

Opdrachtgever	
Gemeente Gilze en Rijen Contactpersoon De heer R. Stoop en de heer M. Tichelaar	
CSO adviesbureau	
Projectcode CSO	05.B283
Datum	16-12-2005
Projectleider	Dhr. E. Schurink

Inhoudsopgave

	Blz.
1	Inleiding.....1
2	Achtergronden.....2
2.1	Terreingegevens2
2.2	Regionale Geohydrologie.....2
2.3	Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem.....3
3	Uitgevoerd onderzoek4
3.1	Onderzoeksopzet4
4	Resultaten5
4.1	Veldwerkzaamheden5
4.2	Infiltratie proeven5
5	Bespreking resultaten en evaluatie8
5.1	Bespreking resultaten.....8
5.2	Consequenties voor eventuele infiltratie8
6	Conclusies10

Bijlagen

Bijlage 1	Regionale ligging van de onderzoekslocatie
Bijlage 2	Situatietekening
Bijlage 3	Boorbeschrijvingen
Bijlage 4	Meetresultaten

1 Inleiding

In opdracht van Poederoyen Compagnons heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd, gericht op de capaciteit van de bodem met betrekking tot de infiltratie van hemelwater in de bodem uitgevoerd op de locatie Broekakkers-oost in Gilze.

Aanleiding voor het uitvoeren van dit infiltratieonderzoek is de geplande herontwikkeling van de locatie. Ten behoeve van deze herontwikkeling wordt de bestemming gewijzigd en in het kader daarvan wordt door CSO Adviesbureau een watertoets uitgevoerd. De gemeente is voornemens het hemelwater niet meer via het gemeentelijk rioolstelsel af te voeren naar de waterzuiveringsinstallatie maar dit te infiltreren in de bodem. Om de mogelijkheden van infiltratie op de locatie te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van de planlocatie uitgevoerd.

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de infiltratiecapaciteit van de bodem in het gebied Broekakkers-oost. Omdat in deze fase van de planvorming de wijze en locatie van eventueel infiltreren nog niet bekend zijn, zijn op verschillende delen van het terrein doorlatendheidsmetingen (infiltratiemetingen) uitgevoerd, en is ervoor gezorgd dat een representatief beeld is verkregen van de infiltratiecapaciteit van het gehele gebied.

In dit rapport wordt ingegaan op de beschikbare gegevens en de onderzoeksopzet, de uitvoering en de resultaten van het veldonderzoek. Ten slotte worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Achtergronden

2.1 Terreingegevens

De onderzoekslocatie is gelegen in de gemeente Gilze en Rijen en bestaat grotendeel uit weilanden, akkers en boerenerven. Het gebied heeft een oppervlak van circa 46 hectare. Het gebied is ingesloten tussen de A58 aan de noordzijde, de Lange Bergseweg aan de westzijde en de Tilburgse Baan aan de zuid- en oostzijde.

2.2 Regionale Geohydrologie

De navolgende gegevens zijn ontleend aan de Grondwaterkaart van Nederland, blad Centrale Slenk (TNO-Dienst Grondwaterverkenning, 1976). De maaiveldhoogte varieert van ca. 13,0 m+NAP in het oosten tot ca. 11,3 m+NAP in het westen. Het gebied is grotendeels ingedeeld in grondwatertrap VI (bodemkaart van Nederland, blad 50 oost, Tilburg). Het gemiddeld hoogste grondwaterniveau (GHG) ligt in dit gebied tussen 0,4 en 0,8 m-mv.

Het gebied bevindt zich ten oosten van de Gilze Rijen-Storing en de regionale bodemopbouw kan globaal als volgt worden geschematiseerd:

Tabel 1 Samenvatting regionale bodemopbouw

Meters t.o.v. NAP	geologische omschrijving	lithostratigrafie	grondsoort
13 tot -5	1e watervoerend pakket	Formatie van Sterksel	zand
-5 tot -55	1e slechtdoorlatende laag	Formatie van Tegelen en Kedichem	klei en slibhoudende zanden
-55 tot -85	2e watervoerend pakket	Formatie van Tegelen en Maassluis	zand

Een belangrijke rol in de geohydrologie speelt de scheidende laag waarvan de diepte ten oosten en ten westen van de geologische storing sterk verschilt. De onderzoekslocatie is gelegen ten oosten van de Gilze Rijen Storing. Aan de westzijde van deze storing komt de scheidende laag aan de oppervlakte. Ten oosten van de Gilze Rijen Storing wordt deze laag pas op circa 20 m -mv aangetroffen.

De locatie ligt in een gebied waar regionaal infiltratie optreedt. Het freatisch grondwater bevindt zich op circa 10 tot 12 m +NAP en stroomt regionaal in noordwestelijke richting af. In Gilze worden op enkele plaatsen relatief grote hoeveelheden grondwater onttrokken. De stromingsrichting in het eerste watervoerend pakket wordt hierdoor op regionale schaal echter niet beïnvloed. De dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebieden zijn Gilze en Gilzerbaan.

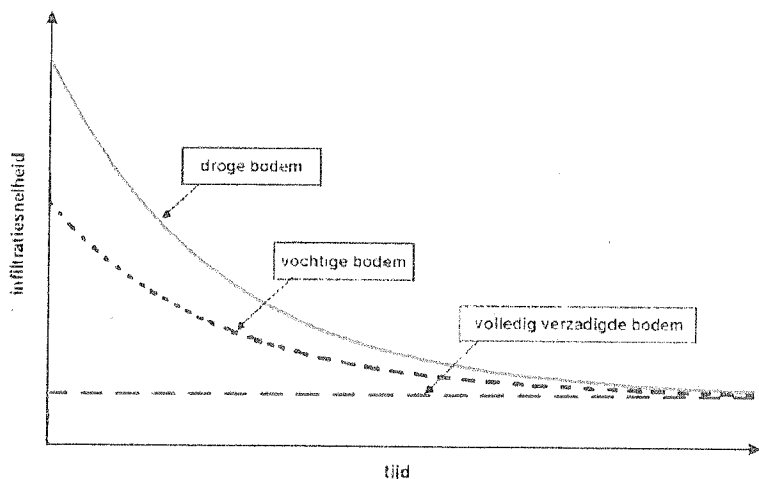
2.3 Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem

De infiltratiecapaciteit van de ondergrond verschilt per type ondergrond. Bij de dimensionering van een infiltratievoorziening is het van belang uit te gaan van een zo correct mogelijke inschatting van de infiltratiecapaciteit. Infiltratietesten zijn een hulpmiddel om een inschatting te maken van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Het heeft echter weinig zin om de infiltratiecapaciteit te testen van gronden waarvan op basis van literatuurgegevens een veel te kleine doorlaatbaarheid wordt verwacht (klei, leem en veen).

De ondergrond bestaat uit een onverzadigde en een verzadigde zone. De doorlaatbaarheid (of doorlatendheid of infiltratiecapaciteit) van beide zones wordt gekarakteriseerd door de hydraulische geleidbaarheid K . In de verzadigde zone is de hydraulische geleidbaarheid een constante (K_{sat}), in de onverzadigde zone is dit niet het geval. In de onverzadigde zone speelt de zuigcapaciteit van de bodem een belangrijke rol en is de hydraulische geleidbaarheid een functie van die zuigcapaciteit, die op haar beurt weer een functie is van het watergehalte van de bodem. Zo zal bij een initieel drogere bodem de infiltratiesnelheid groter zijn dan bij een initieel vochtige bodem. De infiltratiesnelheid zal afnemen naarmate het watergehalte in de bodem stijgt, totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert. Het is aan te raden deze constante waarde te gebruiken als (veilige) waarde voor de infiltratiecapaciteit bij de dimensionering en de berekening van het ledigingsdebiet van de infiltratievoorziening.

Figuur 1 geeft aan dat de infiltratiecapaciteit van een droge bodem veel groter is dan de infiltratiecapaciteit van een volledig verzadigde bodem. Dit betekent dat het beter is te voorkomen dat de infiltratie leidt tot langdurige vernatting, omdat dit de effectiviteit van een infiltratievoorziening sterk vermindert. Bij de interpretatie van infiltratiemetingen als door ons uitgevoerd (slugproeven) wordt met bovengenoemde processen rekening gehouden. De capaciteit van een infiltratievoorziening vermindert met de tijd door colmatatie (dichtslibbing), een goede aanleg en onderhoud zijn noodzakelijk om de infiltratiecapaciteit te blijven garanderen.

figuur 1 Infiltratiesnelheid met verschillende initiële watergehalten



De infiltratiecapaciteit van de bodem is tevens afhankelijk van de grondwaterstand. Met name in de winterperiode kunnen hoge grondwaterstanden voorkomen. De Europese Norm hemelwater binnen de perceelgrens [CEN, 2000, in voorbereiding] gaat uit van een minimale dikte van 0,70 m onverzadigde zone boven het hoogste niveau van de grondwaterspiegel (GHG).

3 Uitgevoerd onderzoek

3.1 Onderzoeksopzet

Op 8 en 9 december 2005 zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd. In deze fase van de planvorming zijn nog geen voorkeurslocaties bekend, diepte en methode voor de infiltratie van hemelwater. Uit de boorbeschrijvingen van het reeds uitgevoerde Verkennend bodemonderzoek locatie Broekakkers-oost, gemeente Gilze-Rijen, projectnummer 05.B283.10, 2005 blijkt de bodem in het gehele onderzoeksgebied hoofdzakelijk uit zand bestaat. Om een algemeen beeld van de doorlatendheid van de bodem in het gebied te verkrijgen zijn de locaties van de infiltratieproeven ruimtelijk gelijkmatig over het gebied verdeeld. Het gebied is opgedeeld in 13 vakken (zie bijlage 2) met een oppervlak van ieder circa 3,5 hectare. In elk van deze 13 vakken is een infiltratieproef uitgevoerd.

De boringen zijn doorgezet tot 1,20 m-mv. Op basis van het opgeboorde materiaal zijn in het veld K-waardes ingeschat. De uitgevoerde proef is een niet steady-state infiltratieproef (slug-test) waarmee de verzadigde doorlatendheid wordt bepaald. De proef vindt plaats boven de grondwaterspiegel in de onverzadigde zone. Vanwege de praktisch zeer moeilijk uit te voeren steady-state proef (constant debiet en waterpeil) is gekozen voor de niet steady-state infiltratieproef waarbij het waterniveau in het boorgat afneemt in de tijd.

De proef bestaat uit het voorbenatten (verzadigen) en vullen van het boorgat met water waarna door middel van een datalogger de snelheid wordt bepaald waarmee het waterniveau daalt doordat water uit het boorgat in de bodem infiltreert. De datalogger meet periodiek (elke 2 seconden) de hoogte van de waterkolom in het boorgat. In twee boorgaten is de proef in duplo uitgevoerd om de spreiding (betrouwbaarheid) van de meetresultaten te kunnen controleren.

Naast de gegevens uit de uitgevoerde veldwerkzaamheden is gebruik gemaakt van de reeds bestaande bodeminformatie over de locatie. Op de locatie is een milieuhygiënisch bodemonderzoek uitgevoerd (Verkennd bodemonderzoek locatie Broekakkers-oost, gemeente Gilze-Rijen, projectnummer 05.B283.10, 2005). Uit de bodembeschrijvingen van dit onderzoek is nagegaan of op grotere diepte (>1,2 m-mv) storende lagen aanwezig zijn die de infiltratiecapaciteit van de bodem kunnen beperken.

De positie van de in dit onderzoek verrichte boringen zijn ingemeten ten opzichte van een vast punt en op de plattegrond van kaartbijlage 2 weergegeven.

De veldwerkzaamheden zijn verricht door CSO. CSO is ISO 9001, VCA** en BRL2000 gecertificeerd door DNV. Daarnaast is CSO lid van de Vereniging Kwaliteitsborging Bodemonderzoek (VKB).

4 Resultaten

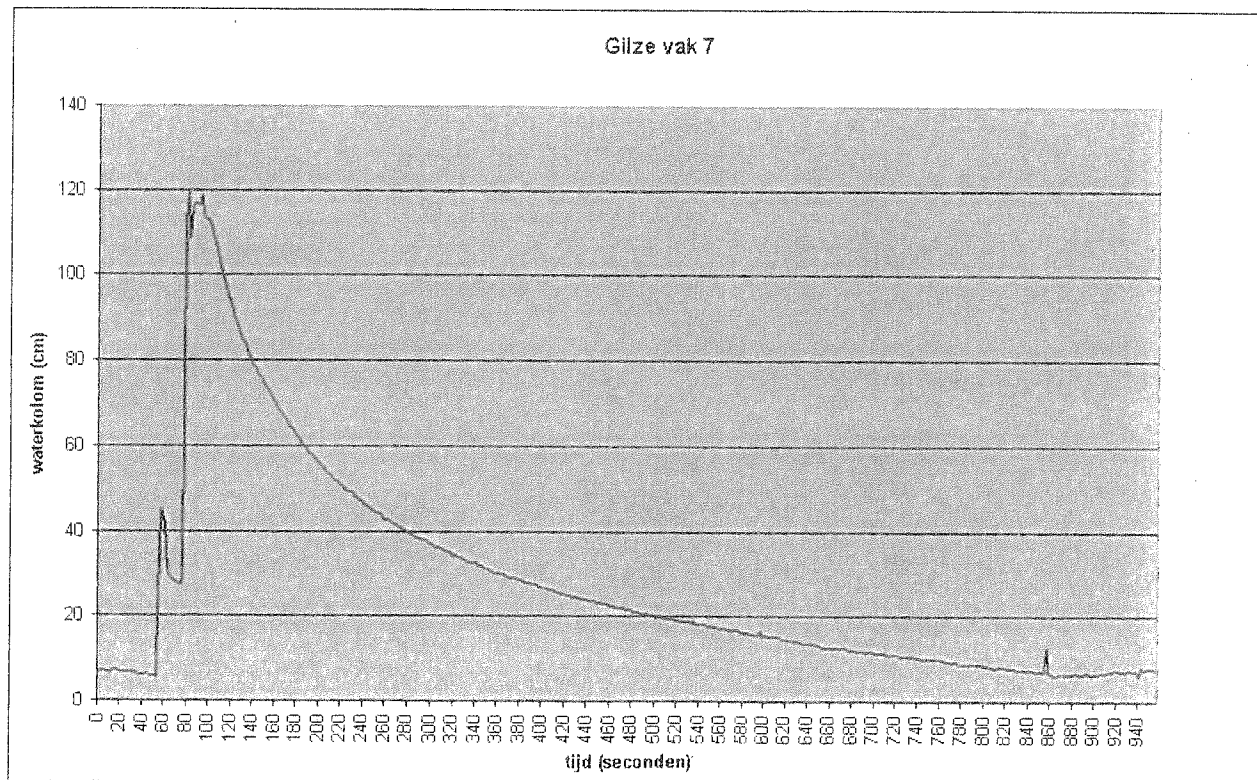
4.1 Veldwerkzaamheden

Het opgeboorde materiaal is beoordeeld op kleur, textuur, bijmenging(en) en eventuele bijzonderheden. Op basis van deze zintuiglijke waarnemingen zijn aan de verschillende bodemlagen K-waardes toegekend op grond van gelijkvormigheid van de korrels, korrelsortering (grofheid), leemhoudendheid en organische stof -gehalte. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3. De informatie die deze boringen heeft opgeleverd bevestigen het geologische en geohydrologische profiel van de bodem zoals beschreven in hoofdstuk 2. In de boorbeschrijvingen (bijlage 3) zijn de veldwaarnemingen en de ingeschatte k-waarden weergegeven. In het veld is op basis van roestvorming in het bodemprofiel het gemiddeld hoogste grondwaterniveau (GHG) ingeschat. Ingeschat wordt dat het GHG gemiddeld op circa 0,7 m-mv ligt. Het grondwater op de locatie is aangetroffen tussen 1,1 en 2,5 m-mv (peilbuizen CSO, verkennend bodemonderzoek, 2005).

4.2 Infiltratie proeven

Met behulp van de omgekeerde boorgat methode is de verzadigde horizontale doorlatendheid ter plaatse van de boringen 1 t/m 13 bepaald. De infiltratieproeven bestonden uit het toevoegen van water aan het boorgat waarna werd gemeten met welke snelheid het waterpeil daalde. De boorgaten zijn voor aanvang van de proef met circa 40 liter water voorbenat (verzadigd). In onderstaande figuur is ter illustratie de infiltratiecurve van boorgat 7 weergegeven. De overige infiltratiecurves zijn in bijlage 4 opgenomen.

Figuur 2 overzicht infiltratie proeven



Het debiet dat uit het boorgat de bodem inloopt volgt, in samenhang met de vergelijking van Darcy, uit de volgende vergelijking:

$$Q(t) = K * A(t) = -\pi * r^2 * \frac{dh}{dt}$$

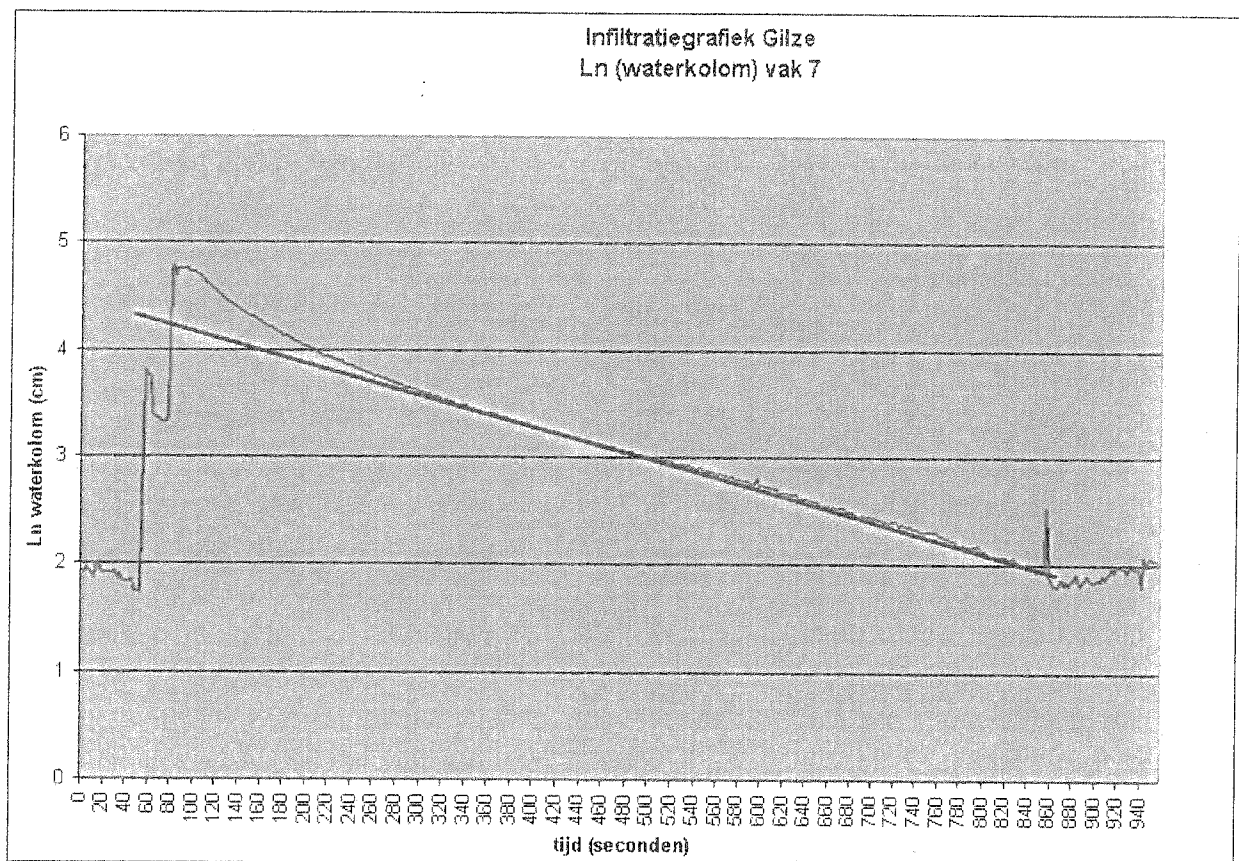
met: K = doorlatendheid (m/sec)
A = oppervlakte waarover water infiltreert in de bodem (m²)
h = waterniveau in het boorgat (m)
t = tijd (s)

Integratie van deze vergelijking leidt tot de vergelijking:

$$K = \frac{r}{2} * \frac{-\Delta(\ln(h(t)))}{\Delta(t)}$$

Beide vergelijkingen veronderstellen dus een lineair verband tussen ln(h) en de tijd. Dit blijkt voor deze metingen inderdaad op te gaan. In onderstaande grafiek is ln(h) tegen de tijd uitgezet. De mate waarin het lineair verband aanwezig is wordt door middel van de regressie lijn (rode lijn) weergegeven.

