129	313	135	148
37	677	270	93	129	276	99	156	281	104	179
38	677	487	310		539	362		582	405	
Gem. <i>i</i> ' toplaag				0.431			0.518			0.595
Gem. <i>i</i> filter				0.284			0.340			0.381
<i>i</i> totaal				0.366			0.440			0.501

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 36.22			Debiet (l/s): 40.17			Debiet (l/s): 45.50		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+1000		
1	678	772	594		881	703		546	868	
2	678	775	597		884	706		552	874	
3	678	783	605		894	716		563	885	
4	678	784	606		895	717		562	884	
5	679	790	611		902	723		573	894	
6	678	778	600		889	711		556	878	
		+500			+500			+1000		
13	678	692	514	80	787	609	94	430	752	116
14	680	679	499	98	770	590	116	408	728	146
16	679	703	524	82	798	619	98	445	766	118
		+500			+500			+1000		
19	678	658	480	114	747	569	134	380	702	166
20	678	611	433	164	690	512	194	309	631	243
21	677	639	462	143	724	547	169	353	676	209
22	678	666	488	118	754	576	141	891	713	171
23	678	638	460	151	722	544	179	849	671	223
24	679	686	507	93	779	600	111	921	742	136
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	289	111		297	119		309	131	
onder filterlaag		+500			+500			+1000		
26	679	803	624	513	917	738	619	594	915	784
Meetblok		+500			+500			+500		
30	678	462	284		508	330		574	396	
31	678	411	233	51	446	268	62	497	319	77
32	677	352	175	109	375	198	132	407	230	166
33	677	301	124	160	312	135	195	327	150	246
34	678	505	327		559	381		642	464	
35	677	396	219	108	427	250	131	473	296	168
36	678	327	149	178	343	165	216	367	189	275
37	677	288	111	216	296	119	262	306	129	335
38	677	652	475		739	562		872	695	
Gem. i' toplaag				0.721			0.878			1.116
Gem. i filter				0.450			0.533			0.660
i totaal				0.604			0.728			0.922

		Proef: 10			Proef: 11			Proef: 12		
		Debiet (l/s): 50.22			Debiet (l/s): 55.40			Debiet (l/s): 40.19		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+1000			+1000			+500		
1	678	711	1033		898	1220		884	706	
2	678	715	1037		902	1224		886	708	
3	678	733	1055		925	1247		894	716	
4	678	730	1052		923	1245		893	715	
5	679	745	1066		937	1258		902	723	
6	678	724	1046		910	1232		889	711	
		+1000			+1000			+500		
13	678	570	892	141	733	1055	165	788	610	96
14	680	547	867	170	704	1024	200	772	592	116
16	679	590	911	141	755	1076	169	800	621	94
		+1000			+1000			+500		
19	678	515	837	196	664	986	234	749	571	135
20	678	428	750	287	563	885	339	692	514	194
21	677	481	804	251	626	949	298	727	550	166
22	678	524	846	206	675	997	248	756	578	137
23	678	474	796	270	616	938	320	722	544	179
24	679	560	881	165	718	1039	193	781	602	109
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	319	141		328	150		298	120	
onder filterlaag		+1000			+1000			+500		
26	679	777	1098	957	967	1288	1138	916	737	617
Meetblok		+500			+1000			+500		
30	678	638	460		205	527		502	324	
31	678	546	368	92	96	418	109	443	265	59
32	677	437	260	200	468	291	236	375	198	126
33	677	339	162	298	352	175	352	312	135	189
34	678	722	544		311	633		558	380	
35	677	516	339	205	64	387	246	428	251	129
36	678	388	210	334	410	232	401	344	166	214
37	677	314	137	407	322	145	488	296	119	261
38	677	501	824		646	969		740	563	
Gem. i' toplaag				1.356			1.631			0.880
Gem. i filter				0.790			0.938			0.529
i totaal				1.126			1.339			0.726

