

DOORLATENDHEIDSONDERZOEK
"HART VOOR MAASBREE"
TE MAASBREE
GEMEENTE PEEL EN MAAS



- ✿ Bodem
- ✿ Waterbodem
- ✿ Water
- ✿ Archeologie
- ✿ Ecologie
- ✿ Milieu

Water

Doorlatendheidsonderzoek "Hart voor Maasbree" te Maasbree in de gemeente Peel en Maas

Opdrachtgever	Gemeente Peel en Maas Wilhelminaplein 1 5981 CC Panningen
Project	P&M.GEM.GEO
Rapportnummer	11050398
Status	Eindrapportage
Datum	4 juli 2011
Vestiging	Swalmen
Opsteller	J.J.A. Thissen MSc.
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Dhr. E. Zwerver
Paraaf	

Kwaliteitszorg

Voor het uitvoeren van doorlatendheidsonderzoek zijn geen wettelijke richtlijnen vastgesteld. Econsultancy voldoet voor haar overige dienstverlening ten aanzien van bodem aan alle wettelijke kwaliteitseisen. Tot aan het moment dat voor doorlatendheidsonderzoek kan worden gewerkt volgens vastgestelde protocollen en richtlijnen wordt daar waar mogelijk aangesloten aan algemene kwaliteitseisen zoals deze voor bodemonderzoek gelden.

Betrouwbaarheid

Dit onderzoek is op zorgvuldige wijze uitgevoerd conform de algemeen geldende normen en met behulp van gespecialiseerde apparatuur. Het onderzoek betreft een momentopname in de tijd en is steekproefsgewijs uitgevoerd, waardoor een beeld van de geohydrologische situatie wordt verkregen. Econsultancy accepteert derhalve op voorhand geen aansprakelijkheid ten aanzien van mogelijke beslissingen die de opdrachtgever naar aanleiding van het door Econsultancy uitgevoerde onderzoek neemt.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	LOCATIEGEGEVENS	1
2.1	Huidig en toekomstig gebruik	1
2.2	Regionale bodemopbouw	1
2.3	Regionale geohydrologie	2
3.	VELDWERK.....	2
3.1	Algemeen.....	2
3.2	Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau.....	3
3.3	Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven.....	3
3.4	Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen	4
4.	RESULTATEN EN BEOORDELING.....	4
4.1	Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen.....	4
4.2	Beoordeling infiltratiemogelijkheden.....	5
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	7

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging van de locatie
2. - Locatieschets
3. - Boorprofielen
4. - Methodiek constant-head permeameter
5. - Berekende k-waarden

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van de gemeente Peel en Maas opdracht gekregen voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek aan de "Hart voor Maasbree" te Maasbree in de gemeente Peel en Maas.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het duurzaam waterbeheer ten aanzien van de voorgenomen (her)ontwikkeling van de onderzoekslocatie.

Doel van het onderzoek is het bepalen van enkele geohydrologische parameters, waaronder de waterdoorlatendheid (k-waarde), teneinde de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie te kunnen bepalen. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Voor het uitvoeren van geohydrologisch onderzoek zijn geen wettelijke richtlijnen vastgesteld. Derhalve is ten behoeve van de veldwerkzaamheden aangesloten op het VKB-protocol 2001 "Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen" en zijn boorbeschrijvingen conform de NEN 5104 gemaakt.

2. LOCATIEGEGEVENS

2.1 Huidig en toekomstig gebruik

Het plangebied "Hart voor Maasbree" ($\pm 5,62$ ha) is gelegen in de kern van Maasbree in de gemeente Peel en Maas. De percelen, waar het plangebied deel van uitmaakt, zijn kadastraal bekend gemeente Maasbree, sectie K, nummers 385, 388, 433, 1286, 1841, 1846 en 1930 (alle gedeeltelijk).

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 58 E, 1991 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 27,5 m +NAP en zijn de coördinaten van de onderzoekslocatie $X = 201.040$, $Y = 374.380$.

Het plangebied maakt deel uit van de woonkern van Maasbree en is verhard met voornamelijk klinkers en tegels. Het zuidelijk deel van het gebied bestond vroeger uit bouwland.

De initiatiefnemer is voornemens om het plangebied te herontwikkelen. In het kader van duurzaam waterbeheer zal het afstromend hemelwater van het toekomstig verhard oppervlak, indien mogelijk en noodzakelijk, in de bodem worden geïnfiltreerd. De aard van eventuele toekomstige infiltratievoorzieningen is nog niet bekend.

2.2 Regionale bodemopbouw

De onderzoekslocatie ligt volgens de bodemkaart van Nederland, kaartblad 58 Oost, 1967 (schaal 1:50.000), in een niet-gekarteerd gebied. De dichtstbijzijnde kaarteenheid betreft een hoge zwarte enkeerdgrond, welke volgens de Stichting voor Bodemkartering voornamelijk is opgebouwd uit lemig fijn zand. De afzettingen, waarin deze bodem is ontstaan, behoren geologisch gezien tot de Formatie van Bostel.

Geomorfologisch gezien behoort het gebied tot een dekzandrug.

2.3 Regionale geohydrologie

Tectonisch gezien ligt de onderzoekslocatie op de Peelhorst. Deze horst wordt aan de zuidwestzijde begrensd door de Peelrandbreuk en aan de noordoostzijde door de Tegelenbreuk. Beide breuken zijn noordwest-zuidoost gericht.

Het eerste watervoerend pakket heeft een dikte van ± 10 m en wordt gevormd door de grove en grindrijke Formatie van Veghel. Op deze fluviatiele formatie liggen de fijnzandige, matig goed doorlatende dekzandafzettingen, behorende tot de Formatie van Boxtel, met een dikte van ± 10 m. Het eerste watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door afzettingen van de Formatie van Breda. De formatie van Breda bestaat uit glauconietrijke, groengrijze tot groenzwarte zanden en (zandige) klei.

De gemiddelde grondwaterstand van het freatisch grondwater bedraagt $\pm 24,5$ m +NAP, waardoor het grondwater zich op ± 3 m -mv zou bevinden. Het water van het eerste watervoerend pakket stroomt volgens de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, kaartblad 52 Oost, 1978 (schaal 1:50.000), in oostelijke tot zuidoostelijke richting, in de richting van de Maas.