Figuur 3 lineaire relatie tussen ln(waterkolom) en de tijd



In de onderstaande tabel staan de berekende K-waarden per proef weergegeven. Ter plaatse van de boorgaten 6 en 9 zijn de proeven in duplo uitgevoerd.

Tabel 3. Verzadigde horizontale doorlatendheden

locatie	r (boorgat)	ln (h(t1))	ln (h(t2))	t1	t2	Ksat (m/dag)
Vak 01	4	3,879	3,258	450,0	972,0	2,1
Vak 02	4	4,154	3,775	290,0	646,0	1,8
Vak 03	4	4,73	3,786	75,0	1120,0	1,6
Vak 04	4	5,121	5,071	74,0	910,0	0,1
Vak 05	4	3,784	3,332	468,0	828,0	2,2
Vak 06-1	4	4,456	4,02	110,0	360,0	3,0
Vak 06-2	4	3,898	2,976	386,0	1036,0	2,5
Vak 07	4	3,227	1,932	418,0	852,0	5,2
Vak 08	4	4,73	4,047	36,0	862,0	1,4
Vak 09-1	4	4,25	3,586	248,0	682,0	2,6
Vak 09-2	4	4,237	3,998	358,0	686,0	1,3
Vak 10	4	4,451	3,64	134,0	604,0	3,0
Vak 11	4	4,847	4,522	216,0	918,0	0,8
Vak 12	4	3,63	2,468	300,0	790,0	4,1
Vak 13	4	3,661	2,701	334,0	830,0	3,3

Omgekeerde boorgat methode (met afnemend infiltrerend oppervlak)

$$K_{sat} = \frac{r_d}{2} \cdot \frac{(\ln(h(t1)) - \ln(h(t2)))}{(t1 - t2)}$$

Ksat = verzadigde horizontale doorlatendheid (cm/sec)

r(boorgat) = straal boorgat (cm)

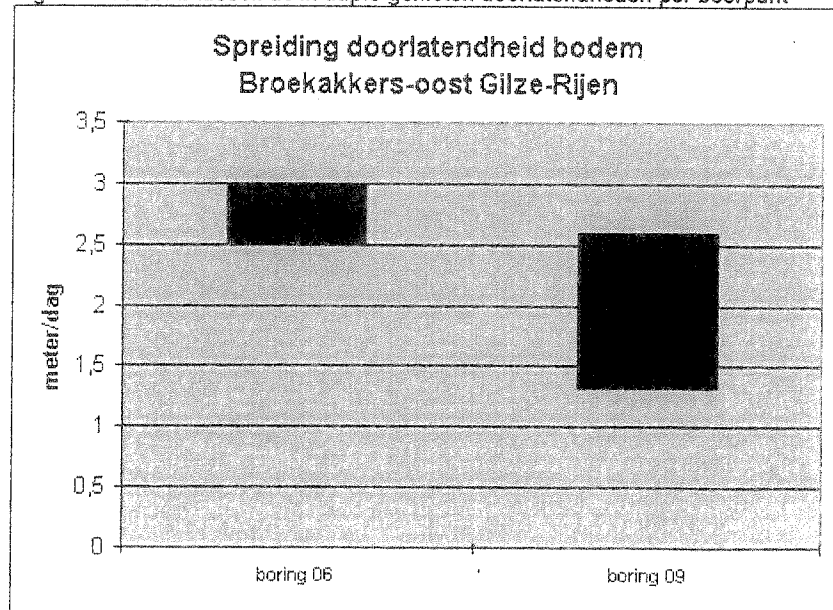
h(t1) = hoogte waterkolom op t=1 (cm)

h(t2) = hoogte waterkolom op t=2 (cm)

t1 = tijdstip begin van de meting (sec)

t2 = tijdstip einde van de meting (sec)

Figuur 4. Verschil tussen de in duplo gemeten doorlatendheden per boorpunt



5 Bespreking resultaten en evaluatie

5.1 Bespreking resultaten

Op de herontwikkelingslocatie zijn dertien boringen tot 1,2 m-mv uitgevoerd. In de boorgaten zijn infiltratieproeven uitgevoerd. Het grondwaterniveau in het gebied is gemeten in het milieuhygiënisch bodemonderzoek (verkennd bodemonderzoek locatie Broekakkers-oost, gemeente Gilze-Rijen, projectnummer 05.B283.10, 2005) en is aangetroffen op een diepte die varieert tussen 1,10 tot 2,50 m-mv.

De bodem bestaat uit matig fijn zand. Af en toe worden dunne leembandjes aangetroffen. De zwarte toplaag verschilt in dikte van 0,30 tot 0,80 meter en is matig tot sterk humeus. Uit de boorbeschrijvingen van de diepere boringen uit het milieuhygiënisch bodemonderzoek blijkt dat er geen (doorlopende) storende (slechtdoorlatende) lagen in de ondergrond aanwezig zijn.

Op basis van de bodemprofielen wordt ingeschat dat het GHG (gemiddeld hoogste grondwaterniveau) op circa 0,70 m-mv ligt. De dikte van de onverzadigde zone (ca. 0,70 meter boven GHG) is nauwelijks dik genoeg voor de realisatie van infiltratievoorzieningen. Indien wordt gekozen voor infiltratie van hemelwater dient hiermee bij de keuze van de infiltratiemethode rekening te worden gehouden.

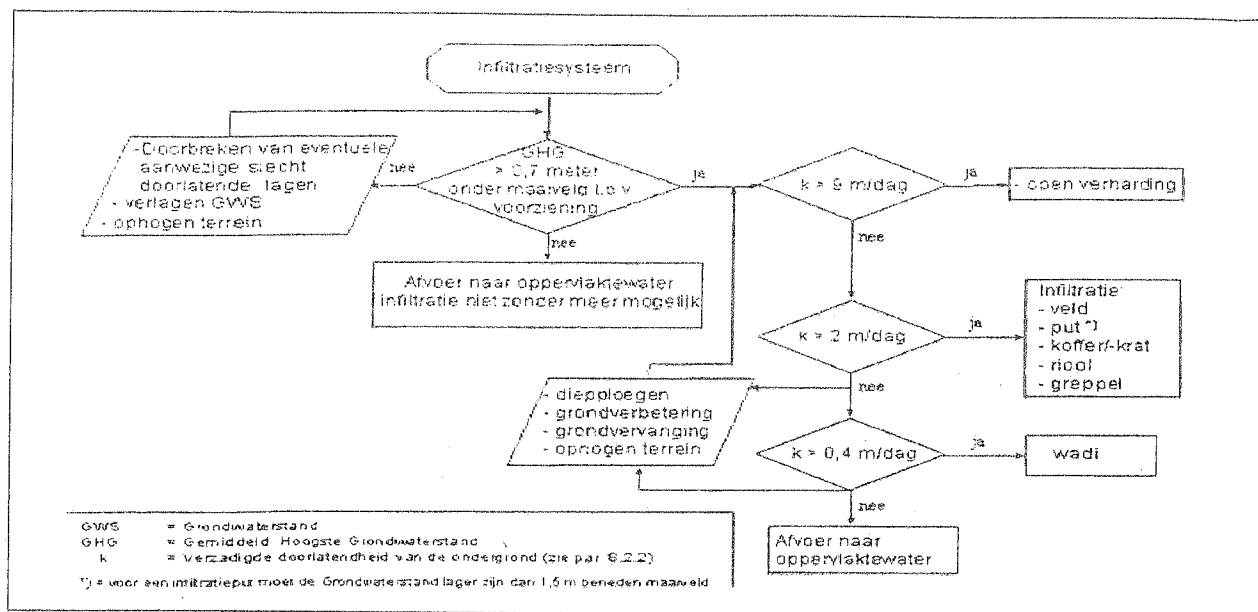
In tabel 3 en figuur 4 zijn de gemeten doorlatendheden (m/dag) weergegeven. Hieruit blijkt dat de gemeten doorlatendheden in het gebied niet veel van elkaar verschillen. Ter plaatse van de meeste boringen is de bodem matig doorlatend (tussen 1 en 3 m/dag). Ter plaatse van de boringen 4 en 11 is de bodem slecht doorlatend (< 1 m/dag). Ter plaatse van de boringen 7 en 12 is de doorlatendheid van de bodem redelijk goed, respectievelijk 4 en 5 m/dag.

5.2 Consequenties voor eventuele infiltratie

Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen wordt doorgaans de ontwerprichtlijn 'Hemelwater binnen de perceelgrens (2000)' gebruikt. Uit het onderstaande stroomschema (figuur 5) zijn de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater op de onderzoekslocatie af te leiden. In dit geval betekent dit dat er voor de uitvoering van voorzieningen ten behoeve van opvang, gebruik en infiltratie van hemelwater binnen de perceelgrens beperkte mogelijkheden zijn. Met name de dunne onverzadigde zone (GHG op 0,70 m-mv) in combinatie met de matige doorlatendheid van de bodem zorgt ervoor dat niet alle infiltratievoorzieningen geschikt zijn voor deze locatie.

Voor de infiltratie van hemelwater middels kunstmatig aangebrachte kratten e.d. wordt een minimale doorlatendheid van 2,0 m/dag aangehouden (zie figuur 5). Voor infiltratie via wadi's is een minimale doorlatendheid van 0,4 m/dag vereist. Daarnaast is een minimale dikte van de onverzadigde zone van 0,7 meter om de voorziening te realiseren. Op basis van de meetresultaten (K-waarde en GHG) concluderen wij dat de hydrologische situatie in het plangebied niet geschikt is voor infiltratie van hemelwater middels kratten en/of koffers. Infiltratie door middel van een wadi behoort tot de mogelijkheden op de locatie waar de doorlatendheid van de bodem groter is dan 0,4 m/dag (zie kaartbijlage 2).

Figuur 5. Mogelijkheden voor infiltratie hemelwater (hemelwater binnen perceelgrens, isso sbr, 2000)



6 Conclusies

In opdracht van Poederoyen en Compagnons heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar infiltratiecapaciteit van de bodem en mogelijkheden van infiltratie van hemelwater in de bodem op de locatie Broekakkers-oost in Gilze.

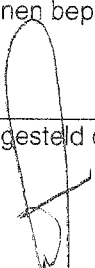
Aanleiding voor het uitvoeren van dit infiltratieonderzoek is de geplande herontwikkeling van de locatie. Bij de herontwikkeling is men voornemens het hemelwater niet meer via het gemeentelijk rioolstelsel af te voeren naar de waterzuiveringsinstallatie maar (zoveel als mogelijk) te infiltreren in de bodem. Om de mogelijkheden van infiltratie op de locatie te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van de planlocatie uitgevoerd. De onderzoekslocaties zijn gelijkmatig over de herontwikkelingslocaties verdeeld omdat het ruimtelijk plan en de ligging van eventuele infiltratievoorzieningen nog niet is vastgesteld.

Aan de hand van een beoordeling van uitgeboorde grond en op basis van infiltratieproeven is op dertien plaatsen de doorlatendheid van de bodem bepaald. De infiltratiemogelijkheden in het plangebied zijn beperkt gezien de dunne onverzadigde zone ter plaatse (GHG op circa 0,7 m-mv) en de matige doorlatendheid van de bodem in het gebied. In het oosten van het plangebied (vak 12 en 13) is de doorlatendheid van de bodem iets hoger waardoor de mogelijkheden voor infiltratie daar groter zijn.

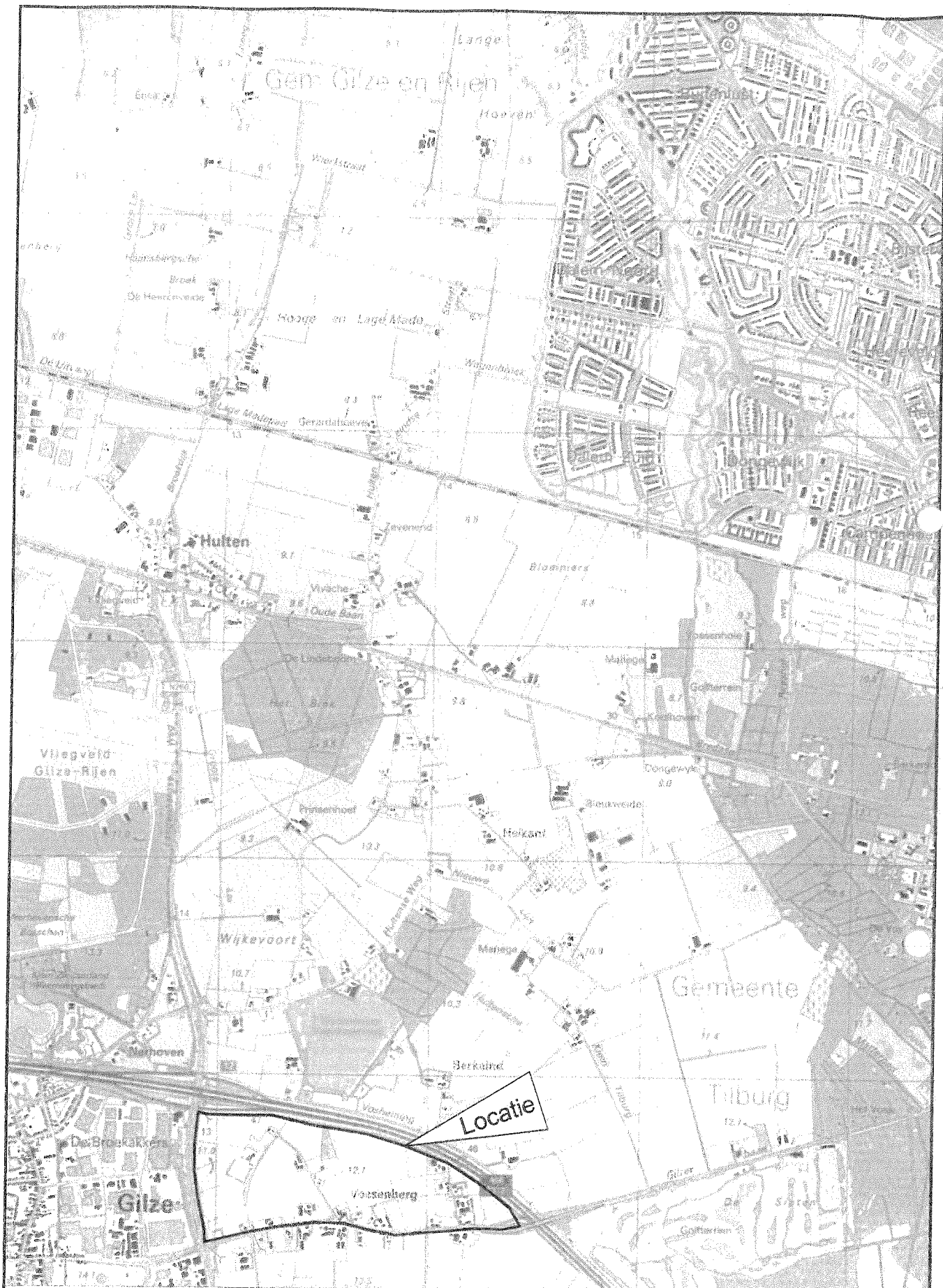
Op basis van de meetresultaten blijkt dat de hydrologische situatie in het plangebied niet geschikt is voor infiltratie van hemelwater middels kratten en/of koffers. Infiltratie middels de aanleg van een wadi is, afhankelijk van de locatie binnen het plangebied, wel een optie.

In dit onderzoek is een oordeel gegeven over de infiltratiecapaciteit van de bodem op 13 plaatsen die gelijkmatig over het terrein zijn verdeeld en representatief worden beschouwd voor het gehele gebied. Of de bodem het aanbod van hemelwater al dan niet kan verwerken is afhankelijk van het af te koppelen oppervlak en de beschikbare ruimte voor infiltratievoorzieningen.

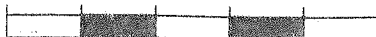
De doorlatendheid van de bodem verschilt per locatie. Indien wordt gekozen voor het infiltreren van hemelwater in de bodem wordt aanbevolen om op de exacte locatie van de te realiseren voorziening aanvullende infiltratieproeven uit te laten voeren om de benodigde dimensies van de voorziening te kunnen bepalen.

Opgesteld door:  Drs. J.G. van den Braak Hydroloog <i>E. E. Schurink</i>	Akkoord bevonden door:  Drs. E. Schurink Projectleider 17 maart 2006
--	---

**Bijlage I Kaartbijlage regionale ligging van de
onderzoekslocatie**



0 250 500 750 1000 1250 m



OPDRACHTGEVER Poulderoyen Compagnons

PROJEKT NR

05.B283.10

BIJLAGE

1

TEK NR

1

TITEL Regionale ligging van de onderzoekslocatie

BRON ANWB Topografische atlas, Noord-Brabant, kaartblad: 67

DATUM 21 december 2005

GET ing. M.E.J. Wamier

SCHAAL 1:25.000 bij A4

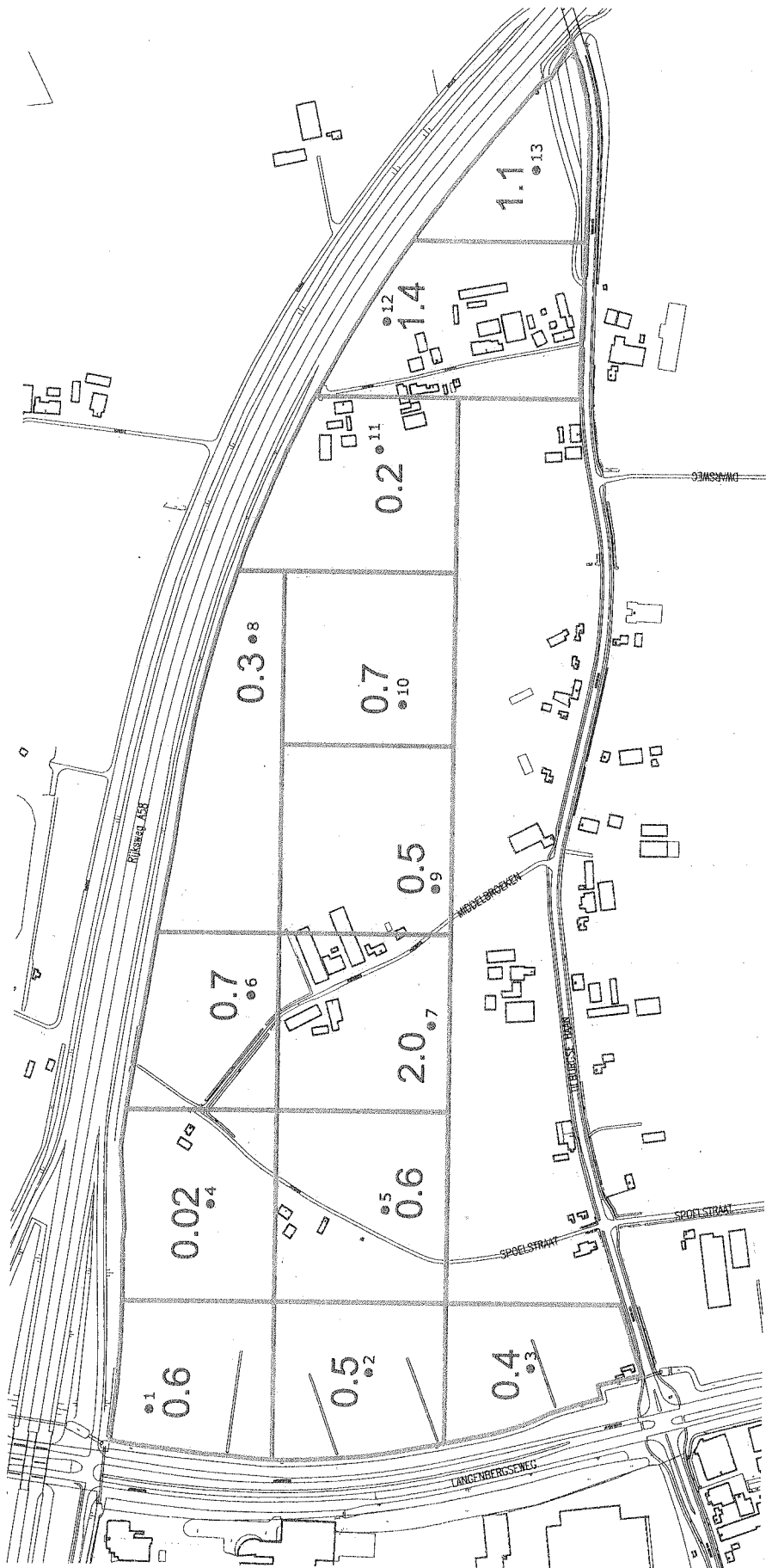
GEZ drs. E. Schurink

CSO
adviesbureau

Postbus 1323
6201 BH Maastricht

Tel.: 043-3523950
Fax: 043-3523970

Bijlage II Situatietekening



LEGENDA

- Locatie infiltratie
- 0.6 Doorlatendheid (m/d)
- Vak

OPDRACHTGEVER Gemeente Gilze-Rijen

PROJECTNR 05.B283

KARTBLAD 2

GEMEENTE GILZE-RIJEN

LOCATIE Infiltratie onderzoek

TITEL Situering boorpunten

SCHAAL 1: 5.000

FORMAT A3

SET Q. Jaeger

GRZ J. van den Braak

DATUM 15-12-2005

14:38

Postbus 2

3980 CA BUNNIK

TEL NR 030-694321

FAX NR 030-637752

adviesbureau

Email: info@adviesbureau.nl

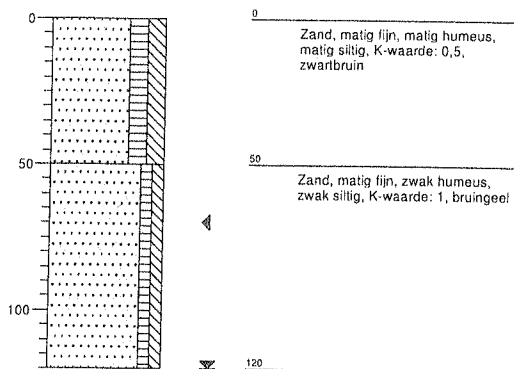
Bijlage III Boorbeschrijvingen

Boring

Boring 01

Datum:

