

DOORLATENDHEIDSONDERZOEK  
KIEËNWEG 11  
TE BAARLO  
GEMEENTE PEEL EN MAAS



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

Water

# Doorlatendheidsonderzoek Kieënweg 11 te Baarlo in de gemeente Peel en Maas

|                           |                                                                                     |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opdrachtgever</b>      | TDC Maasregio U.A.<br>Vlasstraat 27A<br>6093 EE Heythuysen                          |
| <b>Project</b>            | P&M.WUT.GEO                                                                         |
| <b>Rapportnummer</b>      | 11050408                                                                            |
| <b>Status</b>             | Eindrapportage                                                                      |
| <b>Datum</b>              | 30 juni 2011                                                                        |
| <b>Vestiging</b>          | Swalmen                                                                             |
| <b>Opsteller</b>          | J.J.A. Thissen MSc.                                                                 |
| <b>Paraaf</b>             |  |
| <b>Kwaliteitscontrole</b> | Drs. E. Hartingsveld                                                                |
| <b>Paraaf</b>             |  |

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

### BIJLAGEN:

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

## **1. INLEIDING**

Econsultancy heeft van TDC Maasregio U.A. opdracht gekregen voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek aan de Kruisstraat 4te Baarlo in de gemeente Peel en Maas.

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

Doel van het onderzoek is het bepalen van enkele geohydrologische parameters, waaronder de waterdoorlatendheid (k-waarde van de bodem), teneinde de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie te kunnen bepalen. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn 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 ( $\pm 1.000 \text{ m}^2$ ) ligt aan de Kruisstraat 4, circa 300 m ten westen van de kern van Baarlo in de gemeente Peel en Maas. Het perceel, waar de onderzoekslocatie deel van uitmaakt, is kadastraal bekend gemeente Maasbree, sectie M, nummer 537.

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 58 E, 2004 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 21,5 m +NAP en zijn de coördinaten van de onderzoekslocatie  $X = 203.700$ ,  $Y = 371.720$ .

Op het perceel, waar de onderzoekslocatie deel van uitmaakt, bevindt zich een tuinbouwloods ( $\pm 835 \text{ m}^2$ ). De initiatiefnemer is voornemens op de onderzoekslocatie een nieuwe tuinbouwloods te realiseren. De onderzoekslocatie is grotendeels voorzien van een asfaltverharding. Langs de rand van de toekomstige tuinbouwloods bevindt zich een groenstrook van 4,50 m breed. In het kader van duurzaam waterbeheer zal het afstromend hemelwater van het toekomstig verhard oppervlak, indien mogelijk en noodzakelijk, in de bodem worden geïnfiltreerd. De aard van eventuele toekomstige infiltratievoorzieningen is nog niet bekend.

Volgens de Grote Historische Atlas van Nederland, deel 4 "Zuid Nederland 1838-1857", kaartblad 58, 1990 (schaal 1:50.000), was de locatie, alsmede de omgeving ervan, destijds in agrarisch gebruik (weide) en werd extensief bewoond. Tot circa 1988 is dit gebruik van de onderzoekslocatie niet wezenlijk veranderd.

### **2.2 Regionale bodemopbouw**

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

Geomorfologisch gezien behoort het gebied tot een dalvlakteterras.

### **2.3 Regionale geohydrologie**

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

Het eerste watervoerend pakket heeft een dikte van  $\pm 14 \text{ m}$  en wordt gevormd door de grove en grindrijke zanden van de Formatie van Beegden. Op deze fluviatile formatie liggen de fijnzandige, matig goed doorlatende dekzandafzettingen, behorende tot de Formatie van Bortel, met een dikte van  $\pm 3 \text{ m}$ . Het eerste watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door kleiafzettingen van de Formatie van Breda.

