

GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
KERKSTRAAT
TE MAASBRACHT
GEMEENTE MAASGOUW



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

Water

Geohydrologisch onderzoek Kerkstraat te Maasbracht in de gemeente Maasgouw

Opdrachtgever	Plangroep Heggen Contactpersoon: Dhr. K. Tielen Postbus 44 6120 AA Born
Project	MSG.HEG.NEN
Rapportnummer	10081571
Status	Eindrapportage
Datum	1 juni 2011
Vestiging	Swalmen
Opsteller	Dhr. S.J. Theeuwen
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Ing. J.A. Peters
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
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.....	2
3.3	Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven.....	3
3.4	Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen	3
4.	RESULTATEN EN BEOORDELING.....	4
4.1	Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen.....	4
4.2	Beoordeling infiltratiemogelijkheden.....	4
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	6

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging van de locatie
2. - Locatieschets
- 3a - Boorprofielen geohydrologisch onderzoek
- 3b - Boorprofielen verkennend bodemonderzoek
- 4 - Methodiek constant-head permeameter
5. - Berekende k-waarden

1. INLEIDING

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van Plangroep Heggen opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek aan de Kerkstraat te Maasbracht in de gemeente Maasgouw.

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 of de onderzoekslocatie geschikt voor de infiltratie van hemelwater. Hiertoe zal inzicht worden verkregen in de regionale en locatiespecifieke bodemopbouw en geohydrologie. Tijdens het onderzoek is onder andere de waterdoorlatendheid (k-waarde) van verschillende bodemlagen 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

De onderzoekslocatie ($\pm 1.885 \text{ m}^2$) ligt aan de Kerkstraat, in de kern van Maasbracht in de gemeente Maasgouw (zie bijlage 1).

Volgens het Actueel Hoogtebestand Nederland (www.ahn.nl), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 23,0 m +NAP en zijn de coördinaten van de onderzoekslocatie X = 191.340, Y = 350.920.

Volgens de Grote Historische Atlas van Nederland, deel 4 "Zuid Nederland 1838-1857", kaartblad 109, 1990 (schaal 1:50.000), bestond de locatie, alsmede de omgeving ervan, destijds uit beek (Krombeek) en beekdal, welke aan de oevers werd bewoond. Tussen 1895 en 1912 is deze beek gekanaliseerd en is de onderzoekslocatie overgegaan in bouwland. Tot halverwege de jaren vijftig van de vorige eeuw is dit gebruik van de onderzoekslocatie niet wezenlijk veranderd. Sindsdien is de onderzoekslocatie bebouwd met een basisschool (De Tweesprong) en is uitpandig grotendeels verhard met een tegelverharding. In bijlage 2 is de huidige situatie op een locatieschets weergegeven.

In de toekomstige situatie zal de bestaande bebouwing worden gesloopt en 4 woningen worden gerealiseerd. De aard van de eventuele infiltratievoorziening is vooralsnog niet bekend.

2.2 Regionale bodemopbouw

De onderzoekslocatie ligt volgens de bodemkaart van Nederland, kaartblad 58 West, 1967 (schaal 1:50.000), in een niet-gekarteerd gebied. De dichtstbijzijnde kaarteenheid betreft een hoge 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 Beegden.

2.3 Regionale geohydrologie

Tectonisch gezien ligt de onderzoekslocatie in de Roerdalslenk. Deze slenk wordt aan de zuidwestzijde begrensd door de Feldbiss en aan de noordoostzijde door de Peelrandbreuk. Beide breuken zijn noordwest-zuidoost gericht.

Het eerste watervoerend pakket heeft een dikte van ± 88 m en wordt gevormd door de grove en grindrijke zanden van de Formaties van Sterksel en Stamproy. Op deze fluviatiele en periglaciale formaties liggen de fijnzandige, matig goed doorlatende dekzandafzettingen, behorende tot de Formatie van Beegden, met een dikte van ± 18 m. Het eerste watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door kleiafzettingen van de Kiezeloolliet Formatie.