09-12-2005

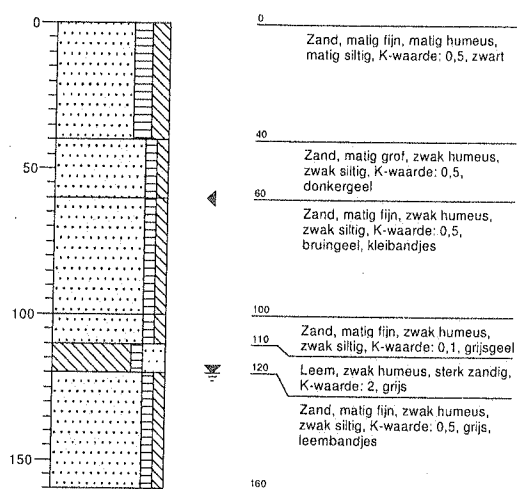


Boring

Boring 02

Datum:

08-12-2005

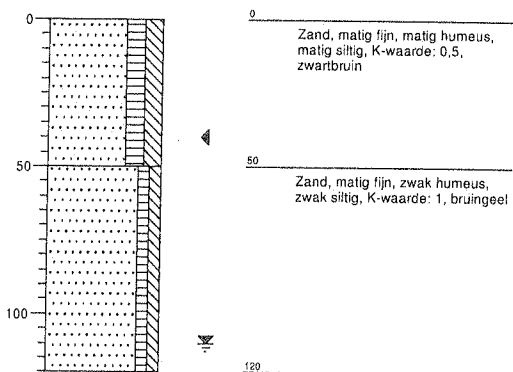


Boring

Boring 03

Datum:

08-12-2005

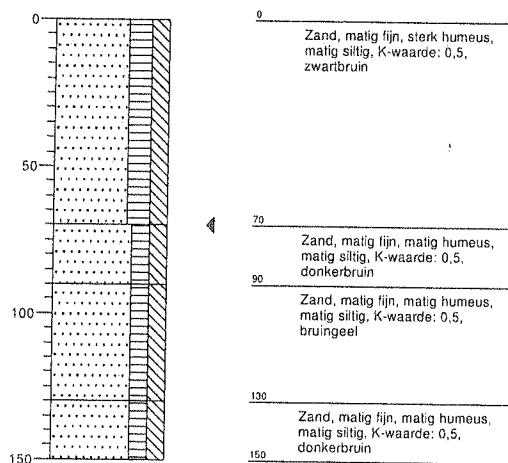


Boring

Boring 04

Datum:

08-12-2005



Projectnummer: 05.B283

Gilze-Rijen



adviesbureau

milieu
ruimte
water

Bijlage 2

Blad 2 / 2

Boorprofielen

Schaal: 1: 25

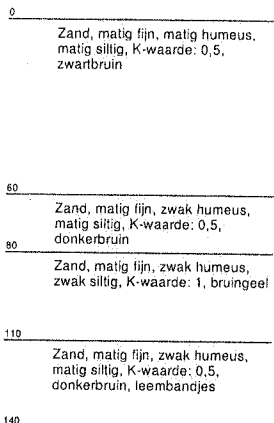
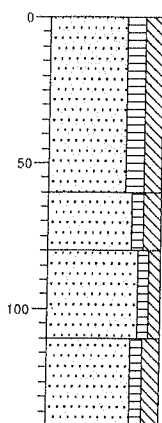
Opdrachtgever:

Boring

Boring 05

Datum:

08-12-2005

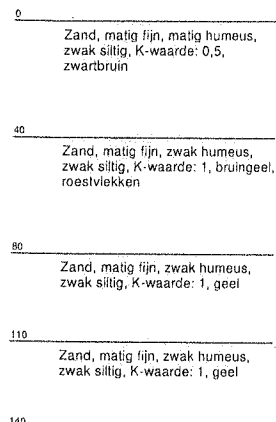
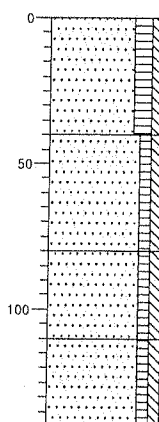


Boring

Boring 06

Datum:

08-12-2005

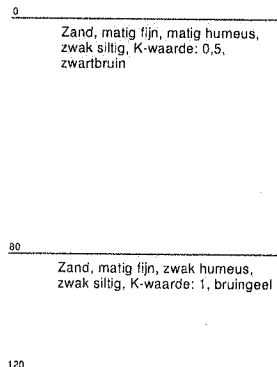
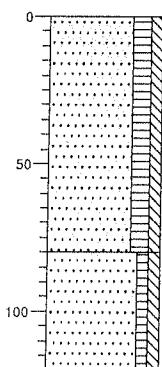


Boring

Boring 07

Datum:

08-12-2005

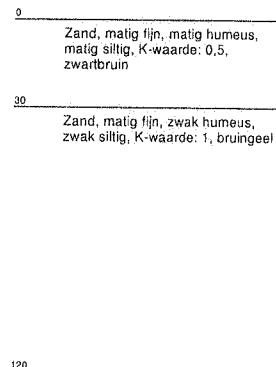
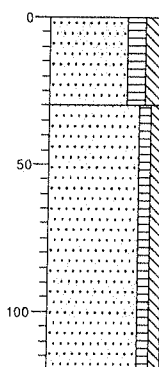


Boring

Boring 08

Datum:

09-12-2005



Projectnummer: 05.B283

Gilze-Rijen



adviesbureau milieuruimte water

Bijlage 2

Blad 1 / 2

Boorprofielen

Schaal: 1: 25

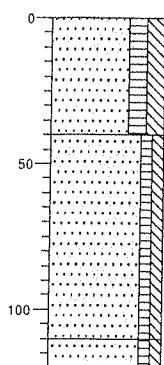
Opdrachtgever:

Boring

Boring 09

Datum:

09-12-2005



0
Zand, matig fijn, matig humeus,
matig siltig, K-waarde: 0,5,
zwartbruin

40
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, bruingeel

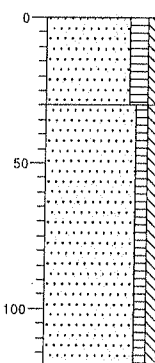
110
120
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, geel

Boring

Boring 10

Datum:

08-12-2005



0
Zand, matig fijn, matig humeus,
zwak siltig, K-waarde: 0,5,
zwartbruin

30
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, bruingeel,
roestvlekken

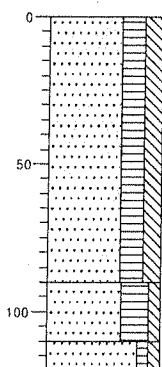
120

Boring

Boring 11

Datum:

09-12-2005



0
Zand, matig fijn, sterk humeus,
matig siltig, K-waarde: 0,5,
zwartbruin

90
Zand, matig fijn, uiterst humeus,
zwak siltig, K-waarde: 0,5, bruinrood

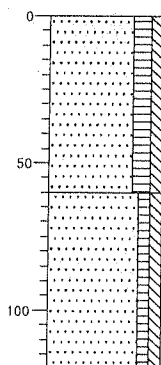
110
120
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, bruin

Boring

Boring 12

Datum:

09-12-2005



0
Zand, matig fijn, matig humeus,
zwak siltig, K-waarde: 0,5,
zwartbruin

50
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, bruingeel

120

Projectnummer: 05.B283

Gilze-Rijen



adviesbureau

milie u
ruimte
water

Bijlage 2

Blad 2 / 2

Boorprofielen

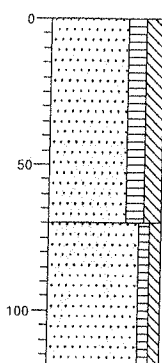
Schaal: 1: 25

Opdrachtgever:

Boring Boring 13

Datum:

09-12-2005

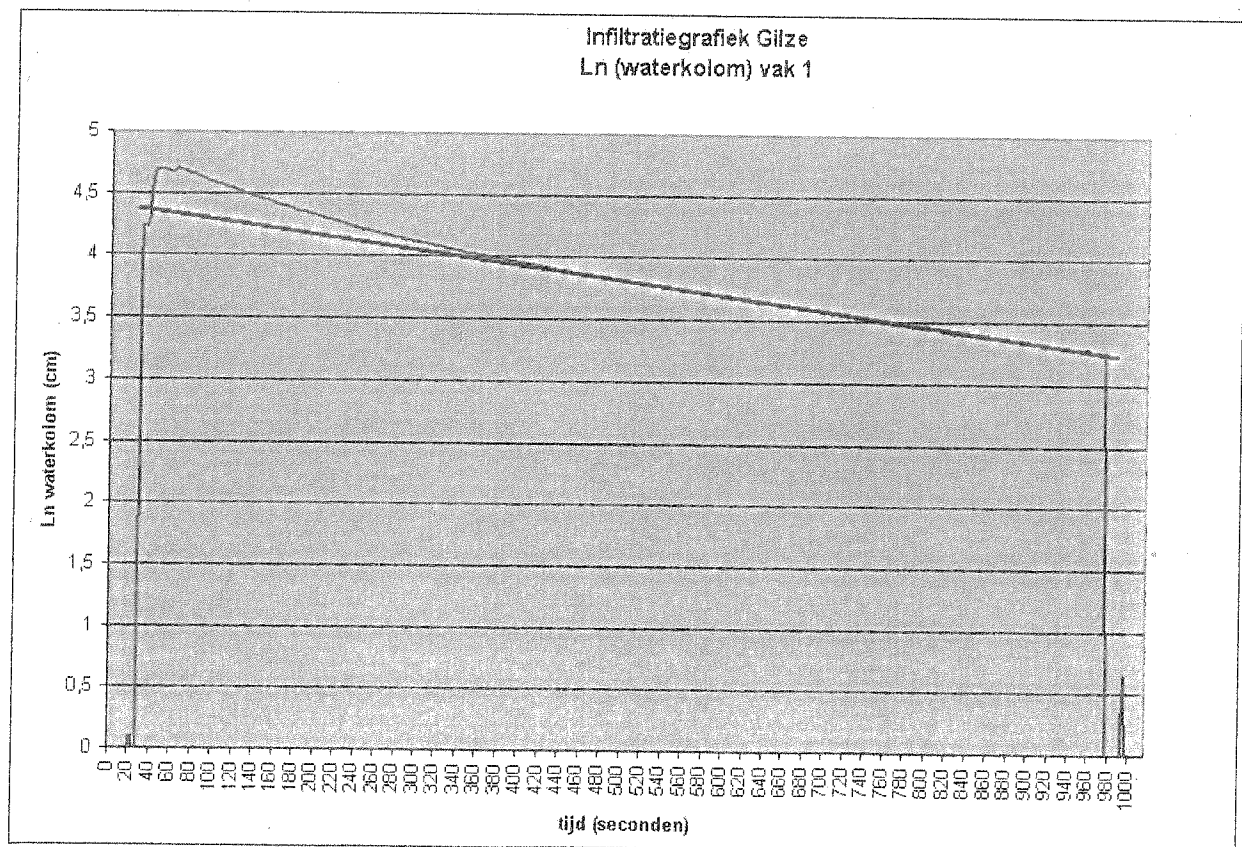
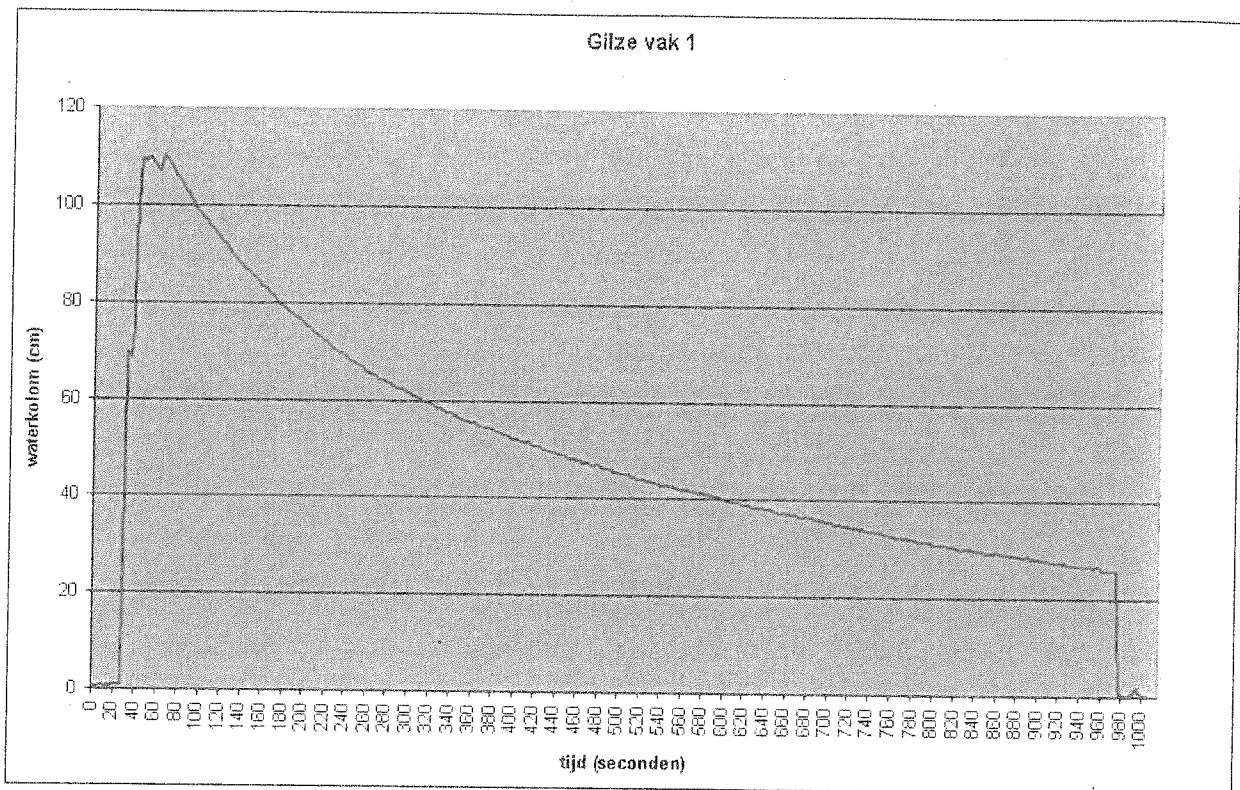


0
Zand, matig fijn, matig humeus,
matig siltig, K-waarde: 0,5,
zwartbruin

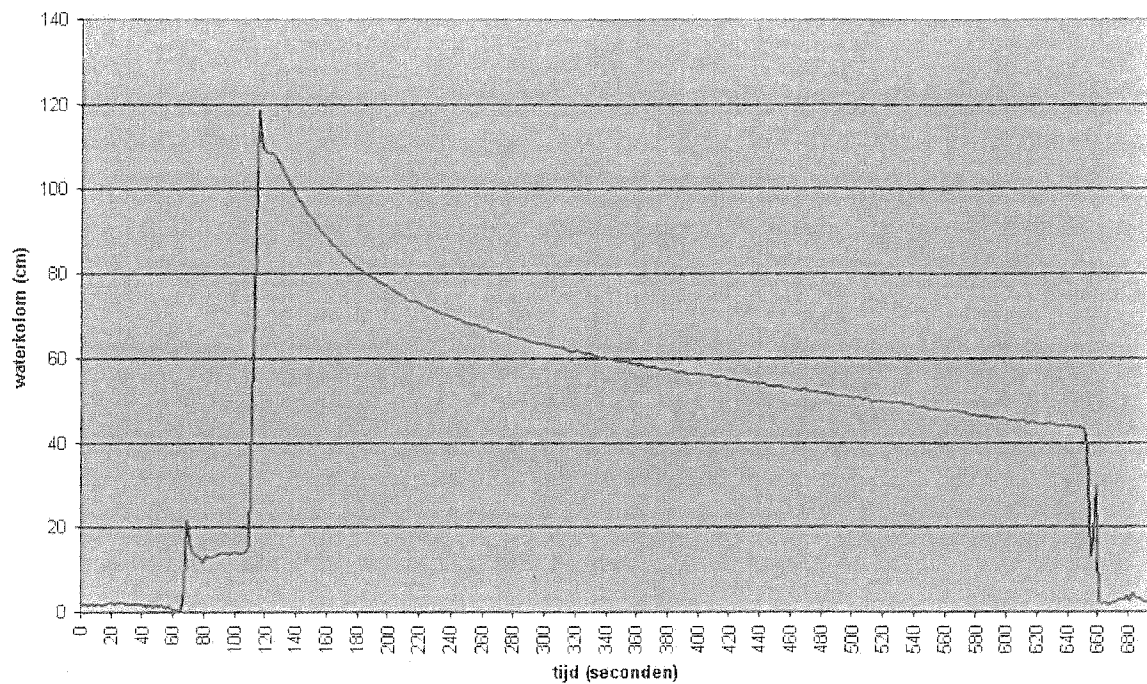
70
Zand, matig fijn, zwak humeus,
zwak siltig, K-waarde: 1, bruingeel