		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 10.08			Debiet (l/s): 15.17			Debiet (l/s): 19.92		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	260	81		312	133		374	195	
2	679	261	82		315	136		377	198	
3	679	262	83		315	136		378	199	
4	679	261	82		314	135		376	197	
5	680	262	82		315	135		376	196	
6	679	261	82		313	134		374	195	
		+500			+500			+500		
7	679	260	81	0	312	133	0	372	193	2
8	679	261	82	0	313	134	2	373	194	4
9	680	262	82	1	314	134	2	376	196	3
10	680	262	82	0	314	134	1	375	195	2
11	679	260	81	1	312	133	2	373	194	2
12	679	260	81	1	310	131	3	371	192	3
		+500			+500			+500		
13	679	259	80	1	310	131	2	370	191	2
14	679	260	81	1	311	132	2	371	192	2
15	680	261	81	1	313	133	1	374	194	2
16	680	259	79	3	311	131	3	371	191	4
17	678	257	79	2	310	132	1	370	192	2
18	678	257	79	2	310	132	-1	369	191	1
		+500			+500			+500		
19	678	258	80	0	308	130	1	366	188	3
20	678	258	80	1	308	130	2	366	188	4
21	678	259	81	0	309	131	2	368	190	4
22	678	258	80	-1	308	130	1	367	189	2
23	679	259	80	-1	310	131	1	368	189	3
24	679	257	78	1	308	129	3	367	188	3
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	223	44		238	59		251	72	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	259	81	37	312	134	75	376	198	126
Gem. i' toplaag				0.090			0.178			0.292
Gem. i filter				0.007			0.016			0.028
i totaal				0.044			0.088			0.148



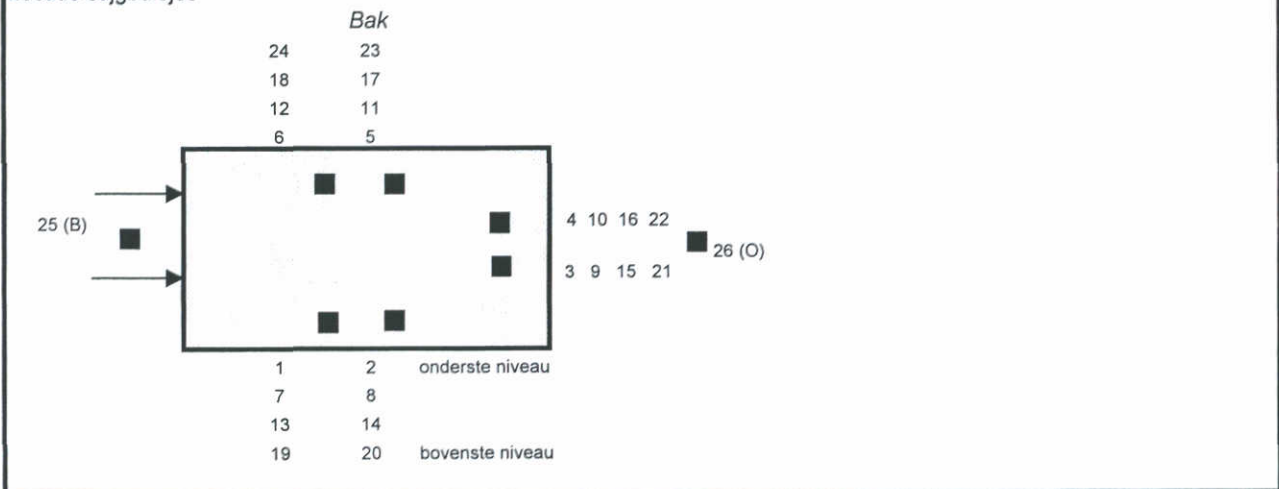
		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 25.39			Debiet (l/s): 30.40			Debiet (l/s): 35.78		
buis	Nulaflizing (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	450	271		530	351		626	447	
2	679	453	274		536	357		635	456	
3	679	456	277		541	362		640	461	
4	679	453	274		535	356		633	454	
5	680	452	272		534	354		631	451	
6	679	449	270		530	351		626	447	
		+500			+500			+500		
7	679	445	266	5	525	346	5	620	441	6
8	679	447	268	6	527	348	9	624	445	11
9	680	451	271	6	533	353	9	631	451	10
10	680	450	270	4	532	352	4	630	450	4
11	679	446	267	5	528	349	5	624	445	6
12	679	445	266	4	526	347	4	622	443	4
		+500			+500			+500		
13	679	441	262	4	520	341	5	615	436	5
14	679	443	264	4	522	343	5	618	439	6
15	680	447	267	4	526	346	7	624	444	7
16	680	444	264	6	523	343	9	620	440	10
17	678	442	264	3	521	343	6	618	440	5
18	678	442	264	2	520	342	5	617	439	4
		+500			+500			+500		
19	678	436	258	4	512	334	7	608	430	6
20	678	437	259	5	513	335	8	609	431	8
21	678	439	261	6	516	338	8	613	435	9
22	678	437	259	5	514	336	7	610	432	8
23	679	438	259	5	515	336	7	611	432	8
24	679	438	259	5	515	336	6	610	431	8
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	264	85		276	97		288	109	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	454	276	191	536	358	261	635	457	348
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.435			0.597			0.807
Gem. <i>i</i> filter				0.048			0.067			0.072
<i>i</i> totaal				0.225			0.307			0.409

