

Doorlatendheidsonderzoek

**Stijn Streuvelslaan 42-KSE
te Etten-Leur**

INZICHT
&
OVERZICHT

Doorlatendheidsonderzoek

Stijn Streuvelslaen 42-KSE te Etten-Leur

Opdrachtgever : Katholieke Scholengemeenschap Etten-Leur (KSE)
Stijn Streuvelslaen 42
4873 BE ETTEN-LEUR

Projectnummer : 20130388

Status rapport / versie nr. : Definitief 01

Datum : 01 augustus 2014

Opgesteld door : ing. G. Spruijt

Gecontroleerd door : ing. G. Moret

Voor akkoord : ing. M. van Strien

Paraaf :



Versie nr.	Datum	Omschrijving	Opgesteld door	Gecontroleerd door
D01	01-08-2014	Doorlatendheidsonderzoek	GS	GM

D01 Doorlatendheidsonderzoek
KSE
Stijn Streuvelslaan 42-KSE te Etten-Leur

20130388
augustus 2014
blad 1

INHOUD

blz.

1	INLEIDING	2
2	BODEM- EN DOORLATENDHEIDONDERZOEK	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Bepaling bodemopbouw	3
2.3	Bepaling grondwaterstand	4
2.4	Infiltratieonderzoek conform K-sat-methode	5
2.5	Zeefkromme	6
3	CONCLUSIE BODEM- EN INFILTRATIEONDERZOEK	6

BIJLAGEN

1. Boringlocaties
2. Boorstaten
3. Constant-head
4. Hooghoudt
5. SCG Zeefkromme

1 INLEIDING

In opdracht van Katholieke Scholengemeenschap Etten-Leur (KSE) is door AGEL adviseurs een doorlatendheidsonderzoek verricht, ten behoeve van de realisatie van een onderwijsgebouw voor de brugklassen van de KSE aan de Stijn Streuvelslaan 42 te Etten-Leur. Voor de voorgenomen planontwikkeling is er watertoets (20130388, d.d. 29-04-2014) opgesteld, welke is toegestuurd naar het waterschap Brabantse Delta voor een wateradvies zoals bedoeld in artikel 3.1.1 lid 1 van het Besluit ruimtelijke ordening.

In de watertoets wordt invulling gegeven aan het waterbezwaar door de aanleg van een dichte retentievoorziening bekleed met een leemlaag. Het waterschap heeft aangegeven dat dit echter de tweede optie is in de trits "infiltreren-bergen-afvoeren". Gezien de hoge grondwaterstanden in de directe omgeving en het mogelijk voorkomen van leemlagen in de ondergrond is infiltratie van regenwater niet geadviseerd in de watertoets.

Om te bepalen of (gedeeltelijk) infiltreren inderdaad niet tot de mogelijkheden behoort, heeft het waterschap verzocht hier nader onderzoek naar te verrichten, waarbij in ieder geval grondwaterstanden op locatie worden gemeten en onderzoek wordt gedaan naar de plaatselijke bodemopbouw.

Middels het doorlatendheidsonderzoek wordt inzicht verkregen in de infiltratiecapaciteit, het grondwaterpeil tijdens de veldwerkzaamheden en de bodemgesteldheid van het plangebied. Aan de hand van deze gegevens is de trits "infiltreren-bergen-afvoeren" nogmaals bekeken.

2 BODEM- EN DOORLATENDHEIDSONDERZOEK

2.1 Algemeen

Om te bepalen of het infiltreren van het regenwater in de bodem van het plangebied mogelijk is, zijn er enkele praktijkproeven uitgevoerd op locatie conform Module C2510 van Leidraad Riolerings. Voor een representatief beeld bepaald de omvang van het plangebied de onderzoeksopzet. De retentievoorziening beslaat een oppervlakte van ca. 1.000 m², waardoor er een onderzoeksopzet benodigd is van:

- Vijf boringen tot 1,0 m –grondwaterstand en één boring tot 4,0 m –m.v. Tijdens het veldwerk zijn er twee extra boringen tot 4,00 m –mv gezet;
- Vijf doorlatendheidsmetingen, waarvan drie onverzadigd ('constant-head' methode) en twee verzadigd (Hooghoudt proef);
- Een korrelverdelingsanalyse.