120

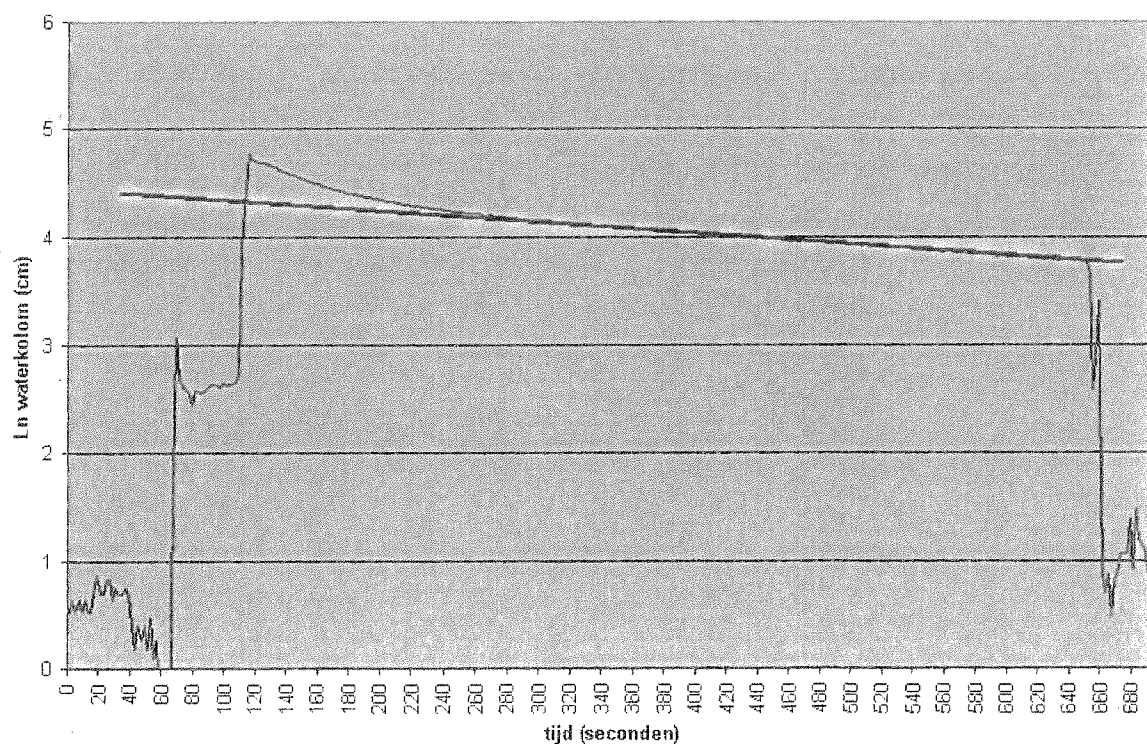
Bijlage 4 Meetresultaten

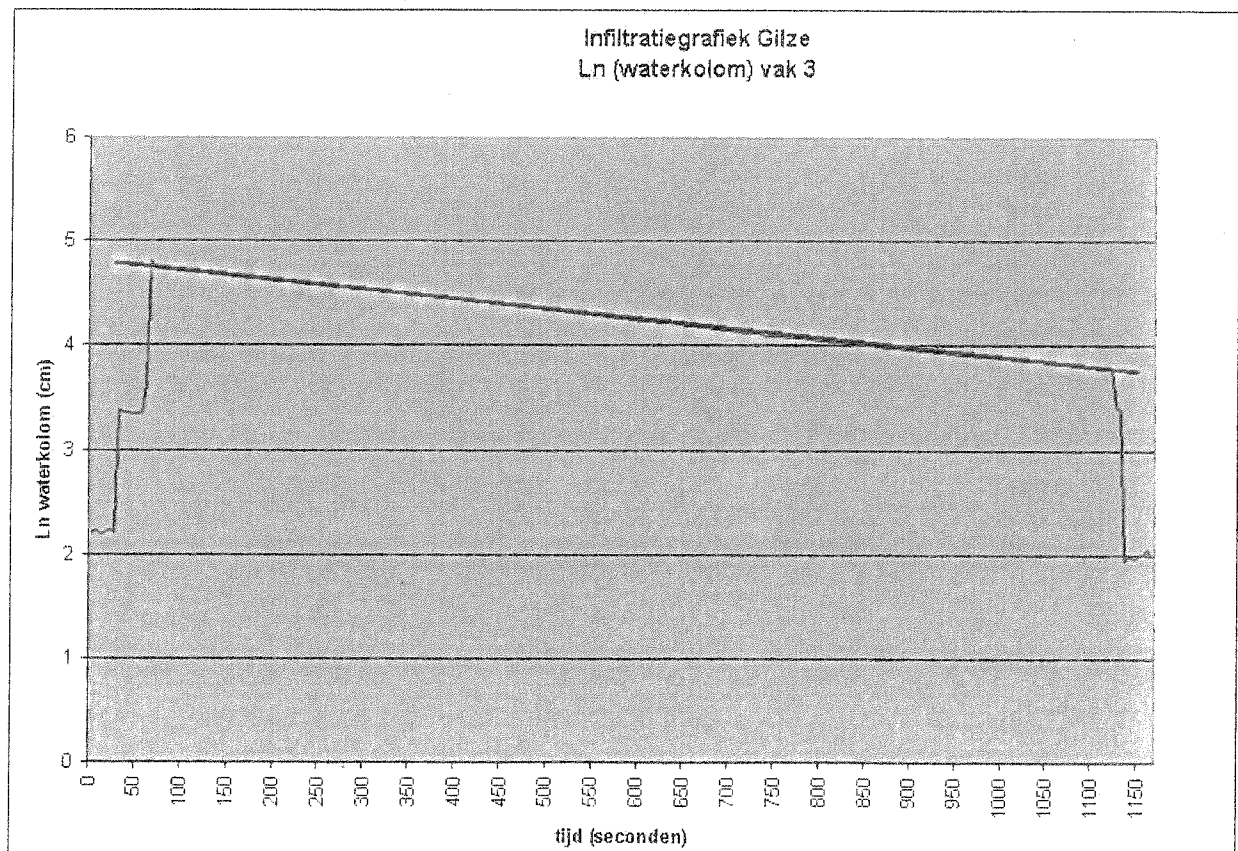
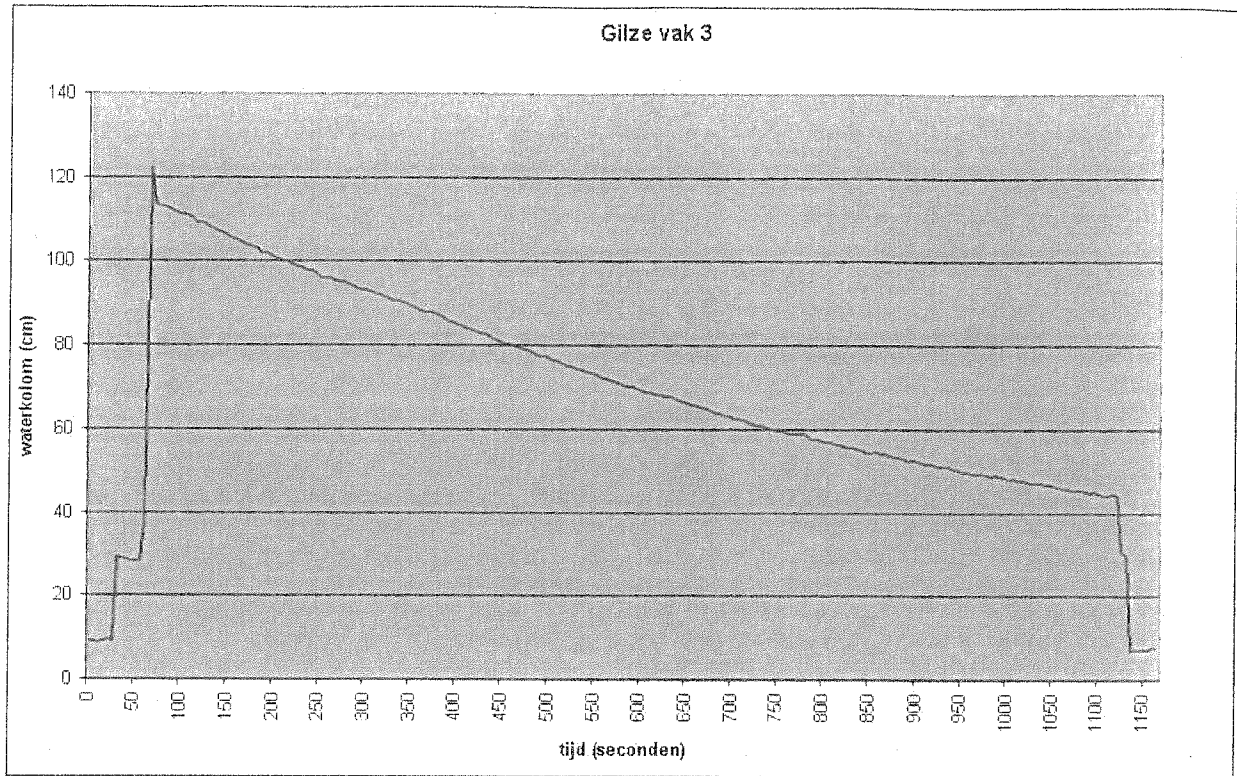


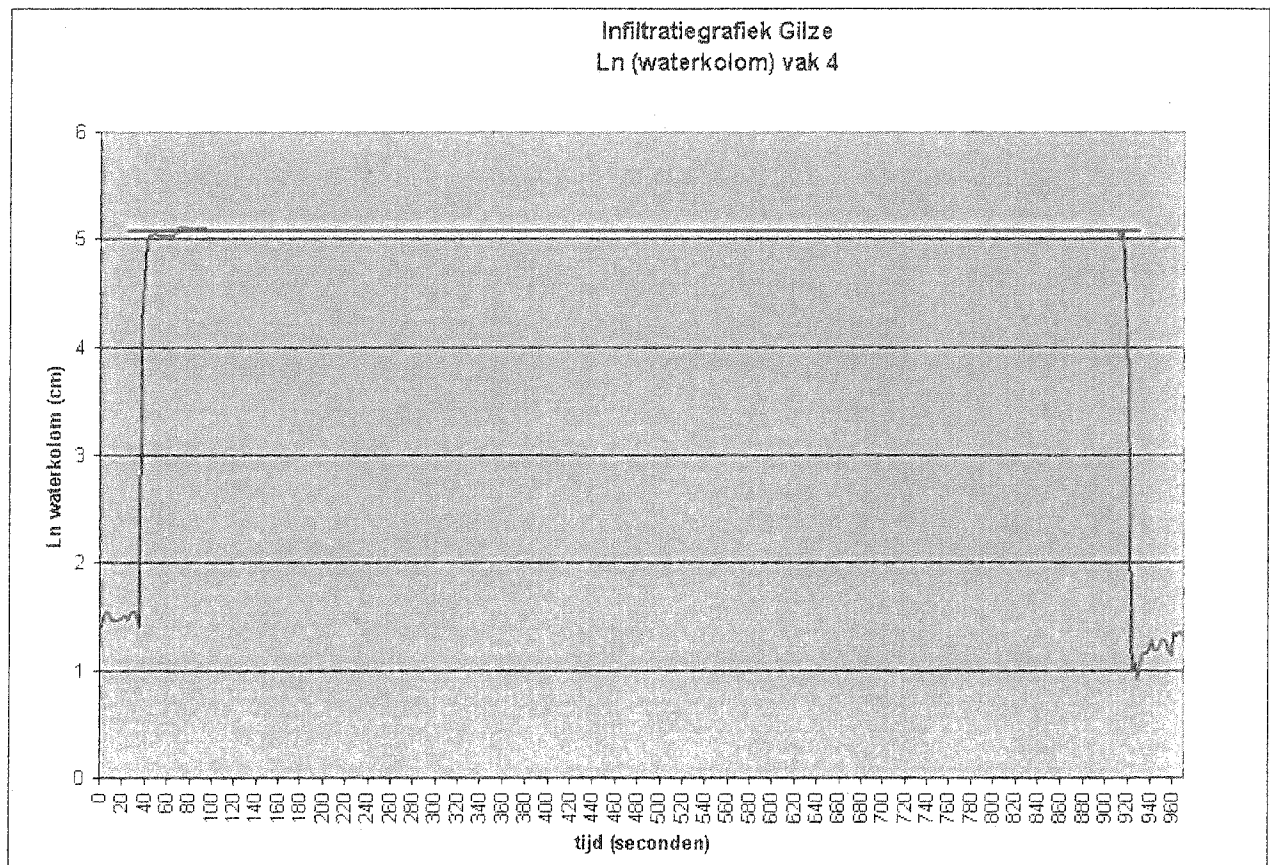
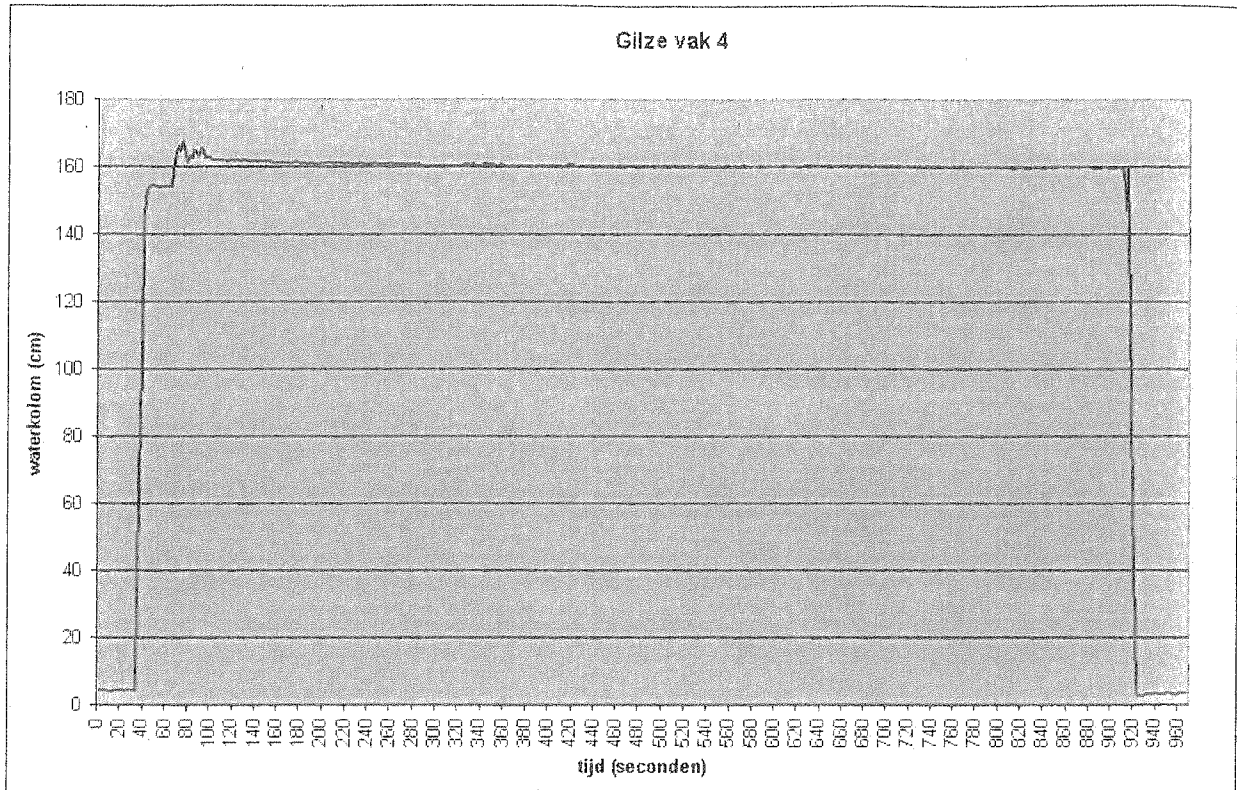
Gilze vak 2

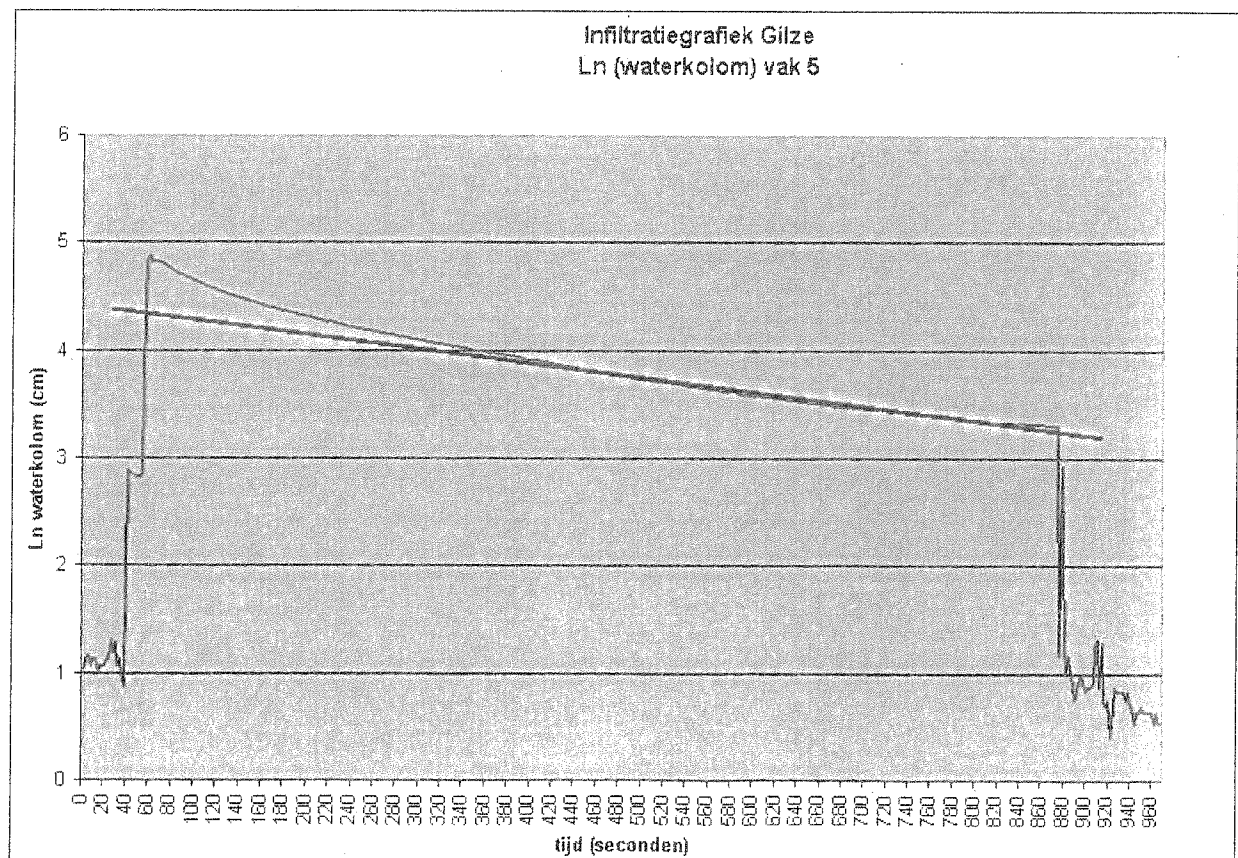
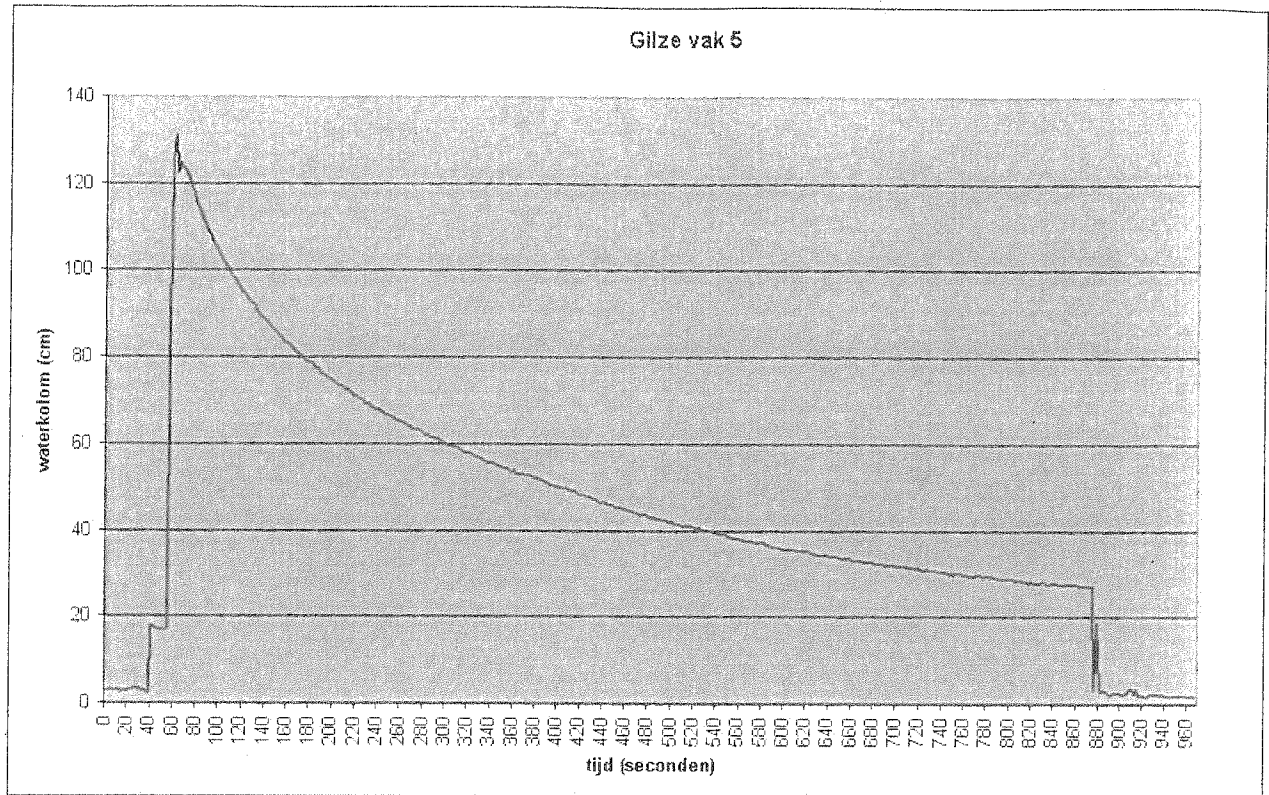


Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 2

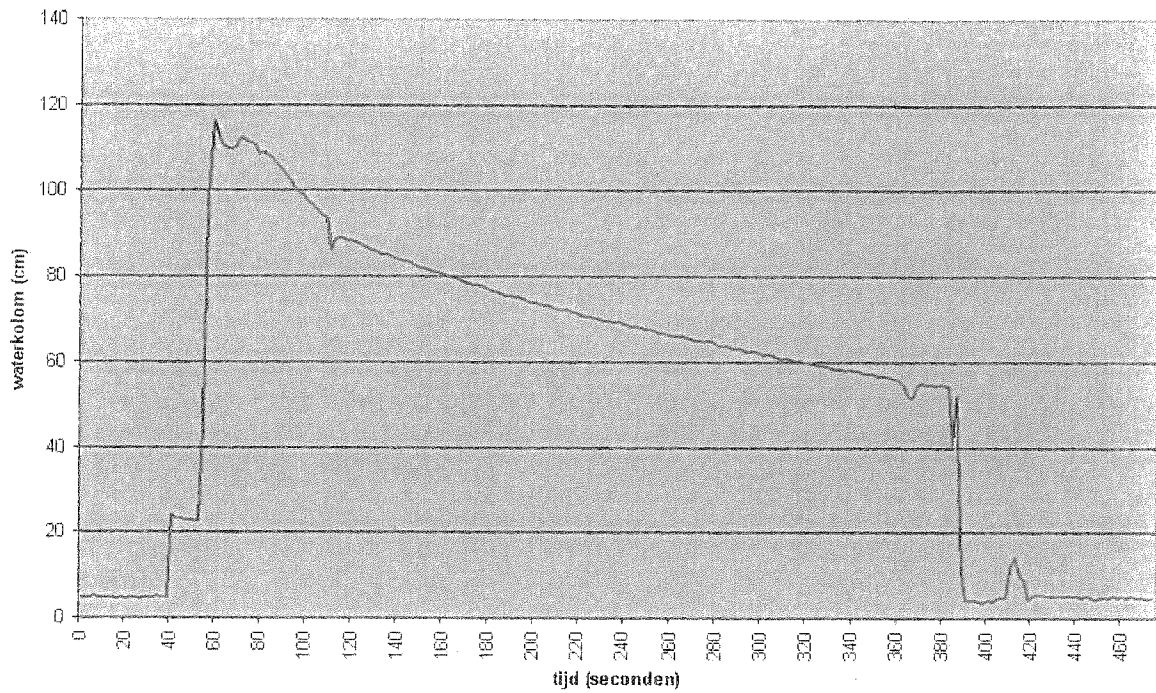




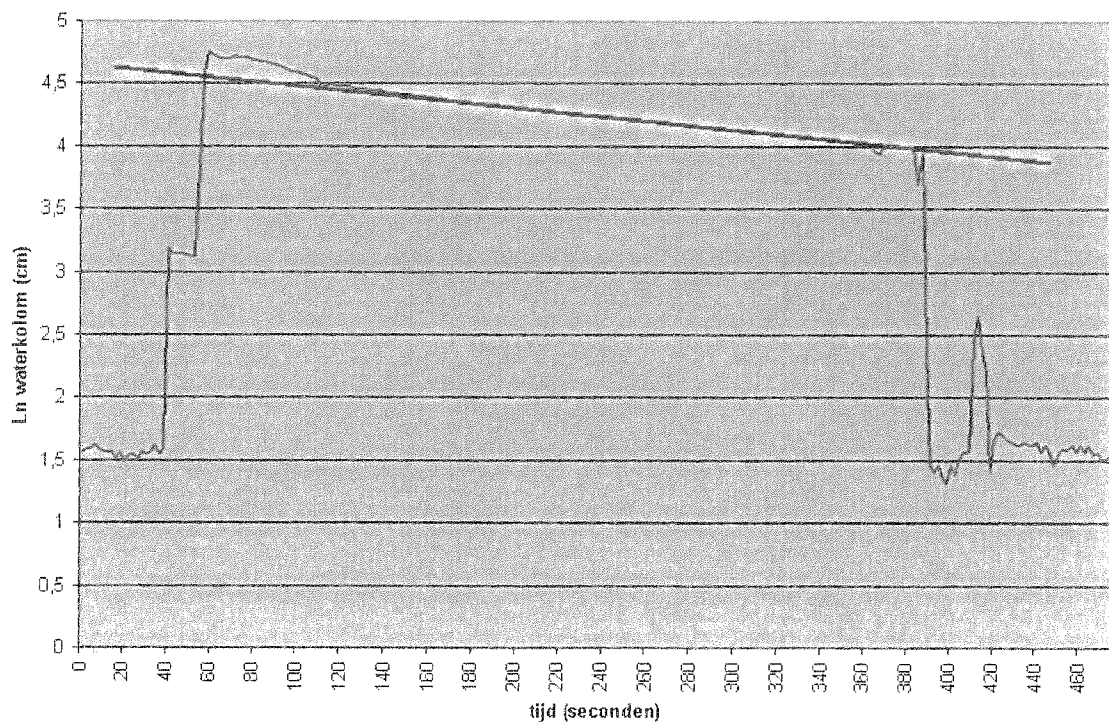




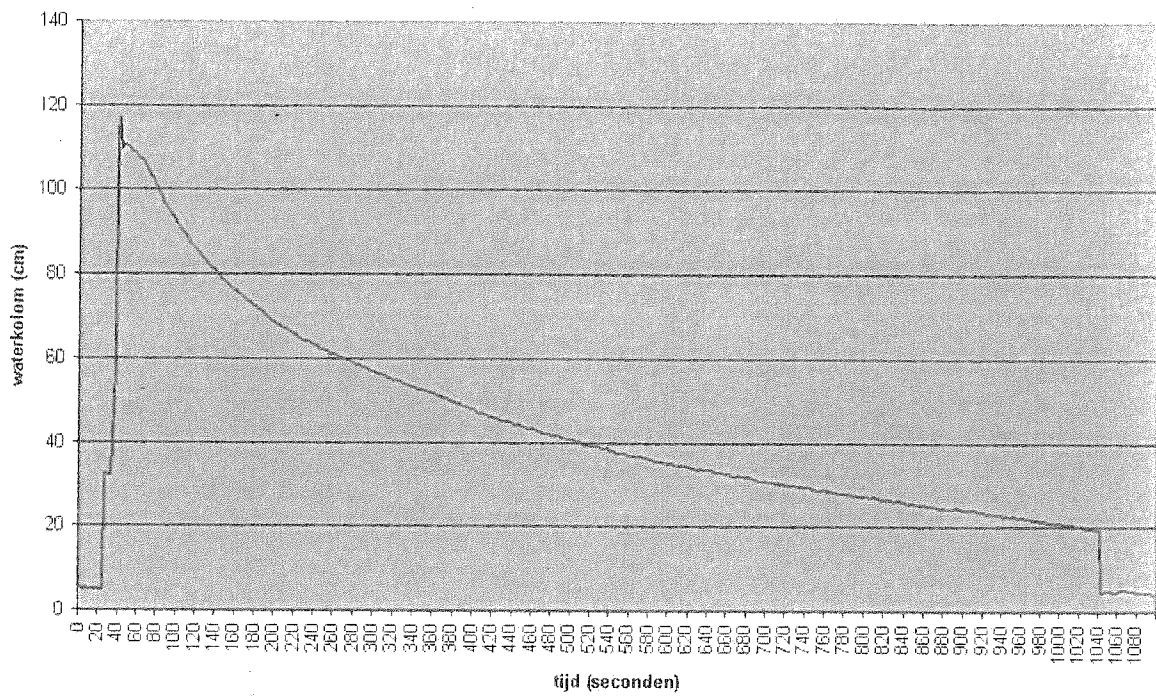
Gilze vak 6
proef 1



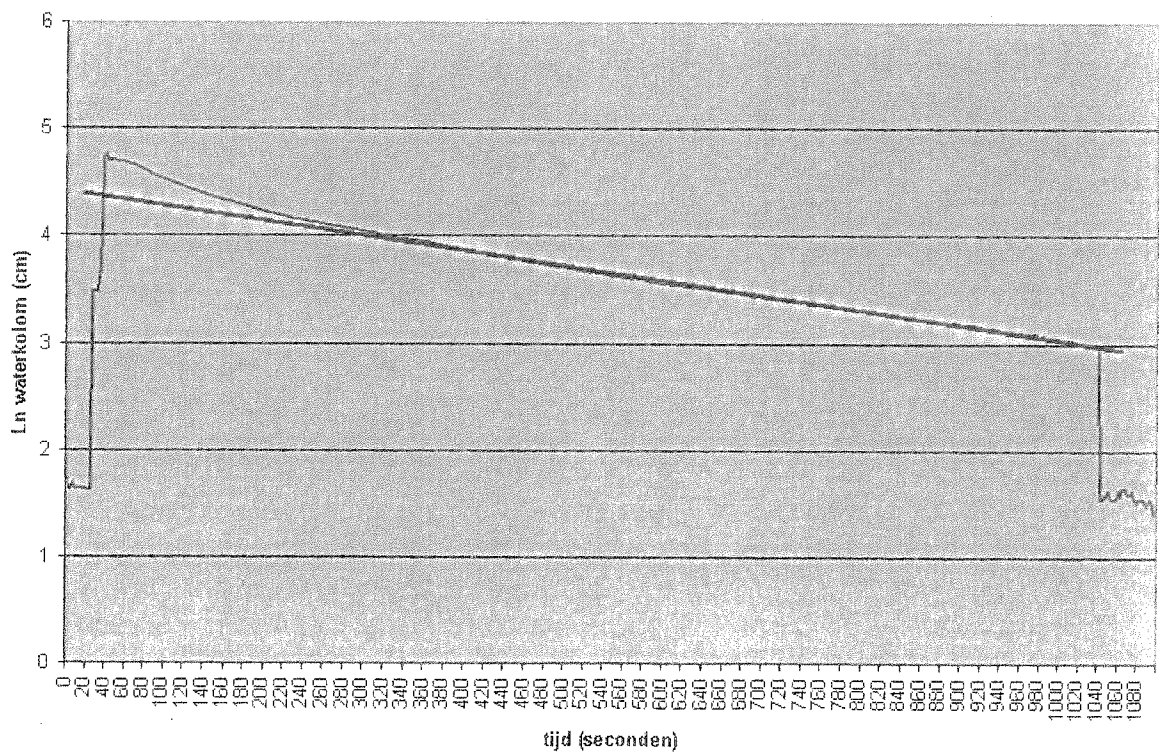
Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 6, proef 1



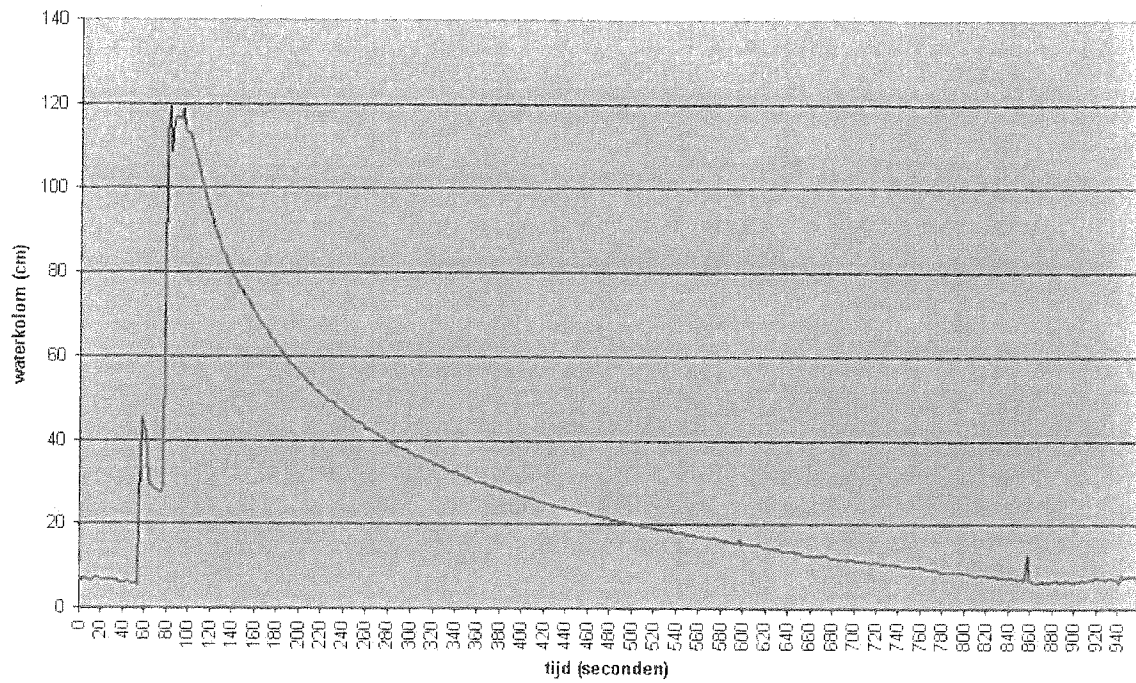
Gilze vak 6
proef 2



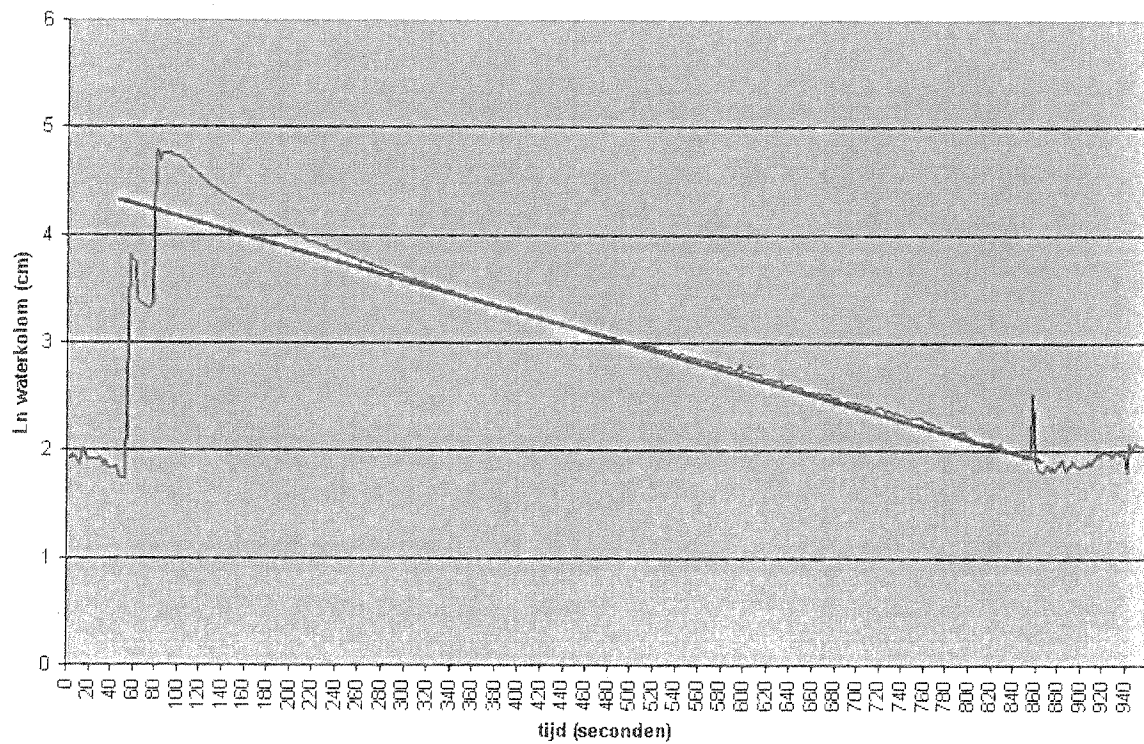
Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 6, proef 2