De gemiddelde stand van het freatisch grondwater bedraagt  $\pm 18,5 \text{ m}$  +NAP, waardoor het grondwater zich op  $\pm 3,0 \text{ m}$  -mv zou bevinden. Het water van het eerste watervoerend pakket stroomt volgens de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, kaartblad 52 Oost, 1974 (schaal 1:50.000), in oostelijke richting. Er liggen geen pompstations in de buurt van de onderzoekslocatie die van invloed zouden kunnen zijn op de grondwaterstroming ter plaatse van de onderzoekslocatie.

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

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 |                        |

GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand in m -mv  
 GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand in m -mv  
 GVG: gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in m -mv

Bron: Bodemkaart 58 Oost, Stiboka

### 3. VELDWERK

#### 3.1 Algemeen

Het veldwerk is uitgevoerd op 28 juni 2011. Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 3 boringen geplaatst. De boringen zijn tot maximaal 3,0 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Na afloop van de werkzaamheden is het grondwatervniveau in de boorgaten gemeten.

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

#### 3.2 Lokale bodemopbouw en grondwatervniveau

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak tot sterk siltig, matig fijn zand. De bovengrond is zwak humeus. De ondergrond is zwak tot matig gleyhoudend. Op de locatie van meetpunt 01 is in de ondergrond op het traject van 1,0 – 1,7 m-mv een sterk zandige leemlaag aangetroffen.

Tabel II geeft een overzicht van de grondwaterstanden die op 28 juni 2011 zijn waargenomen.

**Tabel II. Overzicht grondwaterstanden**

| Boring | Boordiepte (m -mv) | Grondwaterstand (m -mv) |
|--------|--------------------|-------------------------|
| 01     | 2,00               | 1,70                    |
| 02     | 2,50               | 1,80                    |
| 03     | 2,50               | 2,00                    |

### 3.3 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

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

In tabel III is een classificatie van de doorlatendheid opgenomen.

**Tabel III.** *Classificatie doorlatendheid*

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

### 3.4 Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen

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

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

In tabel IV zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

**Tabel IV.** *Overzicht uitgevoerde werkzaamheden*

| Meetpunt | Einddiepte m-mv | Traject m-mv | Zone        | Methodiek     |
|----------|-----------------|--------------|-------------|---------------|
| 01       | 2,0             | 0,3-0,5      | onverzadigd | constant-head |
| 02       | 2,5             | 0,8-1,0      | onverzadigd | constant-head |
| 03       | 2,5             | 1,3-1,5      | onverzadigd | constant-head |

## 4. RESULTATEN EN BEOORDELING

### 4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen

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

**Tabel V.** Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

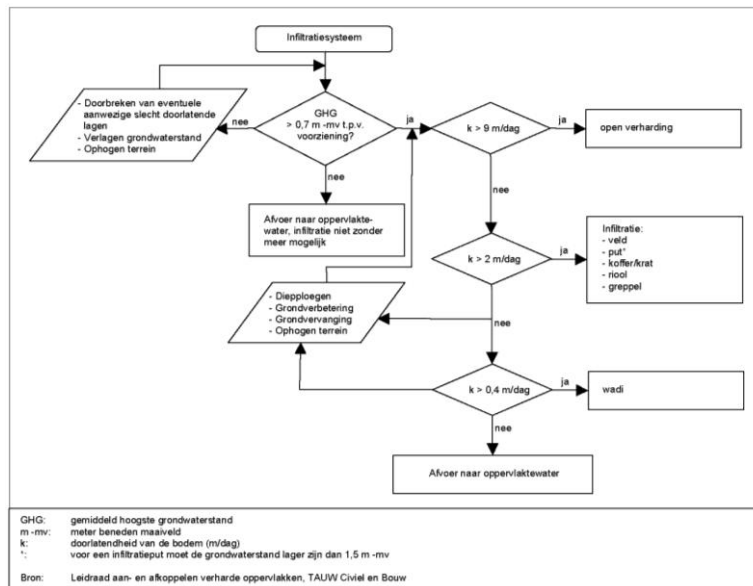
| Boring                                                                                                      | Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A) | Zone        | Bodemsamenstelling            | Opmerkingen | K-waarde (m/dag) | Beoordeling     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|------------------|-----------------|
| 01                                                                                                          | 0,3-0,5                            | onverzadigd | zwak siltig, matig fijn zand  | zwak humeus | 1,6              | goed doorlatend |
| 02                                                                                                          | 0,8-1,0                            | onverzadigd | matig siltig, matig fijn zand | -           | 1,0              | goed doorlatend |
| 03                                                                                                          | 1,3-1,5                            | onverzadigd | zwak siltig, matig fijn zand  | -           | 5,2              | goed doorlatend |
| (*A) Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen. |                                    |             |                               |             |                  |                 |