Op de locatie is sprake van infiltratie.

Tabel I geeft een overzicht van enkele geohydrologische gegevens voor het gebied waarin de onderzoekslocatie zich bevindt.

Tabel I. Overzicht geohydrologische gegevens

Grondwatertrap	GHG	GLG	Kwel/Infiltratiegebied
grondwatertrap VII	>0,80	>1,20	Infiltratie
GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand in m -mv GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand in m -mv			

Bron: Bodemkaart kaartblad 58 Oost

Er liggen geen pompstations in de buurt van de onderzoekslocatie, die van invloed zouden kunnen zijn op de grondwaterstroming ter plaatse van de onderzoekslocatie. De onderzoekslocatie ligt niet in een grondwaterbeschermings- en/of grondwaterwingebied.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Het veldwerk is uitgevoerd op 10, 23, 24, 28 juni 2011. Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 14 boringen geplaatst. Zes boringen zijn tot maximaal 5,0 m -mv doorgezet en afgewerkt tot peilbuis, de overige acht boringen zijn doorgezet tot 1,2 m -mv teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Na afloop van de werkzaamheden is het grondwaterniveau in de boorgaten, indien aanwezig, en in geplaatste peilbuizen gemeten.

Op de locatieschets in bijlage 2 is de situering van de meetpunten aangegeven. Van het opgeboorde materiaal is een boorbeschrijving conform de NEN 5104 gemaakt (zie bijlage 3).

3.2 Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zeer fijn tot matig grof zand. De bovengrond is plaatselijk zwak humeus. De ondergrond is plaatselijk zwak tot matig gleyhoudend.

De grond is plaatselijk zwak tot matig baksteenhoudend. Bij boring 2 is op een traject van 0,9-1,0 m - mv een laag aangetroffen die volledig uit baksteen bestaat.

Tabel II geeft een overzicht van de grondwaterstanden die op 28 juni zijn waargenomen.

Tabel II. Overzicht grondwaterstanden

Boring/peilbuizen	Boordiepte (m -mv)	Filterstelling (m -mv)	Grondwaterstand (m -mv)
01	4,3	3,3 - 4,3	2,88
02	5,2	4,2 - 5,2	3,60
03	4,2	3,2 - 4,2	2,47
04	4,0	3,0 - 4,0	2,57
05	4,0	3,0 - 4,0	2,00
06	3,4	2,4 - 3,4	1,72

3.3 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

De doorlatendheid (k-waarde) van de onverzadigde zone is bepaald met behulp van de constant-head permeameter. Hierbij is, mits de doorlatendheid van de bodem zich binnen het meetbereik bevindt (< 10,0 m/dag), middels een overdruksysteem een constant waterniveau gerealiseerd in het boorgat. Na verzadiging van de desbetreffende bodemlaag is het debiet gemeten, welke benodigd is om het waterniveau constant te houden. Deze methode is nader toegelicht in bijlage 4.

In tabel III is een classificatie van de doorlatendheid opgenomen.

Tabel III. Classificatie doorlatendheid

K-waarde (m/dag)	Classificatie (*A)
< 0,01	zeer slecht doorlatend
0,01-0,1	slecht doorlatend
0,1-0,5	matig doorlatend
0,5-1,0	vrij goed doorlatend
1,0-10	goed doorlatend
> 10	zeer goed doorlatend
(*A) Classificatie k-waarde (m/d) (bron: Cultuurtechnisch Vademecum, 2000)	

3.4 Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen

De doorlatendheidsmeting is in een homogene bodemlaag uitgevoerd. Voorafgaand aan elke doorlatendheidsmeting is een referentieboring geplaatst om inzicht te verkrijgen in de bodemopbouw ter plaatse. Op basis van de profielbeschrijving is de te onderzoeken bodemlaag vastgesteld. Vervolgens is in de directe nabijheid van de referentieboring, per meting, een nieuwe boring verricht tot in de te onderzoeken homogene bodemlaag. Van de onderzochte bodemlagen zijn tevens monsters genomen.

Bij de keuze van de te onderzoeken bodemlaag is rekening gehouden met de doelstelling van het onderzoek.

In tabel IV zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

Tabel IV. Overzicht uitgevoerde werkzaamheden

Meetpunt	Einddiepte m -mv	Traject m -mv	Zone	Methodiek
1	4,3	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
2	5,2	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
3	4,2	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
4	4,0	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
5	4,0	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
6	3,4	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
7	1,2	0,8 - 1,0	onverzadigd	constant-head
8	1,2	0,5 - 0,7	onverzadigd	constant-head
9	1,2	0,3 - 0,5	onverzadigd	constant-head
10	1,2	1,0 - 1,2	onverzadigd	constant-head
11	1,2	0,8 - 1,0	onverzadigd	constant-head
12	1,2	0,5 - 0,7	onverzadigd	constant-head
13	1,2	0,5 - 0,7	onverzadigd	constant-head
14	1,2	0,3 - 0,5	onverzadigd	constant-head

4. RESULTATEN EN BEOORDELING

4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen

Tabel V geeft een overzicht van de bodemlaag waarin een in-situ doorlatendheidsmeting is uitgevoerd en de resultaten van de berekende k-waarden. Tevens is de doorlatendheid van de bodem per boring en traject beoordeeld conform de classificatie uit tabel III. In de boorprofielen is de k-waarde weergegeven (zie bijlage 3). Bijlage 5 bevat de berekening van de k-waarden.