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 40.83			Debiet (l/s): 45.44			Debiet (l/s): 50.58		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	679	725	546		812	633		885	706	
2	679	736	557		823	644		897	718	
3	679	742	563		832	653		910	731	
4	679	735	556		818	639		890	711	
5	680	731	551		815	635		887	707	
6	679	725	546		809	630		878	699	
		+500			+500			+500		
7	679	717	538	8	800	621	12	867	688	18
8	679	723	544	13	806	627	17	874	695	23
9	680	732	552	11	815	635	18	888	708	23
10	680	729	549	7	813	633	6	884	704	7
11	679	723	544	7	805	626	9	876	697	10
12	679	720	541	5	802	623	7	872	693	6
		+500			+500			+500		
13	679	712	533	5	790	611	10	856	677	11
14	679	715	536	8	794	615	12	862	683	12
15	680	724	544	8	805	625	10	874	694	14
16	680	718	538	11	798	618	15	862	682	22
17	678	715	537	7	798	620	6	860	682	15
18	678	714	536	5	796	618	5	860	682	11
		+500			+500			+500		
19	678	702	524	9	778	600	11	840	662	15
20	678	704	526	10	780	602	13	842	664	19
21	678	710	532	12	788	610	15	850	672	22
22	678	707	529	9	784	606	12	847	669	13
23	679	705	526	11	785	606	14	847	668	14
24	679	705	526	10	784	605	13	845	666	16
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	679	299	120		309	130		318	139	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	678	735	557	437	822	644	514	893	715	576
Gem. i' toplaag				1.018			1.187			1.320
Gem. i filter				0.090			0.118			0.156
i totaal				0.514			0.605			0.678

		Proef: 10			Proef: 11			Proef: 12		
		Debiet (l/s): 56.03			Debiet (l/s): 61.53			Debiet (l/s):		
buis	Nulaflezing (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflezing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+1000			+1000					
1	679	494	815		603	924				
2	679	512	833		593	914				
3	679	523	844		614	935				
4	679	505	826		630	951				
5	680	496	816		608	928				
6	679	488	809		602	923				
		+1000			+1000					
7	679	473	794	21	590	911	13			
8	679	481	802	31	573	894	20			
9	680	497	817	27	588	908	27			
10	680	492	812	14	605	925	26			
11	679	483	804	12	601	922	6			
12	679	478	799	10	583	904	19			
		+1000			+1000					
13	679	458	779	15	578	899	12			
14	679	465	786	16	560	881	13			
15	680	480	800	17	567	887	21			
16	680	472	792	20	585	905	20			
17	678	469	791	13	575	897	25			
18	678	465	787	12	564	886	18			
		+1000			+1000					
19	678	444	766	13	542	864	35			
20	678	448	770	16	549	871	10			
21	678	456	778	22	558	880	7			
22	678	451	773	19	553	875	30			
23	679	453	774	17	553	874	23			
24	679	451	772	15	549	870	16			
boven toplaag		+500			+500					
25	679	329	150		341	162				
onder filterlaag		+1000			+1000					
26	678	520	842	692	603	925	763			
Gem. i' toplaag		1.555			1.776					
Gem. i filter		0.178			0.196					
i totaal		0.814			0.898					