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

### 4.2 Beoordeling infiltratiemogelijkheden

Volgens het advies Waterbeheer voor de 21<sup>e</sup> 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.

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.



**Figuur 1. Beslismethodiek infiltratietechniek**

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld de bodem tot 1,50 m-mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Hierbij moet worden opgemerkt dat de sterk zandige leemlaag ter plaatse van meetpunt 01 een belemmerende factor kan vormen voor de infiltratievoorziening. Bij het maken van de eventuele keuze voor een bergingsvoorziening (dimensionering) is het van belang rekening te houden de hoeveelheid te bergen hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard oppervlak en de aanwezige grondwaterstand.

## 5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Econsultancy heeft in opdracht van TDC Maasregio U.A. een doorlatendheidsonderzoek uitgevoerd aan de Kieënweg 11 te Baarlo in de gemeente Peel en Maas.

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

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

### *Bodemopbouw en grondwater*

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak tot sterk siltig, matig fijn zand. De bovengrond is zwak humeus. De ondergrond is zwak tot matig gleyhoudend. Op de locatie van meetpunt 01 is in de ondergrond op het traject van 1,0 – 1,7 m-mv een sterk zandige leemlaag aangetroffen.

Het grondwaterniveau varieert van circa 1,7 tot 2,0 m -mv.

### *Doorlatendheid*

Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 3 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 doorlatend, waarbij k-waarden van 1,0 tot 5,2 m/dag zijn aangetoond.

### *Advies infiltratiemogelijkheden*

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

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld de bodem tot 1,50 m-mv geschikt is voor de infiltratie van hemelwater. Hierbij moet worden opgemerkt dat de sterk zandige leemlaag ter plaatse van meetpunt 01 een belemmerende factor kan vormen voor de infiltratievoorziening.

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

Econsultancy  
Swalmen, 30 juni 2011





## **Bijlage 3 Boorprofielen**

## Legenda (conform NEN 5104)

### grind

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

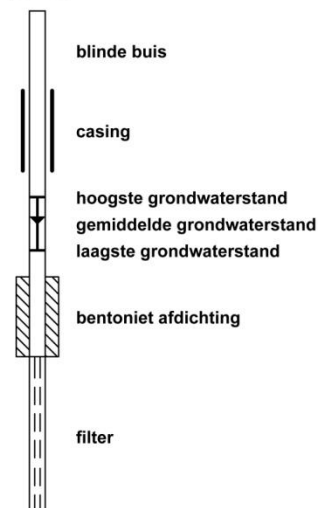
### zand

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

### veen

|  |                    |
|--|--------------------|
|  | Veen, mineraalarm  |
|  | Veen, zwak kleiig  |
|  | Veen, sterk kleiig |
|  | Veen, zwak zandig  |
|  | Veen, sterk zandig |

### peilbuis



### klei

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

### leem

|  |                    |
|--|--------------------|
|  | Leem, zwak zandig  |
|  | Leem, sterk zandig |

### overige toevoegingen

|  |               |
|--|---------------|
|  | zwak humeus   |
|  | matig humeus  |
|  | sterk humeus  |
|  | zwak grindig  |
|  | matig grindig |
|  | sterk grindig |

### geur

|  |               |
|--|---------------|
|  | geen geur     |
|  | zwakke geur   |
|  | matige geur   |
|  | sterke geur   |
|  | uiterste geur |

### olie

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

### p.i.d.-waarde

|  |        |
|--|--------|
|  | >0     |
|  | >1     |
|  | >10    |
|  | >100   |
|  | >1000  |
|  | >10000 |