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
VII	> 0,80	> 1,20	infiltratie
GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand in m -mv GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand in m -mv			

Bron: bodemkaart 58 West 1972

De onderzoekslocatie ligt niet in een grondwaterbeschermings- en/of grondwaterwingebied.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Het veldwerk is uitgevoerd op 24 mei 2011. Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 2 boringen tot 2,0 m -mv geplaatst. Teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen, zijn tevens de boorprofielen geraadpleegd van het verkennend bodemonderzoek (10081570 MSG.HEG.NEN), waarbij, verspreid over het hele plangebied, in totaal 11 boringen zijn geplaatst, waarvan 2 boringen die zijn doorgezet tot circa 2,0 m -mv, en een boring tot circa 3,35 m -mv (zie bijlage 3b). Hierbij is gebleken dat de bodemsamenstelling ter plaatse vrij homogeen van opbouw is. De boringen ten behoeve van het geo-hydrologisch onderzoek zijn derhalve niet verder doorgezet dan 2,0 m -mv. Na het verrichten van de boringen zijn de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. 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 3a).

3.2 Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau

De bovengrond bestaat tot maximaal 0,7 m -mv voornamelijk uit zwak siltig, plaatselijk zwak tot matig grindig, matig fijn tot matig grof zand. De bovengrond is plaatselijk zwak humeus en zwak leemhoudend. De ondergrond bestaat uit zwak siltig, zeer fijn tot matig fijn zand. De ondergrond is plaatselijk zwak vuursteenhoudend en zwak tot matig leemhoudend.

Tijdens de veldwerkzaamheden van het verkennend bodemonderzoek is op een diepte van $\pm 2,1$ m -mv grondwater aangetroffen.

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 II is een classificatie van de doorlatendheid opgenomen.

Tabel II. *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 doorlatendheidsmetingen zijn 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 III zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

Tabel III. *Overzicht uitgevoerde werkzaamheden*

meetpunt	einddiepte m -mv	traject m -mv	zone	methodiek
04	2,0	0,75-0,95	onverzadigd	infiltratie
09	2,0	1,3-1,5	onverzadigd	infiltratie

4. RESULTATEN EN BEOORDELING

4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen

Tabel IV 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 II. In de boorprofielen is de k-waarde weergegeven (zie bijlage 3). Bijlage 5 bevat de berekening van de k-waarden.

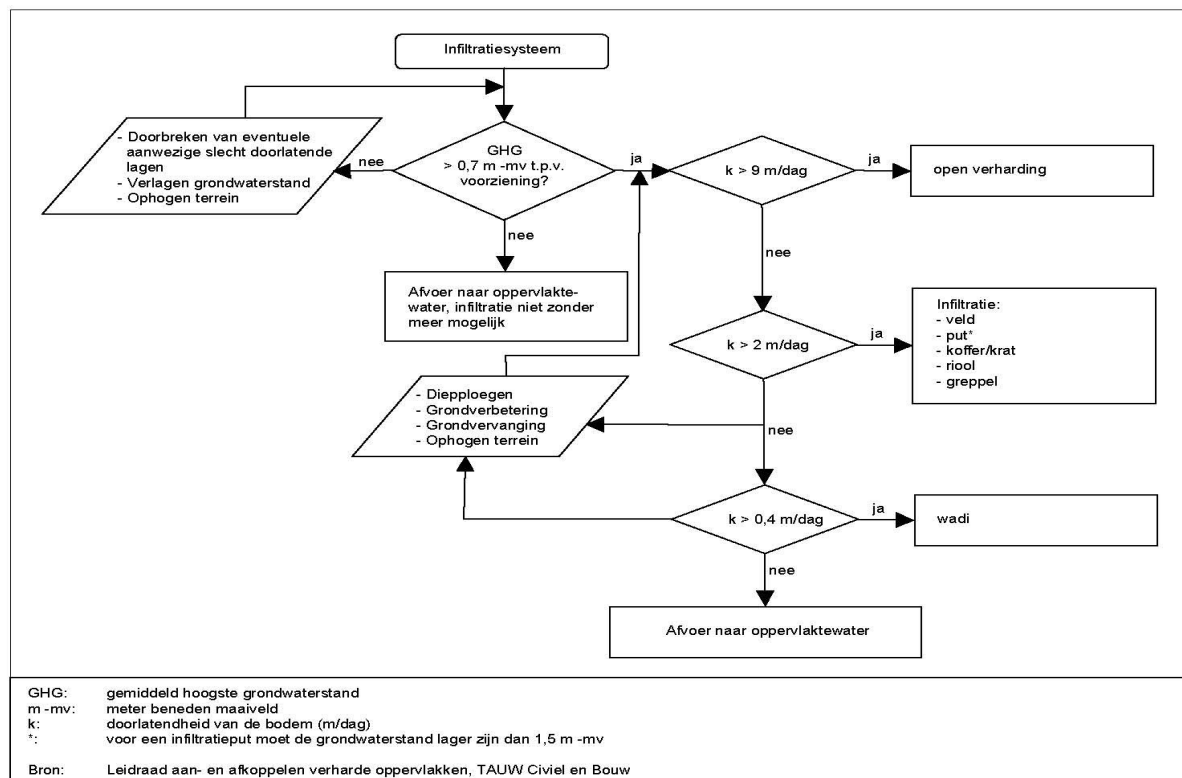
Tabel IV. Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