Voor de precieze ligging van bovengenoemd praktijkproeven/boringen binnen het plangebied wordt verwezen naar bijlage 1. Op basis van de uitgevoerde praktijkproeven worden de volgende aspecten bepaald:

1. De bodemopbouw met behulp van boorkernen;
2. De grondwatersituatie;
3. De infiltratiecapaciteit in de onverzadigde en verzadigde zone.

2.2 Bepaling bodemopbouw

Voor het bepalen van de bodemopbouw zijn er binnen het plangebied boringen uitgevoerd tot een diepte van circa 4,00 m –mv. de uitkomende grond is vervolgens visueel geanalyseerd. In bijlage 2 zijn de boorstaten van de uitgevoerde boringen toegevoegd en in bijlage 1 de boringlocaties. De bodemopbouw voor het plangebied kan als volgt worden omschreven, onderscheid wordt gemaakt in de verschillende boringen:

Boring PB1.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbeige zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit matig fijn, zwak siltig, matig gleyhoudend, oranjegeel zand;
- Vanaf 1,20 m –mv. tot 2,50 m –mv. is de bodem opgebouwd uit zwak zandig, sporen gley, neutraalgrijs leem;
- Vanaf 2,50 m –mv. tot 3,00 m –mv. bestaat de bodem uit sterk zandig, sporen gley, lichtgrijs leem;
- Vanaf 3,00 m –mv. tot 3,50 m –mv. is de bodem opgebouwd uit sterk zandig, licht bruin grijs leem;
- Vanaf 3,50 m –mv. tot 4,00 m –mv. bestaat de bodem uit matig fijn, sterk siltig, sporen gley, neutraal bruin grijs zand.

Boring PB2.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit matig fijn, zwak siltig, sterk gleyhoudend, geeloranje zand;
- Vanaf 1,20 m –mv. tot 3,00 m –mv. is de bodem opgebouwd uit zwak zandig, sporen gley, neutraalgrijs leem;
- Vanaf 3,00 m –mv. tot 4,00 m –mv. bestaat de bodem uit matig fijn, sterk siltig, sporen gley, bruin grijs zand.

Boring B3.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit matig fijn, zwak siltig, matig gleyhoudend, oranjegeel zand;
- Vanaf 1,20 m –mv. tot 2,50 m –mv. is de bodem opgebouwd uit zwak zandig, sporen gley, neutraalgrijs leem;
- Vanaf 2,50 m –mv. tot 3,50 m –mv. bestaat de bodem uit sterk zandig, sporen gley, neutraalgrijs leem;
- Vanaf 3,50 m –mv. tot 4,00 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, sterk siltig, sporen gley, lichtgrijs zand.

Boring B4.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,20 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, zwak siltig, slakhoudend, geelgrijs zand.

Boring B5.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,15 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, zwak siltig, matig gleyhoudend, oranjegeel zand;
- Vanaf 1,15 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit zwak zandig, sterk gleyhoudend, oranjegeel leem.

Boring B6.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,15 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, zwak siltig, matig gleyhoudend, oranjegeel zand;
- Vanaf 1,15 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit zwak zandig, sterk gleyhoudend, oranjegeel leem.

Boring B7.

- Van het maaiveld tot 0,80 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 0,80 m –mv. tot 1,15 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, zwak siltig, matig gleyhoudend, oranjegeel zand;
- Vanaf 1,15 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit zwak zandig, sterk gleyhoudend, oranjegeel leem.

