



GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
MULTIFUNCTIONEEL CENTRUM DE
LICHTENBERG
TE SILVOLDE
GEMEENTE OUDE IJSSELSTREEK

Project: OUD.W10.GEO
Rapportnummer: 08025234
Status: Eindrapportage
Datum: 8 april 2008
Opdrachtgever: Woningcorporatie Wonion
Boterstraat 2
7051 AB Varsseveld
Tel. 0315 - 696000
Fax 0315 - 696001
Contactpersoon: Dhr. L. Klein Gunnewiek

Uitvoerder: Econsultancy bv
Havenstraat 124
7005 AG Doetinchem
Tel. 0314 - 365150
Fax 0314 - 365177
Mail Doetinchem@Econsultancy.nl
Opsteller: Ing. H.J.H. Jolink
Paraaf: 
Kwaliteitscontroleur: Ing. S. Schut
Paraaf: 

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	LOCATIEGEGEVENS.....	1
3.	VELDWERK	1
3.1	Algemeen	1
3.2	Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau	2
3.3	Uitvoering infiltratieproeven	2
3.4	Methodiek infiltratieproeven onverzadigde zone	3
4.	RESULTATEN.....	3
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE.....	4

BIJLAGEN:

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

1. INLEIDING

Econsultancy bv heeft van Woningcorporatie Wonion opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek ter plaatse van het plangebied "Multifunctioneel centrum De Lichtenberg" te Silvolde in de gemeente Oude IJsselstreek.

Het onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van de voorgenomen nieuwbouw en in het kader van duurzaam waterbeheer. 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 veldwerk is uitgevoerd volgens de geldende NEN-normen en/of richtlijnen.

Econsultancy bv werkt volgens een dynamisch kwaliteitssysteem, zoals beschreven in het kwaliteitshandboek. Ons kwaliteitssysteem is gecertificeerd volgens de kwaliteitsborgingsnormen van de NEN-EN-ISO 9001:2000.

2. LOCATIEGEGEVENS

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 41 C, 2004 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 18 m +NAP en zijn de coördinaten van het midden van de onderzoekslocatie $X = 224.085$, $Y = 435.810$ (zie bijlage 1).

De onderzoekslocatie ($\pm 1,65$ ha) is gelegen aan de Lichtenbergseweg, de Korenweg en de Reeënstraat, circa 690 m ten zuidoosten van de kern van Silvolde in de gemeente Oude IJsselstreek.

De onderzoekslocatie is momenteel bebouwd met een (voormalige) sporthal, een kinderdagverblijf en enkele woonblokken. Het overige terrein is braakliggend. Ten behoeve van de ontwikkeling van het multifunctioneel centrum zullen de bestaande gebouwen worden gesloopt. In de toekomst wordt er op de locatie een multifunctioneel centrum ontwikkeld, welke zal bestaan uit 2 kinderdagverblijven, een gymzaal, een grandcafé, verschillende appartementen en enkele grondgebonden woningen. In het kader van duurzaam waterbeheer is de opdrachtgever voornemens om het hemelwater mogelijk te infiltreren in de bodem.

In bijlage 2 is de huidige situatie op een locatieschets weergegeven.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Het veldwerk is uitgevoerd op 28 maart 2008. Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 6 boringen geplaatst. De boringen zijn tot 3,0 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn de infiltratieproeven uitgevoerd. Op de locatieschets in bijlage 2 is de ligging 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 onverzadigde zone van de bodem bestaat tot circa 1,0 m -mv uit matig humeus, zwak siltig, zeer fijn zand. De ondergrond bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zeer fijn tot matig fijn zand. Plaatselijk is de ondergrond zwak grindig en/of matig siltig. Ter plaatse van MP6 komt vanaf 0,8 m -mv zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand voor. De verzadigde zone bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zwak tot sterk grindig, matig grof zand.

Tabel I geeft een overzicht van de grondwaterstanden die op 28 maart 2008 zijn waargenomen.

Tabel I. Overzicht grondwaterstanden

Meetpunt	Boordlepte (m -mv)	Grondwaterstand (m -mv)
MP1	3,0	2,3
MP2	3,0	2,4
MP3	3,0	2,6
MP4	3,0	2,6
MP5	3,0	2,4
MP6	3,0	2,8

3.3 Uitvoering infiltratieproeven

Uit de boorprofielen blijkt dat er in de onverzadigde zone enkele bodemlagen voorkomen, welke mogelijk geschikt zijn voor infiltratie van hemelwater. Met behulp van de infiltratieproeven is voor een homogene bodemlaag de waterdoorlatendheidscoëfficiënt (k-waarde) op de onderzoekslocatie bepaald. Per homogene bodemlaag is een representatief traject van 34 cm beschouwd. In tabel II zijn de onderzochte trajecten weergegeven.