Boring	Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A)	Zone	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling
04	0,75-0,95	onverzadigd	matig fijn, zwak siltig, zwak grindig zand	-	7,3	goed doorlatend
09	1,3-1,5	onverzadigd	zwak siltig, matig fijn zand	-	11,2	zeer goed doorlatend

(*A) Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen.

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.



Figuur I. Beslismethodiek infiltratietechniek

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Econ-
sultancy 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 kun-
nen 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 de bodem
tot 1,6 m -mv geschikt wordt bevonden voor de infiltratie van hemelwater. Bij het maken van de even-
tuele keuze voor een infiltratie- c.q. bergingsvoorziening (dimensionering) is het tevens van belang
rekening te houden de hoeveelheid te bergen hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard op-
pervlak.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Econsultancy heeft in opdracht van Plangroep Heggen een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd aan de Kerkstraat te Maasbracht in de gemeente Maasgouw.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het duurzaam waterbeheer ten aanzien van de voorgenomen herontwikkeling van de onderzoekslocatie.

Doel van het onderzoek is het bepalen of de onderzoekslocatie geschikt voor de infiltratie van hemelwater. Hiertoe zal inzicht worden verkregen in de regionale en locatiespecifieke bodemopbouw en geohydrologie. Tijdens het onderzoek is onder andere de waterdoorlatendheid (k-waarde) van verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Bodemopbouw en grondwater

De bovengrond bestaat tot maximaal 0,7 m -mv voornamelijk uit zwak siltig, plaatselijk zwak tot matig grindig, matig fijn tot matig grof zand. De bovengrond is plaatselijk zwak humeus en zwak leemhoudend. De ondergrond bestaat uit zwak siltig, zeer fijn tot matig fijn zand. De ondergrond is plaatselijk zwak vuursteenhoudend en zwak tot matig leemhoudend.

Er zijn geen gleyverschijnselen, noch storende lagen in de ondergrond waargenomen.

Het actuele grondwaterniveau bevindt zich op $\pm 2,1$ m -mv.

