

DOORLATENDHEIDSONDERZOEK

PLANTSOENSINGEL NOORD 17-25 EN 36-62

TE 'S-HEERENBERG

GEMEENTE MONTFERLAND

**Doorlatendheidsonderzoek
Plantsoensingel Noord 17-25 en 36-62
te 's-Heerenberg
in de gemeente Montferland**

Opdrachtgever	LBA bv Lichtenvoordseweg 4 7141 DX Groenlo
Project	MON.LBA.GEO
Rapportnummer	10096059
Status	Eindrapportage
Datum	26 november 2010
Vestiging	Doetinchem
Opsteller	Drs. ing. S. Schut
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Ing. M.R.P. Vidal
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.....	2
	3.3 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven.....	2
	3.4 Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen	3
4.	RESULTATEN EN BEOORDELING.....	4
	4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen.....	4
	4.2 Beoordeling infiltratiemogelijkheden.....	5
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	6

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging van de locatie
2. - Locatieschets
3. - Boorprofielen
- 4a. - Methodiek constant-head permeameter
- 4b. - Methodiek omgekeerde Hooghoudt
- 5a. - Berekende k-waarden onverzadigde zone
- 5b. - Berekende k-waarden verzadigde zone

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van LBA bv opdracht gekregen voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek aan de Plantsoensingel Noord 17-25 en 36-62 te 's-Heerenberg in de gemeente Montferland.

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 zal de onder andere de waterdoorlatendheid (k-waarde) van verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Voor het uitvoeren van doorlatendheidsonderzoek 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 ($\pm 6.600 \text{ m}^2$) ligt aan de Plantsoensingel Noord nrs. 17 t/m 25 en 36 t/m 62, in de kern van 's-Heerenberg in de gemeente Montferland (zie bijlage 1).

De onderzoekslocatie is kadastraal bekend gemeente Bergh, sectie E, nummers 475, 529, 1476, 1483 (ged.), 1756 en 1479 (ged.).

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 40 H, 2004 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 35 m +NAP en zijn de coördinaten van het midden van de onderzoekslocatie X = 241.380, Y = 432.760.

De initiatiefnemer is voornemens de locatie te herontwikkelen. In het kader van de herontwikkeling zullen de bestaande woningen worden gesloopt. Er is momenteel nog geen informatie bekend over de invulling van het bouwplan. De aard van de eventuele infiltratievoorzieningen is vooralsnog eveneens niet bekend.

2.2 Regionale bodemopbouw

De onderzoekslocatie ligt volgens de bodemkaart van Nederland, kaartblad 40 Oost, 1975 (schaal 1:50.000), binnen bebouwd gebied en is derhalve niet gekarteerd. De meest nabijgelegen gekarteerde eenheid betreft holtpodzolgronden, bestaande uit grof zand. De afzettingen waarin deze bodems zijn ontstaan behoren geologisch gezien tot de gestuwde afzettingen van het stuwwalcomplex van het Montferland.

2.3 Regionale geohydrologie

De onderzoekslocatie ligt op de zuidoostelijke flank van het stuwwalcomplex van het Montferland.

Het watervoerend pakket heeft een dikte van circa 75 meter, waarvan de bovenste 30 meter bestaat uit afzettingen die tijdens de voorlaatste ijstijd stuwung hebben ondergaan. Onder deze gestuwde afzettingen bestaat het watervoerend pakket uit grofzandige, grindhoudende, fluviaatiele afzettingen van de Formatie van Peize. Het watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door slecht doorlatende, slibhoudende, fijnzandige mariene afzettingen van Tertiaire ouderdom, behorend tot de Formatie van Oosterhout.

De gemiddelde stand van het freatisch grondwater bedraagt $\pm 13,0$ m +NAP, waardoor het grondwater zich binnen de onderzoekslocatie op een diepte van 22,0 m -mv zou bevinden. Het freatisch grondwater stroomt volgens de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, kaartblad 40 Oost, 1995 (schaal 1:50.000), in (noord)oostelijke richting. De onderzoekslocatie ligt niet binnen een grondwaterbeschermings- en/of grondwaterwingebied. Op de wateratlas van de provincie Gelderland is de onderzoekslocatie aangeduid als een gebied waar matig infiltratie plaatsvindt.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Het veldwerk is op 8 en 23 november 2010 gecombineerd uitgevoerd met een verkennend bodemonderzoek (10096058 MON.LBA.NEN). Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 7 boringen geplaatst. De boringen zijn tot 3,0 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. 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 bovengrond bestaat voornamelijk uit zwak tot matig humeus, zwak tot matig siltig, matig fijn tot matig grof zand. De ondergrond bestaat uit zwak siltig, zwak tot sterk grindig, matig fijn tot zeer grof zand. Plaatselijk komen in de ondergrond matig grove grindlagen voor. Daarnaast komt er plaatselijk leem in de ondergrond voor. Ter plaatse van boring 06 is in het traject van 0,8 - 1,2 m -mv een sterke rottingsgeur voor (sterk wortel- en plantenhoudend). Er zijn geen gleyverschijnselen waargenomen.

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 4a.

De doorlatendheid (k-waarde) van onverzadigde bodemlagen is bepaald met behulp van de Falling head-methode, ook wel omgekeerde Hooghoudt-methode genoemd. Hierbij wordt in het veld gemeten hoe lang het duurt voordat een hoeveelheid water nodig heeft om in de te onderzoeken bodemlaag te infiltreren. De doorlatendheidsmeting wordt een aantal malen herhaald teneinde een gemiddelde doorlatendheid te kunnen berekenen. Deze methode is nader toegelicht in bijlage 4b.

In tabel I is een classificatie van de doorlatendheid opgenomen.

Tabel I. 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 II zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

Tabel II. Overzicht uitgevoerde werkzaamheden

Boringen	Doorlatendheidsmetingen
5 (3,0 m -mv) 1 (2,0 m -mv) 1 (2,6 m -mv)	3 (onverzadigde zone, *A) 3 (verzadigde zone, *B)
(*A) De k-waarde is bepaald met behulp van de constant-head permeameter.	
(*B) De k-waarde is bepaald met behulp van de Hooghoudt methode (rising-head).	

4. RESULTATEN EN BEOORDELING

4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen

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

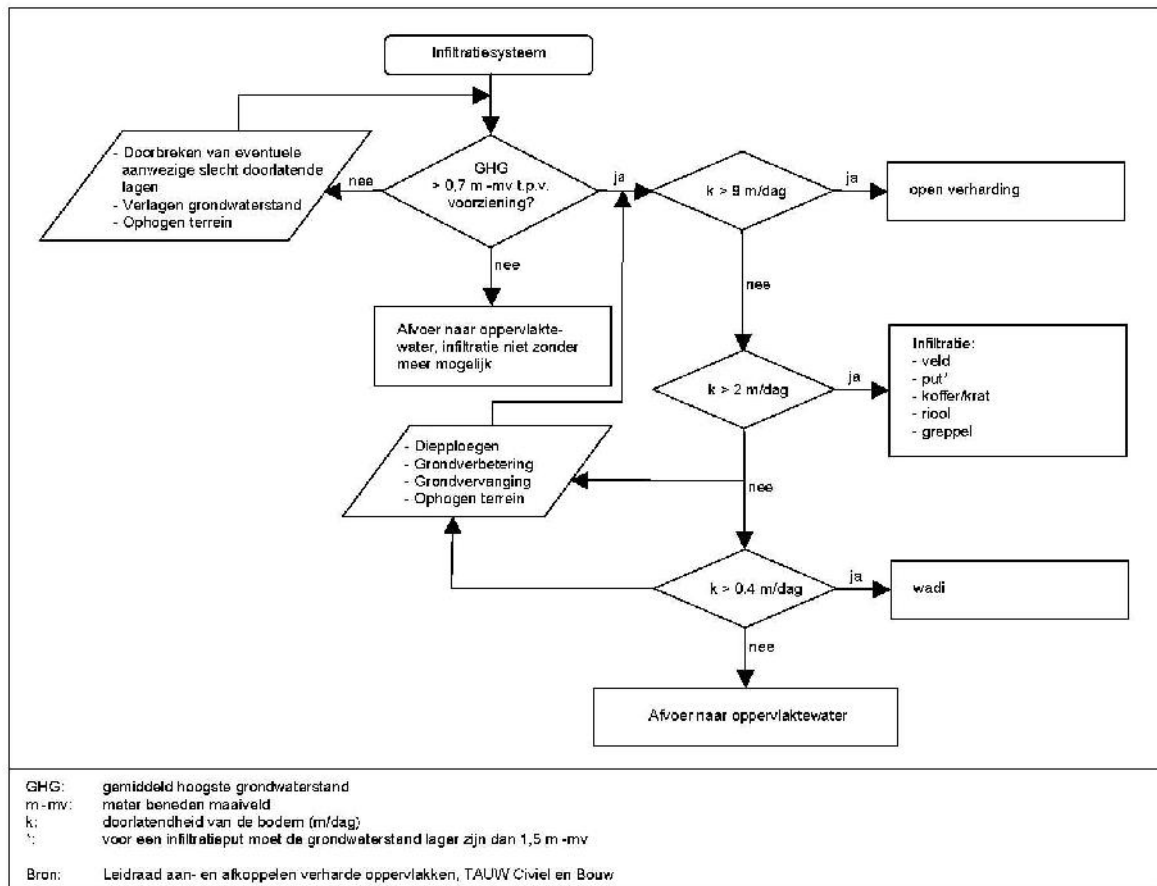
Tabel III. Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

Boring	Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A)	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling
01	1,2-1,6	zwak siltig, matig fijn zand	-	2,0	goed doorlatend
02	1,8-2,2	zwak siltig, matig grindig, matig grof zand	matig roesthoudend	4,1	goed doorlatend
03	1,0-1,9	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	-	4,9	goed doorlatend
04	2,4-2,8	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	-	4,8	goed doorlatend
05	0,6-1,1	zwak siltig, sterk grindig, matig grof zand	matig keien	3,0	goed doorlatend
07	1,3-2,0	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	zwak roesthoudend	> 10 (*B)	zeergoed doorlatend
(*A)	Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen.				
(*B)	De doorlatendheid van de onderzochte bodemlaag valt buiten het meetbereik van de constant head permeameter				

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 1 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 beslismethodiek. Iedere situatie dient afzonderlijk te worden beoordeeld op basis van locatiespecifieke kenmerken.