Tabel II. Overzicht van de bodemlagen en bodemsamenstelling

Meetpunt	Boordlepte (m -mv)	Bodemlaag (m -mv)	Bodemsamenstelling	Opmerkingen
MP1	3,0	1,4-1,9	zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	-
MP2	3,0	1,3-1,7	zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	-
MP3	3,0	1,6-2,5	matig siltig, zwak grindig, matig fijn zand	zwak gleyhoudend
MP4	3,0	1,2-1,7	zwak humeus, zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	-
MP5	3,0	1,4-2,4	zwak humeus, zwak siltig, zwak grindig, zeer fijn zand	-
MP6	3,0	0,8-2,5	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	-

3.4 Methodiek infiltratieproeven onverzadigde zone

De k-waarde is bepaald met behulp van de constant-head permeameter. Hierbij is middels een overdruksysteem een constant waterniveau gerealiseerd in het boorgat. Na verzadiging van de betreffende bodemlaag is het debiet gemeten, welke benodigd is om het waterniveau constant te houden. Er is ten behoeve van een constante meting met één debiet gerekend, te weten $105 \text{ cm}^3/\text{cm}$. In bijlage 4 is een toelichting op de meetmethode opgenomen. Tevens is de methode "Glover Solution" toegelicht, waarmee de k-waarde wordt berekend. 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)

4. RESULTATEN

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

Tabel III. Overzicht bodemlaag en de berekende k-waarden

Meetpunt	Onderzochte bodemlaag (m -mv)	Bodemsamenstelling	Gemiddelde k-waarde (m/dag)	Beoordeling
MP1	1,4-1,9	zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	3,67	goed doorlatend
MP2	1,3-1,7	zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	4,16	goed doorlatend
MP3	1,6-2,5	matig siltig, zwak grindig, matig fijn zand (zwak gleyhoudend)	0,87 (*A)	vrij goed doorlatend
MP4	1,2-1,7	zwak humeus, zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	3,67	goed doorlatend
MP5	1,4-2,4	zwak humeus, zwak siltig, zwak grindig, zeer fijn zand	0,98	vrij goed doorlatend
MP6	0,8-2,5	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	>10,0 (*B)	zeer goed doorlatend

(*A) Tijdens de meting kon geen constante verzadiging van de bodem worden bereikt. De k-waarde is derhalve indicatief.

(*B) De bodem is dermate goed doorlatend, dat geen verzadiging van de bodem ten behoeve van de infiltratieproef kon worden bereikt. De doorlatendheid ligt buiten het meetbereik van de constant-head-permeometer.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Econsultancy bv heeft in opdracht van Woningcorporatie Wonion een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd ter plaatse van het plangebied "Multifunctioneel centrum De Lichtenberg" te Silvolde in de gemeente Oude IJsselstreek.

Het onderzoek is uitgevoerd naar aanleiding van de voorgenomen nieuwbouw en in het kader van duurzaam waterbeheer. Doel van het infiltratie-onderzoek is het bepalen van de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie. Hiertoe is, alsmede ten behoeve van een eventuele dimensionering van een infiltratievoorziening, de doorlatendheid (k-waarde) van de onverzadigde zone onderzocht.

Bodemopbouw en grondwater

De onverzadigde zone van de bodem bestaat tot circa 1,0 m -mv uit matig humeus, zwak siltig, zeer fijn zand. De ondergrond bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zeer fijn tot matig fijn zand. Plaatselijk is de ondergrond zwak grindig en/of matig siltig. Ter plaatse van MP6 komt vanaf 0,8 m -mv zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand voor. De verzadigde zone bestaat voornamelijk uit zwak siltig, zwak tot sterk grindig, matig grof zand. Het grondwaterniveau varieert van 2,3 tot 2,8 m -mv.