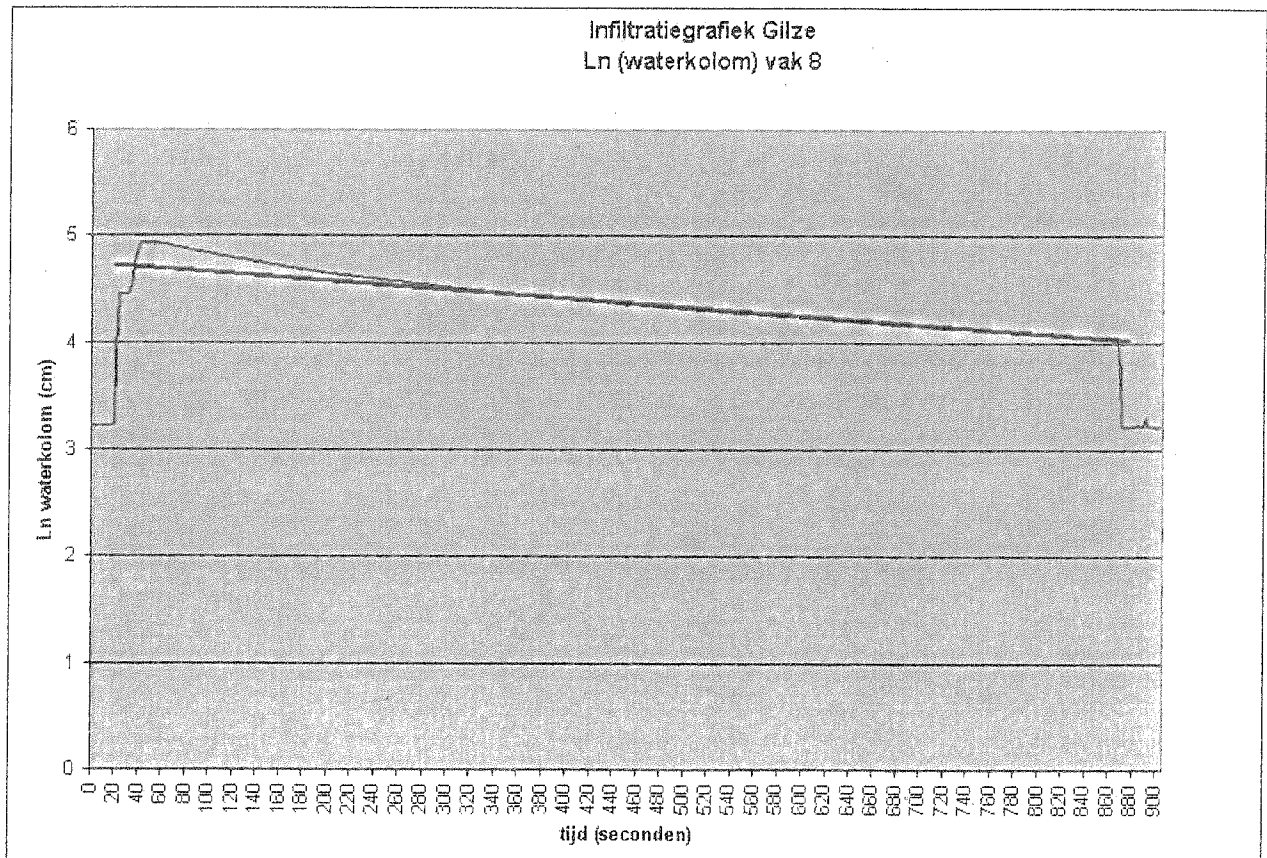
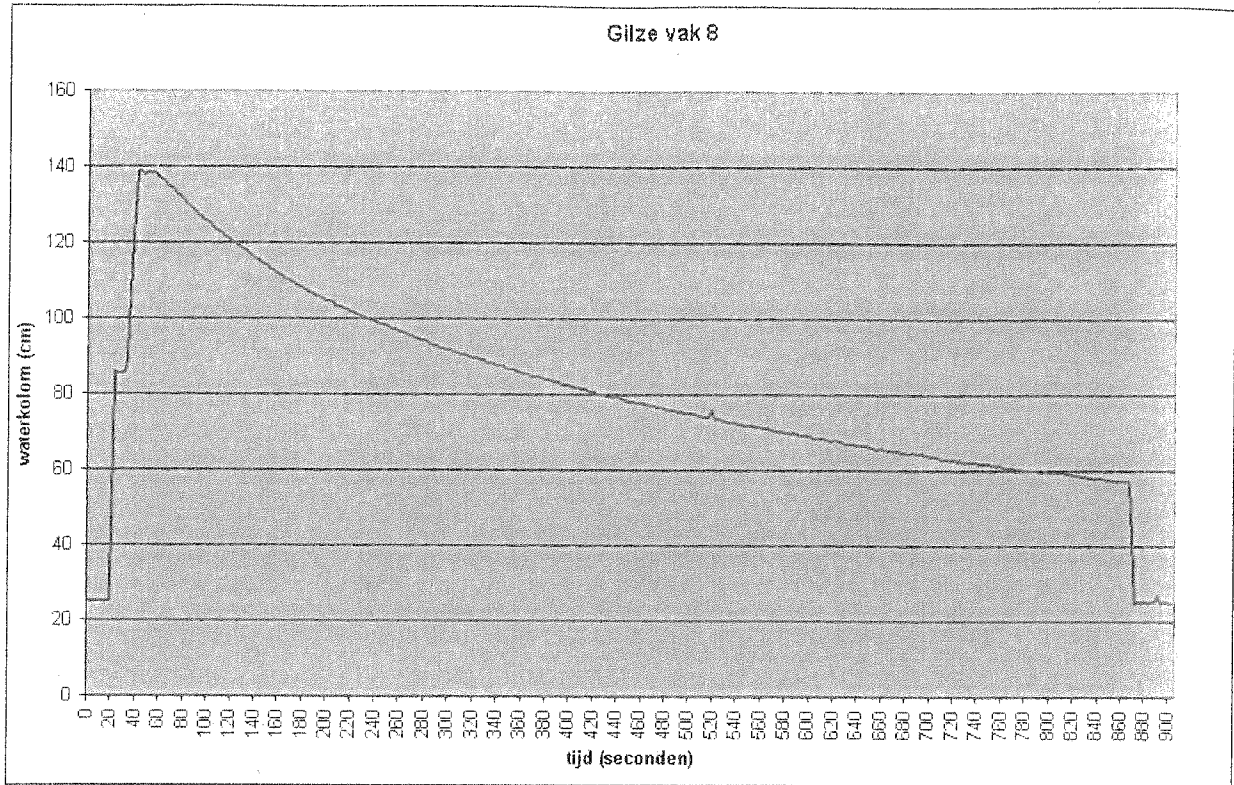


Gilze vak 7

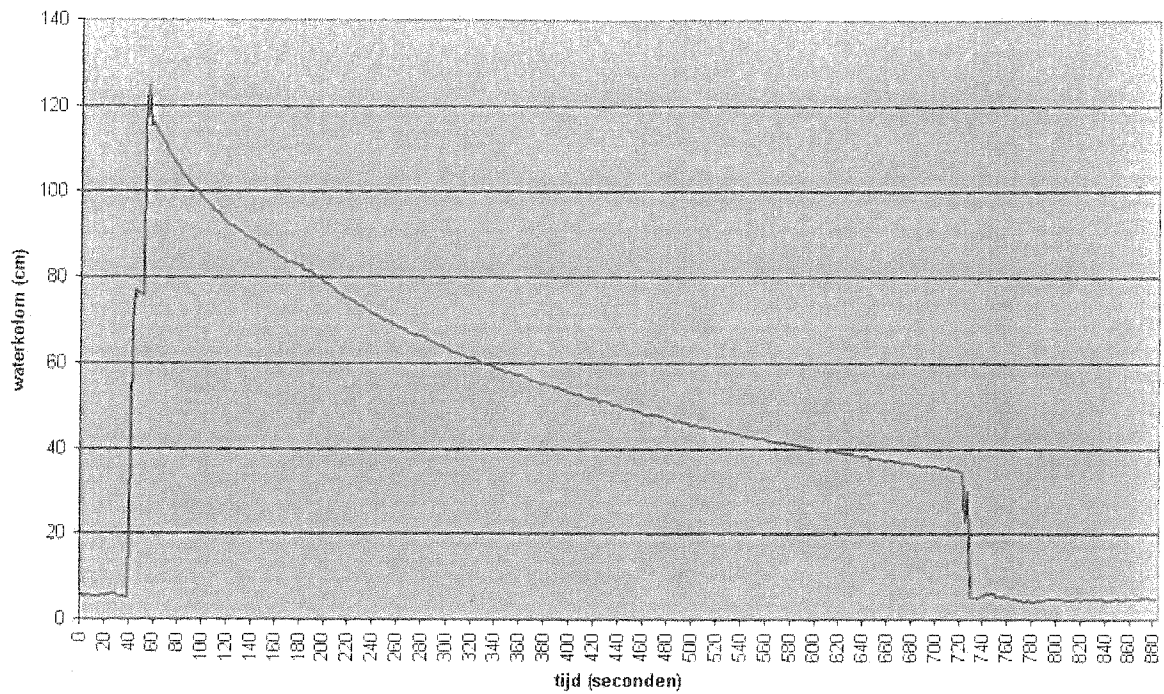


Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 7

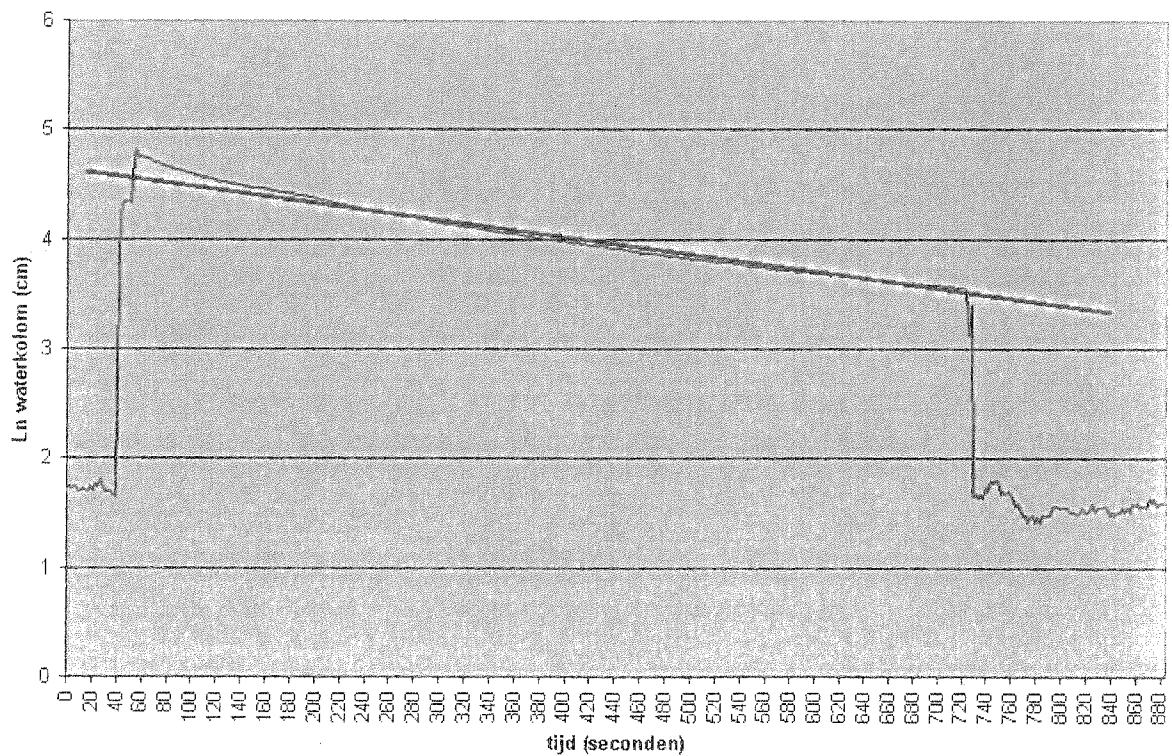


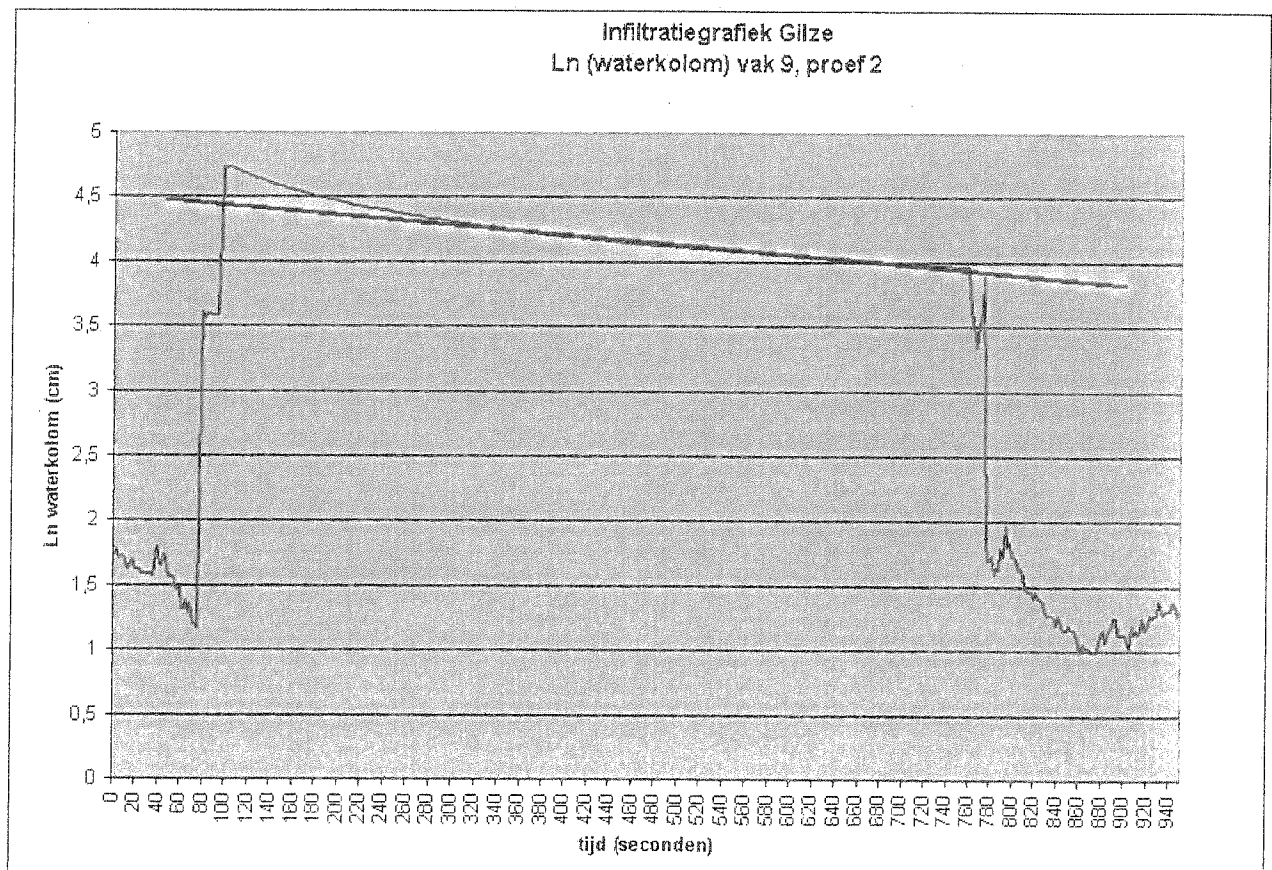
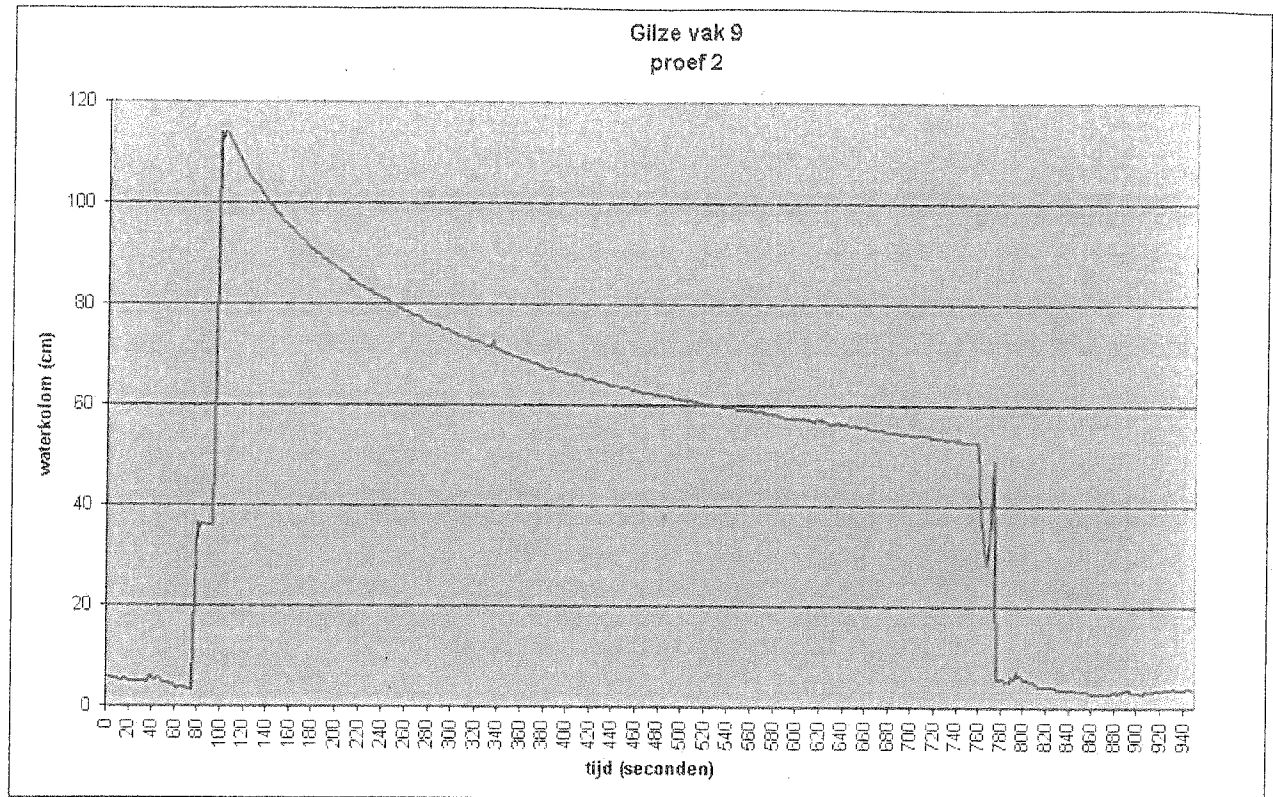