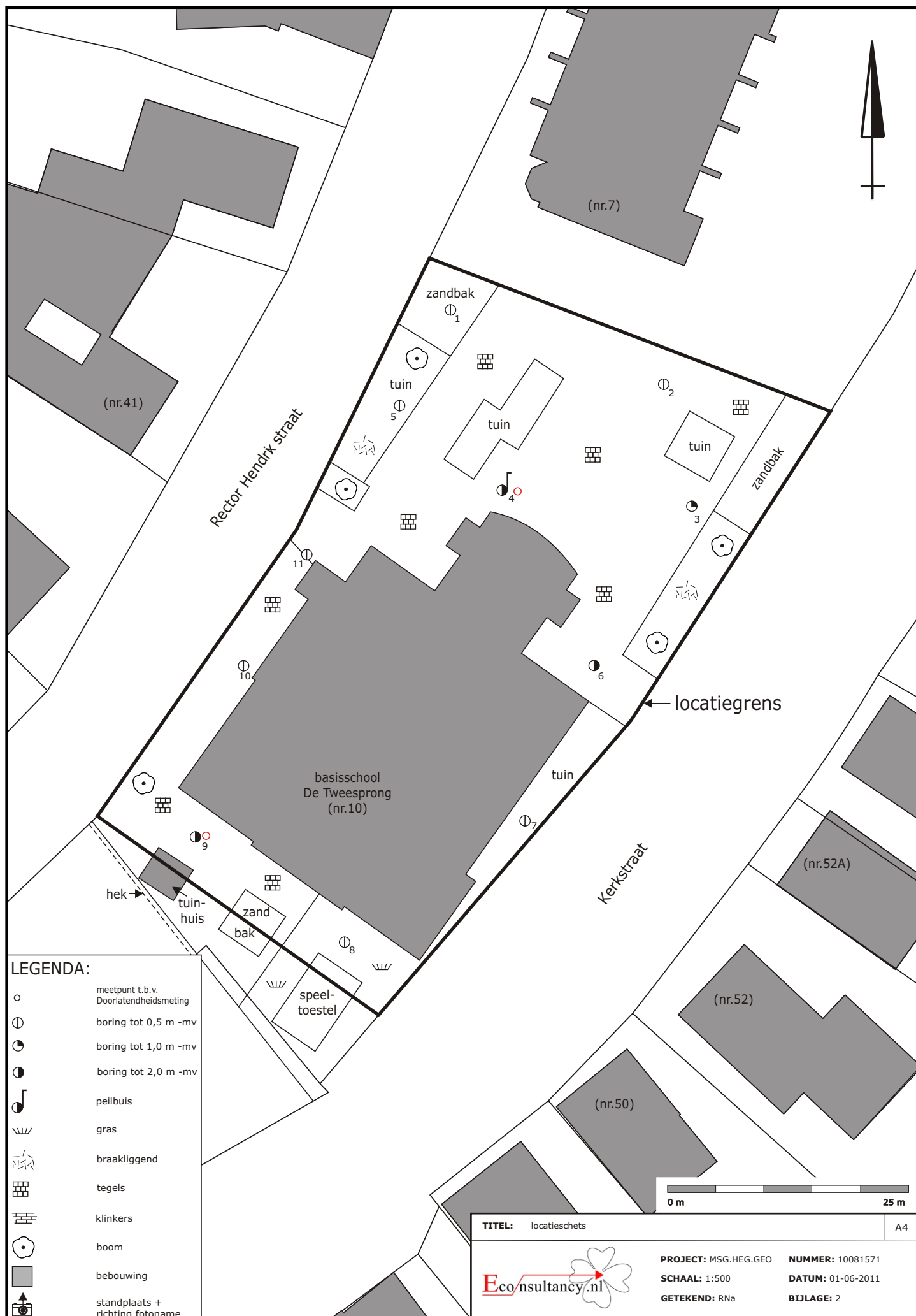
Advies infiltratiemogelijkheden

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 dat de bodem tot 1,6 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater.

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 Maasgouw en het Waterschap Roer en Overmaas.





Bijlage 3 Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

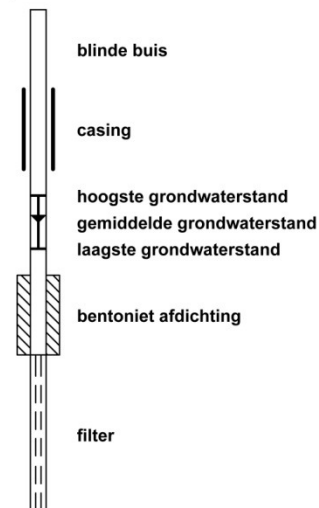
zand

	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
	ongeroerd monster

overig

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

Bijlage 3a Boorprofielen geohydrologisch onderzoek

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

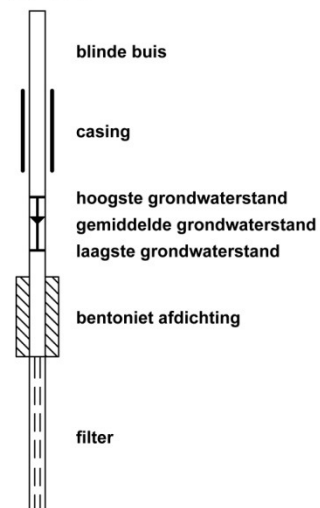
zand

	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

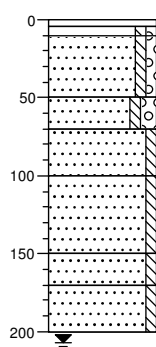
monsters

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

overig

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

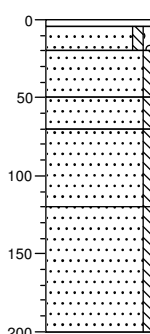
Boring: 04



k-waarde = 7,3

2	tegels
10	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak asfalthoudend, lichtbruin
70	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig, bruinbeige
100	Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegeel
150	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beigebruin
170	Zand, matig fijn, zwak siltig, neutraalbeige
200	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak leemhoudend, zwak vuursteenhoudend, grijsbeige