Boring B8

- Van het maaiveld tot 1,00 m –mv. bestaat de bodem voornamelijk uit matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 1,00 m –mv. tot 1,15 m –mv. is de bodem opgebouwd uit matig fijn, zwak siltig, sporen baksteen, donker grijsbruin zand;
- Vanaf 1,15 m –mv. tot 1,20 m –mv. bestaat de bodem uit zwak zandig, sporen gely, oranjegeel leem.

2.3 Bepaling grondwaterstand

Tijdens de veldwerkzaamheden op 17 juli 2014 zijn er bij de twee geplaatste peilbuizen (PB1 & PB2) en de diepere boring (B3) tot 4 m –mv. de grondwaterstanden gemeten. De gemeten grondwaterstanden zijn bij PB1 en B3 2,40 m –mv. en bij PB2 1,90 m –mv. Het aanwezige leempakket in de ondergrond van het plangebied is bij boring PB2 50 cm dunner dan bij de andere twee diepere boringen. De kweldruk onder het leempakket kent bij alle drie de boringen een stijghoogte van 1,10 m.

In de ondergrond van Etten-Leur zitten veel leem/kleilagen afgewisseld door zandlagen. Deze leem/kleilagen (storende lagen) zorgen ervoor dat plaatselijk de grondwaterstanden onderling sterk kunnen variëren. In de boringen tot op het leempakket (1,20 m –mv) is geen grondwater aangetroffen. Regenwater wat in de bovenlaag infiltreert, blijft op het aanwezige leempakket hangen (hangwater) en zal alleen horizontaal afstromen in de ondergrond. De hoeveelheid regenwater wat plaatselijk infiltreert, heeft een grote invloed op de hoogte van het hangwater ("grondwater"). Indien er grondwaterproblemen worden ervaren met de voorgenomen planontwikkeling zal dit het gevolg zijn van hangwater.

Vanuit de boorprofielen is tot een hoogte van 0,80 m –mv matig gleyhoudend zand aangetroffen. Hieruit kan worden opgemaakt dat het grondwater (hangwater) tot ca. 0,80 m –mv. stijgt.

2.4 Infiltratieonderzoek conform K-sat-methode

Om de doorlaatfactor (k-waarde) van de bodemlagen boven het grondwater (onverzadigde zone) te bepalen zijn op d.d. 17 juli 2014 met het K-Sat meetinstrument een drietal in-situ testen uitgevoerd. De meetprocedure staat bekend als "constant-head", en kan tot een diepte van 2.00 m -mv. worden uitgevoerd.

Ten behoeve van het infiltratieonderzoek is een waterkolom met een bepaalde hoogte in het boorgat gerealiseerd, waarnaar de hoeveelheid water is gemeten die per tijdseenheid nodig was om de waterkolom op een constante hoogte te houden. De meting is doorgezet tot het benodigde debiet min of meer constant was. Aan de hand van het uitstromende debiet en een vormfactor volgens Glover is de verzadigde doorlaatfactor bepaald (zie bijlage 3).

Daarnaast zijn er op d.d. 17 juli 2014 twee pompproeven, conform de methode van Hooghoudt, in de verzadigde zone uitgevoerd. Hiervoor wordt een peilbuis geplaatst onder de grondwaterstand waar vervolgens grondwater aan wordt onttrokken. Vervolgens wordt bijgehouden hoe lang het duurt voordat de originele grondwaterstand zich binnen de peilbuis herstelt.

Onderstaand worden de verkregen waarden middels beide methoden (constant-head: boorlocatie 04, 05 en 08, Hooghoudt: Peilbuis PB 1 en PB 2) in tabelvorm weergegeven. Voor een weergave van de berekeningsmethodiek wordt verwezen naar bijlage 3 & 4.

Tabel 2.4: Overzicht k-waarden.

Infiltratielocatie	k-waarde (m/24h)	Infiltratiediepte
Constant-head		
Boorlocatie 04	2,13	1,17 m –mv.
Boorlocatie 05	1,49	1,16 m –mv.
Boorlocatie 08	5,78	1,17 m –mv.
Hooghoudt		
Peilbuis 1	0,86	4,00 m –mv.
Peilbuis 2	0,26	4,00 m –mv.