Gilze vak 9
 proeg 1

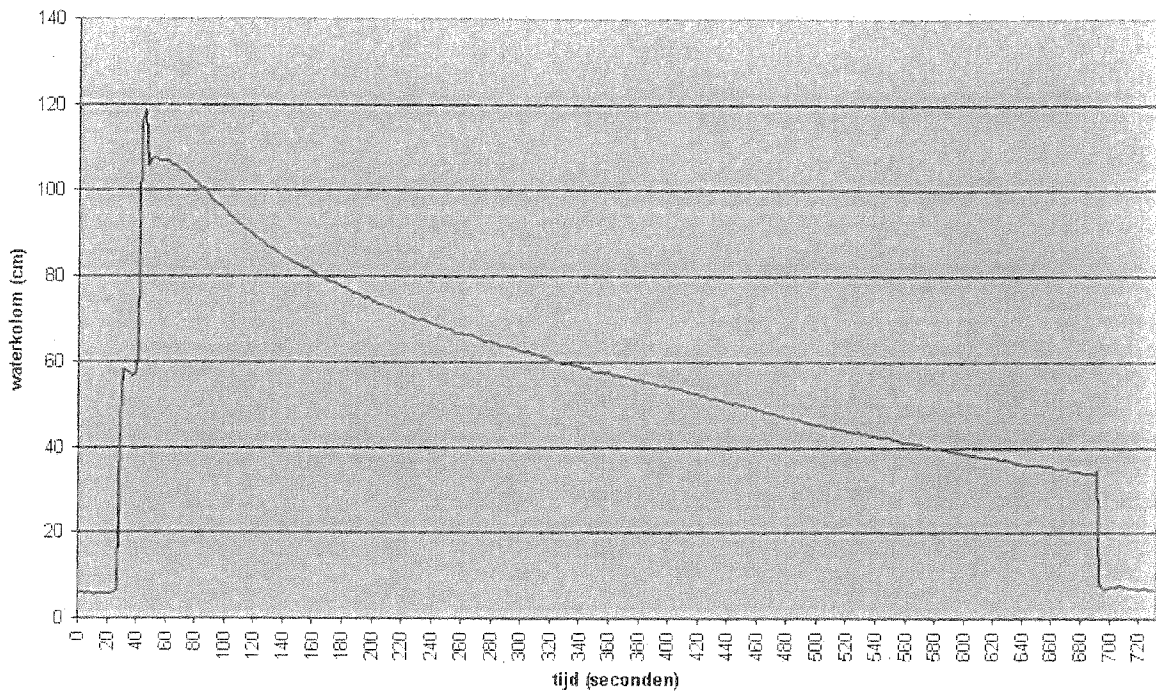


Infiltratiegrafiek Gilze
 Ln (waterkolom) vak 9, proef 2

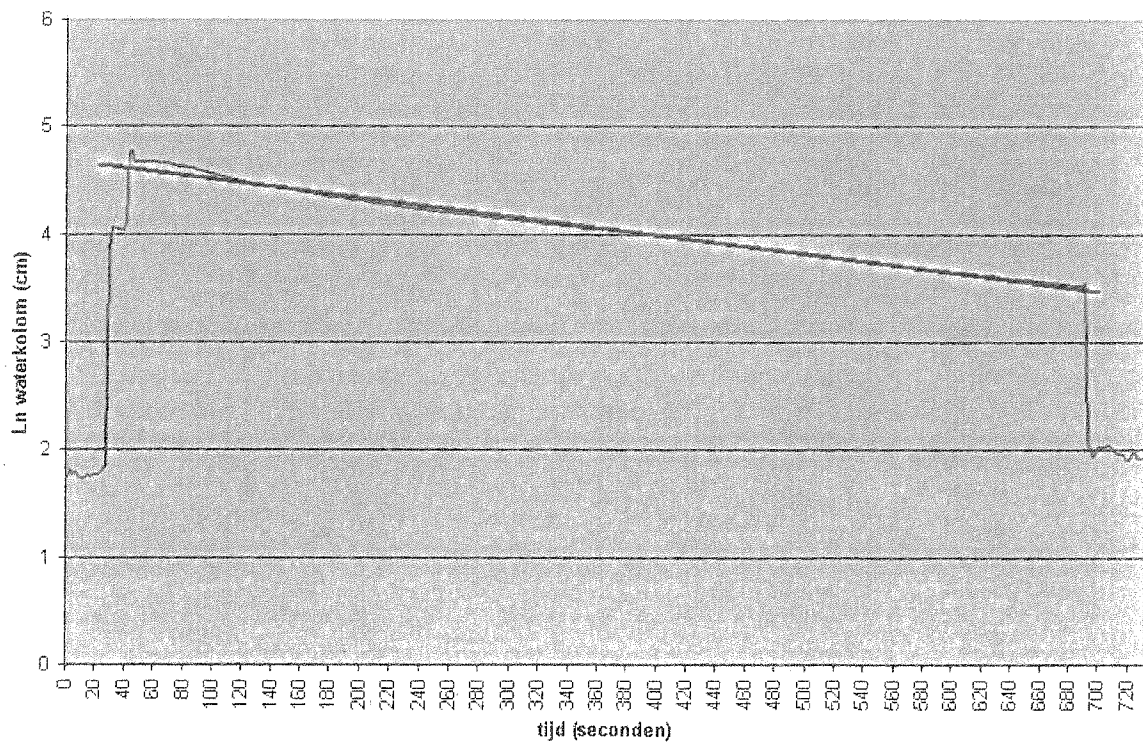




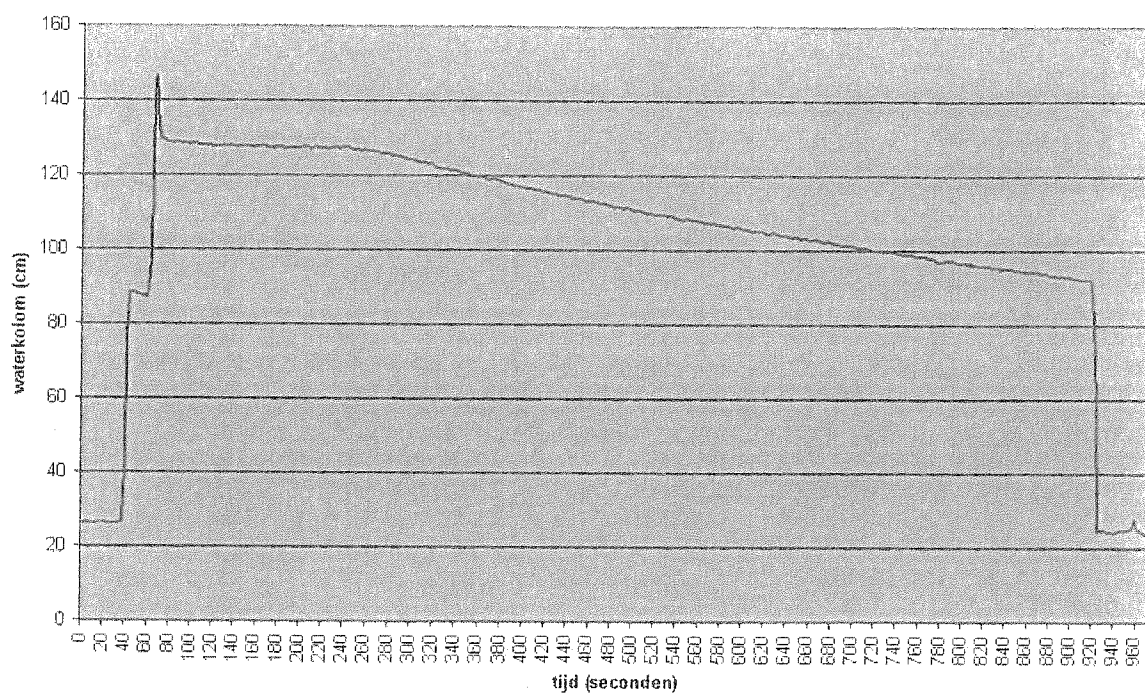
Gilze vak 10



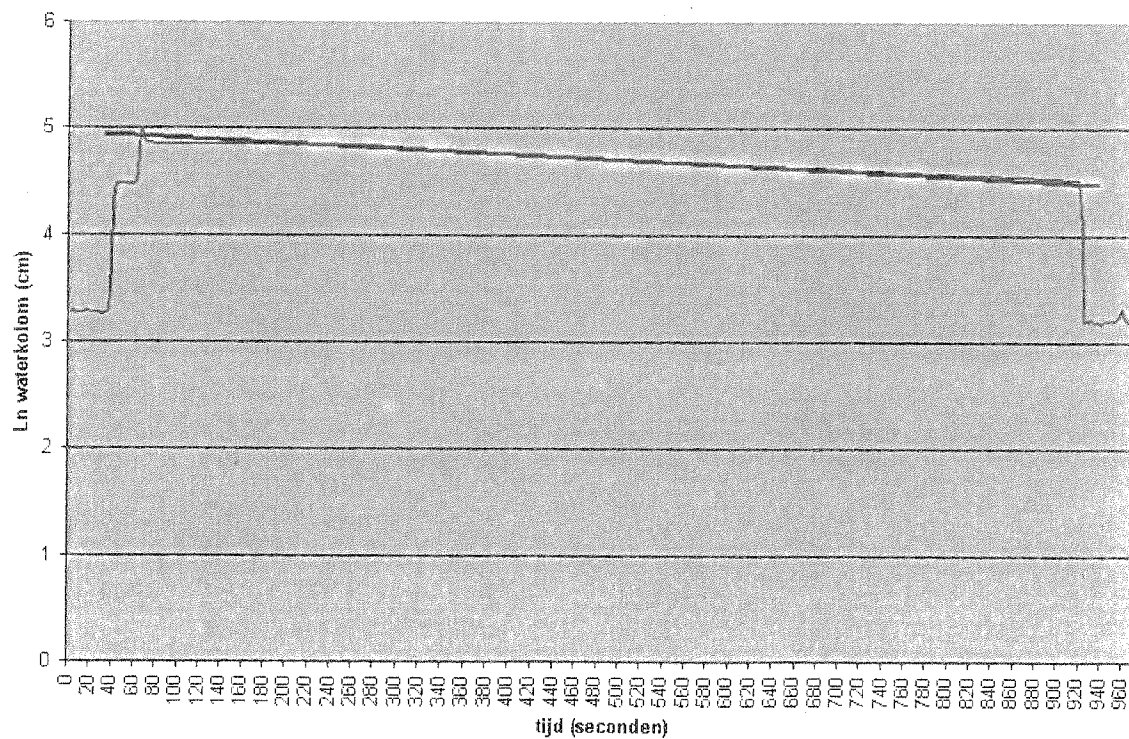
Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 10

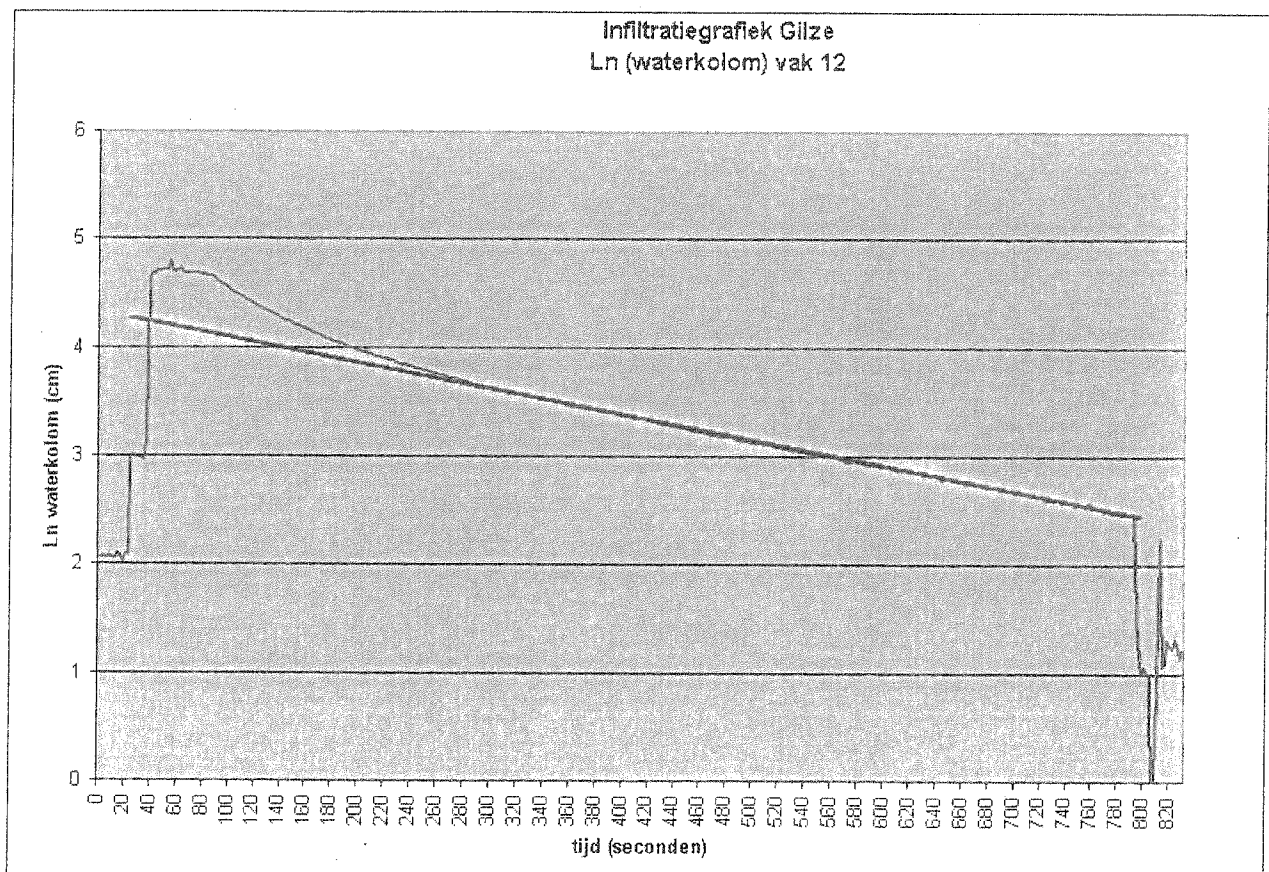
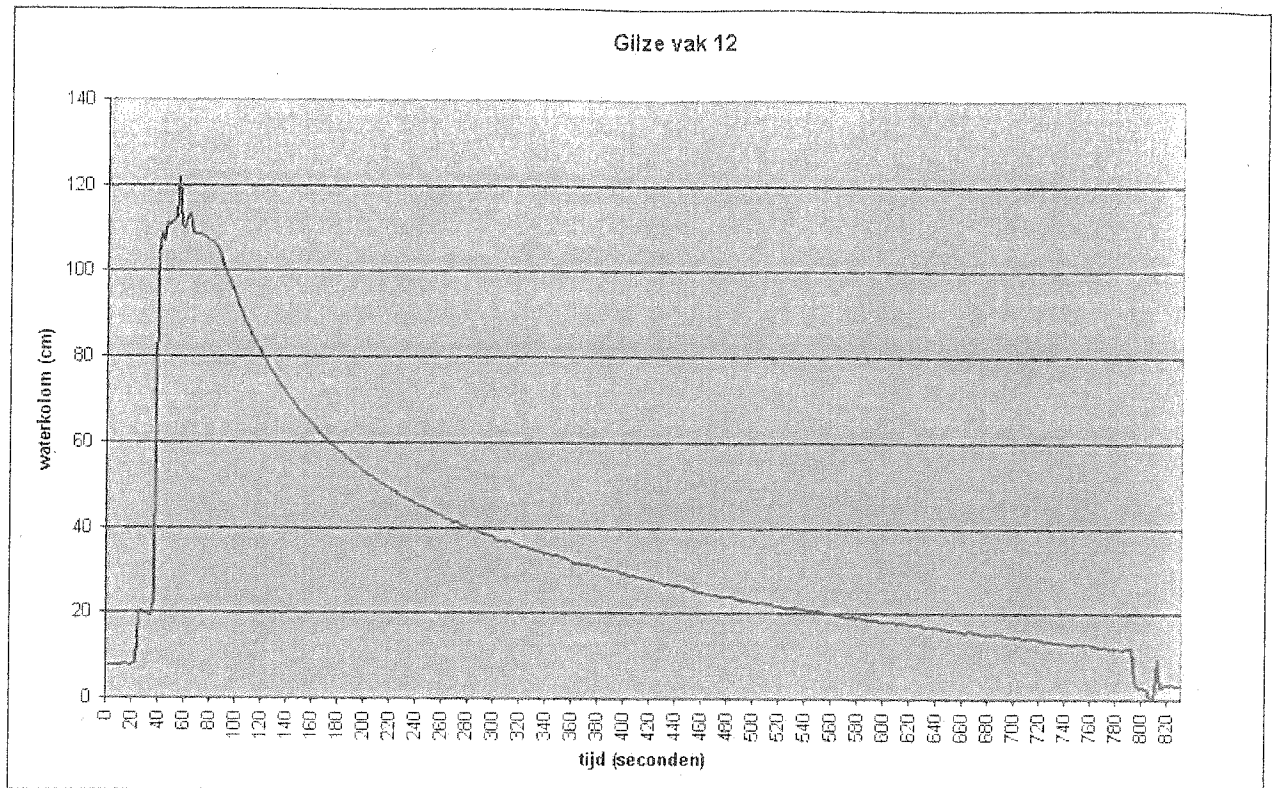


Gilze vak 11

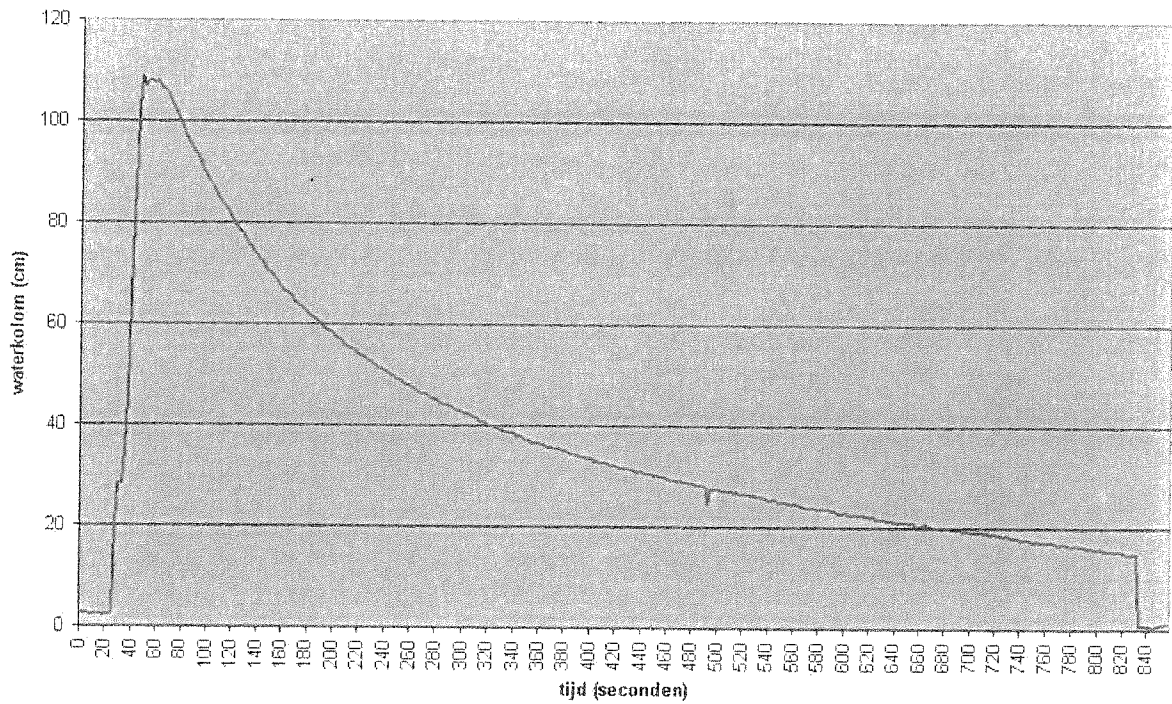


Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 11

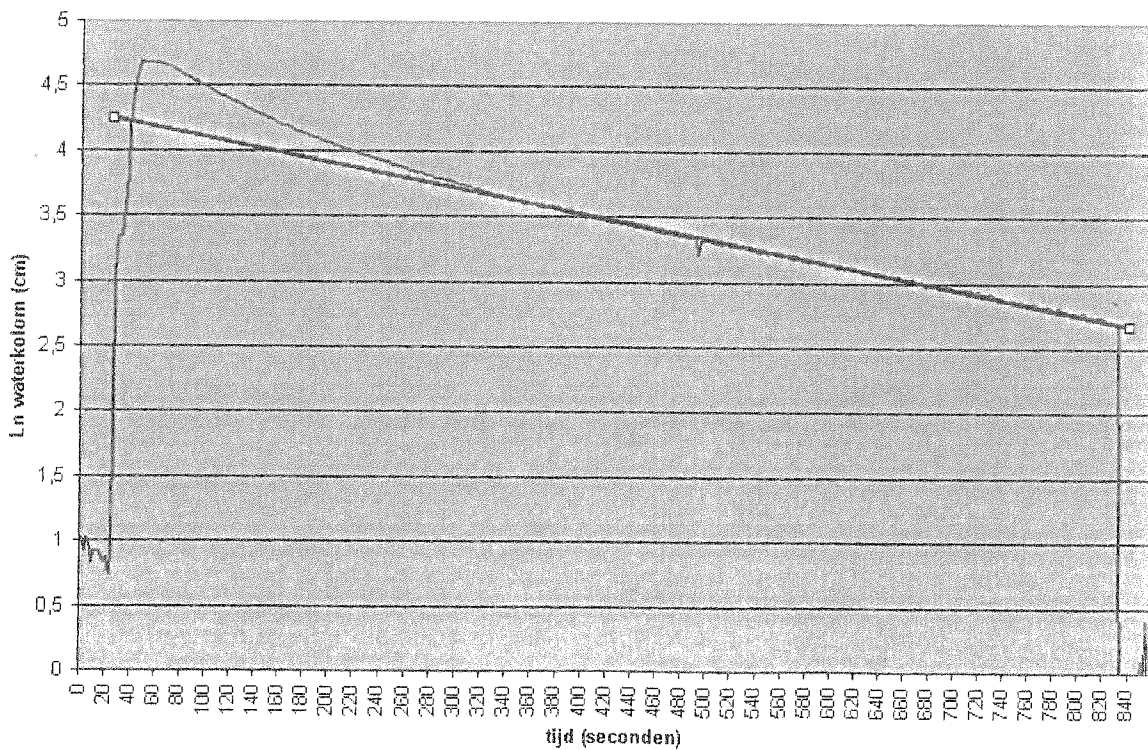




Gilze vak 13



Infiltratiegrafiek Gilze
Ln (waterkolom) vak 13



4 Resultaten

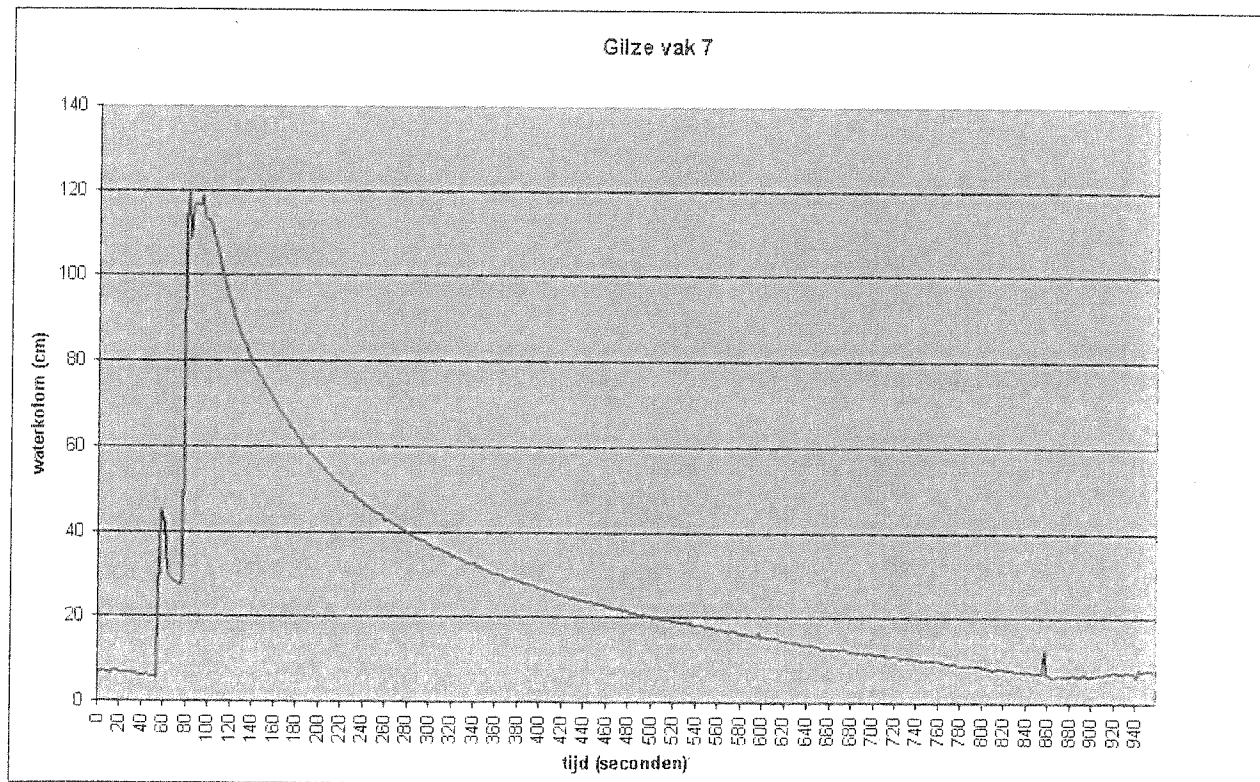
4.1 Veldwerkzaamheden

Het opgeboorde materiaal is beoordeeld op kleur, textuur, bijmenging(en) en eventuele bijzonderheden. Op basis van deze zintuiglijke waarnemingen zijn aan de verschillende bodemlagen K-waardes toegekend op grond van gelijkvormigheid van de korrels, korrelsortering (grofheid), leemhoudendheid en organische stof -gehalte. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3. De informatie die deze boringen heeft opgeleverd bevestigen het geologische en geohydrologische profiel van de bodem zoals beschreven in hoofdstuk 2. In de boorbeschrijvingen (bijlage 3) zijn de veldwaarnemingen en de ingeschatte k-waarden weergegeven. In het veld is op basis van roestvorming in het bodemprofiel het gemiddeld hoogste grondwaterniveau (GHG) ingeschat. Ingeschat wordt dat het GHG gemiddeld op circa 0,7 m-mv ligt. Het grondwater op de locatie is aangetroffen tussen 1,1 en 2,5 m-mv (peilbuizen CSO, verkennend bodemonderzoek, 2005).