Figuur 1. 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 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 de bodem tot 3,0 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. 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 LBA bv een doorlatendheidsonderzoek uitgevoerd aan de Plantsoensingel Noord 17-25 en 36-62 te 's-Heerenberg in de gemeente Montferland.

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

Bodemopbouw

De bovengrond bestaat voornamelijk uit zwak tot matig humeus, zwak tot matig siltig, matig fijn tot matig grof zand. De ondergrond bestaat uit zwak siltig, zwak tot sterk grindig, matig fijn tot zeer grof zand. Plaatselijk komen in de ondergrond matig grove grindlagen voor. Daarnaast komt er plaatselijk leem in de ondergrond voor. Ter plaatse van boring 06 is in het traject van 0,8 - 1,2 m -mv een sterke rottingsgeur voor (sterk wortel- en plantenhoudend). Er zijn geen gleyverschijnselen waargenomen.

Doorlatendheid

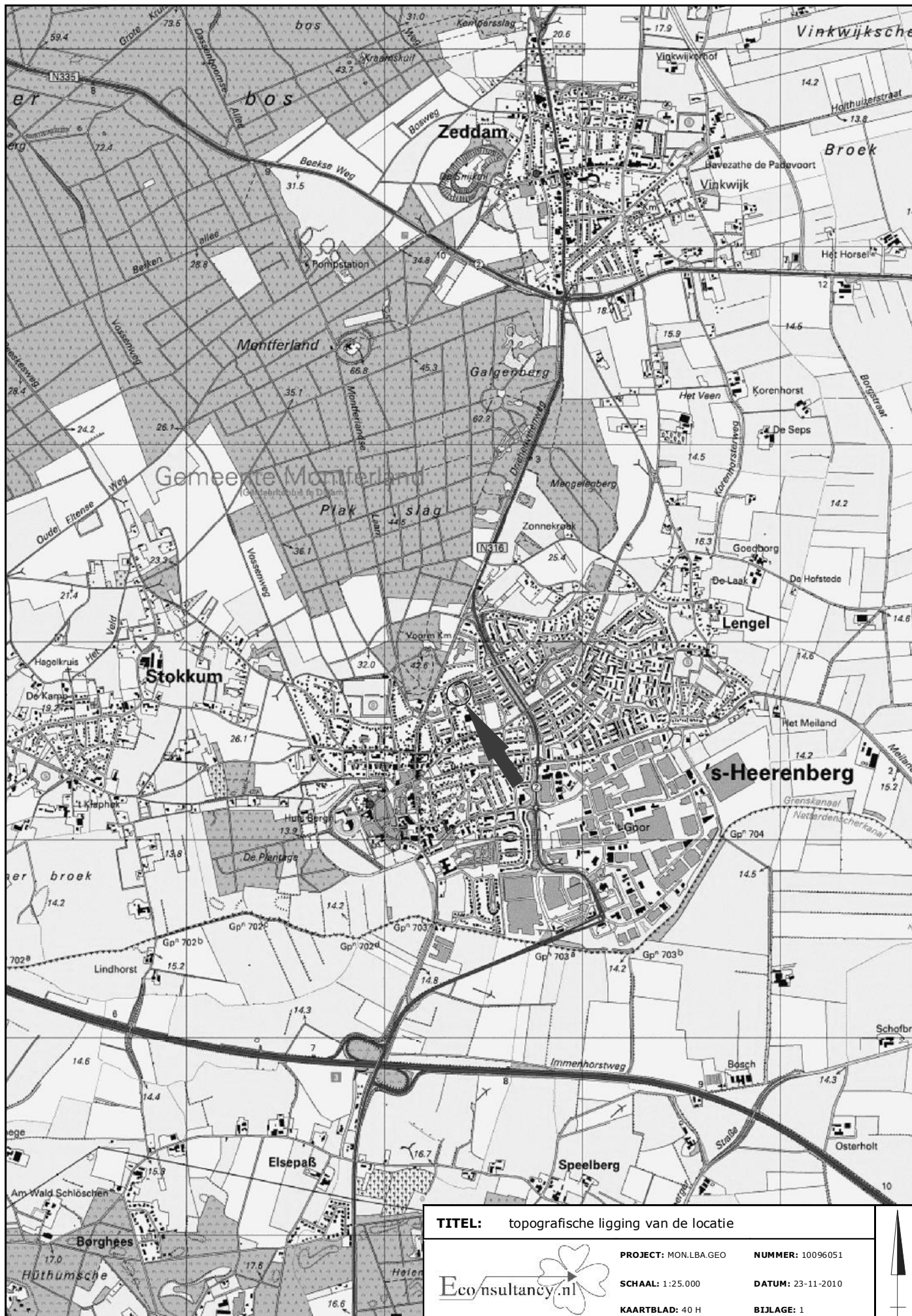
Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 6 in-situ doorlatendheidsmetingen in een aantal onverzadigde bodemlagen uitgevoerd. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht. De doorlatendheid van de bodem wordt over het algemeen geclassificeerd als goed tot zeer goed doorlatend, waarbij k-waarden van 2,0 tot > 10 m/dag zijn aangetoond.

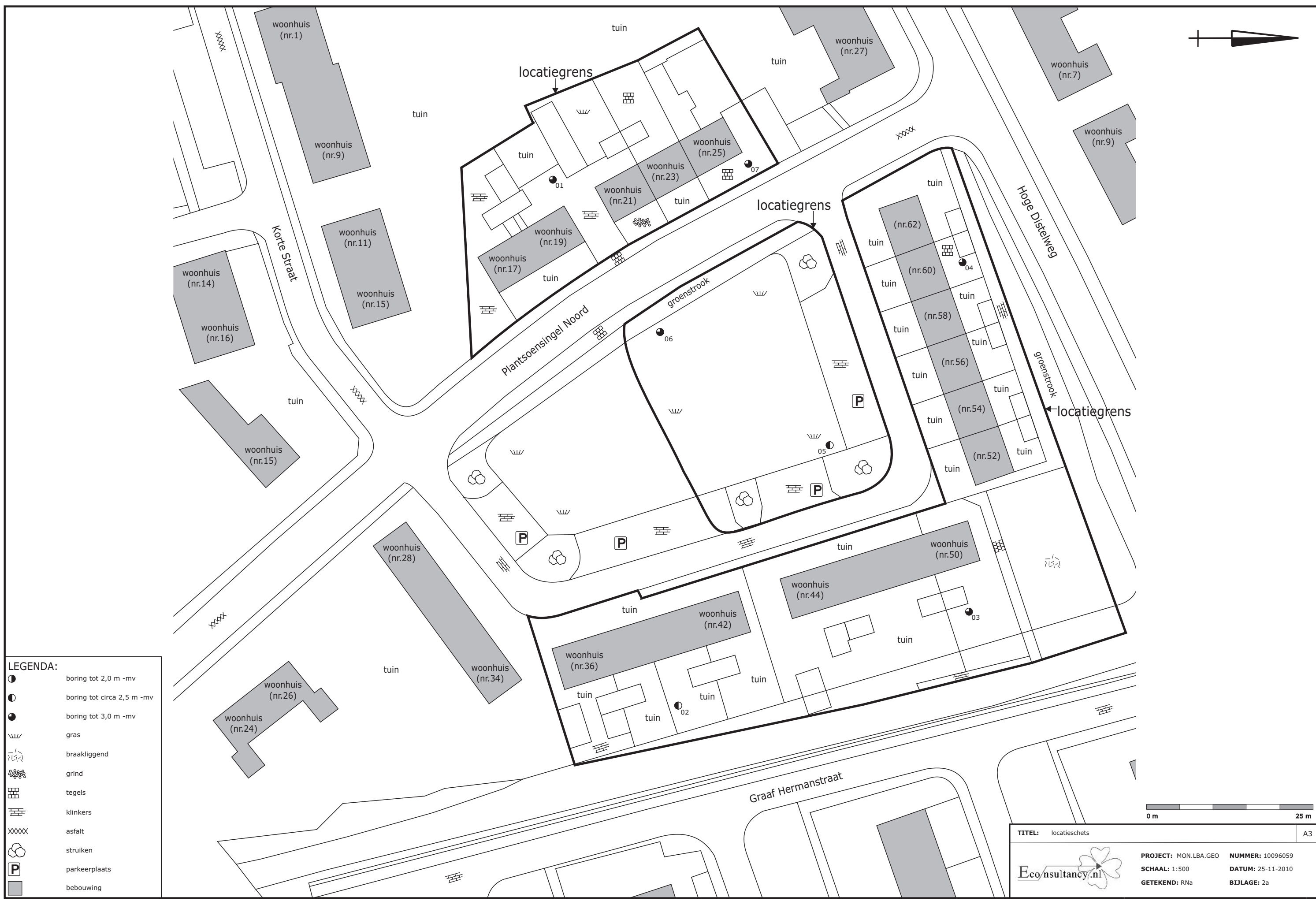
Advies infiltratiemogelijkheden













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 theoretische grondwaterstand kan worden gesteld dat de onderzochte bodemlagen tot 3,0 m -mv geschikt zijn 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 Montferland en het Waterschap Rijn en IJssel. Wanneer de planvorming met betrekking tot hemelwaterinfiltratie concreter is, adviseert Econsultancy om trajectspecifiek doorlatendheidsonderzoek uit te voeren.