De gemeten k-waarde vanuit de Constant-head liggen hoger dan vanuit de Hooghoudt methode. De boorlocatie 04 en 05 zijn gelegen in de maanvormige grondrug en boorlocatie 08 in het bosschage richting de Couperuslaan (bijlage 1). Boring 8 is tot een diepte van 1,15 m –mv. vergraven, gezien de afwijkende bodemopbouw en sporen van baksteen. Boorlocatie 08 heeft een hogere infiltratiecapaciteit dan de boorlocaties 04 en 05. De boorstaten van locatie 04 en 05 komen overeen met de andere boorstaten en zijn dus representatief voor de overige locaties. De gemeten infiltratiecapaciteit in alle drie de boorlocaties is goed.

Met de Hooghoudt methode is gebruik gemaakt van peilbuizen. De filters zitten op een diepte van 3,00 tot 4,00 m-mv., dit is onder de leemlaag in sterk siltig zand. De gemeten infiltratiecapaciteit onder de leemlaag is matig.

2.5 Zeefkromme

Op 17 juli 2014 is er van alle boringen een mengmonster op een diepte van 1,00 tot 1,20 m – mv genomen ten behoeve van een SCG zeefkromme bepaling. Onderstaand zijn de resultaten van de SCG zeefkromme bepaling weergegeven (zie bijlage 5).

Tabel 2: Resultaten SCG Zeefkromme.

Boring	Diepte	k-waarde
MM01	1,00 m –mv. tot 1,20 m –mv.	2,1 m/dag

3 CONCLUSIE BODEM- EN INFILTRATIEONDERZOEK

Op 1,20 m –mv. is een leemlaag aanwezig met een dikte van 1,80 m. De infiltratiecapaciteit van de bodem gelegen boven deze leemlaag is goed (ca. 2 m /dag). Regenwater wat in de bovenlaag infiltreert, blijft op het aanwezige leempakket hangen (hangwater) en zal alleen horizontaal afstromen in de ondergrond. Om het ruimtebeslag van de retentievoorziening zo klein mogelijk te houden, zal de retentievoorziening in de vorm van een watergang met een diepte van ca. 1,20 m worden uitgevoerd. Het infiltreren van grote hoeveelheden regenwater net boven de leemlaag zal zorgen voor een plaatselijke verhoging van het hangwater. Dit kan leiden tot grondwateroverlast.