Tabel V. Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

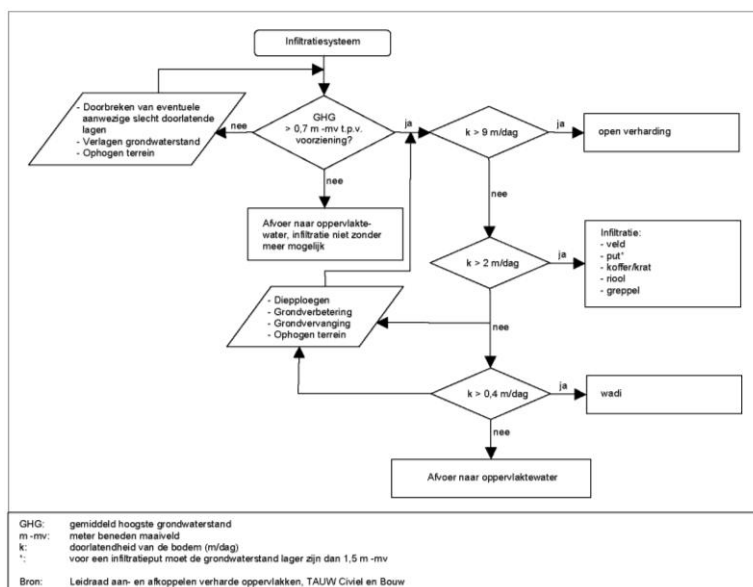
Boring	Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A)	Zone	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling
1	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	1,4	goed doorlatend
2	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn tot matig fijn zand.	matig baksteenhoudend, matig grindig	2,2	goed doorlatend
3	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus	8,7	goed doorlatend
4	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak baksteenhoudend	3,8	goed doorlatend
5	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	3,7	goed doorlatend
6	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	0,1	matig doorlatend
7	0,8 - 1,0	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus	1,9	goed doorlatend
8	0,5 - 0,7	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus, zwak baksteenhoudend	0,7	vrij goed doorlatend
9	0,3 - 0,5	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus	1,6	goed doorlatend
10	1,0 - 1,2	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	4,1	goed doorlatend
11	0,8 - 1,0	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus, zwak baksteenhoudend	0,3	matig doorlatend
12	0,5 - 0,7	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	3,4	goed doorlatend
13	0,5 - 0,7	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak humeus, zwak baksteenhoudend	4,9	goed doorlatend
14	0,3 - 0,5	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	zwak baksteenhoudend	1,7	goed doorlatend
(*A) Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen.						

Aanvullende analyses, zoals de bepaling van het lutum- en organische stofgehalte en de korrelgrootteverdeling, kunnen nodig zijn indien het meetresultaat afwijkt van de, op basis van de textuur en consistentie van de bodem, verwachte doorlatendheid. De meetresultaten gaven echter geen aanleiding aanvullende analyses uit te voeren ter onderbouwing van het meetresultaat.

4.2 Beoordeling infiltratiemogelijkheden

Volgens het advies Waterbeheer voor de 21^e eeuw wordt de voorkeursvolgorde "vasthouden, bergen, afvoeren" aangehouden. In figuur I is schematisch de afweging tussen het wel of niet infiltreren in de bodem en de keuze van een bepaalde infiltratietechniek (op basis van de actuele grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem) weergegeven. Het betreft hier een algemene kwantitatieve beslis-methode. Iedere situatie dient afzonderlijk te worden beoordeeld op basis van locatiespecifieke kenmerken.

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Ecoconsultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van 1,0 m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater. Hiermee wordt rekening gehouden met factoren die de doorlatendheid negatief kunnen beïnvloeden. Bodemlagen met lagere doorlatendheden worden als niet of minder geschikt geacht voor hemelwaterinfiltratie.



Figuur 1. Beslismethodiek infiltratietechniek

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld dat ter plaatse van de boringen 1 t/m 5 de bodem over het traject 1,0 tot 1,2 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Ter plaatse van de boringen 7, 9, 10, 12, 13 en 14 is de bodem van de onderzochte bodemlagen geschikt voor infiltratie van hemelwater. Bij de boringen 6, 8 en 11 is de onderzochte bodemlaag niet geschikt voor infiltratie. Infiltratie kan plaatsvinden op een locatie in de nabije omgeving waar de bodemlaag wel geschikt is. Een andere mogelijkheid kan zijn het toepassen van diepte-infiltratie. Hierbij wordt hemelwater geïnfiltreerd in diepere verzadigde bodemlagen (> 2,0 m -mv). Bij het maken van de eventuele keuze voor een bergingsvoorziening (dimensionering) is het tevens van belang rekening te houden de hoeveelheid te bergen hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard oppervlak.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Econsultancy heeft in opdracht van de gemeente Peel en Maas een doorlatendheidsonderzoek uitgevoerd aan de "Hart voor Maasbree" te Maasbree in de gemeente Peel en Maas.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het duurzaam waterbeheer ten aanzien van de voorgenomen (her)ontwikkeling van de onderzoekslocatie.

Doel van het onderzoek is het bepalen van enkele geohydrologische parameters, waaronder de waterdoorlatendheid (k-waarde), teneinde de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie te kunnen bepalen. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Bodemopbouw en grondwater

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zeer fijn tot matig grof zand. De bovengrond is plaatselijk zwak humeus. De ondergrond is plaatselijk zwak tot matig gleyhoudend.

De grond is plaatselijk zwak tot matig baksteenhoudend. Bij boring 2 is op een traject van 0,9-1,0 m -mv een laag aangetroffen die volledig uit baksteen bestaat.

Het grondwaterniveau varieert van circa 1,7 tot 3,6 m -mv.

Doorlatendheid

Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 14 in-situ doorlatendheidsmetingen in een aantal onverzadigde bodemlagen uitgevoerd. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht. De doorlatendheid van de bodem wordt over het algemeen geclassificeerd als matig goed tot goed doorlatend, waarbij k-waarden van 0,1 tot 8,7 m/dag zijn aangetoond.