4.2 Infiltratie proeven

Met behulp van de omgekeerde boorgat methode is de verzadigde horizontale doorlatendheid ter plaatse van de boringen 1 t/m 13 bepaald. De infiltratieproeven bestonden uit het toevoegen van water aan het boorgat waarna werd gemeten met welke snelheid het waterpeil daalde. De boorgaten zijn voor aanvang van de proef met circa 40 liter water voorbenat (verzadigd). In onderstaande figuur is ter illustratie de infiltratiecurve van boorgat 7 weergegeven. De overige infiltratiecurves zijn in bijlage 4 opgenomen.

Figuur 2 overzicht infiltratie proeven



Het debiet dat uit het boorgat de bodem inloopt volgt, in samenhang met de vergelijking van Darcy, uit de volgende vergelijking:

$$Q(t) = K * A(t) = -\pi * r^2 * \frac{dh}{dt}$$

met: K = doorlatendheid (m/sec)

A = oppervlakte waarover water infiltreert in de bodem (m²)

h = waterniveau in het boorgat (m)

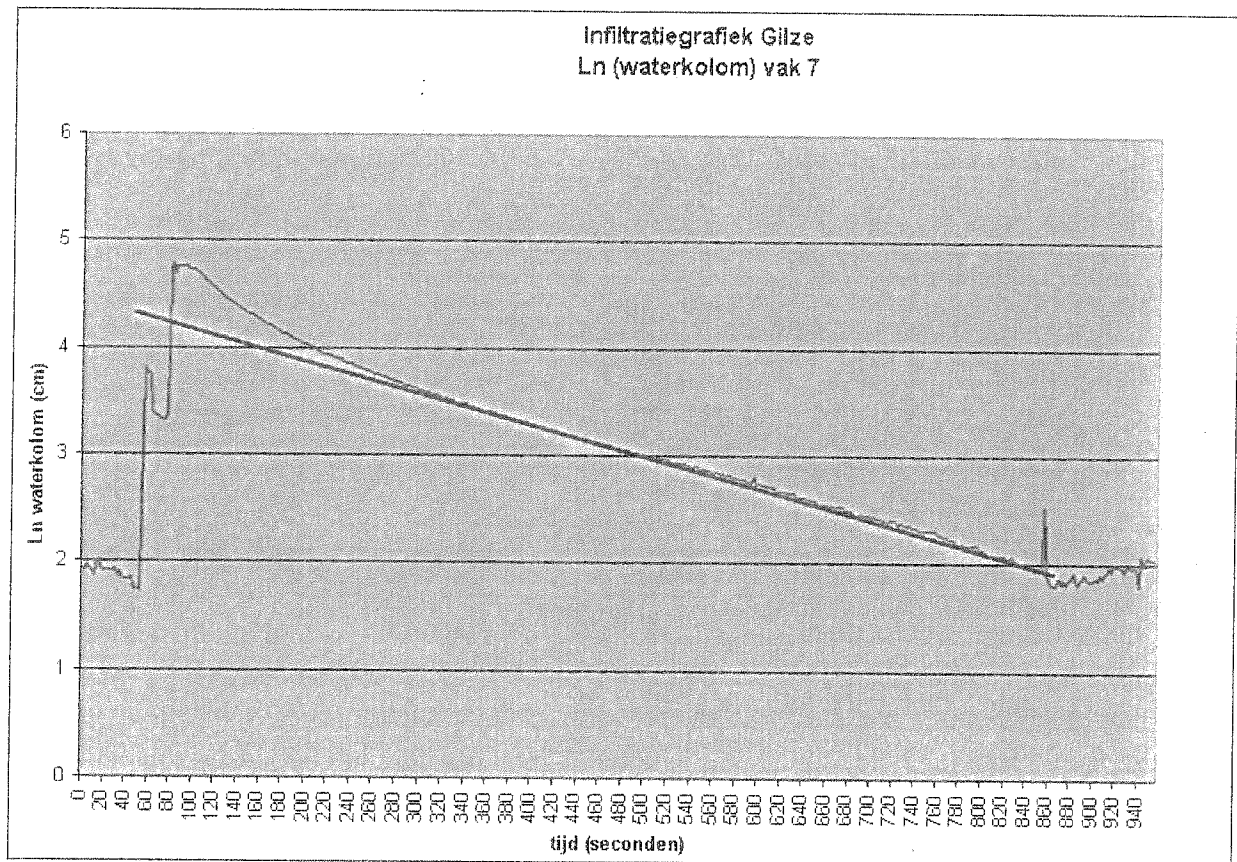
t = tijd (s)

Integratie van deze vergelijking leidt tot de vergelijking:

$$K = \frac{r}{2} * \frac{-\Delta(\ln(h(t)))}{\Delta(t)}$$

Beide vergelijkingen veronderstellen dus een lineair verband tussen ln(h) en de tijd. Dit blijkt voor deze metingen inderdaad op te gaan. In onderstaande grafiek is ln(h) tegen de tijd uitgezet. De mate waarin het lineair verband aanwezig is wordt door middel van de regressie lijn (rode lijn) weergegeven.

Figuur 3 lineaire relatie tussen ln(waterkolom) en de tijd



In de onderstaande tabel staan de berekende K-waarden per proef weergegeven. Ter plaatse van de boorgaten 6 en 9 zijn de proeven in duplo uitgevoerd.

Tabel 3. Verzadigde horizontale doorlatendheden

locatie	r (boorgat)	ln (h(t1))	ln (h(t2))	t1	t2	Ksat (m/dag)
Vak 01	4	3,879	3,258	450,0	972,0	2,1
Vak 02	4	4,154	3,775	290,0	646,0	1,8
Vak 03	4	4,73	3,786	75,0	1120,0	1,6
Vak 04	4	5,121	5,071	74,0	910,0	0,1
Vak 05	4	3,784	3,332	468,0	828,0	2,2
Vak 06-1	4	4,456	4,02	110,0	360,0	3,0
Vak 06-2	4	3,898	2,976	386,0	1036,0	2,5
Vak 07	4	3,227	1,932	418,0	852,0	5,2
Vak 08	4	4,73	4,047	36,0	862,0	1,4
Vak 09-1	4	4,25	3,586	248,0	682,0	2,6
Vak 09-2	4	4,237	3,998	358,0	686,0	1,3
Vak 10	4	4,451	3,64	134,0	604,0	3,0
Vak 11	4	4,847	4,522	216,0	918,0	0,8
Vak 12	4	3,63	2,468	300,0	790,0	4,1
Vak 13	4	3,661	2,701	334,0	830,0	3,3

Omgekeerde boorgat methode (met afnemend infiltrerend oppervlak)

$$K_{sat} = \frac{r}{2 \cdot (\ln(h(t1)) - \ln(h(t2))) / (t1 - t2)}$$

Ksat = verzadigde horizontale doorlatendheid (cm/sec)

r(boorgat) = straal boorgat (cm)

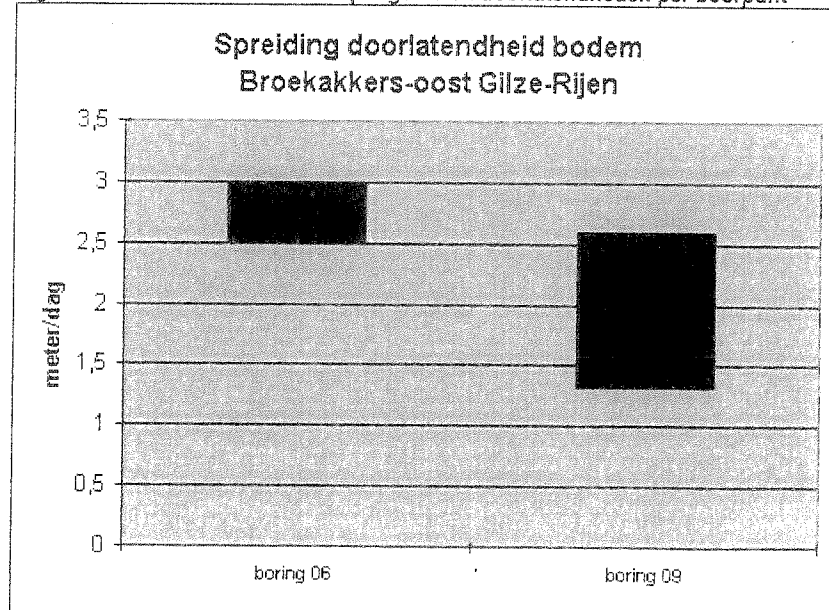
h(t1) = hoogte waterkolom op t=1 (cm)

h(t2) = hoogte waterkolom op t=2 (cm)

t1 = tijdstip begin van de meting (sec)

t2 = tijdstip einde van de meting (sec)

Figuur 4. Verschil tussen de in duplo gemeten doorlatendheden per boorpunt



5 Bespreking resultaten en evaluatie

5.1 Bespreking resultaten

Op de herontwikkelingslocatie zijn dertien boringen tot 1,2 m-mv uitgevoerd. In de boorgaten zijn infiltratieproeven uitgevoerd. Het grondwaterniveau in het gebied is gemeten in het milieuhygiënisch bodemonderzoek (verkenkend bodemonderzoek locatie Broekakkers-oost, gemeente Gilze-Rijen, projectnummer 05.B283.10, 2005) en is aangetroffen op een diepte die varieert tussen 1,10 tot 2,50 m-mv.

De bodem bestaat uit matig fijn zand. Af en toe worden dunne leembandjes aangetroffen. De zwarte toplaag verschilt in dikte van 0,30 tot 0,80 meter en is matig tot sterk humeus. Uit de boorbeschrijvingen van de diepere boringen uit het milieuhygiënisch bodemonderzoek blijkt dat er geen (doorlopende) storende (slechtdoorlatende) lagen in de ondergrond aanwezig zijn.

Op basis van de bodemprofielen wordt ingeschat dat het GHG (gemiddeld hoogste grondwaterniveau) op circa 0,70 m-mv ligt. De dikte van de onverzadigde zone (ca. 0,70 meter boven GHG) is nauwelijks dik genoeg voor de realisatie van infiltratievoorzieningen. Indien wordt gekozen voor infiltratie van hemelwater dient hiermee bij de keuze van de infiltratiemethode rekening te worden gehouden.

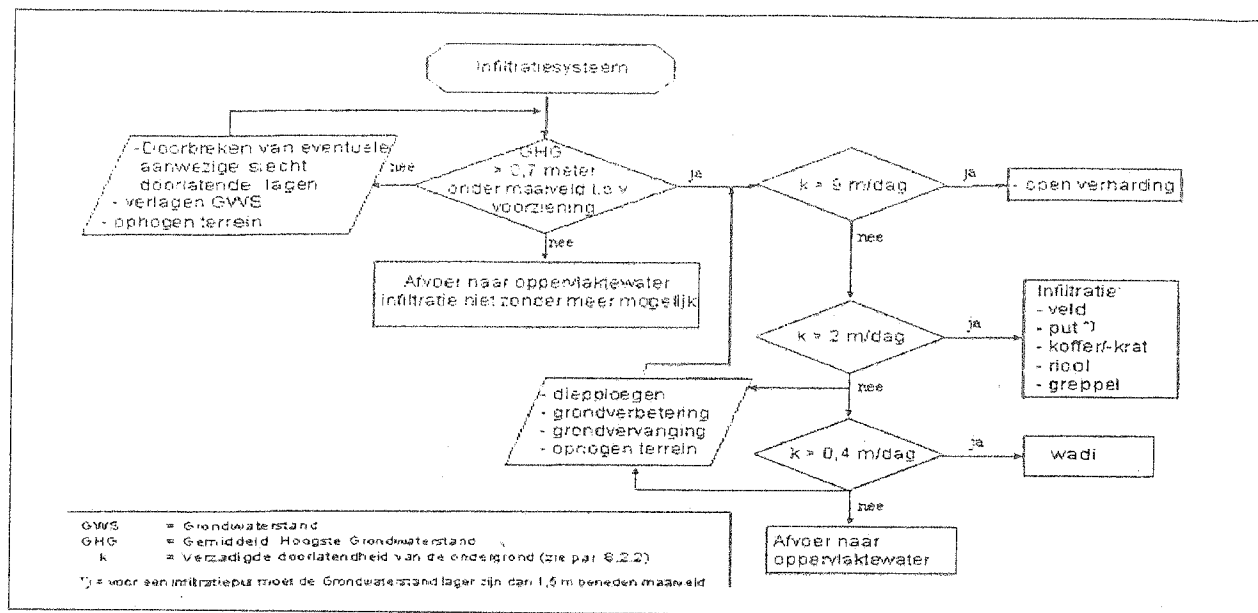
In tabel 3 en figuur 4 zijn de gemeten doorlatendheden (m/dag) weergegeven. Hieruit blijkt dat de gemeten doorlatendheden in het gebied niet veel van elkaar verschillen. Ter plaatse van de meeste boringen is de bodem matig doorlatend (tussen 1 en 3 m/dag). Ter plaatse van de boringen 4 en 11 is de bodem slecht doorlatend (< 1 m/dag). Ter plaatse van de boringen 7 en 12 is de doorlatendheid van de bodem redelijk goed, respectievelijk 4 en 5 m/dag.

5.2 Consequenties voor eventuele infiltratie

Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen wordt doorgaans de ontwerprichtlijn 'Hemelwater binnen de perceelgrens (2000)' gebruikt. Uit het onderstaande stroomschema (figuur 5) zijn de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater op de onderzoekslocatie af te leiden. In dit geval betekent dit dat er voor de uitvoering van voorzieningen ten behoeve van opvang, gebruik en infiltratie van hemelwater binnen de perceelgrens beperkte mogelijkheden zijn. Met name de dunne onverzadigde zone (GHG op 0,70 m-mv) in combinatie met de matige doorlatendheid van de bodem zorgt ervoor dat niet alle infiltratievoorzieningen geschikt zijn voor deze locatie.

Voor de infiltratie van hemelwater middels kunstmatig aangebrachte kratten e.d. wordt een minimale doorlatendheid van 2,0 m/dag aangehouden (zie figuur 5). Voor infiltratie via wadi's is een minimale doorlatendheid van 0,4 m/dag vereist. Daarnaast is een minimale dikte van de onverzadigde zone van 0,7 meter om de voorziening te realiseren. Op basis van de meetresultaten (K-waarde en GHG) concluderen wij dat de hydrologische situatie in het plangebied niet geschikt is voor infiltratie van hemelwater middels kratten en/of koffers. Infiltratie door middel van een wadi behoort tot de mogelijkheden op de locatie waar de doorlatendheid van de bodem groter is dan 0,4 m/dag (zie kaartbijlage 2).

Figuur 5. Mogelijkheden voor infiltratie hemelwater (hemelwater binnen perceelgrens, isso sbr, 2000)



6 Conclusies

In opdracht van Poederoyen en Compagnons heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar infiltratiecapaciteit van de bodem en mogelijkheden van infiltratie van hemelwater in de bodem op de locatie Broekakkers-oost in Gilze.

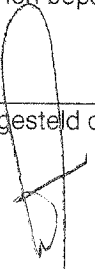
Aanleiding voor het uitvoeren van dit infiltratieonderzoek is de geplande herontwikkeling van de locatie. Bij de herontwikkeling is men voornemens het hemelwater niet meer via het gemeentelijk rioolstelsel af te voeren naar de waterzuiveringsinstallatie maar (zoveel als mogelijk) te infiltreren in de bodem. Om de mogelijkheden van infiltratie op de locatie te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van de planlocatie uitgevoerd. De onderzoekslocaties zijn gelijkmatig over de herontwikkelingslocaties verdeeld omdat het ruimtelijk plan en de ligging van eventuele infiltratievoorzieningen nog niet is vastgesteld.

Aan de hand van een beoordeling van uitgeboorde grond en op basis van infiltratieproeven is op dertien plaatsen de doorlatendheid van de bodem bepaald. De infiltratiemogelijkheden in het plangebied zijn beperkt gezien de dunne onverzadigde zone ter plaatse (GHG op circa 0,7 m-mv) en de matige doorlatendheid van de bodem in het gebied. In het oosten van het plangebied (vak 12 en 13) is de doorlatendheid van de bodem iets hoger waardoor de mogelijkheden voor infiltratie daar groter zijn.

Op basis van de meetresultaten blijkt dat de hydrologische situatie in het plangebied niet geschikt is voor infiltratie van hemelwater middels kratten en/of koffers. Infiltratie middels de aanleg van een wadi is, afhankelijk van de locatie binnen het plangebied, wel een optie.

In dit onderzoek is een oordeel gegeven over de infiltratiecapaciteit van de bodem op 13 plaatsen die gelijkmatig over het terrein zijn verdeeld en representatief worden beschouwd voor het gehele gebied. Of de bodem het aanbod van hemelwater al dan niet kan verwerken is afhankelijk van het af te koppelen oppervlak en de beschikbare ruimte voor infiltratievoorzieningen.

De doorlatendheid van de bodem verschilt per locatie. Indien wordt gekozen voor het infiltreren van hemelwater in de bodem wordt aanbevolen om op de exacte locatie van de te realiseren voorziening aanvullende infiltratieproeven uit te laten voeren om de benodigde dimensies van de voorziening te kunnen bepalen.

Opgesteld door:  Drs. J.G. van den Braak Hydroloog <i>b. e. E. Schurink</i>	Akkoord bevonden door:  Drs. E. Schurink Projectleider 17 maart 2006
---	---