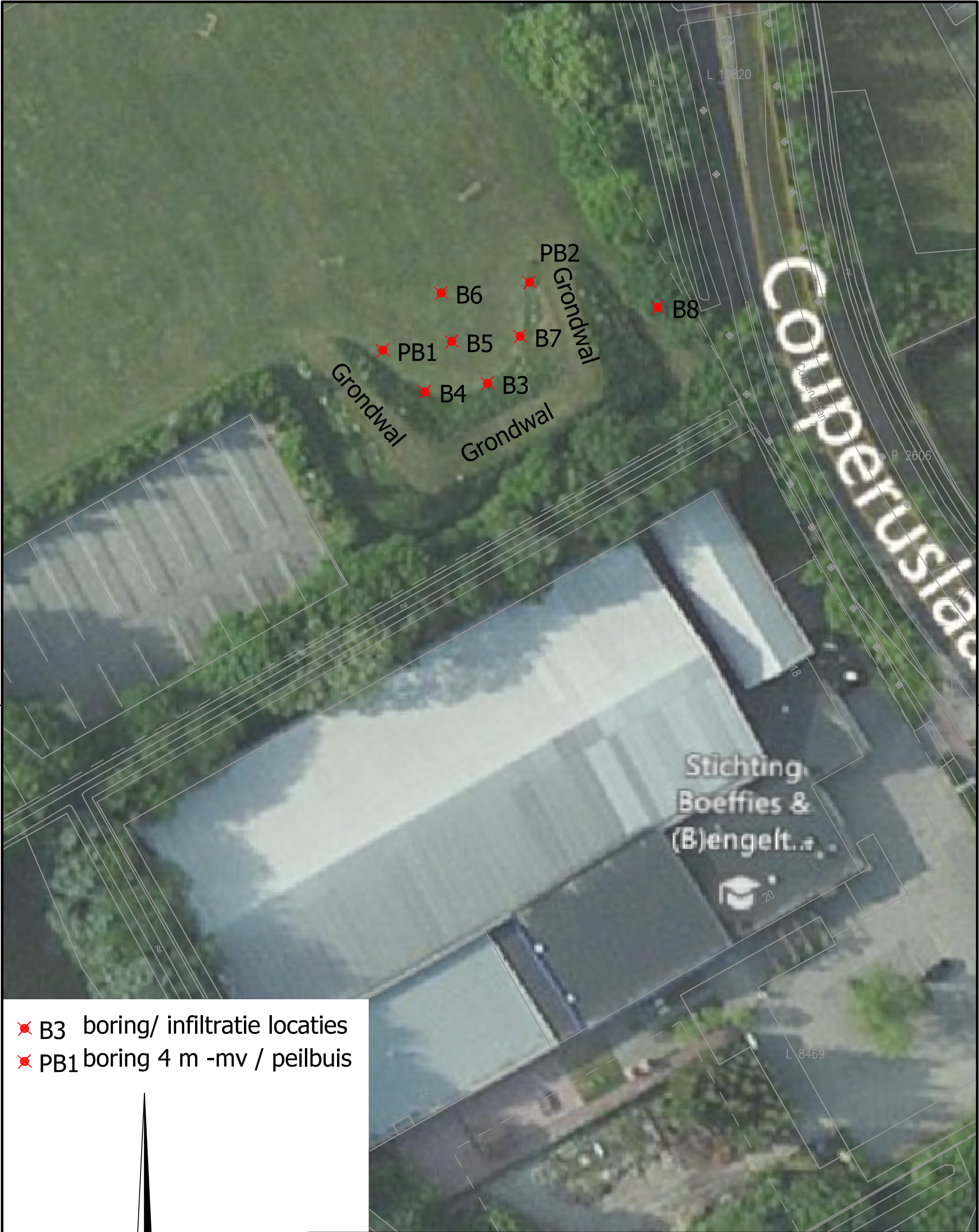
Tijdens de veldwerkzaamheden zijn grondwaterstanden gemeten van 1,90 m- mv. tot 2,40 m – mv. Vanuit de boorprofielen is tot een hoogte van 0,80 m –mv. matig gleyhoudend zand aangetroffen. Hieruit kan worden opgemaakt dat het grondwater (hangwater) tot ca. 0,80 m – mv. stijgt.

Het waterschap hanteert de trits “infiltreren-bergen-afvoeren” bij realisatie van een retentievoorziening. Het plaatselijk laten infiltreren van regenwater net boven de leemlaag leidt tot het verhogen van het hangwater met eventueel grondwateroverlast tot gevolg en wordt gezien de stedenbouwkundige functie van het plangebied daarom niet geadviseerd.

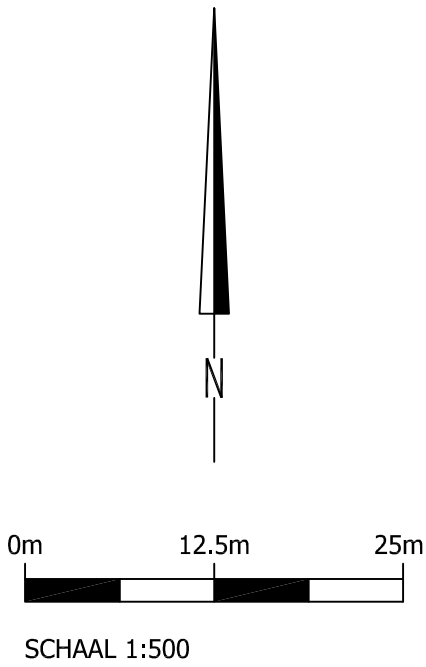
De verwerking van het regenwater zal zoals geadviseerd in de watertoets middels bergen dienen plaats te vinden. Door de retentie te bekleden met leem zal er geen aanvulling van het grondwater plaatsvinden.