- LEGENDA:**
-  boring tot 2,0 m -mv
 -  boring tot circa 2,5 m -mv
 -  boring tot 3,0 m -mv
 -  gras
 -  braakliggend
 -  grind
 -  tegels
 -  klinkers
 -  asfalt
 -  struiken
 -  parkeerplaats
 -  bebouwing



TITEL: locatieschets	A3
	
PROJECT: MON.LBA.GEO	NUMMER: 10096059
SCHAAL: 1:500	DATUM: 25-11-2010
GETEKEND: RNa	BIJLAGE: 2a

Bijlage 3 Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

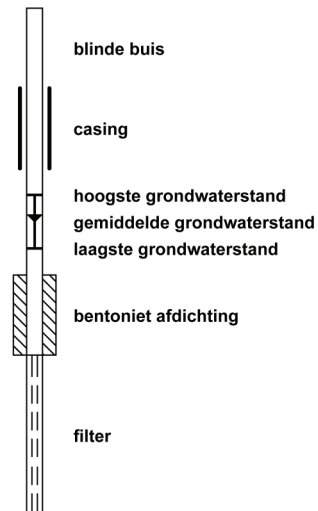
zand

	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

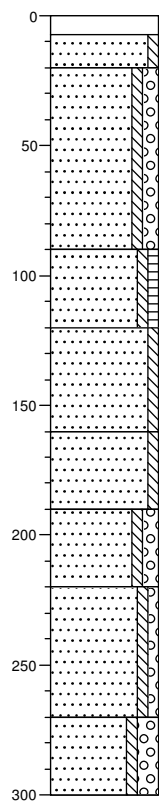
monsters

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

overig

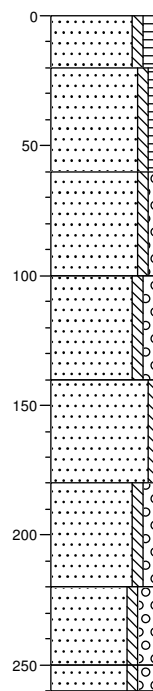
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand (tijdens veldwerk)
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

Boring: 01



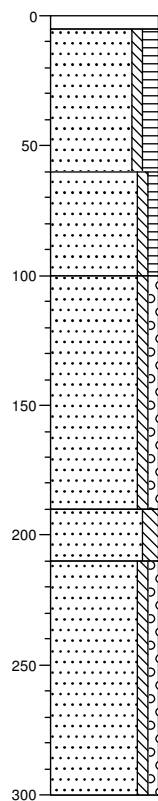
0	klinker
7	
20	Zand, matig grof, zwak siltig, grijsbruin
	Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, geelbeige
90	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, grijsbruin
120	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruinoranje
160	
	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak keien, zwak roesthoudend, donker beigegeel
190	
	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, geelbeige
220	
	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, matig roesthoudend, licht oranjebeige
270	
	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, zwak keien, lichtbeige
300	

Boring: 02



0	tuin
	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donker grijsbruin
20	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, geelbruin, geroerd
60	
	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, donker beigegeel
100	
	Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, beigegeel
140	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, licht grijsbeige
180	
	Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, matig roesthoudend, licht oranjebeige
220	
	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, matig keien, licht geelbeige
250	
	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, donkergeel, gestaakt: materiaal valt uit boor
260	

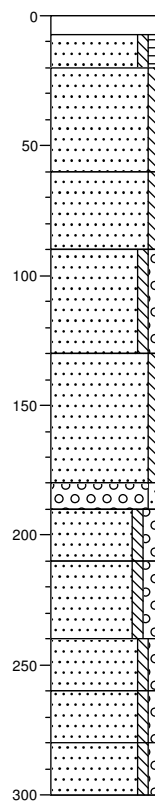
Boring: 03



0	grind
5	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, zwak keien, donkerbruin
60	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, zwak keien, bruin
100	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, geelbeige
190	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak leemhoudend, oranje grijs
210	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, beigegrijs
300	

k = 4,9

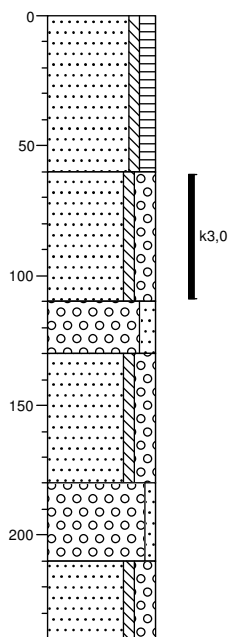
Boring: 04



0	klinker
7	
20	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, lichtbruin
60	Zand, matig fijn, zwak siltig, licht geelbruin, geroerd
60	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruingeel, geroerd
90	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, geelbeige
130	Zand, matig fijn, zwak siltig, licht beigegrijs
180	
190	Grind, fijn, zwak zandig, lichtgrijs
210	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, beigegel
210	Zand, matig grof, zwak siltig, matig grindig, zwak keien, zwak roesthoudend, oranjebeige
240	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, grijsbeige
260	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, donker oranjegeel
280	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, licht beigegrijs
300	

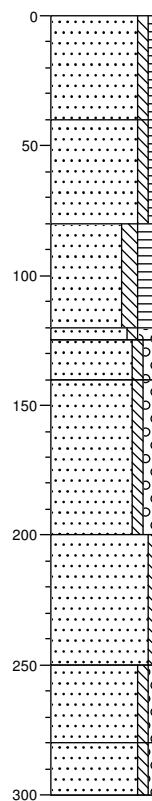
k = 6,5

Boring: 05



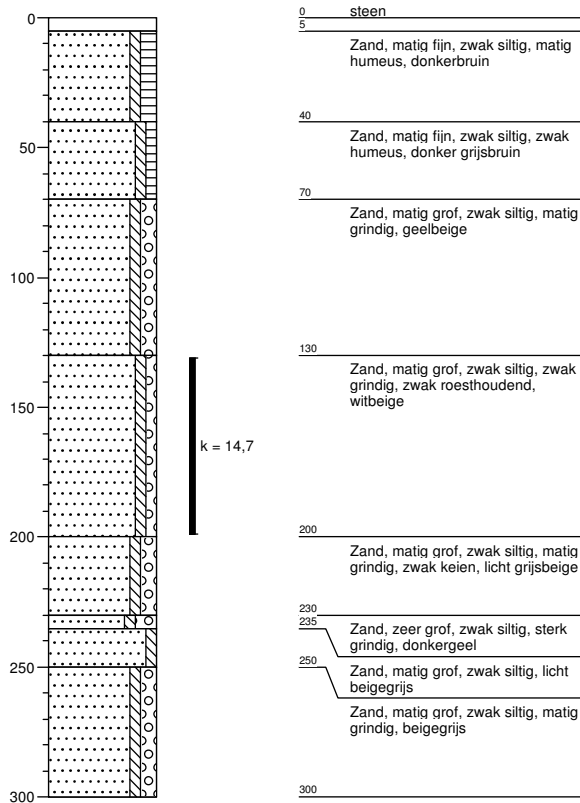
0	gras
	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, zwak keien, donkerbruin
60	Zand, matig grof, zwak siltig, sterk grindig, matig keien, geelbeige
110	Grind, matig grof, matig zandig, donker beigegeel
130	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, zwak keien, lichtgrijs
180	Grind, zeer grof, zwak zandig, grijsbeige
210	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, matig keien, grijsbeige, gestaakt: materiaal valt uit boor
240	

Boring: 06



0	gras
	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, zwak kolengruishoudend, grijsbruin
40	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, matig baksteenhoudend, zwak kolengruishoudend, matig wortelhoudend, geelbruin, geroerd
80	Zand, matig fijn, matig siltig, sterk humeus, sterk wortelhoudend, sterk plantenhoudend, sterke rottingsgeur, donker grijsbruin, compostgeur
120	Zand, matig grof, zwak siltig, sterk grindig, witbeige
125	
140	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig, zwak oerhoudend, oranje
	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig grindig, grijsbeige
200	Zand, matig fijn, zwak siltig, grijsoranje
250	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, brokken leem, oranjebruin
280	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, grijsbeige
300	

Boring: 07



Bijlage 4a 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:

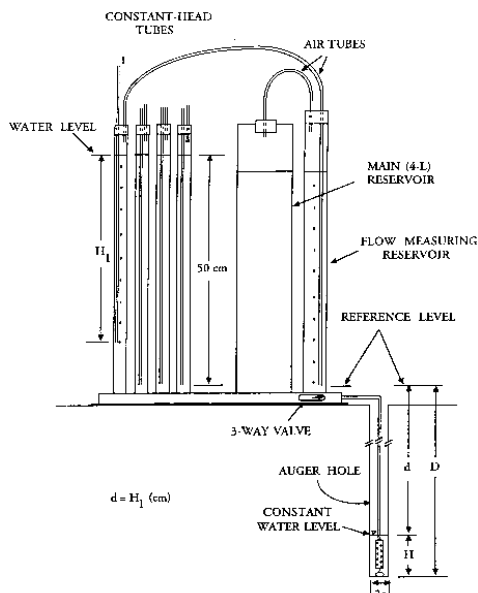
$$K_{sat} = \frac{\left(\operatorname{hyp} \sin^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} + \left(\frac{r}{H} \right) \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

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

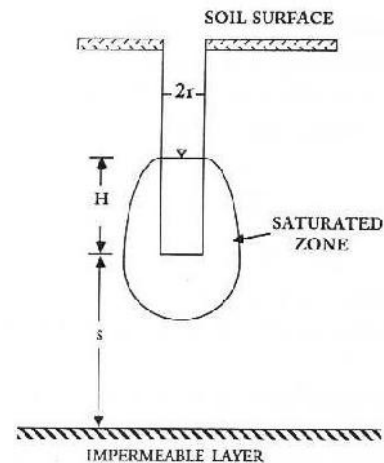
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

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

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



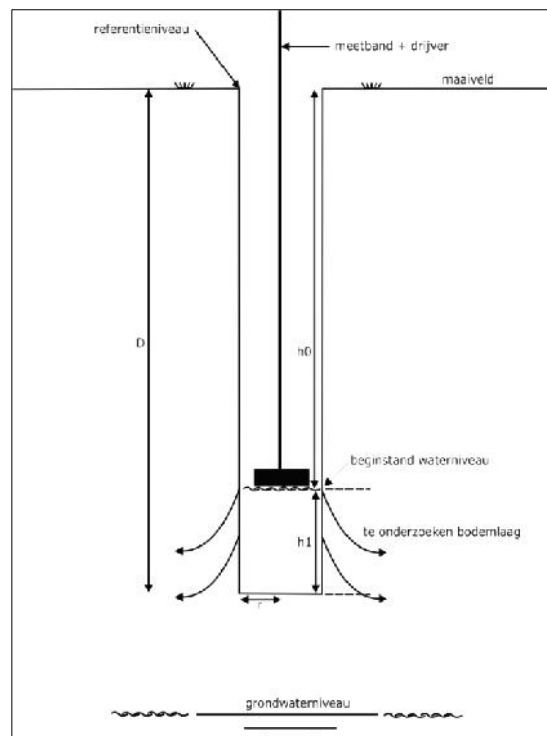
Figuur 1.



Figuur 2.