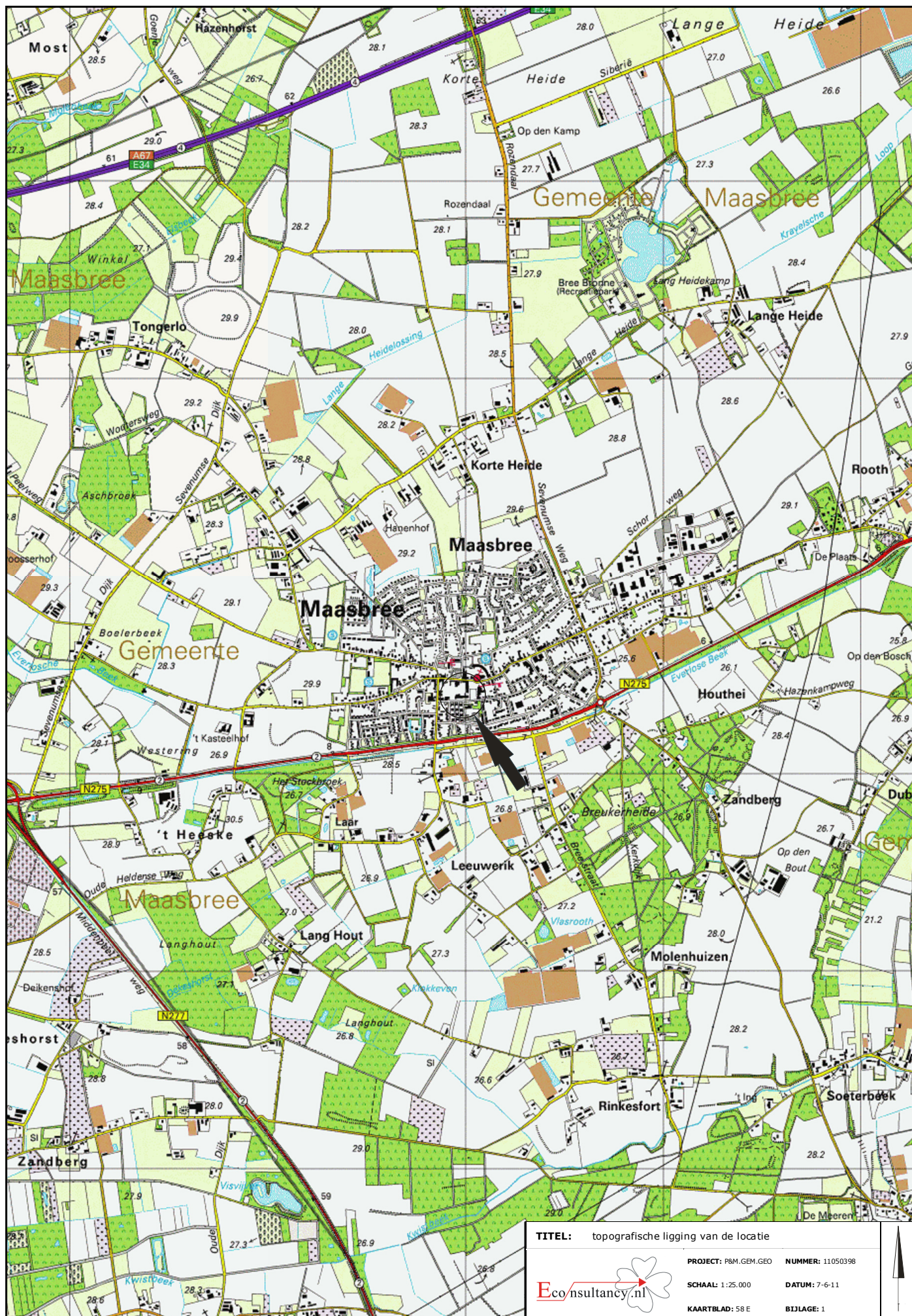
Advies infiltratiemogelijkheden

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Econsultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van 1,0 m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater. Hiermee wordt rekening gehouden met factoren die de doorlatendheid negatief kunnen beïnvloeden. Bodemlagen met lagere doorlatendheden worden als niet of minder geschikt geacht voor hemelwaterinfiltratie.

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld ter plaatse van de boringen 1 t/m 5 de bodem over het traject 1,0 tot 1,2 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Ter plaatse van de boringen 7, 9, 10, 12, 13 en 14 is de bodem van de onderzochte bodemlagen geschikt voor infiltratie van hemelwater. Bij de boringen 6, 8 en 11 is de onderzochte bodemlaag niet geschikt voor infiltratie. Infiltratie kan plaatsvinden op een locatie in de nabije omgeving waar de bodemlaag wel geschikt is. Een andere mogelijkheid kan zijn het toepassen van diepte-infiltratie. Hierbij wordt hemelwater geïnfiltreerd in diepere verzadigde bodemlagen (>0 m -mv).

Bij het maken van de keuze voor het type infiltratievoorziening(en) is het tevens van belang rekening te houden met het actuele grondwaterniveau en het gemiddeld hoogste grondwaterniveau. Uiteraard is de hoeveelheid te infiltreren hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard oppervlak, eveneens bepalend voor de dimensionering. Econsultancy adviseert om de keuze voor de omgang met het hemelwater af te stemmen met de gemeente Peel en Maas en het Waterschap Peel en Maasvallei.

Econsultancy
Swalmen, 4 juli 2011





Bijlage 3 Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

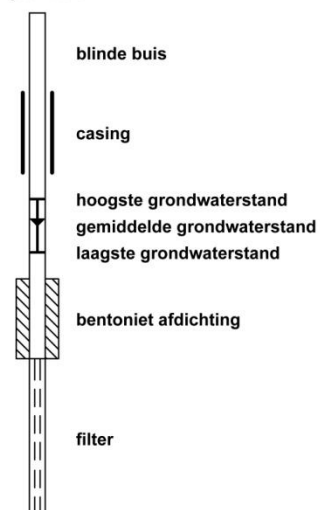
zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

peilbuis



klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

geur

	geen geur
	zwakke geur
	matige geur
	sterke geur
	uiterste geur

olie

	geen olie-water reactie
	zwakke olie-water reactie
	matige olie-water reactie
	sterke olie-water reactie
	uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

	>0
	>1
	>10
	>100
	>1000
	>10000

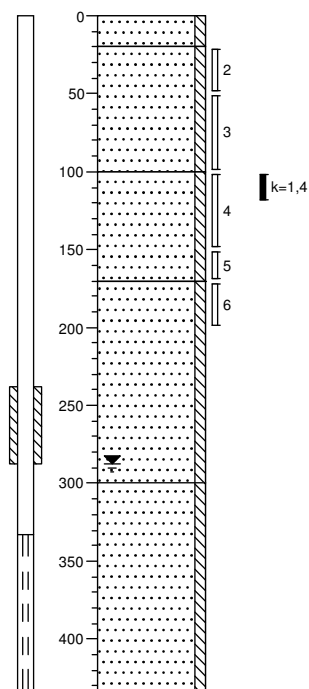
monsters

	geroerd monster
	k-waarde in-situ meting (m/dag)

overig

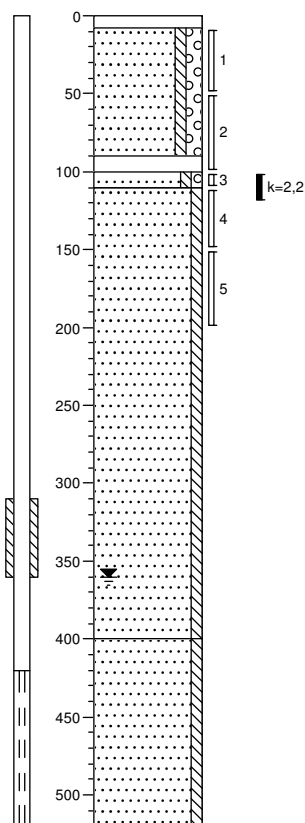
	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand (tijdens veldwerk)
	Gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	water