		Proef: 1			Proef: 2			Proef: 3		
		Debiet (l/s): 10.17			Debiet (l/s): 15.22			Debiet (l/s): 20.17		
buis	Nulaflazing (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	678	283	105		363	185		456	278	
2	678	283	105		363	185		458	280	
3	678	283	105		365	187		461	283	
4	678	284	106		365	187		461	283	
5	678	285	107		367	189		463	285	
6	678	284	106		365	187		459	281	
		+500			+500			+500		
7	678	283	105	0	363	185	0	455	277	1
8	678	283	105	0	364	186	-1	457	279	1
9	679	285	106	-1	365	186	1	460	281	2
10	679	285	106	0	365	186	1	460	281	2
11	678	284	106	1	365	187	2	460	282	3
12	678	283	105	1	362	184	3	457	279	2
		+500			+500			+500		
13	678	283	105	0	362	184	1	454	276	1
14	679	283	104	1	363	184	2	455	276	3
15	679	285	106	0	365	186	0	458	279	2
16	679	283	104	2	362	183	3	457	278	3
17	678	281	103	3	362	184	3	455	277	5
18	678	281	103	2	361	183	1	454	276	3
		+500			+500			+500		
19	678	282	104	1	360	182	2	451	273	3
20	678	282	104	0	360	182	2	451	273	3
21	678	283	105	1	362	184	2	455	277	2
22	678	283	105	-1	362	184	-1	454	276	2
23	677	280	103	0	360	183	1	452	275	2
24	677	281	104	-1	359	182	1	452	275	1
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	223	45		239	61		252	74	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	677	284	107	62	365	188	127	461	284	210
Gem. i' toplaag				0.148			0.305			0.502
Gem. i filter				0.005			0.013			0.024
i totaal				0.073			0.149			0.247

Locatie stijgbuisjes



		Proef: 4			Proef: 5			Proef: 6		
		Debiet (l/s): 24.92			Debiet (l/s): 29.92			Debiet (l/s): 32.44		
buis	Nulaflizing (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+500		
1	678	557	379		680	502		743	565	
2	678	562	384		683	505		748	570	
3	678	563	385		689	511		752	574	
4	678	564	386		689	511		752	574	
5	678	566	388		690	512		753	575	
6	678	560	382		682	504		746	568	
		+500			+500			+500		
7	678	556	378	1	676	498	4	739	561	4
8	678	557	379	5	678	500	5	742	564	6
9	679	563	384	1	684	505	6	749	570	4
10	679	562	383	3	683	504	7	749	570	4
11	678	562	384	4	683	505	7	747	569	6
12	678	558	380	2	679	501	3	743	565	3
		+500			+500			+500		
13	678	555	377	1	673	495	3	738	560	1
14	679	556	377	2	675	496	4	739	560	4
15	679	559	380	4	680	501	4	744	565	5
16	679	557	378	5	678	499	5	742	563	7
17	678	556	378	6	678	500	5	742	564	5
18	678	554	376	4	675	497	4	738	560	5
		+500			+500			+500		
19	678	550	372	5	668	490	5	731	553	7
20	678	550	372	5	668	490	6	730	552	8
21	678	554	376	4	674	496	5	736	558	7
22	678	553	375	3	673	495	4	735	557	6
23	677	552	375	3	672	495	5	733	556	8
24	677	551	374	2	670	493	4	732	555	5
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	264	86		275	97		281	103	
onder filterlaag		+500			+500			+500		
26	677	565	388	302	693	516	419	757	580	477
Gem. <i>i'</i> toplaag				0.720			0.990			
Gem. <i>i</i> filter				0.034			0.049			0.055
<i>i</i> totaal				0.355			0.493			0.561