Bijlage 4b Methodiek omgekeerde Hooghoudt

De doorlatendheid (k-waarde) van de onverzadigde zone is bepaald met behulp van de Falling head-methode, ook wel omgekeerde Hooghoudt-methode genoemd. Hierbij wordt in het veld gemeten hoe lang het duurt voordat een hoeveelheid water nodig heeft om in de te onderzoeken bodemlaag te infiltreren. De doorlatendheidsmeting wordt een aantal malen herhaald teneinde een gemiddelde doorlatendheid te kunnen berekenen.



Bijlage 5a Berekende k-waarden onverzadigde zone

Tabel I. Resultaten boring 01

		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		125		
laageinde [cm -mv]		159		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		17		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		142		
		metingen		k-waarde
		hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]		25,7	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]		24,9	30	1,96
meting 2 t = 2 [cm]		24,1	60	1,96
meting 3 t = 3 [cm]		23,3	90	1,96
meting 4 t = 4 [cm]		22,5	120	1,96
meting 5 t = 5 [cm]		21,7	150	1,96
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)		1,96		

Tabel II. Resultaten boring 03

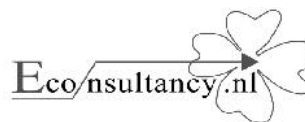
		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		110		
laageinde [cm -mv]		144		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		17		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		127		
		metingen		k-waarde
		hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]		22,5	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]		20,5	30	4,89
meting 2 t = 2 [cm]		18,5	60	4,89
meting 3 t = 3 [cm]		16,5	90	4,89
meting 4 t = 4 [cm]		14,5	120	4,89
meting 5 t = 5 [cm]		12,5	150	4,89
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)		4,89		

Tabel III. Resultaten boring 07

		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		155		
laageinde [cm -mv]		189		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		17		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		172		
		metingen		k-waarde (m/dag)
		hoogte	t (s)	
meting 0 t = 0 [cm]		38,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]		32,0	30	14,68
meting 2 t = 2 [cm]		26,0	60	14,68
meting 3 t = 3 [cm]		20,0	90	14,68
meting 4 t = 4 [cm]		14,0	120	14,68
meting 5 t = 5 [cm]		8,0	150	14,68
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)		14,68		

Bijlage 5b Berekende k-waarde(n) verzadigde zone

Projectnummer: 10096059 Boring: 02
 Projectnaam: MON.LBA.GEO



Diepte boorgat (D)	198	cm
Standaardhoogte (M)	102	cm
Radiusboorgat (straal)	3,15	cm
Grondwater (W)	>300	cm
Voorverzadiging	30	liter

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

$$k_f = 1,15 * r * (\log(h_0/r/2) - \log(h_1/r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

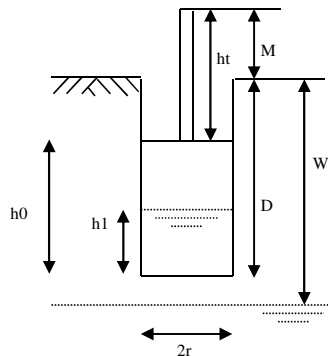
Hierbij is:

h_0 = waterhoogte in boorgat op $t = 0$

h_1 = waterhoogte in boorgat op $t = t_1$

r = boogtradius

dt = verlopen tijd van $t = 0$ tot $t = t_1$



K = 4,1 m/dag (gemiddelde van representatieve meetsessies)

tijd [sec]	sessie 1	sessie 2	sessie 3	cm
	ht	ht	ht	
0	138,0	134,0	124,0	cm
10	154,0	141,0	131,0	cm
20	163,0	146,0	138,0	cm
30	169,0	148,0	142,0	cm
40	174,0	151,0	146,0	cm
50	177,0	152,0	150,0	cm
60	179,0	154,0	156,0	cm
70	180,0	156,0	157,0	cm
80	188,0	158,0	160,0	cm
90	188,0	158,0	162,0	cm
100	188,0	159,0	164,0	cm
110	188,0	160,0	166,0	cm
120	188,0	161,0	171,0	cm
130	188,0	161,0	174,0	cm
140	188,0	162,0	177,0	cm
150	185,0	162,0	180,0	cm
160	185,0	163,0	183,0	cm
170	185,0	163,0	184,0	cm
180	186,0	163,0	185,0	cm
190	187,0	168,0	186,0	cm
200	188,0	173,0	187,0	cm
210	188,0	177,0	188,0	cm
220	188,0	180,0	189,0	cm
230	189,0	182,0	190,0	cm
240	190,0	183,0	190,0	cm
250	192,0	185,0	191,0	cm
260	193,0	186,0	191,0	cm
270	193,0	187,0	192,0	cm
280	194,0	188,0	192,0	cm
290				cm
300				cm
310				cm
320				cm
330				cm
340				cm
350				cm
360				cm
370				cm
380				cm
390				cm
400				cm
410				cm
420				cm
430				cm
440				cm
450				cm
460				cm
470				cm
480				cm
490				cm
500				cm
510				cm
520				cm

berekening van doorlatendheid (kf)

	sessie 1	sessie 2	sessie 3	
t0	0	0	0	sec
t1	80	80	170	sec

berekening van richtingscoëfficiënt (rc)

	sessie 1	sessie 2	sessie 3	
t0	0	0	0	sec
t1	60	150	60	sec

Meetsessie 1

t0	0	sec
h0	162	cm
t1	80	sec
h1	112	cm
kf	7,345E-05	m/s
kf	6,3459321	m/dag
rc	-0,00625	m/s

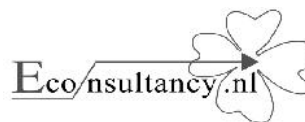
Meetsessie 2

t0	0	sec
h0	166	cm
t1	80	sec
h1	142	cm
kf	3,103E-05	m/s
kf	2,6808417	m/dag
rc	-0,003	m/s

Meetsessie 3

t0	0	sec
h0	176	cm
t1	170	sec
h1	116	cm
kf	3,901E-05	m/s
kf	3,3707974	m/dag
rc	-0,003529	m/s

Projectnummer: 10096059 Boring: 04
 Projectnaam: MON.LBA.GEO



Diepte boorgat (D)	280	cm
Standaardhoogte (M)	20	cm
Radiusboorgat (straal)	3,15	cm
Grondwater (W)	>300	cm
Voorverzadiging	30	liter

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

$$k_f = 1,15 * r * (\log(h_0/r/2) - \log(h_1-r/2))/dt \text{ [cm/s]}$$

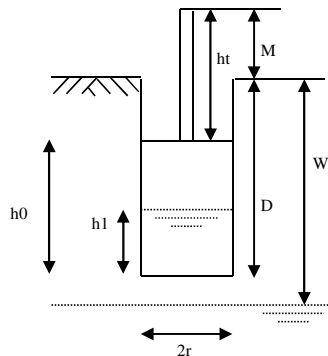
Hierbij is:

h_0 = waterhoogte in boorgat op $t = 0$

h_1 = waterhoogte in boorgat op $t = t_1$

r = boogtadius

dt = verlopen tijd van $t = 0$ tot $t = t_1$



K = 4,8 m/dag (gemiddelde van representatieve meetsessies)

tijd [sec]	sessie 1	sessie 2	sessie 3	cm
	ht	ht	ht	
0	255,0	230,0	215,0	cm
10	261,0	250,0	239,0	cm
20	266,0	260,0	254,0	cm
30	268,0	265,0	262,0	cm
40	269,0	267,0	266,0	cm
50	270,0	269,0	268,0	cm
60	271,0	275,0	269,0	cm
70	272,0	271,0	270,0	cm
80	272,0	271,0	270,0	cm
90	272,0	272,0	271,0	cm
100	273,0	272,0	271,0	cm
110	273,0	273,0	271,0	cm
120	273,0	273,0	272,0	cm
130	273,0	273,0	272,0	cm
140	273,0	273,0	272,0	cm
150	273,0	273,0	272,0	cm
160	274,0	273,0	273,0	cm
170	274,0	274,0	273,0	cm
180	275,0	274,0	273,0	cm
190	275,0	274,0	273,0	cm
200	276,0	274,0	273,0	cm
210	276,0	274,0	273,0	cm
220	277,0	274,0	274,0	cm
230	277,0	275,0	274,0	cm
240	277,0	275,0	274,0	cm
250	278,0	275,0	274,0	cm
260	278,0	275,0	274,0	cm
270	278,0	275,0	274,0	cm
280	278,0	275,0	274,0	cm
290		275,0	274,0	cm
300		275,0	274,0	cm
310				cm
320				cm
330				cm
340				cm
350				cm
360				cm
370				cm
380				cm
390				cm
400				cm
410				cm
420				cm
430				cm
440				cm
450				cm
460				cm
470				cm
480				cm
490				cm
500				cm
510				cm
520				cm

berekening van doorlatendheid (kf)

	sessie 1	sessie 2	sessie 3	
t0	0	0	0	sec
t1	288	290	282	sec

Meetsessie 1

t0	0	sec
h0	45	cm
t1	288	sec
h1	22	cm
kf	4,12E-05	m/s
kf	3,5599513	m/dag
rc	-0,000799	m/s

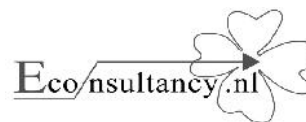
Meetsessie 2

t0	0	sec
h0	70	cm
t1	290	sec
h1	25	cm
kf	5,815E-05	m/s
kf	5,0243128	m/dag
rc	-0,001552	m/s

Meetsessie 3

t0	0	sec
h0	85	cm
t1	282	sec
h1	26	cm
kf	6,853E-05	m/s
kf	5,9207432	m/dag
rc	-0,002092	m/s

Projectnummer: 10096059 Boring: 05
 Projectnaam: MON.LBA.GEO



Diepte boorgat (D)	100	cm
Standaardhoogte (M)	0	cm
Radiusboorgat (straal)	3,15	cm
Grondwater (W)	>300	cm
Voorverzadiging	20	liter

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

$$k_f = 1,15 * r * (\log(h_0/r/2) - \log(h_1/r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