Boring: 01



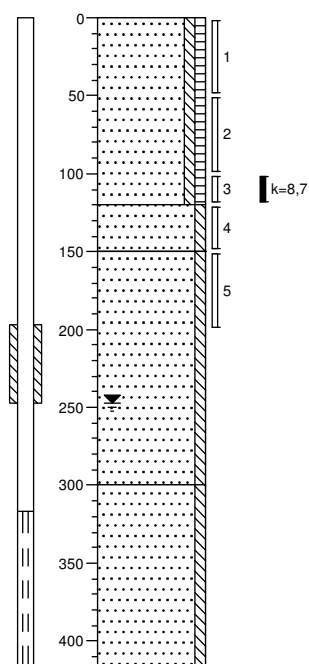
0	berm
20	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbruin
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak gleyhoudend, beigegeel
100	Zand, zeer fijn, zwak siltig, donkerbruin
170	Zand, zeer fijn, zwak siltig, geelbeige
300	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbeige
433	

Boring: 02

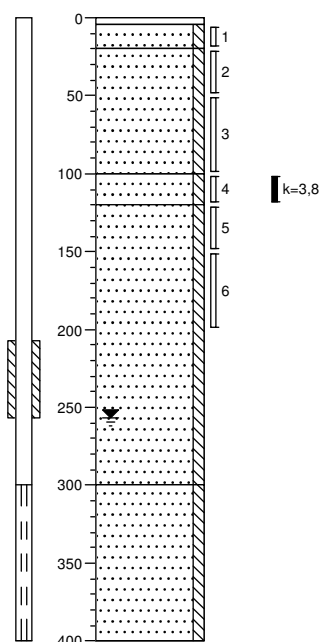


0	klinker
8	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig, zwak baksteenhoudend, matig keileemhoudend, lichtbruin
90	
100	Volledig baksteen, donkerrood
110	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, matig baksteenhoudend, roodbruin
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, geelbeige
400	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbeige
520	

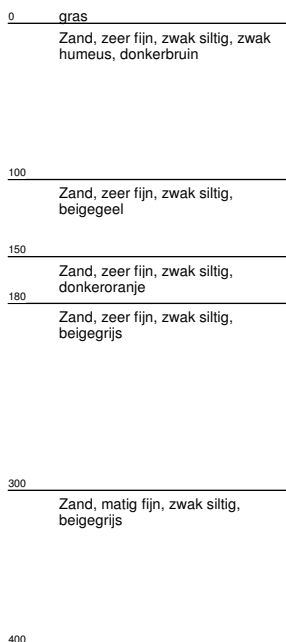
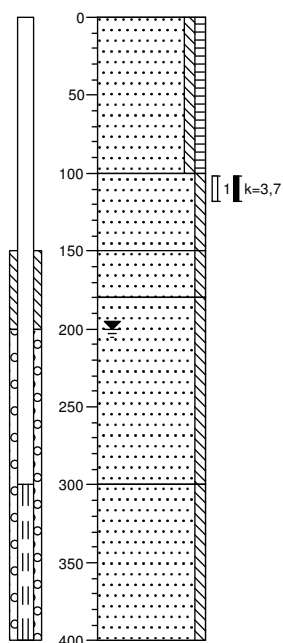
Boring: 03



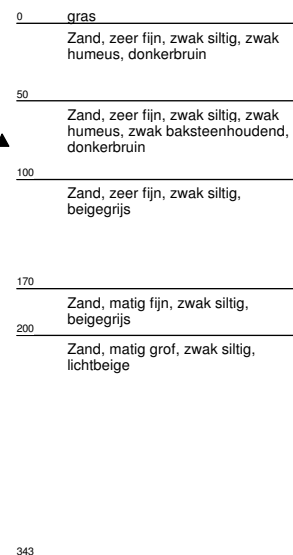
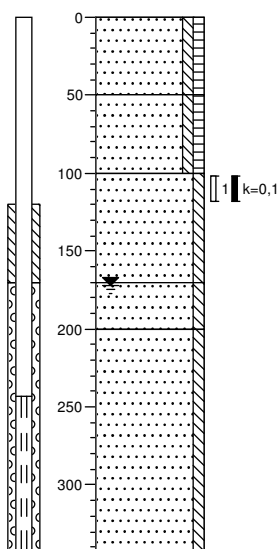
Boring: 04



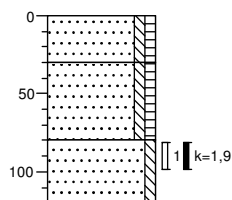
Boring: 05



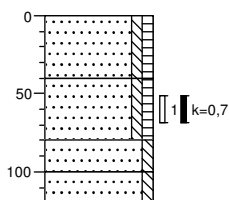
Boring: 06



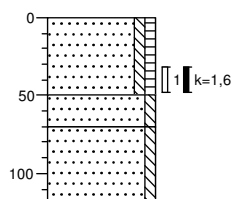
Boring: 07



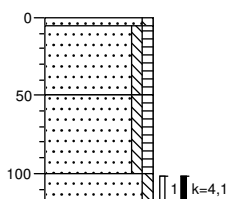
Boring: 08



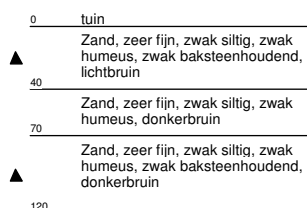
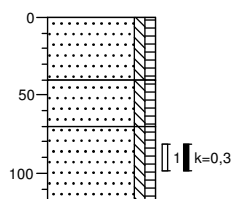
Boring: 09