Doorlatendheid

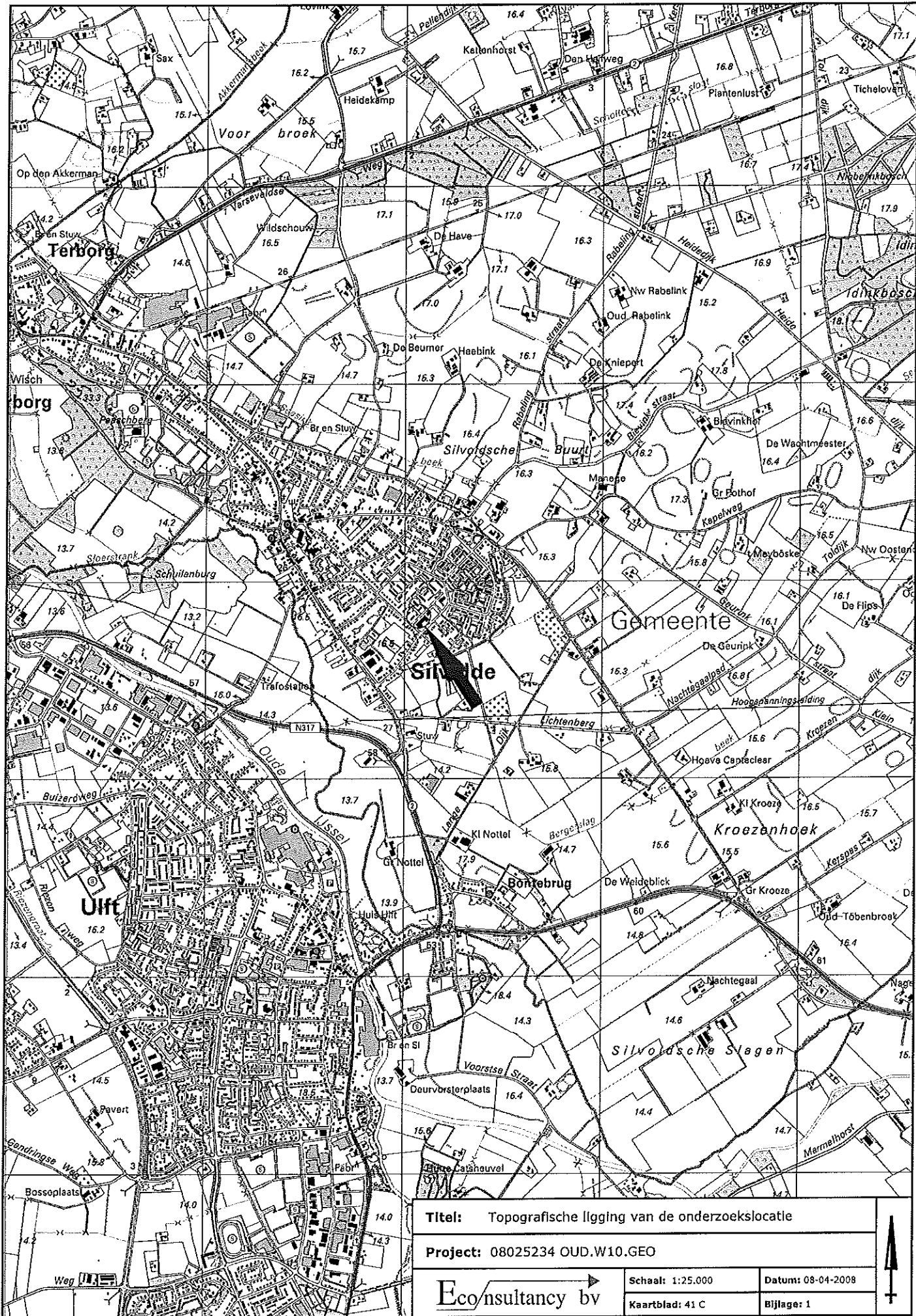
De haalbaarheid van infiltreren van hemelwater is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Voor een goede werking van een infiltratievoorziening dient de doorlatendheid van de bodem minimaal 0,5 m/dag te bedragen. Echter, na verloop van tijd kan de doorlatendheid afnemen als gevolg van zetting en slibvorming. Derhalve wordt bij voorkeur een minimale k-waarde aangehouden van 1,0 m/dag.

Op de onderzoekslocatie zijn 6 doorlatendheidsmetingen in de volgende onverzadigde bodemlagen uitgevoerd, waarbij het volgende is geconcludeerd:

- *zwak humeus, zwak siltig, zwak grindig, zeer fijn zand*
De bodemlaag heeft een doorlatendheid van 0,98 m/dag en wordt als vrij goed doorlatend geclassificeerd.
- *matig siltig, zwak grindig, matig fijn zand*
De bodemlaag heeft een doorlatendheid van 0,87 m/dag en wordt als vrij goed doorlatend geclassificeerd. Ter plaatse kon geen correcte meting worden uitgevoerd, waardoor de k-waarde als indicatief dient te worden beschouwd.
- *zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand*
De bodemlaag heeft een gemiddelde doorlatendheid van 3,83 m/dag en wordt als goed doorlatend geclassificeerd.
- *zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand*
De bodemlaag heeft een doorlatendheid van minimaal 10 m/dag en wordt als zeer goed doorlatend geclassificeerd.