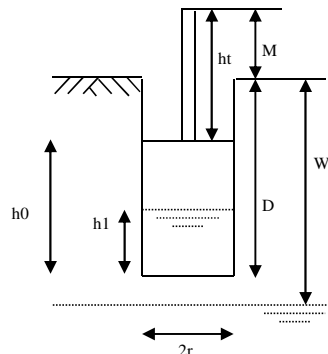
Hierbij is:

h₀ = waterhoogte in boorgat op t = t₀

h₁ = waterhoogte in boorgat op t = t₁

r = boogtradius

dt = verlopen tijd van t = t₀ tot t = t₁



K = 3,0 m/dag (gemiddelde van representatieve meetsessies)

tijd [sec]	sessie 1			sessie 2			sessie 3		
	ht	ht	ht	ht	ht	ht	ht	ht	ht
0	12,0	15,0	21,0	cm					
10	12,0	15,0	21,0	cm					
20	22,0	20,0	25,0	cm					
30	22,0	20,0	25,0	cm					
40	26,0	25,0	38,0	cm					
50	26,0	25,0	38,0	cm					
60	31,0	28,0	32,0	cm					
70	31,0	28,0	32,0	cm					
80	35,0	32,0	34,0	cm					
90	35,0	32,0	34,0	cm					
100	38,0	34,0	36,0	cm					
110	38,0	34,0	36,0	cm					
120	41,0	37,0	39,0	cm					
130	41,0	37,0	39,0	cm					
140	43,0	39,0	42,0	cm					
150	43,0	39,0	42,0	cm					
160	46,0	41,0	44,0	cm					
170	46,0	41,0	44,0	cm					
180	48,0	43,0	46,0	cm					
190	48,0	43,0	46,0	cm					
200	50,0	45,0	47,0	cm					
210	50,0	45,0	47,0	cm					
220	51,0	47,0	49,0	cm					
230	51,0	47,0	49,0	cm					
240	53,0	48,0	50,0	cm					
250	53,0	48,0	50,0	cm					
260	55,0	50,0	52,0	cm					
270	55,0	50,0	52,0	cm					
280	56,0			cm					
290	56,0			cm					
300				cm					
310				cm					
320				cm					
330				cm					
340				cm					
350				cm					
360				cm					
370				cm					
380				cm					
390				cm					
400				cm					
410				cm					
420				cm					
430				cm					
440				cm					
450				cm					
460				cm					
470				cm					
480				cm					
490				cm					
500				cm					
510				cm					
520				cm					

berekening van doorlatendheid (kf)

	sessie 1	sessie 2	sessie 3
t ₀	0	0	0
t ₁	280	260	260

berekening van richtingscoëfficiënt (rc)

	sessie 1	sessie 2	sessie 3
t ₀	0	0	0
t ₁	60	150	60

Meetsessie 1

t ₀	0	sec
h ₀	88	cm
t ₁	280	sec
h ₁	44	cm
k _f	3,998E-05	m/s
k_f	3,454198	m/dag
rc	-0,001571	m/s

Meetsessie 2

t ₀	0	sec
h ₀	85	cm
t ₁	260	sec
h ₁	50	cm
k _f	3,291E-05	m/s
k_f	2,8436593	m/dag
rc	-0,001346	m/s

Meetsessie 3

t ₀	0	sec
h ₀	79	cm
t ₁	260	sec
h ₁	48	cm
k _f	3,095E-05	m/s
k_f	2,6739584	m/dag
rc	-0,001192	m/s



DOORLATENDHEIDSONDERZOEK

PLANTSOENSINGEL MIDDEN 1 - 27 EN
PLANTSOENSINGEL ZUID 67 - 73

TE 'S-HEERENBERG

GEMEENTE MONTFERLAND

Doorlatendheidsonderzoek Plantsoensingel Midden 1 - 27 en Plantsoensingel Zuid 67 - 73 te 's-Heerenberg in de gemeente Montferland

Opdrachtgever	LBA bv Lichtenvoordseweg 4 7141 DX Groenlo
Project	MON.LBA.GEO
Rapportnummer	10096055
Status	Eindrapportage
Datum	29 november 2010
Vestiging	Doetinchem
Opsteller	Drs. ing. S. Schut
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Ing. M.R.P. Vidal
Paraaf	

Kwaliteitszorg

Voor het uitvoeren van doorlatendheidsonderzoek zijn voorsnog 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	2
	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.....	5
	4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen.....	5
	4.2 Beoordeling en advies infiltratiemogelijkheden	6
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	7

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging van de locatie
2. - Locatieschets
3. - Boorprofielen
- 4a. - Methodiek constant-head permeameter
- 4b. - Methodiek Hooghoudt
- 5a. - Berekende k-waarden onverzadigde zone
- 5b. - Berekende k-waarden verzadigde zone

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van LBA bv opdracht gekregen voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek aan de Plantsoensingel Midden 1 - 27 en Plantsoensingel Zuid 67 - 73 te s-Heerenberg in de gemeente Montferland.

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 zal de onder andere de waterdoorlatendheid (k-waarde) van verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Voor het uitvoeren van doorlatendheidsonderzoek 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 ($\pm 5.500 \text{ m}^2$) ligt aan de Plantsoensingel Midden 1 - 27 en Plantsoensingel Zuid 67 - 73, in de kern van 's-Heerenberg in de gemeente Montferland (zie bijlage 1) en is kadastraal bekend gemeente 's-Heerenberg, sectie G, nummers 1777 en 2059 (ged.).

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 40 H, 2004 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 16 m +NAP en zijn de coördinaten van de onderzoekslocatie X = 214.640, Y = 432.230.

De onderzoekslocatie, gelegen aan de Plantsoensingel Midden, betreft een tweetal woonblokken van 4 woningen (nummers 3 t/m 9 en nummers 11 t/m 17), een woonblok van 5 woningen (nummers 19 t/m 27) en een woonblok van 3 woningen (nummers 19 t/m 27). De onderzoekslocatie, gelegen aan de Plantsoensingel Zuid, betreft een woonblok van 3 woningen (Plantsoensingel Midden 1 en Plantsoensingel Zuid 71 en 73) en een twee-onder-één kap woning (nummers 67 en 69).

De initiatiefnemer is voornemens de locatie te herontwikkelen. In het kader van de herontwikkeling zullen de bestaande woningen worden gesloopt. Er is momenteel nog geen informatie bekend over de invulling van het bouwplan. In bijlage 2 is de huidige situatie op een locatieschets weergegeven.

2.2 Regionale bodemopbouw

De onderzoekslocatie ligt volgens de bodemkaart van Nederland, kaartblad 40 Oost, 1975 (schaal 1:50.000), binnen bebouwd gebied en is derhalve niet gekarteerd. De meest nabijgelegen gekarteerde eenheid betreft kalkloze poldervaaggronden in zware klei, welke ten oosten van de onderzoekslocatie voorkomen. Op basis van de hoogteligging wordt echter verwacht dat binnen de onderzoekslocatie hoge bruine enkeerdgronden voorkomen, welke op korte afstand ten noordoosten van de locatie zijn gekarteerd.

2.3 Regionale geohydrologie

De onderzoekslocatie ligt op een hellingsafspoelingswaaier, onderaan de zuidoostelijke flank van het stuwwalcomplex van het Montferland.

Het watervoerend pakket heeft een dikte van circa 75 meter. Aan het maaiveld ligt een circa 1 m dikke laag hellingsafspoelingsmateriaal, met daaronder een circa 30 m dik pakket gestuwde afzettingen. Het overige deel van het watervoerend pakket bestaat uit grofzandige, grindhoudende, fluviaatiele afzettingen van de Formatie van Peize. Het watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door slecht doorlatende, slihboudende, fijnzandig mariene afzettingen van Tertiaire ouderdom, behorend tot de Formatie van Oosterhout.

De gemiddelde stand van het freatisch grondwater bedraagt $\pm 13,0$ m +NAP, waardoor het grondwater zich binnen de onderzoekslocatie op een diepte van 3 m -mv zou bevinden. Het freatisch grondwater stroomt volgens de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, kaartblad 40 Oost, 1995 (schaal 1:50.000), in oostelijke richting. De onderzoekslocatie ligt niet binnen een grondwaterbeschermings- en/of grondwaterwingebied. Op de wateratlas van de provincie Gelderland is de onderzoekslocatie aangeduid als infiltratie matig.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Op 10 november 2010 zijn in 7 boringen gecombineerd geplaatst met een verkennend bodemonderzoek (10096054 MON.LBA.NEN) totaal. Na afloop van de werkzaamheden is het grondwaterniveau in de boorgaten gemeten. De boringen zijn tot maximaal 3,2 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Vervolgens zijn op 24 november 2010 enkele in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Op de locatieschets in bijlage 2 is de situering van de boringen aangegeven. Van het opgeboorde materiaal is een boorbeschrijving conform de NEN 5104 gemaakt (zie bijlage 3).

3.2 Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau

De bovengrond bestaat voornamelijk uit zwak humeus, zwak tot matig grindig, zwak tot matig siltig, matig fijn zand. De ondergrond bestaat voornamelijk uit zwak tot matig siltig, zeer fijn tot matig grof zand en is plaatselijk zwak tot matig grindig. In de ondergrond komen plaatselijk klei- en leemlagen voor. De ondergrond is plaatselijk zwak gleyhoudend. De ondergrond is plaatselijk zwak roesthoudend.

Tabel I geeft een overzicht van de grondwaterstanden die op 10 november 2010 zijn waargenomen. Tevens is de gemiddeld hoogste grondwaterstand geschat op basis van het voorkomen van gleyverschijnselen.

Tabel I. Overzicht grondwaterstanden

Boring	Boordiepte (m -mv)	Grondwaterstand (m -mv)
01	3,2	1,9
02	3,0	2,7
03	3,0	1,5
04	3,0	1,6
05	3,0	2,1
06	3,0	2,4
07	3,0	2,6

(*A) Vanwege het ontbreken van gleyverschijnselen in de onverzadigde zone kan de GHG niet worden aangegeven.
 (*B) Het betreft een bestaande peilbuis, welke tijdens het verkennend bodemonderzoek is geplaatst (10096053 MON.LBA.NEN).

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 4a.

Voor het bepalen van de doorlatendheid onder grondwaterniveau (freatisch vlak) is de rising-head methode (Hooghoudt) toegepast. Hierbij is een gat tot circa 0,5 m onder het grondwaterniveau geboord. Vervolgens is het water uit het boorgat onttrokken, waarna de snelheid waarmee het water in het boorgat stijgt, gemeten. Deze methode is nader toegelicht in bijlage 4b.