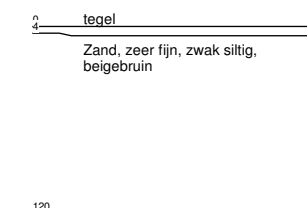
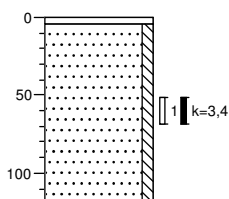
Boring: 10



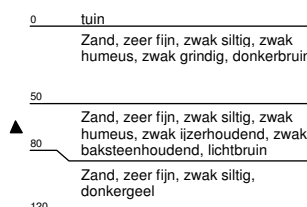
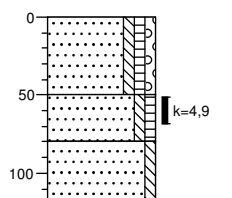
Boring: 11



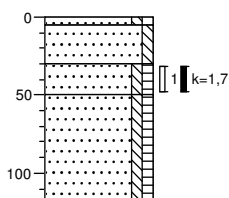
Boring: 12



Boring: 13



Boring: 14



Bijlage 4 Methodiek doorlatendheidsmetingen

Methodiek constant-head permeameter

De k-waarde wordt bepaald met behulp van de constant-head permeameter. Hierbij wordt met behulp van een overdruksysteem een constant waterniveau gerealiseerd in het boorgat. Na verzadiging van de betreffende bodemlaag wordt het debiet gemeten, welke benodigd is om het waterniveau constant te houden. Het betreft hier uitsluitend in-situ proeven in de onverzadigde zone.

Hierna kan er met behulp van de "Glover Solution" de k-waarde van de desbetreffende bodemlaag berekend worden. Indien er geen slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van $2 \times$ de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution", welke hieronder in formulevorm is weergegeven, de k-waarde berekend worden:

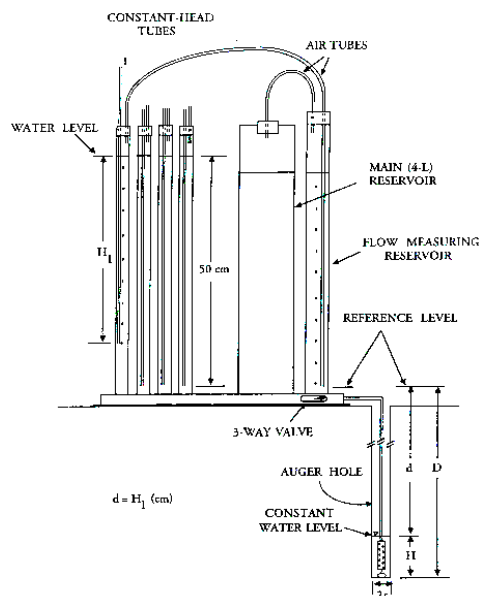
$$K_{sat} = \frac{\left(\text{hyp sin}^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} \right) + \left(\frac{r}{H} \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

De parameters H en r zijn in figuur 1 schematisch weergegeven.

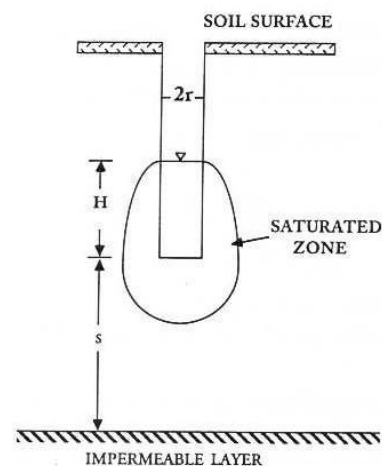
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

$$K_{sat} = \frac{3 * \ln \frac{H}{r}}{\pi * H * ((3 * H) + (2 * s))} * Q$$

De parameters H en r zijn in figuur 1 weergegeven en de parameter s is in figuur 2 schematisch weergegeven.



Figuur 1.



Figuur 2.

Bijlage 5 Berekende k-waarden

Tabel I. Resultaten Mp 01

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm3/s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	42,0	0 -		29,5	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,9	30	4,05	31,3	30	-3,47
meting 2 t = 2 [cm]	38,5	60	2,70	30,9	60	0,77
meting 3 t = 3 [cm]	37,4	90	2,12	30,5	90	0,77
meting 4 t = 4 [cm]	36,3	120	2,12	30,1	120	0,77
meting 5 t = 5 [cm]	35,2	150	2,12	29,7	150	0,77
meting 6 t = 6 [cm]	34,1	180	2,12	29,3	180	0,77
meting 7 t = 7 [cm]	33,0	210	2,12			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			2,12	0,77		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			1,4			

Tabel II. Resultaten Mp 02

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm3/s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	42,5	0 -		45,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,0	30	6,75	43,6	30	2,78
meting 2 t = 2 [cm]	37,0	60	3,86	42,4	60	2,24
meting 3 t = 3 [cm]	35,2	90	3,47	41,3	90	2,12
meting 4 t = 4 [cm]	33,7	120	2,89	40,3	120	1,93
meting 5 t = 5 [cm]	32,1	150	3,09	39,3	150	1,93
meting 6 t = 6 [cm]	30,6	180	2,89	38,3	180	1,93
meting 7 t = 7 [cm]	29,3	210	2,51	37,3	210	1,93
meting 8 t = 8 [cm]	28,0	240	2,51	36,3	240	1,93
meting 9 t = 9 [cm]	26,7	270	2,51			
meting 10 t = 10 [cm]	25,4	300	2,51			
meting 11 t = 11 [cm]	24,1	330	2,51			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			2,51	1,93		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			2,2			

Tabel III. Resultaten Mp 03

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	41,5	0 -		45,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	37,5	30	7,72	36,5	30	16,40
meting 2 t = 2 [cm]	27,8	60	18,71	29,5	60	13,51
meting 3 t = 3 [cm]	23,0	90	9,26	24,5	90	9,65
meting 4 t = 4 [cm]	18,5	120	8,68	20,0	120	8,68
meting 5 t = 5 [cm]	13,7	150	9,26	15,8	150	8,10
meting 6 t = 6 [cm]	9,1	180	8,87	11,5	180	8,30
meting 7 t = 7 [cm]	4,5	210	8,87	7,0	210	8,68
meting 8 t = 8 [cm]	-0,1	240	8,87	2,6	240	8,49
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			8,91	8,45		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			8,7			