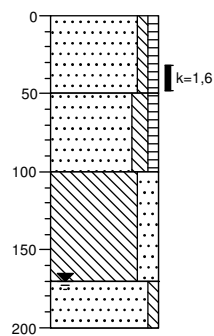
### monsters

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

### overig

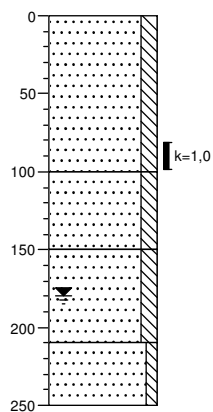
|  |                                                      |
|--|------------------------------------------------------|
|  | bijzonder bestanddeel                                |
|  | Gemiddeld hoogste grondwaterstand (tijdens veldwerk) |
|  | Gemiddeld laagste grondwaterstand                    |
|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

Boring: Mp1



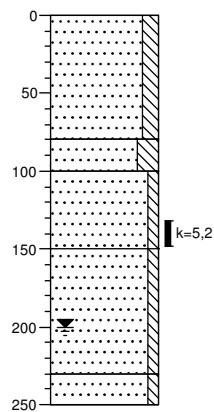
|     |                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| 0   | groenstrook                                                  |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donkerbruin      |
| 50  |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, donkerbruin     |
| 100 |                                                              |
|     | Leem, sterk zandig, matig gleyhoudend, oranjebeige           |
| 170 |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak gleyhoudend, oranjebeige |
| 200 |                                                              |

Boring: Mp2



|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| 0   | groenstrook                                                    |
|     | Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin                     |
| 100 |                                                                |
|     | Zand, matig fijn, matig siltig, matig gleyhoudend, oranjebeige |
| 150 |                                                                |
|     | Zand, matig fijn, matig siltig, donkeroranje                   |
| 210 |                                                                |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, grijsbeige                      |
| 250 |                                                                |

Boring: Mp3



|     |                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| 0   | groenstrook                                                  |
|     | Zand, matig fijn, matig siltig, lichtbruin                   |
| 80  |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, sterk siltig, lichtbruin                   |
| 100 |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak gleyhoudend, beigeoranje |
| 150 |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, donkeroranje                  |
| 230 |                                                              |
|     | Zand, matig fijn, zwak siltig, beige grijs                   |
| 250 |                                                              |

## **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:

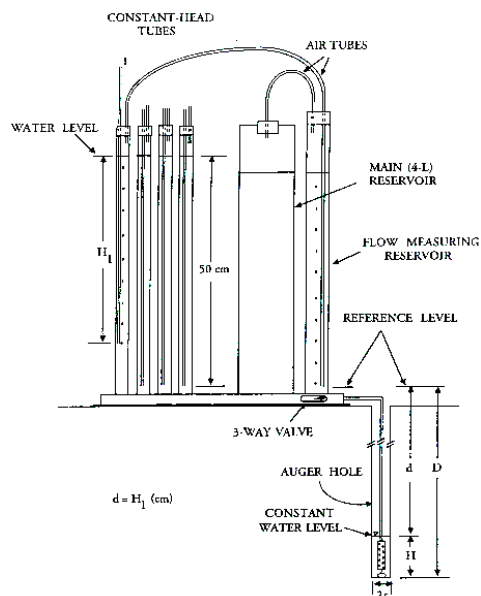
$$K_{sat} = \frac{\left( \text{hyp sin}^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left( \sqrt{\left( \frac{r}{H} \right)^2 + 1} \right) + \left( \frac{r}{H} \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

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

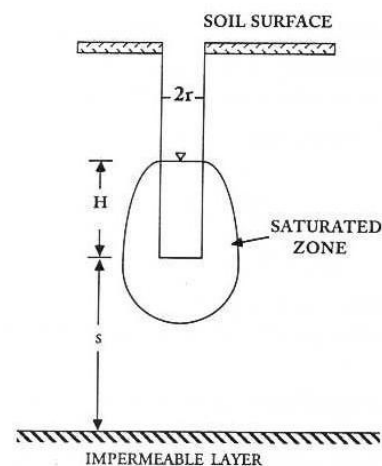
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