Boring: 09



k-waarde = 11,2

2	tegels
20	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak leemhoudend, lichtgeel
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak leemhoudend, donkerbruin
70	Zand, matig fijn, zwak siltig, donkerbruin
120	Zand, matig fijn, zwak siltig, beigebruin
200	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs

Bijlage 3b Boorprofielen verkennend bodemonderzoek

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

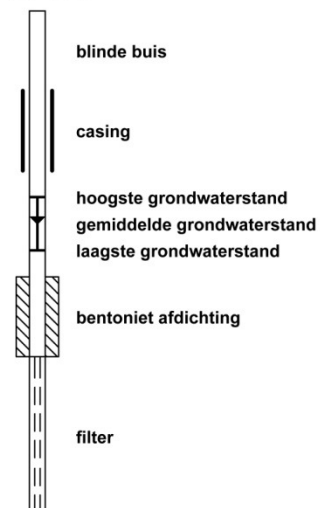
zand

	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

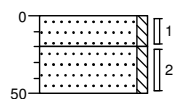
monsters

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

overig

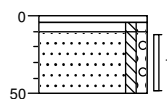
	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand (tijdens veldwerk)
	Gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	water

Boring: 01



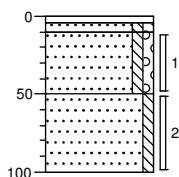
0	braak
20	Zand, matig fijn, zwak siltig, witgrijs, zandbak
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, lichtbruin

Boring: 02



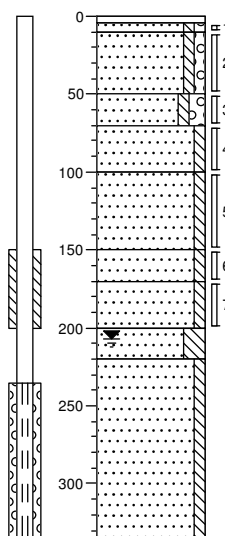
2	tegels
10	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbruin

Boring: 03



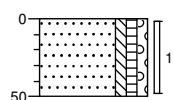
2	tegels
10	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak asfalthoudend, zwak kolengruishoudend, lichtbruin
100	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruinbeige

Boring: 04



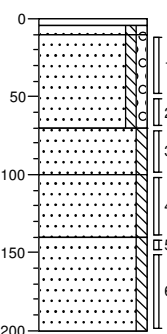
2	tegels
10	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak asfalthoudend, lichtbruin
70	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig, bruinbeige
100	Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegeel
150	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beigebruin
170	Zand, matig fijn, zwak siltig, neutraalbeige
200	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak leemhoudend, zwak vuursteenhoudend, grijsbeige
220	Zand, zeer fijn, sterk siltig, matig leemhoudend, grijsbeige
335	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs, gestuit op vuursteen

Boring: 05



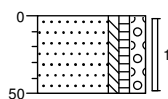
0	tuin
50	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, zwak grindig, lichtbruin

Boring: 06



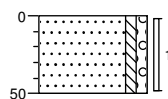
2	tegels
10	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
70	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak baksteenhoudend, zwak asfalthoudend, lichtbruin
100	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruinbeige
140	Zand, matig fijn, zwak siltig, neutraalbruin
200	Zand, matig fijn, zwak siltig, licht beigebruin

Boring: 07



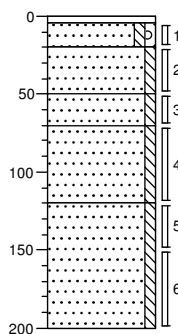
0 tuin
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, matig grindig, donkerbruin
50

Boring: 08



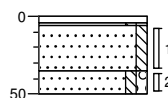
0 gras
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbruin
50

Boring: 09



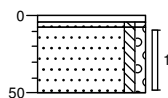
4 tegel
20 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak leemhoudend, lichtgeel
50 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak leemhoudend, donkerbruin
70 Zand, matig fijn, zwak siltig, donkerbruin
120 Zand, matig fijn, zwak siltig, beigebruin
Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegrijs
200