Tabel VI. Resultaten Mp 04

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			110		
laageinde [cm -mv]	140			150		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			130		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	42,5	0 -		28,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,6	30	5,60	25,8	30	4,24
meting 2 t = 2 [cm]	37,4	60	4,24	24,4	60	2,70
meting 3 t = 3 [cm]	35,2	90	4,24	22,7	90	3,28
meting 4 t = 4 [cm]	33,0	120	4,24	20,9	120	3,47
meting 5 t = 5 [cm]	30,8	150	4,24	19,2	150	3,28
meting 6 t = 6 [cm]	28,6	180	4,24	17,4	180	3,47
meting 7 t = 7 [cm]				15,7	210	3,28
meting 8 t = 8 [cm]				13,9	240	3,47
meting 9 t = 9 [cm]				12,2	270	3,28
meting 10 t = 10 [cm]				10,4	300	3,47
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			4,24	3,38		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			3,8			

Tabel V. Resultaten Mp 05

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm3/s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	37,8	0 -		34,1	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	34,9	30	5,60	32,0	30	4,05
meting 2 t = 2 [cm]	32,4	60	4,82	30,0	60	3,86
meting 3 t = 3 [cm]	27,9	90	8,68	28,1	90	3,67
meting 4 t = 4 [cm]	25,8	120	4,05	26,4	120	3,28
meting 5 t = 5 [cm]	23,5	150	4,44	24,6	150	3,47
meting 6 t = 6 [cm]	21,4	180	4,05	22,9	180	3,28
meting 7 t = 7 [cm]	19,3	210	4,05	20,9	210	3,86
meting 8 t = 8 [cm]	17,2	240	4,05	19,1	240	3,47
meting 9 t = 9 [cm]	15,1	270	4,05	17,2	270	3,67
meting 10 t = 10 [cm]	13,0	300	4,05	15,6	300	3,09
meting 11 t = 11 [cm]				13,7	330	3,67
meting 12 t = 12 [cm]				11,9	360	3,47
meting 13 t = 13 [cm]				10,2	390	3,28
meting 14 t = 14 [cm]				8,5	420	3,28
meting 15 t = 15 [cm]				6,8	450	3,28
meting 16 t = 16[cm]				5,1	480	3,28
meting 17 t = 17 [cm]				3,4	510	3,28
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			4,05	3,31		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			3,7			

Tabel VI. Resultaten Mp 06

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm3/s]	105			20		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	37,0	0 -		42,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	34,7	30	4,44	41,0	30	0,37
meting 2 t = 2 [cm]	34,0	60	1,35	41,2	60	-0,07
meting 3 t = 3 [cm]	33,6	90	0,77	41,4	90	-0,07
meting 4 t = 4 [cm]	33,1	120	0,96	41,5	120	-0,04
meting 5 t = 5 [cm]	32,8	150	0,58	41,6	150	-0,04
meting 6 t = 6 [cm]	32,7	180	0,19	41,6	180	0,00
meting 7 t = 7 [cm]	32,6	210	0,19	41,6	210	0,00
meting 8 t = 8 [cm]	32,5	240	0,19	41,5	240	0,04
meting 9 t = 9 [cm]	32,4	270	0,19	41,5	270	0,00
meting 10 t = 10 [cm]	32,3	300	0,19	41,4	300	0,04
meting 11 t = 11 [cm]				41,3	330	0,04
meting 12 t = 12 [cm]				41,2	360	0,04
meting 13 t = 13 [cm]				41,1	390	0,04
meting 14 t = 14 [cm]				41,0	420	0,04
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			0,19	0,04		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			0,1			

Tabel VII. Resultaten Mp 07

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	80			80		
laageinde [cm -mv]	120			120		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	100			100		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	39,0	0 -		37,7	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	37,0	30	3,86	37,3	30	0,77
meting 2 t = 2 [cm]	35,6	60	2,70	36,6	60	1,35
meting 3 t = 3 [cm]	34,4	90	2,32	35,8	90	1,54
meting 4 t = 4 [cm]	33,2	120	2,32	35,0	120	1,54
meting 5 t = 5 [cm]	32,0	150	2,32	34,2	150	1,54
meting 6 t = 6 [cm]	30,8	180	2,32	33,4	180	1,54
meting 7 t = 7 [cm]	29,6	210	2,32	32,6	210	1,54
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			2,32	1,54		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			1,9			

Tabel VIII. Resultaten Mp 08

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	50			50		
laageinde [cm -mv]	90			90		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	70			70		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	41,5	0 -		30,2	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,3	30	4,24	29,8	30	0,77
meting 2 t = 2 [cm]	38,1	60	2,32	29,7	60	0,19
meting 3 t = 3 [cm]	37,0	90	2,12	29,4	90	0,58
meting 4 t = 4 [cm]	36,0	120	1,93	29,2	120	0,39
meting 5 t = 5 [cm]	35,3	150	1,35	28,9	150	0,58
meting 6 t = 6 [cm]	34,6	180	1,35	28,7	180	0,39
meting 7 t = 7 [cm]	34,1	210	0,96	28,5	210	0,39
meting 8 t = 8 [cm]	33,6	240	0,96	28,3	240	0,39
meting 9 t = 9 [cm]	33,1	270	0,96	28,1	270	0,39
meting 10 t = 10 [cm]	32,6	300	0,96	27,9	300	0,39
meting 11 t = 11 [cm]	32,1	330	0,96			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			0,96	0,39		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			0,7			