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

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**

**Tabel I. Resultaten Mp 01**

| meetgegevens                            | meet sessie 1 |       |          | meet sessie 2 |       |          |
|-----------------------------------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| laagbegin [cm -mv]                      | 30            |       |          | 30            |       |          |
| laageinde [cm -mv]                      | 70            |       |          | 70            |       |          |
| Q [cm <sup>3</sup> /s]                  | 105           |       |          | 105           |       |          |
| H [cm]                                  | 20            |       |          | 20            |       |          |
| r [cm]                                  | 3,5           |       |          | 3,5           |       |          |
| D [cm -mv]                              | 50            |       |          | 50            |       |          |
|                                         | metingen      |       | k-waarde | metingen      |       | k-waarde |
|                                         | hoogte        | t (s) | (m/dag)  | hoogte        | t (s) | (m/dag)  |
| meting 0 t = 0 [cm]                     | 32,4          | 0 -   |          | 23,7          | 0 -   |          |
| meting 1 t = 1 [cm]                     | 31,4          | 30    | 1,93     | 22,6          | 30    | 2,12     |
| meting 2 t = 2 [cm]                     | 30,4          | 60    | 1,93     | 21,6          | 60    | 1,93     |
| meting 3 t = 3 [cm]                     | 29,4          | 90    | 1,93     | 20,8          | 90    | 1,54     |
| meting 4 t = 4 [cm]                     | 28,4          | 120   | 1,93     | 19,9          | 120   | 1,74     |
| meting 5 t = 5 [cm]                     | 27,4          | 150   | 1,93     | 19,4          | 150   | 0,96     |
| meting 6 t = 6 [cm]                     |               |       |          | 18,6          | 180   | 1,54     |
| meting 7 t = 7 [cm]                     |               |       |          | 18            | 210   | 1,16     |
| meting 8 t = 8 [cm]                     |               |       |          | 17,2          | 240   | 1,54     |
| meting 9 t = 9 [cm]                     |               |       |          | 16,5          | 270   | 1,35     |
| meting 10 t = 10 [cm]                   |               |       |          | 15,8          | 300   | 1,35     |
| meting 11 t = 11 [cm]                   |               |       |          | 15,1          | 330   | 1,35     |
| meting 12 t = 12 [cm]                   |               |       |          | 14,4          | 360   | 1,35     |
| meting 13 t = 13 [cm]                   |               |       |          | 13,7          | 390   | 1,35     |
| gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie: |               |       | 1,93     | 1,35          |       |          |
| gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:  |               |       | 1,6      |               |       |          |

**Tabel II. Resultaten Mp 02**

| meetgegevens                            | meet sessie 1 |       |          | meet sessie 2 |       |          |
|-----------------------------------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| laagbegin [cm -mv]                      | 80            |       |          | 80            |       |          |
| laageinde [cm -mv]                      | 120           |       |          | 120           |       |          |
| Q [cm <sup>3</sup> /s]                  | 105           |       |          | 105           |       |          |
| H [cm]                                  | 20            |       |          | 20            |       |          |
| r [cm]                                  | 3,5           |       |          | 3,5           |       |          |
| D [cm -mv]                              | 100           |       |          | 100           |       |          |
|                                         | metingen      |       | k-waarde | metingen      |       | k-waarde |
|                                         | hoogte        | t (s) | (m/dag)  | hoogte        | t (s) | (m/dag)  |
| meting 0 t = 0 [cm]                     | 37,0          | 0 -   |          | 16,6          | 0 -   |          |
| meting 1 t = 1 [cm]                     | 35,3          | 30    | 3,28     | 16,8          | 30    | -0,39    |
| meting 2 t = 2 [cm]                     | 33,3          | 60    | 3,86     | 16,5          | 60    | 0,58     |
| meting 3 t = 3 [cm]                     | 31,5          | 90    | 3,47     | 16,2          | 90    | 0,58     |
| meting 4 t = 4 [cm]                     | 29,7          | 120   | 3,47     | 15,9          | 120   | 0,58     |
| meting 5 t = 5 [cm]                     | 28,2          | 150   | 2,89     | 15,6          | 150   | 0,58     |
| meting 6 t = 6 [cm]                     | 27,2          | 180   | 1,93     | 15,3          | 180   | 0,58     |
| meting 7 t = 7 [cm]                     | 26,2          | 210   | 1,93     |               |       |          |
| meting 8 t = 8 [cm]                     | 25,4          | 240   | 1,54     |               |       |          |
| meting 9 t = 9 [cm]                     | 24,7          | 270   | 1,35     |               |       |          |
| meting 10 t = 10 [cm]                   | 24            | 300   | 1,35     |               |       |          |
| meting 11 t = 11 [cm]                   | 23,3          | 330   | 1,35     |               |       |          |
| meting 12 t = 12 [cm]                   | 22,6          | 360   | 1,35     |               |       |          |
| meting 13 t = 13 [cm]                   | 21,9          | 390   | 1,35     |               |       |          |
| gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie: |               |       | 1,35     | 0,58          |       |          |
| gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:  |               |       | 1,0      |               |       |          |