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 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 III zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

Tabel III. Overzicht uitgevoerde werkzaamheden

Boringen	Doorlatendheidsmetingen
6 (3,0 m -mv) 1 (3,2 m -mv)	5 (onverzadigde zone, *A) 1 (verzadigde zone, *B)
(*A) De k-waarde is bepaald met behulp van de constant-head permeameter.	
(*B) De k-waarde is bepaald met behulp van de Hooghoudt methode (rising-head).	

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.

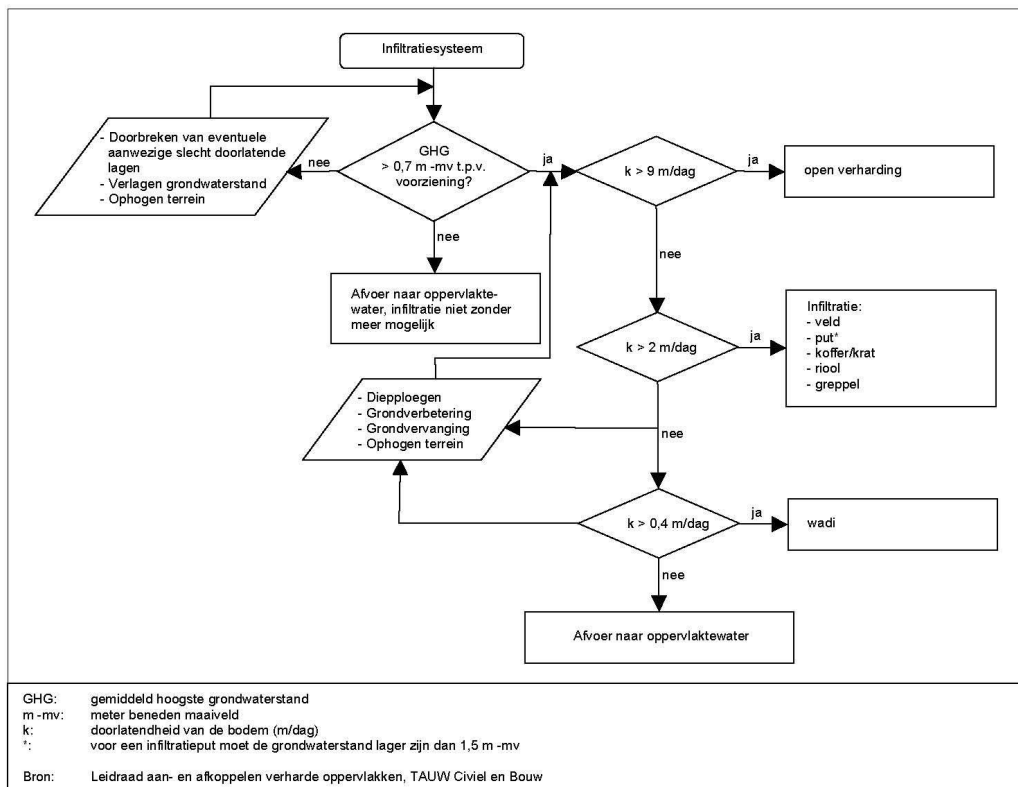
Tabel V. Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

Boring	Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A)	Zone	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling
01	1,9-2,4	verzadigd	zwak siltig, zwak grindig, matig fijn zand	-	4,16	goed doorlatend
04	0,6-1,1	onverzadigd	zwak siltig, matig fijn zand	-	9,9	goed doorlatend
05	0,6-1,5	onverzadigd	matig siltig, zwak grindig, zwak humeus, matig fijn zand	zwak baksteenhoudend, zwak aardewerkhoudend	0,72 (*B)	-
06	1,6-2,5	onverzadigd	zwak siltig, zeer fijn zand	-	3,15	goed doorlatend
07	1,2-1,8	onverzadigd	zwak siltig, zwak grindig, matig grof zand	-	> 10 (*C)	slecht doorlatend
	1,8-2,5	onverzadigd	matig siltig, matig fijn zand	-	0,73	vrij goed doorlatend
(*A)	Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen.					
(*B)	Tijdens de meting is geen constant debiet bereikt de k-waarde is derhalve niet representatief					
(*C)	De doorlatendheid valt buiten het meetbereik van de constant head permeameter					

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 en advies 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 beslismethodiek. 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. 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 de bodem, op de matig siltig, matig fijne zandlagen na, tot 3,0 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Bij de dimensionering en de aanleg van een eventuele infiltratievoorziening dient rekening te worden gehouden met de aanwezige klei en leemlagen. Econsultancy adviseert de aanwezige storende lagen te doorbreken of grondverbetering toe te passen.

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 LBA bv een doorlatendheidsonderzoek uitgevoerd aan de Plantsoensingel Midden 1 - 27 en Plantsoensingel Zuid 67 - 73 te s-Heerenberg in de gemeente Montferland.

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 zal de onder andere de waterdoorlatendheid (k-waarde) van verschillende bodemlagen worden onderzocht.

Bodemopbouw en grondwater

De bovengrond bestaat voornamelijk uit zwak humeus, zwak tot matig grindig, zwak tot matig siltig, matig fijn zand. De ondergrond bestaat voornamelijk uit zwak tot matig siltig, zeer fijn tot matig grof zand en is plaatselijk zwak tot matig grindig. In de ondergrond komen plaatselijk klei- en leemlagen voor. De ondergrond is plaatselijk zwak gleyhoudend. De ondergrond is plaatselijk zwak roesthoudend.

Het grondwaterniveau varieert van circa 1,5 tot 2,6 m -mv.

Doorlatendheid

Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 6 in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd waarvan 5 in de onverzadigde en 1 in de verzadigde zone. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht. De doorlatendheid van de bodem wordt over het algemeen geassocieerd als goed tot zeer goed doorlatend, waarbij k-waarden van 0,72 en >10,0 m/dag zijn aangetoond.

De doorlatendheid van de matig siltige, matig fijne zandlaag in de ondergrond bedraagt minder dan 1 m/dag en wordt derhalve als vrij goed doorlatend geassocieerd.

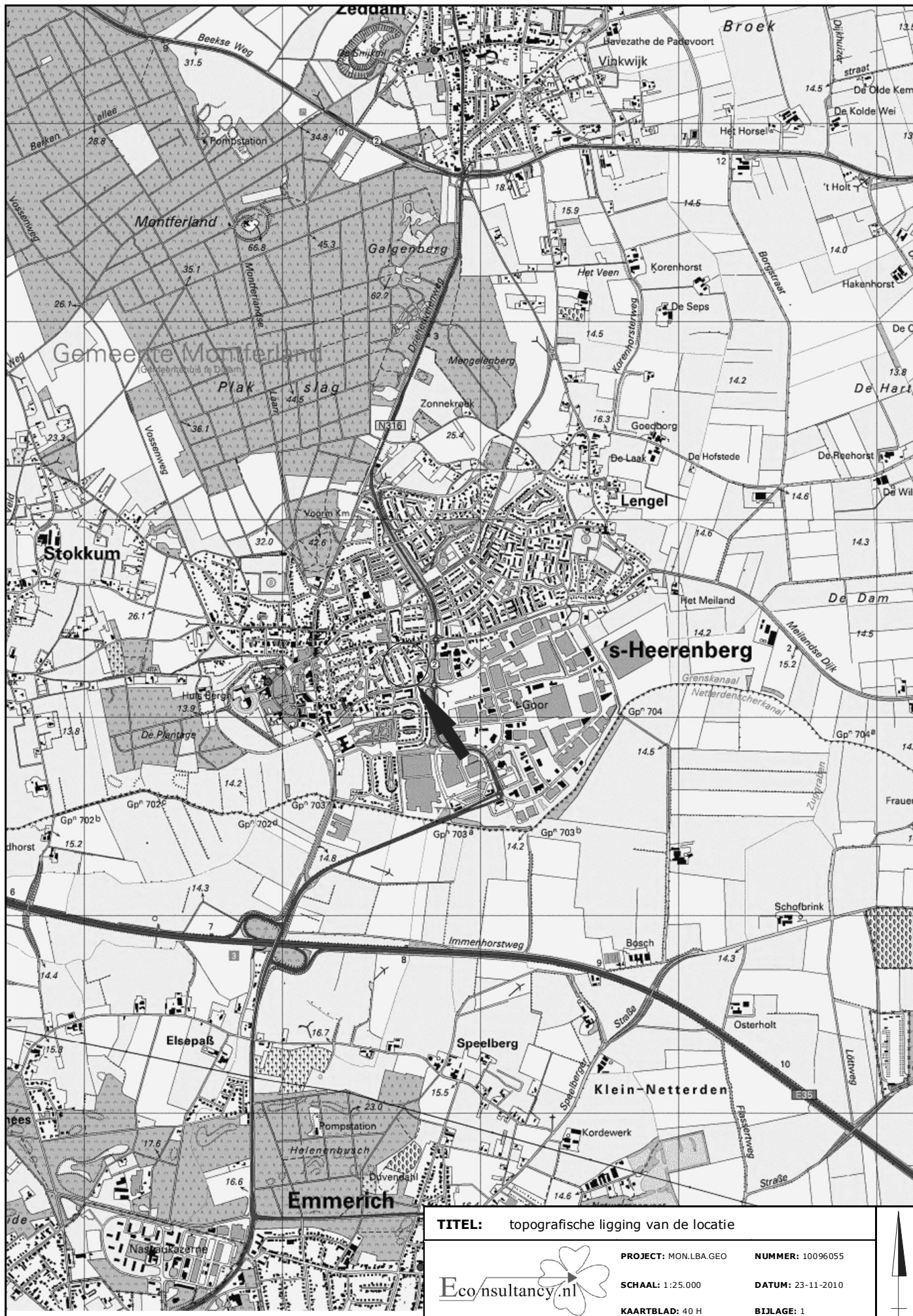
Advies infiltratiemogelijkheden

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.

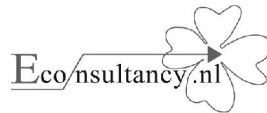
Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld de bodem, op de matig siltig, matig fijne zandlagen na, tot 3,0 m -mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Bij de dimensionering en de aanleg van een eventuele infiltratievoorziening dient rekening te worden gehouden met de aanwezige klei en leemlagen. Econsultancy adviseert de aanwezige storende lagen te doorbreken of grondverbetering toe te passen.