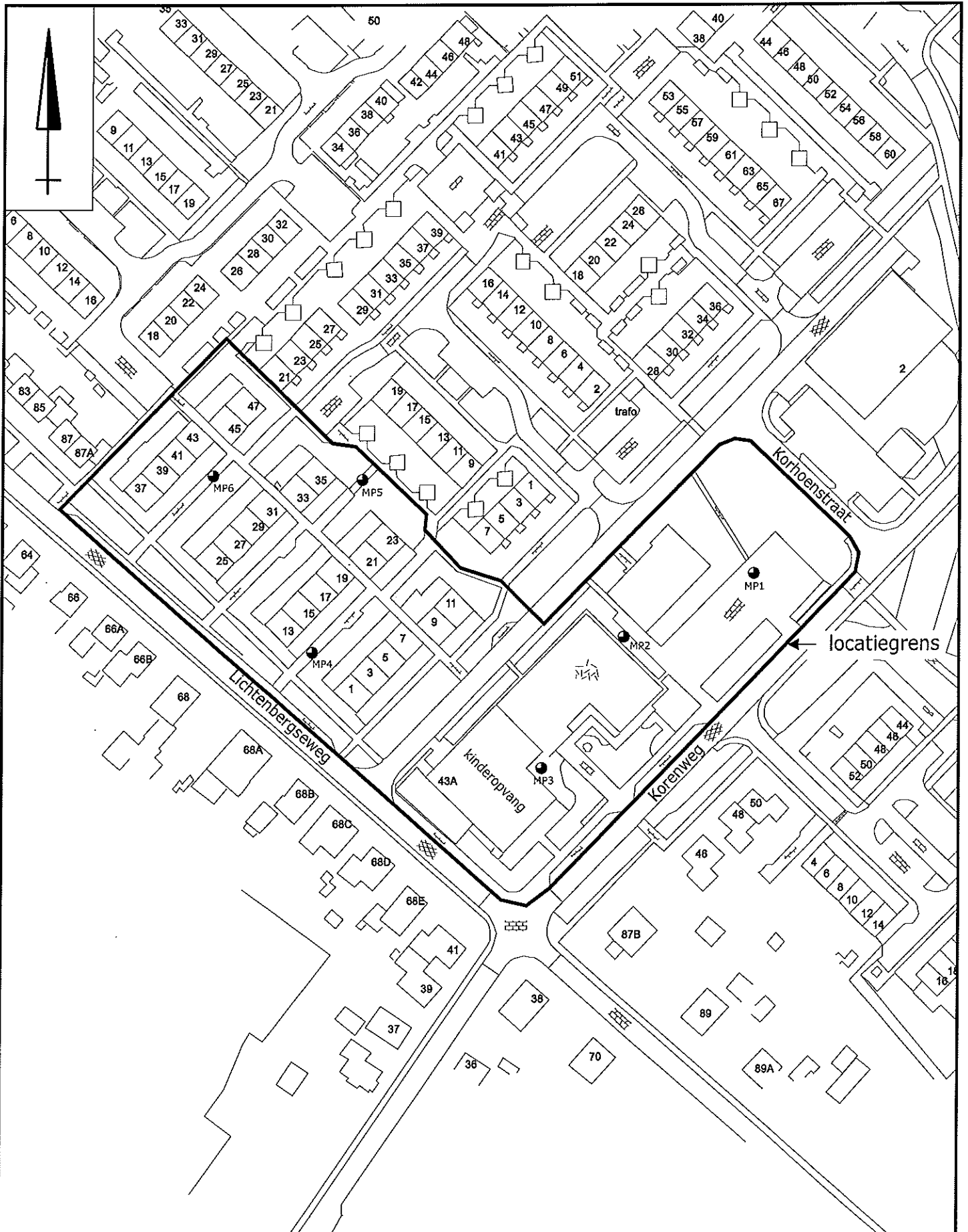
Advies infiltratiemogelijkheden

Rekening houdend met zetting en slibvorming acht Econsultancy bv de onderzochte bodemlagen, met uitzondering van matig siltige bodemlagen, geschikt voor de infiltratie van hemelwater. Het grondwaterniveau vormt geen belemmering voor de werking van eventuele infiltratievoorzieningen.



Titel: Topografische ligging van de onderzoekslocatie		
Project: 08025234 OUD.W10.GEO		
Eco nsultancy bv	Schaal: 1:25.000	Datum: 08-04-2008
	Kaartblad: 41 C	Bijlage: 1





legenda:

●	boring tot 3,0 m -mv
XXXXX	asfalt
≡≡≡	klinkers



Titel: locatieschets		
Project: 08035234 OUD.W10.GEO		
Eco nsultancy bv	Schaal: 1:1500	Datum: 08-04-2008
	Getekend: HJo	Bijlage: 2
		A4

Bijlage 3 Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

zand

	Zand, kleifig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleifig
	Veen, sterk kleifig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

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

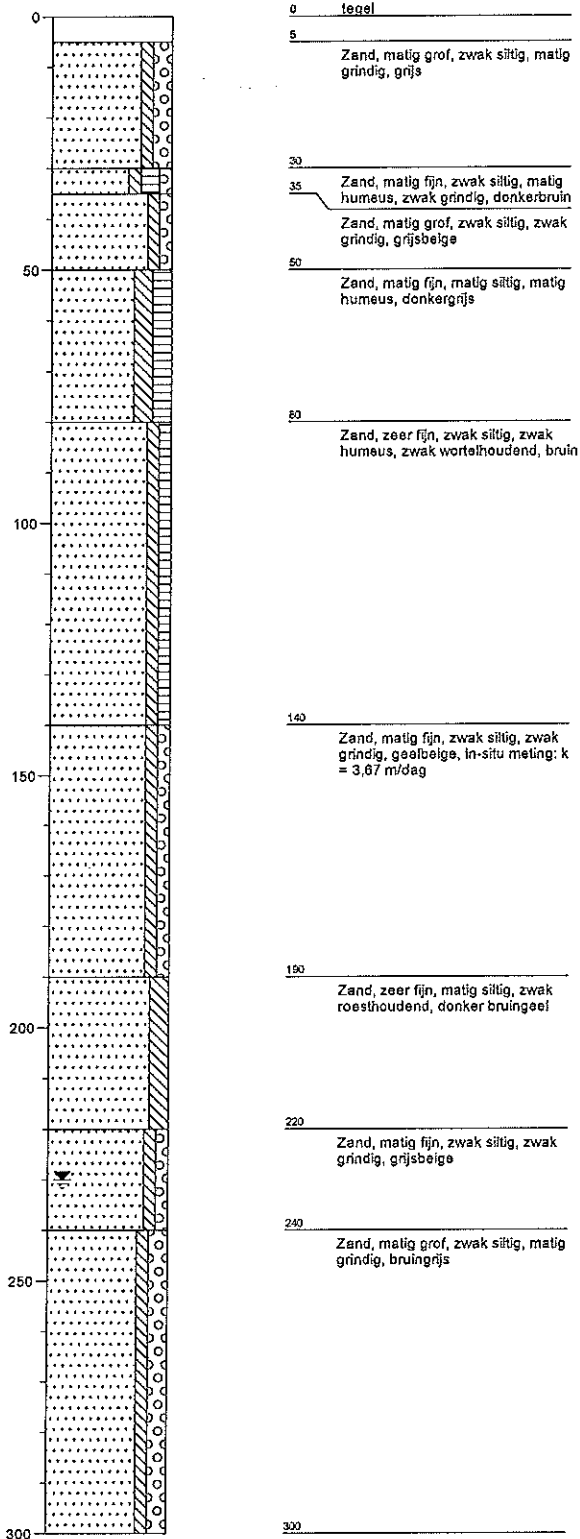
monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster

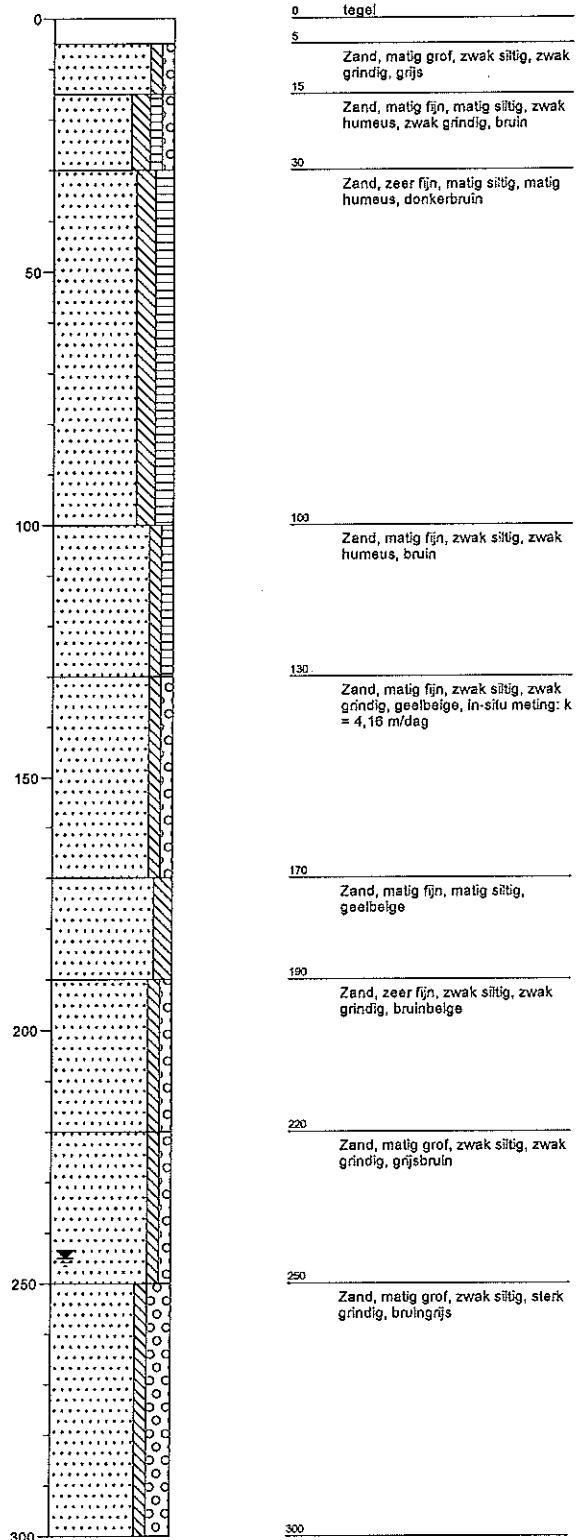
overig

	blijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	Gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	water