Boring: 10



6 tegel
35 Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50 Zand, matig fijn, zwak siltig, licht geelbruin
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, donkerbruin

Boring: 11



6 tegel
Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, neutraalbeige, vulzand
50 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, geelbruin

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 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:

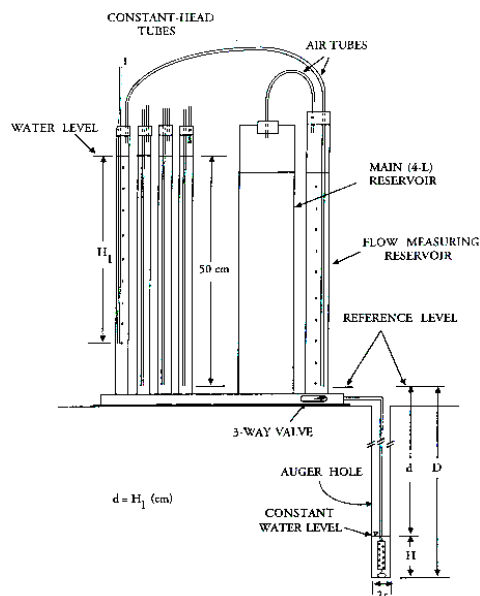
$$K_{sat} = \frac{\left(\text{hyp} \sin^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} \right) + \left(\frac{r}{H} \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

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

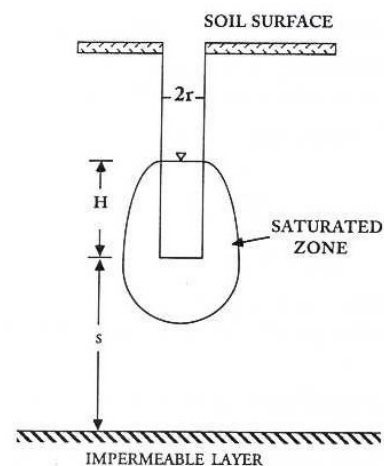
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

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

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

Resultaten Constant-head methode



Boring 04

projectnaam: MSG.HEG.GEO
projectnummer: 10081571

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	80			80		
laageinde [cm -mv]	95			95		
Q [cm ³ /cm]	105			105		
H [cm]	15			18		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	105			105		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	40,0	0 -		40,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	35,3	30	13,76	36,6	30	7,66
meting 2 t = 2 [cm]	31,5	60	11,12	33,9	60	6,08
meting 3 t = 3 [cm]	28,3	90	9,37	31,3	90	5,85
meting 4 t = 4 [cm]	25,2	120	9,07	28,7	120	5,85
meting 5 t = 5 [cm]	22,2	150	8,78	26,1	150	5,85
meting 6 t = 6 [cm]	19,2	180	8,78	23,4	180	6,08
meting 7 t = 7 [cm]	16,2	210	8,78	20,8	210	5,85
meting 8 t = 8 [cm]	13,2	240	8,78	18,2	240	5,85
meting 9 t = 9 [cm]				15,6	270	5,85
meting 10 t = 10 [cm]				13,0	300	5,85
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			8,78	5,85		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			7,3			

Boring 09

projectnaam: MSG.HEG.GEO
projectnummer: 10081571

meetgegevens	meet sessie 1			meet sessie 2		
laagbegin [cm -mv]	139			135		
laageinde [cm -mv]	150			150		
Q [cm ³ /cm]	105			105		
H [cm]	11			15		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	160			160		
	metingen		k-waarde (m/dag)	metingen		k-waarde (m/dag)
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]	39,0	0 -		43,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	35,0	30	18,00	39,4	30	10,54
meting 2 t = 2 [cm]	31,5	60	15,75	36,4	60	8,78
meting 3 t = 3 [cm]	28,4	90	13,95	33,5	90	8,49
meting 4 t = 4 [cm]	25,0	120	15,30	30,8	120	7,90
meting 5 t = 5 [cm]	21,9	150	13,95	27,9	150	8,49
meting 6 t = 6 [cm]	18,8	180	13,95	25	180	8,49
meting 7 t = 7 [cm]	15,7	210	13,95	22,1	210	8,49
meting 8 t = 8 [cm]	12,6	240	13,95	19,2	240	8,49
meting 9 t = 9 [cm]	9,5	270	13,95	16,3	270	8,49
gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:			13,95	8,49		
gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:			11,2			