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 Montferland en het Waterschap Rijn en IJssel.

Econsultancy
Doetinchem, 29 november 2010



TITEL: topografische ligging van de locatie



PROJECT: MON.LBA.GEO

NUMMER: 10096055

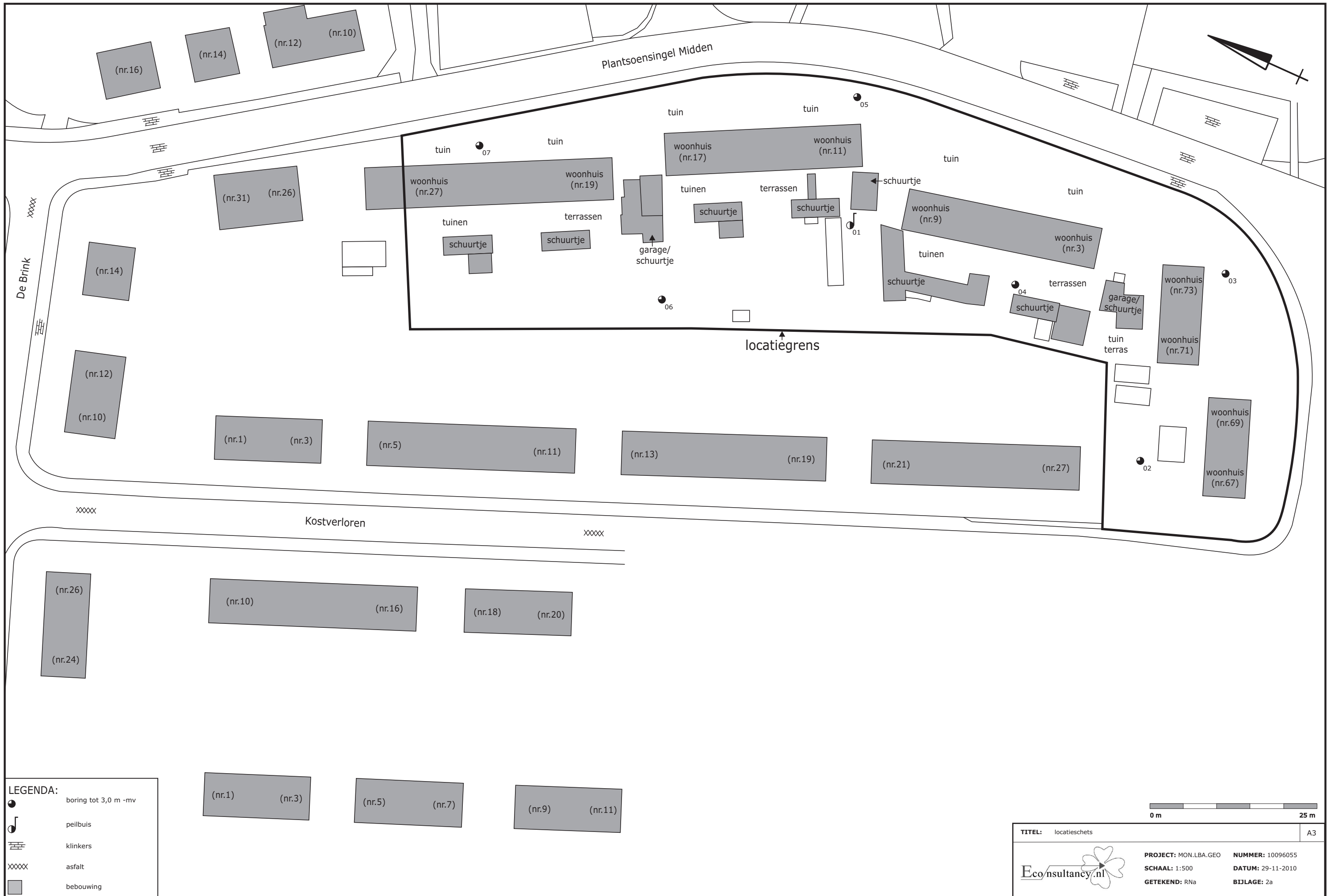
SCHAAL: 1:25.000

DATUM: 23-11-2010

KAARTBLAD: 40 H

BIJLAGE: 1





LEGENDA:

●	boring tot 3,0 m -mv
⌋	peilbuis
▤	klinkers
XXXXX	asfalt
■	bebouwing



TITEL: locatieschets		A3
		PROJECT: MON.LBA.GEO SCHAAL: 1:500 GETEKEND: RNa
		NUMMER: 10096055 DATUM: 29-11-2010 BIJLAGE: 2a

Bijlage 3 Boorprofielen

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

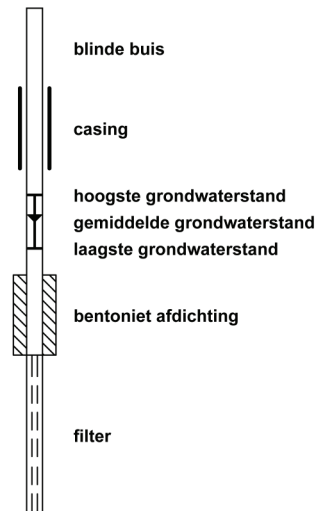
zand

	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

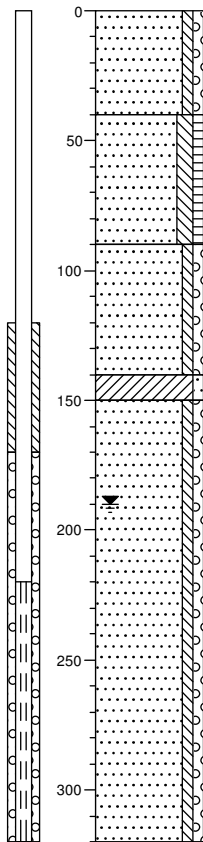
monsters

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

overig

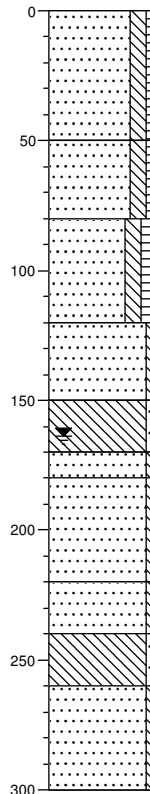
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand (tijdens veldwerk)
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- slib
- water

Boring: 01



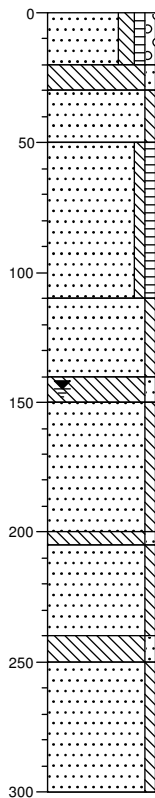
0	gras
	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, donkerbruin
40	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, grijsbruin
90	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, beige grijs
140	Klei, zwak zandig, neutraal grijs
150	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, beige grijs
320	

Boring: 02



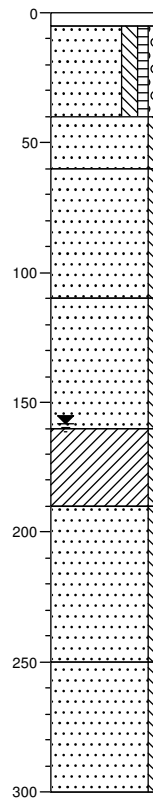
0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, donker grijsbruin
50	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, donker grijsbruin
80	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, zwak wortelhoudend, donkerbruin
120	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak oerhoudend, roodbruin
150	Leem, zwak zandig, licht grijs
170	Zand, zeer fijn, zwak siltig, licht cremegrijs
180	Zand, zeer fijn, zwak siltig, grijsbeige
220	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs
240	Leem, zwak zandig, neutraal grijs
260	Zand, matig fijn, zwak siltig, neutraal grijs
300	

Boring: 03



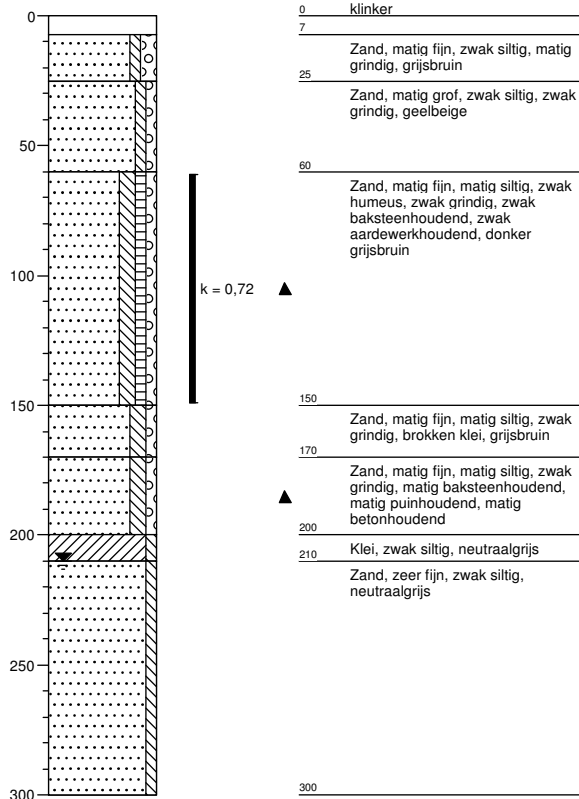
0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwak grindig, donkergrijs
20	
30	Leem, zwak zandig, beige grijs
	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs
50	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak humeus, grijsbruin
110	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beige grijs
140	
150	Leem, zwak zandig, lichtgrijs
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beige grijs
200	
205	Leem, zwak zandig, neutraalgrijs
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beige grijs
240	
250	Leem, zwak zandig, neutraalgrijs
	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs
300	