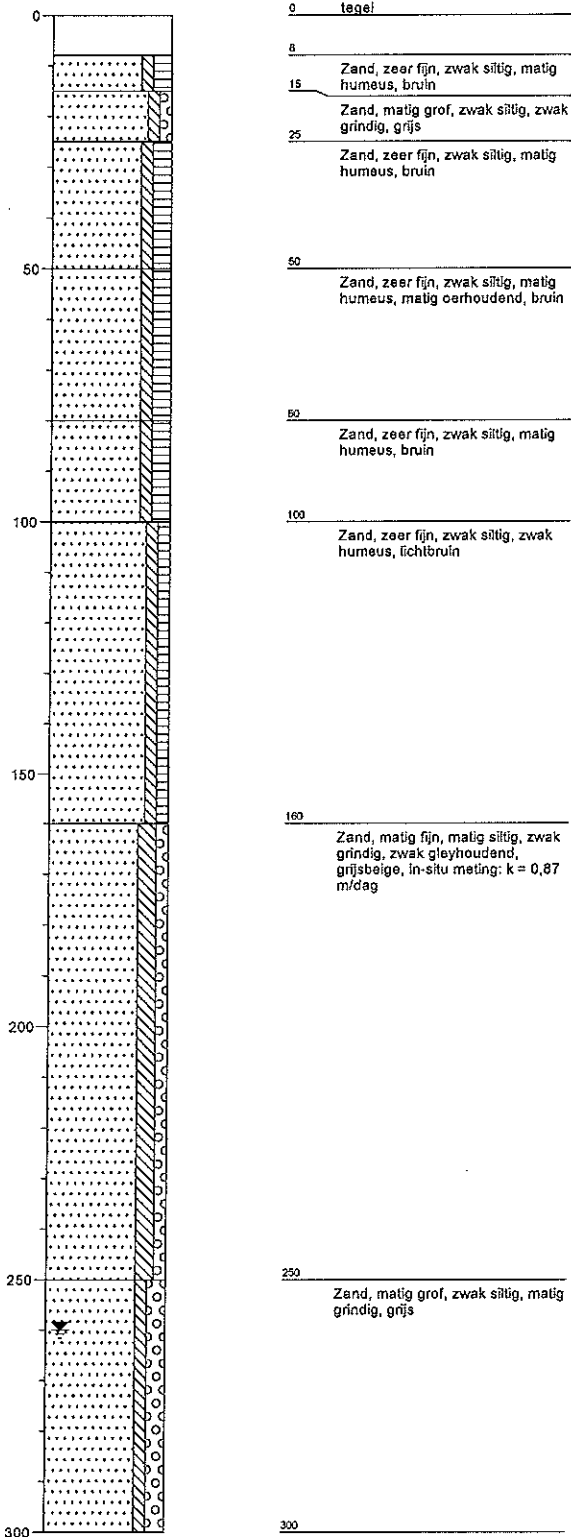
Boring: MP1



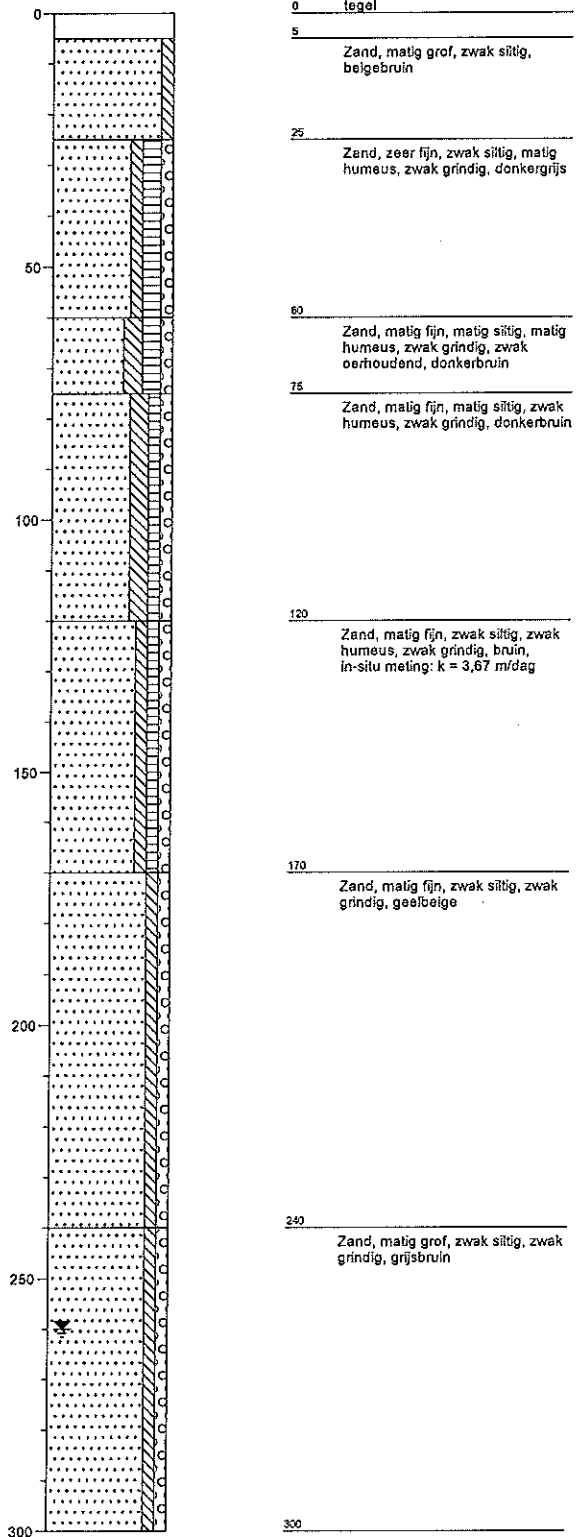
Boring: MP2



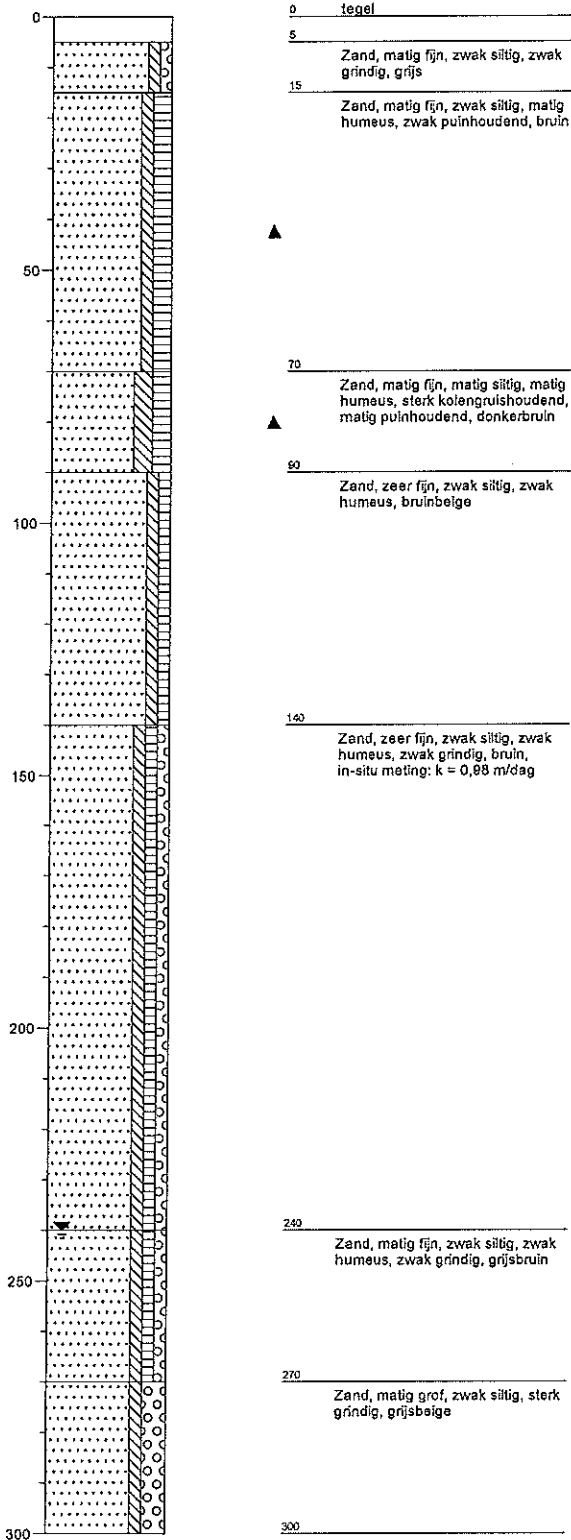
Boring: MP3



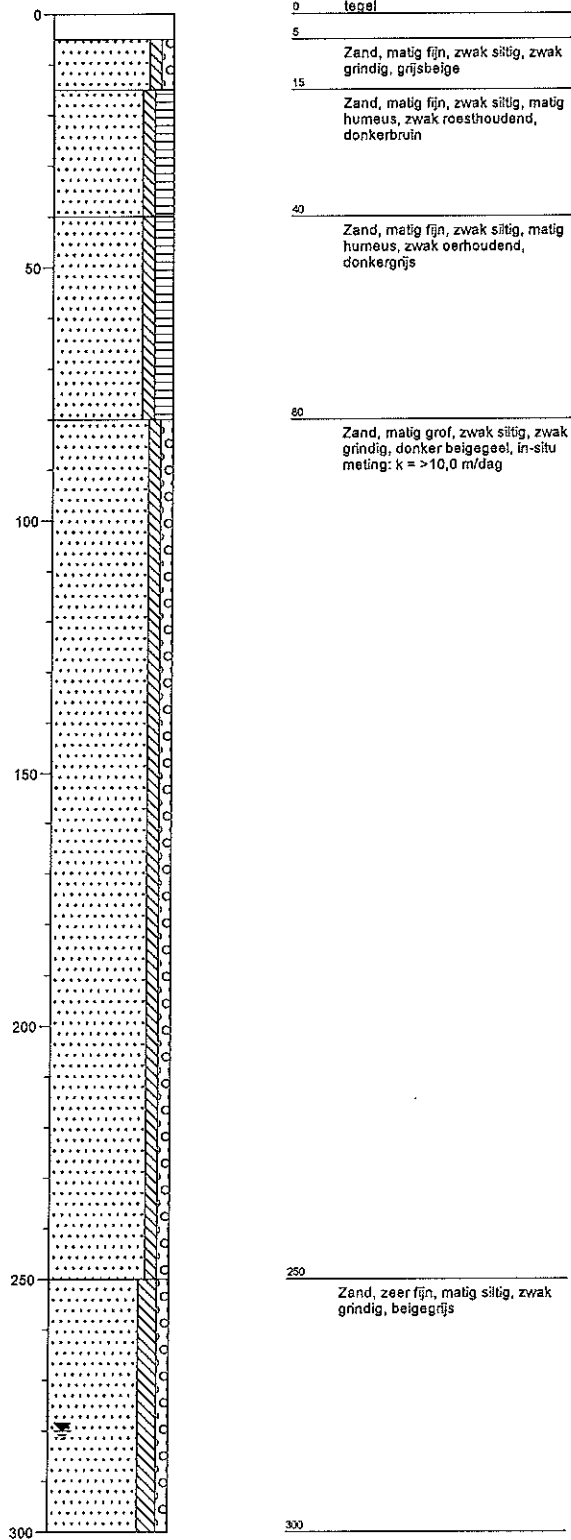
Boring: MP4



Boring: MP5



Boring: MP6



Bijlage 4 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 wordt het debiet gemeten waarbij er water geïnfiltreerd kan worden in de desbetreffende bodemlaag. 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:

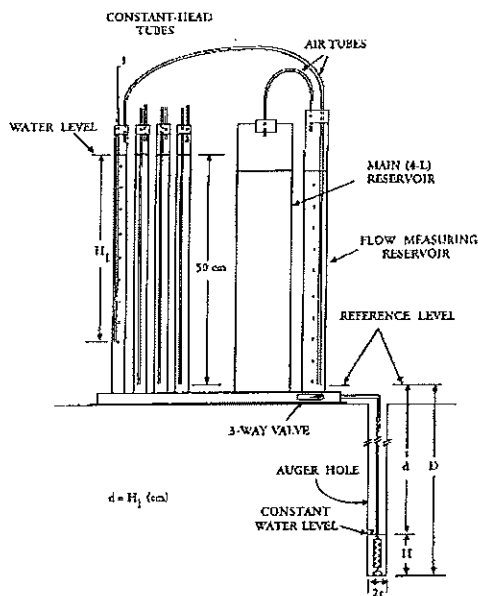
$$K_{sat} = \frac{\left(\text{hypsin}^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} \right) + \left(\frac{r}{H} \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