		Proef: 7			Proef: 8			Proef: 9		
		Debiet (l/s): 35.33			Debiet (l/s): 38.19			Debiet (l/s): 41.50		
buis	Nulaflazing (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflazing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+500			+500			+1000		
1	678	826	648		914	736		495	817	
2	678	831	653		918	740		501	823	
3	678	837	659		925	747		508	830	
4	678	837	659		925	747		509	831	
5	678	840	662		929	751		512	834	
6	678	831	653		918	740		499	821	
		+500			+500			+1000		
7	678	821	643	5	908	730	6	487	809	8
8	678	825	647	6	911	733	7	490	812	11
9	679	833	654	5	920	741	6	503	824	6
10	679	832	653	6	920	741	6	504	825	6
11	678	832	654	8	918	740	11	504	826	8
12	678	825	647	6	912	734	6	492	814	7
		+500			+500			+1000		
13	678	818	640	3	904	726	4	483	805	4
14	679	820	641	6	906	727	6	484	805	7
15	679	827	648	6	913	734	7	494	815	9
16	679	825	646	7	910	731	10	492	813	12
17	678	824	646	8	910	732	8	490	812	14
18	678	820	642	5	905	727	7	484	806	8
		+500			+500			+1000		
19	678	811	633	7	895	717	9	474	796	9
20	678	811	633	8	895	717	10	474	796	9
21	678	818	640	8	903	725	9	482	804	11
22	678	817	639	7	901	723	8	481	803	10
23	677	815	638	8	898	721	11	478	801	11
24	677	813	636	6	898	721	6	476	799	7
boven toplaag		+500			+500			+500		
25	678	287	109		293	115		300	122	
onder filterlaag		+500			+500			+1000		
26	677	843	666	557	935	758	643	520	843	721
Gem. <i>i'</i> toplaag				1.319			1.514			1.695
Gem. <i>i</i> filter				0.066			0.079			0.090
<i>i</i> totaal				0.655			0.756			0.848

		Proef: 10			Proef: 11			Proef: 12		
		Debiet (l/s): 45.89			Debiet (l/s):			Debiet (l/s):		
buis	Nulaflizing (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)	Aflizing (mm)	h (mm)	Δh (mm)
		+1000								
1	678	603	925							
2	678	609	931							
3	678	622	944							
4	678	622	944							
5	678	625	947							
6	678	610	932							
		+1000								
7	678	596	918	7						
8	678	599	921	10						
9	679	595	916	28						
10	679	597	918	26						
11	678	585	907	40						
12	678	572	894	38						
		+1000								
13	678	572	894	24						
14	679	575	896	25						
15	679	586	907	9						
16	679	584	905	13						
17	678	583	905	2						
18	678	575	897	-3						
		+1000								
19	678	564	886	8						
20	678	565	887	9						
21	678	575	897	10						
22	678	572	894	11						
23	677	570	893	12						
24	677	565	888	9						
boven toplaag		+500								
25	678	309	131							
onder filterlaag		+1000								
26	677	633	956	825						
Gem. i' toplaag				1.900						
Gem. i filter				0.160						
i totaal				0.971						



WL | Delft Hydraulics

Rotterdamseweg 185
postbus 177
2600 MH Delft
telefoon 015 285 85 85
telefax 015 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

Rotterdamseweg 185
p.o. box 177
2600 MH Delft
The Netherlands
telephone +31 15 285 85 85
telefax +31 15 285 85 82
e-mail info@wldelft.nl
internet www.wldelft.nl