Boring: 04

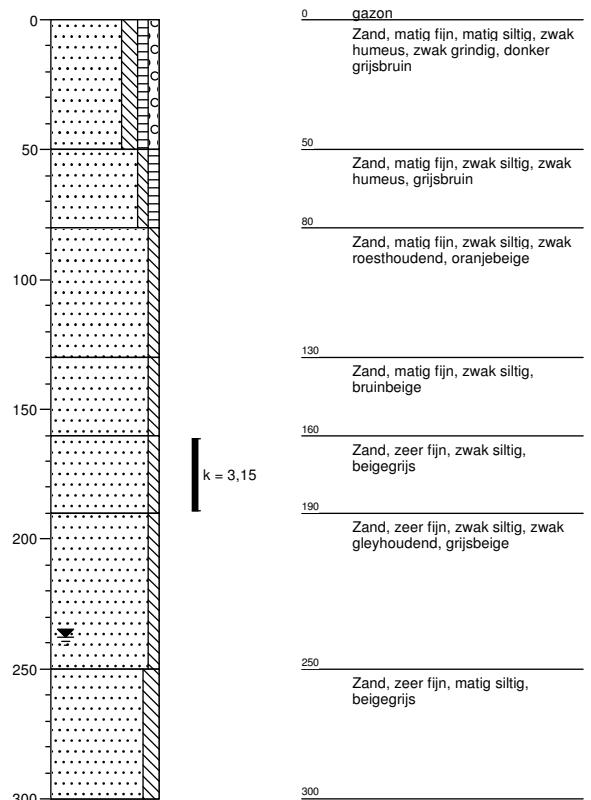


0	tegel
5	
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwak grindig, zwak wortelhoudend, donker grijsbruin
40	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, beigebruin
60	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, bruinbeige
110	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs
160	
	Klei, zwak siltig, neutraalgrijs
190	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs
250	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, neutraalgrijs
300	

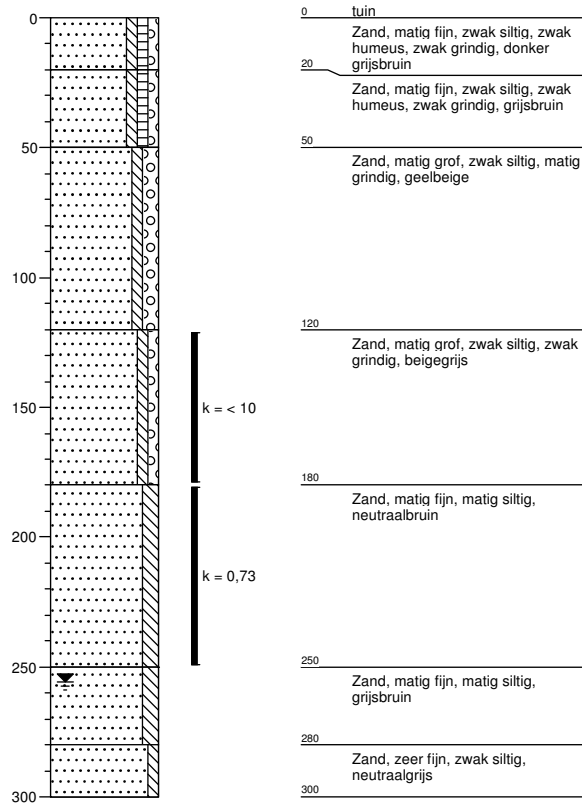
Boring: 05



Boring: 06



Boring: 07



Bijlage 4a 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:

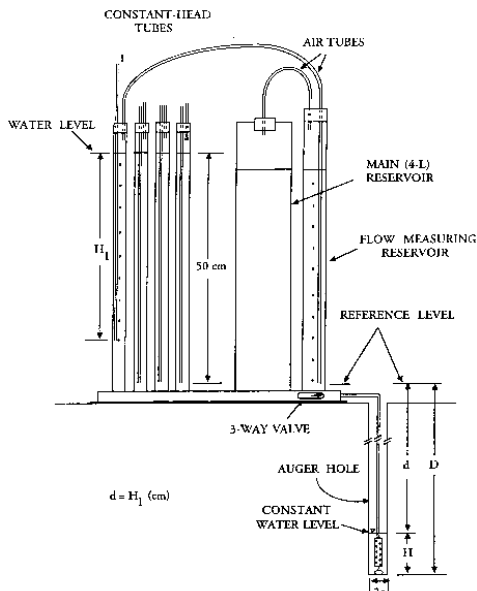
$$K_{sat} = \frac{\left(\operatorname{hyp} \sin^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} + \left(\frac{r}{H} \right) \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

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

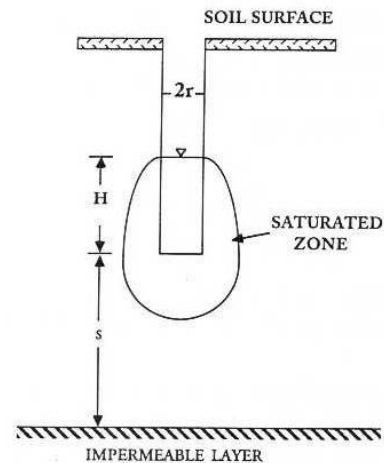
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

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

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 4b Methodiek Hooghoudt-proef (verzadigde zone)

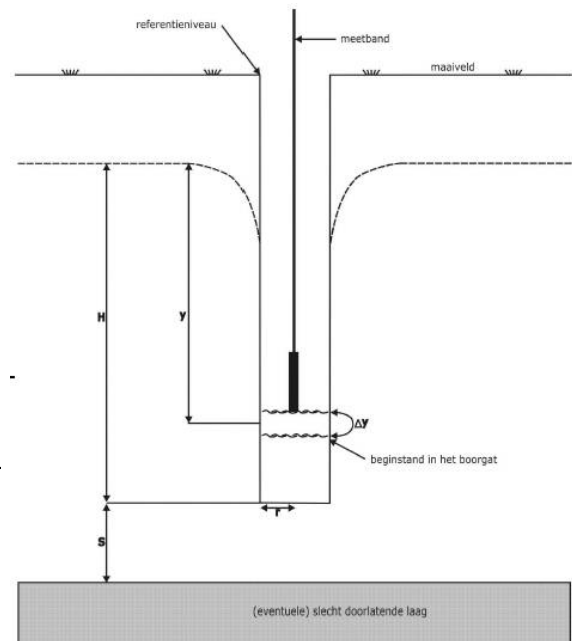
Voor het bepalen van de doorlatendheid onder grondwatervniveau (freatisch vlak) is de rising-head methode (Hooghoudt) toegepast. Hierbij is een gat tot circa 0,5 m onder het grondwatervniveau geboord. Vervolgens is het water uit het boorgat onttrokken, waarna de snelheid waarmee het water in het boorgat stijgt wordt gemeten. Met behulp van de meetresultaten is middels de onderstaande formule een k-waarde berekend.

S = diepte van een eventuele ondoorlatende laag in cm beneden het boorgat ($s > 0,5 H$).

$$K_{\text{sat}} = \frac{4.000 r^2}{(H + 20r) (2 - y/H) y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

De meting dient te voldoen aan de volgende voorwaarden:

- r: tussen 3 en 7 cm
- y/H: tussen 0,2 en 1 cm
- Δy : $< \frac{1}{4} y$



Figuur IV. Hooghoudtmethode (verzadigde zone)

Bijlage 5a Berekende k-waarden onverzadigde zone

Tabel I. Resultaten boring 04

		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		73		
laageinde [cm -mv]		95		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		11		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		84		
		metingen		k-waarde
		hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]		35,8	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]		33,6	30	9,90
meting 2 t = 2 [cm]		31,4	60	9,90
meting 3 t = 3 [cm]		29,2	90	9,90
meting 4 t = 4 [cm]		27,0	120	9,90
meting 5 t = 5 [cm]		24,8	150	9,90
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)		9,90		

Tabel II. Resultaten boring 05

		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		105		
laageinde [cm -mv]		127		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		11		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		116		
		metingen		k-waarde
		hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]		36,1	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]		35,5	30	2,70
meting 2 t = 2 [cm]		35,3	60	0,90
meting 3 t = 3 [cm]		35,3	90	0,00
meting 4 t = 4 [cm]		35,3	120	0,00
meting 5 t = 5 [cm]		35,3	150	0,00
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)		0,72

(*A) tijdens de meting is geen constant debiet verkregen de k-waarde is derhalve niet representatief voor de textuur

Tabel III. Resultaten boring 06

	laag 1		
laagbegin [cm -mv]	153		
laageinde [cm -mv]	175		
Q [cm ³ /cm]	105		
H [cm]	11		
r [cm]	3,5		
D [cm -mv]	164		
	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	36,0	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	35,3	30	3,15
meting 2 t = 2 [cm]	34,6	60	3,15
meting 3 t = 3 [cm]	33,9	90	3,15
meting 4 t = 4 [cm]	33,2	120	3,15
meting 5 t = 5 [cm]	32,5	150	3,15
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)			3,15

Tabel IV. Resultaten boring 07

	laag 1			laag 2		
laagbegin [cm -mv]	121			199		
laageinde [cm -mv]	143			233		
Q [cm ³ /cm]	105			105		
H [cm]	11			17		
r [cm]	3,5			3,5		
D [cm -mv]	132			216		
	metingen		k-waarde	metingen		k-waarde
	hoogte	t (s)	(m/dag)	hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]	44,0	0 -		44,3	0 -	
meting 1 t = 1 [cm]	39,0	30	22,50	44,0	30	0,73
meting 2 t = 2 [cm]	34,0	60	22,50	43,7	60	0,73
meting 3 t = 3 [cm]	29,0	90	22,50	43,4	90	0,73
meting 4 t = 4 [cm]	24,0	120	22,50	43,1	120	0,73
meting 5 t = 5 [cm]	19,0	150	22,50	42,8	150	0,73
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) 22,50			0,73

(*A) de meting valt buiten het meetbereik van de constant head permeameter

Tabel V. Resultaten boring 07

		laag 1		
laagbegin [cm -mv]		89		
laageinde [cm -mv]		111		
Q [cm ³ /cm]		105		
H [cm]		11		
r [cm]		3,5		
D [cm -mv]		100		
		metingen		k-waarde
		hoogte	t (s)	(m/dag)
meting 0 t = 0 [cm]		31,7	0	-
meting 1 t = 1 [cm]		29,6	30	9,45
meting 2 t = 2 [cm]		27,5	60	9,45
meting 3 t = 3 [cm]		25,4	90	9,45
meting 4 t = 4 [cm]		23,3	120	9,45
meting 5 t = 5 [cm]		21,2	150	9,45
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)		9,45		

Bijlage 5b Berekende k-waarde(n) verzadigde zone