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

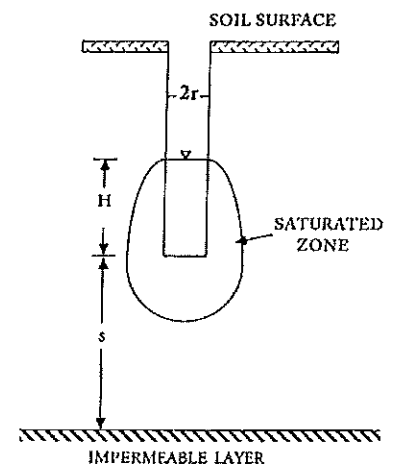
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

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

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 meetpunt MP1

Meetpunt MP1			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	144		
laageinde [cm -mv]	178		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	161		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	36,0	0	-
meting 1 t = 1 [cm]	34,5	30	3,67
meting 2 t = 2 [cm]	33,0	60	3,67
meting 3 t = 3 [cm]	31,5	90	3,67
meting 4 t = 4 [cm]	30,0	120	3,67
meting 5 t = 5 [cm]	28,5	150	3,67
meting 6 t = 6 [cm]			
meting 7 t = 7 [cm]			
meting 8 t = 8 [cm]			
meting 9 t = 9 [cm]			
gemiddelde k-waarde (m/dag)			3,67

Tabel II. Resultaten meetpunt MP2

Meetpunt MP2			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	127		
laageinde [cm -mv]	161		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	144		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	29,0	0	-
meting 1 t = 1 [cm]	27,3	30	4,16
meting 2 t = 2 [cm]	25,6	60	4,16
meting 3 t = 3 [cm]	23,9	90	4,16
meting 4 t = 4 [cm]	22,2	120	4,16
meting 5 t = 5 [cm]	20,5	150	4,16
meting 6 t = 6 [cm]			
meting 7 t = 7 [cm]			
meting 8 t = 8 [cm]			
meting 9 t = 9 [cm]			
gemiddelde k-waarde (m/dag)			4,16

Tabel III. Resultaten meetpunt MP3

Meetpunt MP3			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	172		
laageinde [cm -mv]	206		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	189		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	39,8	0	-
meting 1 t = 1 [cm]	39,6	30	0,49
meting 2 t = 2 [cm]	39,4	60	0,49
meting 3 t = 3 [cm]	38,9	90	1,22
meting 4 t = 4 [cm]	38,4	120	1,22
meting 5 t = 5 [cm]	38,2	150	0,49
meting 6 t = 6 [cm]	38,0	180	0,49
meting 7 t = 7 [cm]	37,5	210	1,22
meting 8 t = 8 [cm]	37,0	240	1,22
meting 9 t = 9 [cm]	36,6	270	0,98
gemiddelde k-waarde (m/dag)	(*A)		0,87

(*A) meting is niet constant: k-waarde is indicatief

Tabel IV. Resultaten meetpunt MP4

Meetpunt MP4			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	122		
laageinde [cm -mv]	156		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	139		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	20,3	0	-
meting 1 t = 1 [cm]	18,8	30	3,67
meting 2 t = 2 [cm]	17,3	60	3,67
meting 3 t = 3 [cm]	15,8	90	3,67
meting 4 t = 4 [cm]	14,3	120	3,67
meting 5 t = 5 [cm]	12,8	150	3,67
meting 6 t = 6 [cm]			
meting 7 t = 7 [cm]			
meting 8 t = 8 [cm]			
meting 9 t = 9 [cm]			
gemiddelde k-waarde (m/dag)			3,67

Tabel V. Resultaten meetpunt MP5

Meetpunt MP5			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	164		
laageinde [cm -mv]	198		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	181		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	29,8	0	-
meting 1 t = 1 [cm]	29,4	30	0,98
meting 2 t = 2 [cm]	29,0	60	0,98
meting 3 t = 3 [cm]	28,6	90	0,98
meting 4 t = 4 [cm]	28,2	120	0,98
meting 5 t = 5 [cm]	27,8	150	0,98
meting 6 t = 6 [cm]			
meting 7 t = 7 [cm]			
meting 8 t = 8 [cm]			
meting 9 t = 9 [cm]			
gemiddelde k-waarde (m/dag)			0,98

Tabel VI. Resultaten meetpunt MP6

Meetpunt MP6			
	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	129		
laageinde [cm -mv]	163		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	17		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	146		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	20,3	0	-
meting 1 t = 1 [cm]			
meting 2 t = 2 [cm]			
meting 3 t = 3 [cm]			
meting 4 t = 4 [cm]			
meting 5 t = 5 [cm]			
meting 6 t = 6 [cm]			
meting 7 t = 7 [cm]			
meting 8 t = 8 [cm]			
meting 9 t = 9 [cm]			
gemiddelde k-waarde (m/dag)	(*A)		>10

(*A) doorlatendheid buiten meetbereik