Tabel IX. Resultaten Mp 09

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	30			30		
laageinde [cm -mv]	70			70		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	50			50		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	34,0	0 -		42,3	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	32,0	30	3,86	41,1	30	2,32
meting 2 t = 2 [cm]	30,8	60	2,32	40,3	60	1,54
meting 3 t = 3 [cm]	29,9	90	1,74	39,5	90	1,54
meting 4 t = 4 [cm]	28,9	120	1,93	38,7	120	1,54
meting 5 t = 5 [cm]	28,0	150	1,74	37,9	150	1,54
meting 6 t = 6 [cm]	27,0	180	1,93	37,1	180	1,54
meting 7 t = 7 [cm]	26,1	210	1,74			
meting 8 t = 8 [cm]	25,3	240	1,54			
meting 9 t = 9 [cm]	24,4	270	1,74			
meting 10 t = 10 [cm]	23,5	300	1,74			
meting 11 t = 11 [cm]	22,6	330	1,74			
meting 12 t = 12 [cm]	21,7	360	1,74			
meting 13 t = 13 [cm]	20,8	390	1,74			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			1,74	1,54		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			1,6			

Tabel X. Resultaten Mp 10

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	100			100		
laageinde [cm -mv]	140			140		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	120			120		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	40,0	0 -		27,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	36,5	30	6,75	25,0	30	3,86
meting 2 t = 2 [cm]	33,7	60	5,40	23,5	60	2,89
meting 3 t = 3 [cm]	31,4	90	4,44	21,6	90	3,67
meting 4 t = 4 [cm]	30,0	120	2,70	19,5	120	4,05
meting 5 t = 5 [cm]	26,5	150	6,75	17,4	150	4,05
meting 6 t = 6 [cm]	24,0	180	4,82	15,3	180	4,05
meting 7 t = 7 [cm]	21,5	210	4,82	13,2	210	4,05
meting 8 t = 8 [cm]	19,4	240	4,05	11,1	240	4,05
meting 9 t = 9 [cm]	17,3	270	4,05			
meting 10 t = 10 [cm]	15,2	300	4,05			
meting 11 t = 11 [cm]	13,1	330	4,05			
meting 12 t = 12 [cm]	11,0	360	4,05			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			4,05	4,05		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			4,1			

Tabel XI. Resultaten Mp 11

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	80			80		
laageinde [cm -mv]	120			120		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	100			100		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	42,0	0 -		31,9	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,3	30	5,21	31,8	30	0,19
meting 2 t = 2 [cm]	38,0	60	2,51	31,7	60	0,19
meting 3 t = 3 [cm]	37,0	90	1,93	31,6	90	0,19
meting 4 t = 4 [cm]	36,2	120	1,54	31,5	120	0,19
meting 5 t = 5 [cm]	35,6	150	1,16	31,4	150	0,19
meting 6 t = 6 [cm]	35,3	180	0,58			
meting 7 t = 7 [cm]	35,0	210	0,58			
meting 8 t = 8 [cm]	34,7	240	0,58			
meting 9 t = 9 [cm]	34,7	270	0,00			
meting 10 t = 10 [cm]	34,5	300	0,39			
meting 11 t = 11 [cm]	34,3	330	0,39			
meting 12 t = 12 [cm]	34,1	360	0,39			
meting 13 t = 13 [cm]	33,9	390	0,39			
meting 14 t = 14 [cm]	33,7	420	0,39			
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			0,39	0,19		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			0,3			

Tabel XII. Resultaten Mp 12

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	50			50		
laageinde [cm -mv]	90			90		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	70			70		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	44,0	0 -		43,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,8	30	8,10	40,4	30	5,02
meting 2 t = 2 [cm]	37,5	60	4,44	38,5	60	3,67
meting 3 t = 3 [cm]	35,5	90	3,86	36,8	90	3,28
meting 4 t = 4 [cm]	33,7	120	3,47	35,2	120	3,09
meting 5 t = 5 [cm]	31,9	150	3,47	33,6	150	3,09
meting 6 t = 6 [cm]	30,1	180	3,47	31,8	180	3,47
meting 7 t = 7 [cm]	28,3	210	3,47	30,0	210	3,47
meting 8 t = 8 [cm]	26,9	240	2,70	28,2	240	3,47
meting 9 t = 9 [cm]				26,4	270	3,47
meting 10 t = 10 [cm]				24,6	300	3,47
meting 11 t = 11 [cm]						
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			3,32	3,47		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			3,4			

Tabel XIII. Resultaten Mp 13

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	50			50		
laageinde [cm -mv]	90			90		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	70			70		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	42,0	0 -		40,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	36,8	30	10,03	35,8	30	8,10
meting 2 t = 2 [cm]	34,2	60	5,02	32,8	60	5,79
meting 3 t = 3 [cm]	31,3	90	5,60	30,8	90	3,86
meting 4 t = 4 [cm]	29,5	120	3,47	28,5	120	4,44
meting 5 t = 5 [cm]	26,2	150	6,37	26,0	150	4,82
meting 6 t = 6 [cm]	23,6	180	5,02	23,5	180	4,82
meting 7 t = 7 [cm]	21,0	210	5,02	21,0	210	4,82
meting 8 t = 8 [cm]	18,4	240	5,02	19,0	240	3,86
meting 9 t = 9 [cm]	15,8	270	5,02	16,5	270	4,82
meting 10 t = 10 [cm]	13,2	300	5,02	14,0	300	4,82
meting 11 t = 11 [cm]				11,5	330	4,82
meting 12 t = 12 [cm]				9,0	360	4,82
meting 13 t = 13 [cm]				6,5	390	4,82
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			5,02	4,82		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			4,9			

Tabel XIV. Resultaten Mp 14

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	30			30		
laageinde [cm -mv]	70			70		
Q [cm ³ /s]	105			105		
H [cm]	20			20		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	50			50		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	46,0	0 -		37,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	44,4	30	3,09	36,0	30	1,93
meting 2 t = 2 [cm]	43,3	60	2,12	35,0	60	1,93
meting 3 t = 3 [cm]	42,1	90	2,32	34,2	90	1,54
meting 4 t = 4 [cm]	41,1	120	1,93	33,4	120	1,54
meting 5 t = 5 [cm]	40,1	150	1,93	32,7	150	1,35
meting 6 t = 6 [cm]	39,1	180	1,93	32,0	180	1,35
meting 7 t = 7 [cm]	38,1	210	1,93	31,3	210	1,35
meting 8 t = 8 [cm]				30,6	240	1,35
meting 9 t = 9 [cm]				29,9	270	1,35
meting 10 t = 10 [cm]						
meting 11 t = 11 [cm]						
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			2,01	1,38		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			1,7			