**Tabel III. Resultaten Mp 03**

| meetgegevens                                  | meet sessie 1 |       |                     | meet sessie 2 |       |                     |
|-----------------------------------------------|---------------|-------|---------------------|---------------|-------|---------------------|
| laagbegin [cm -mv]                            | 130           |       |                     | 130           |       |                     |
| laageinde [cm -mv]                            | 170           |       |                     | 170           |       |                     |
| Q [cm <sup>3</sup> /s]                        | 105           |       |                     | 105           |       |                     |
| H [cm]                                        | 20            |       |                     | 20            |       |                     |
| r [cm]                                        | 3,5           |       |                     | 3,5           |       |                     |
| D [cm -mv]                                    | 150           |       |                     | 150           |       |                     |
|                                               | metingen      |       | k-waarde<br>(m/dag) | metingen      |       | k-waarde<br>(m/dag) |
|                                               | hoogte        | t (s) |                     | hoogte        | t (s) |                     |
| meting 0 t = 0 [cm]                           | 36,0          | 0 -   |                     | 44,0          | 0 -   |                     |
| meting 1 t = 1 [cm]                           | 30,0          | 30    | 11,58               | 41,8          | 30    | 4,24                |
| meting 2 t = 2 [cm]                           | 25,3          | 60    | 9,07                | 39,6          | 60    | 4,24                |
| meting 3 t = 3 [cm]                           | 21,4          | 90    | 7,52                | 36,7          | 90    | 5,60                |
| meting 4 t = 4 [cm]                           | 18,0          | 120   | 6,56                | 34,4          | 120   | 4,44                |
| meting 5 t = 5 [cm]                           | 15,0          | 150   | 5,79                | 31,8          | 150   | 5,02                |
| meting 6 t = 6 [cm]                           | 12            | 180   | 5,79                | 29,7          | 180   | 4,05                |
| meting 7 t = 7 [cm]                           | 9             | 210   | 5,79                | 27,1          | 210   | 5,02                |
| meting 8 t = 8 [cm]                           | 6             | 240   | 5,79                | 24,7          | 240   | 4,63                |
| meting 9 t = 9 [cm]                           | 3             | 270   | 5,79                | 22,3          | 270   | 4,63                |
| meting 10 t = 10 [cm]                         |               |       |                     | 19,9          | 300   | 4,63                |
| meting 11 t = 11 [cm]                         |               |       |                     | 17,5          | 330   | 4,63                |
| meting 12 t = 12 [cm]                         |               |       |                     | 15,1          | 360   | 4,63                |
| gemiddelde k-waarde (m/dag) per sessie:       |               |       | 5,79                | 4,63          |       |                     |
| <b>gemiddelde k-waarde (m/dag) bodemlaag:</b> |               |       | <b>5,2</b>          |               |       |                     |