BIJLAGE 1

BOORLOCATIES



- ✖ B3 boring/ infiltratie locaties
- ✖ PB1 boring 4 m -mv / peilbuis



project					
STIJN STREUVELSLAAN 42 - KSE					
TE ETTEN_LEUR					
opdrachtgever			werknr.		
Kse			20130388		
onderdeel			blad		
Doorlatendheidsonderzoek			10IO01		
			datum		
			31-07-2014		
formaat	A3	wijziging	A	B	C
schaal	1:500	datum			
get./par.	ing. G. Spruijt	get./par			
akk./par.	ing. G. Moret	akk./par			

AGEL

adviseurs

ruimte
infra
bouw
milieu

hoevestein 20b
4903 sc oosterhout
postbus 4156
4900 cd oosterhout
telefoon 0162 - 45 64 81
telefax 0162 - 43 55 88

Eerland
CERTIFICATION
NEN-EN ISO 9001

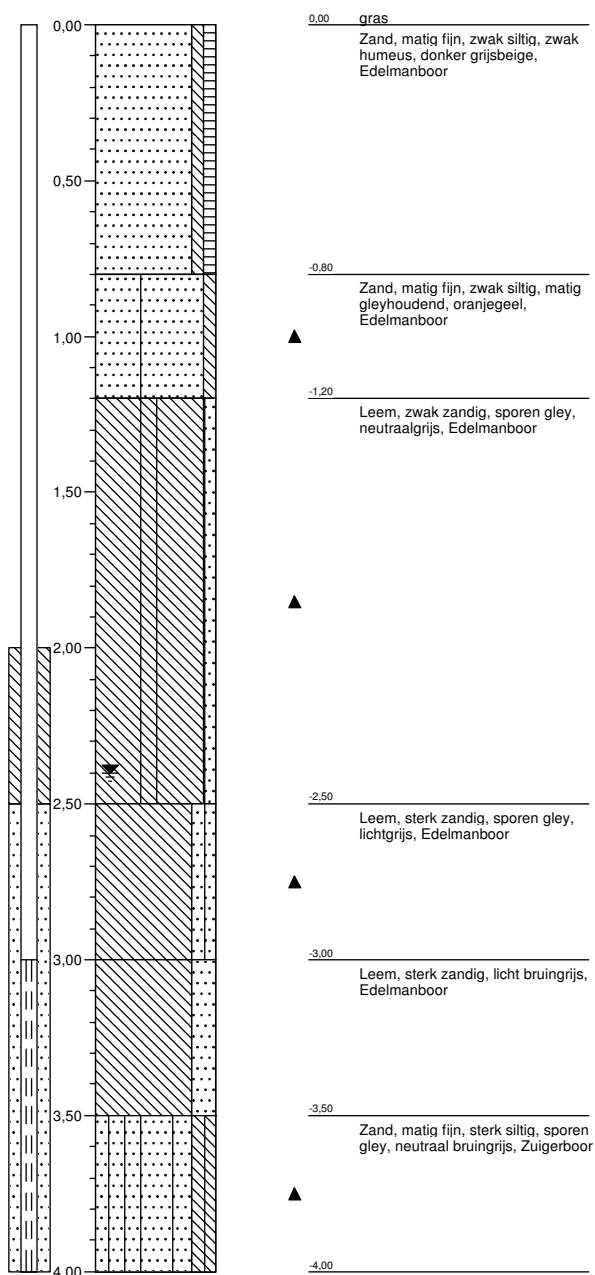
BIJLAGE 2

BOORSTATEN

Boring: PB1-

Datum: 17-07-2014

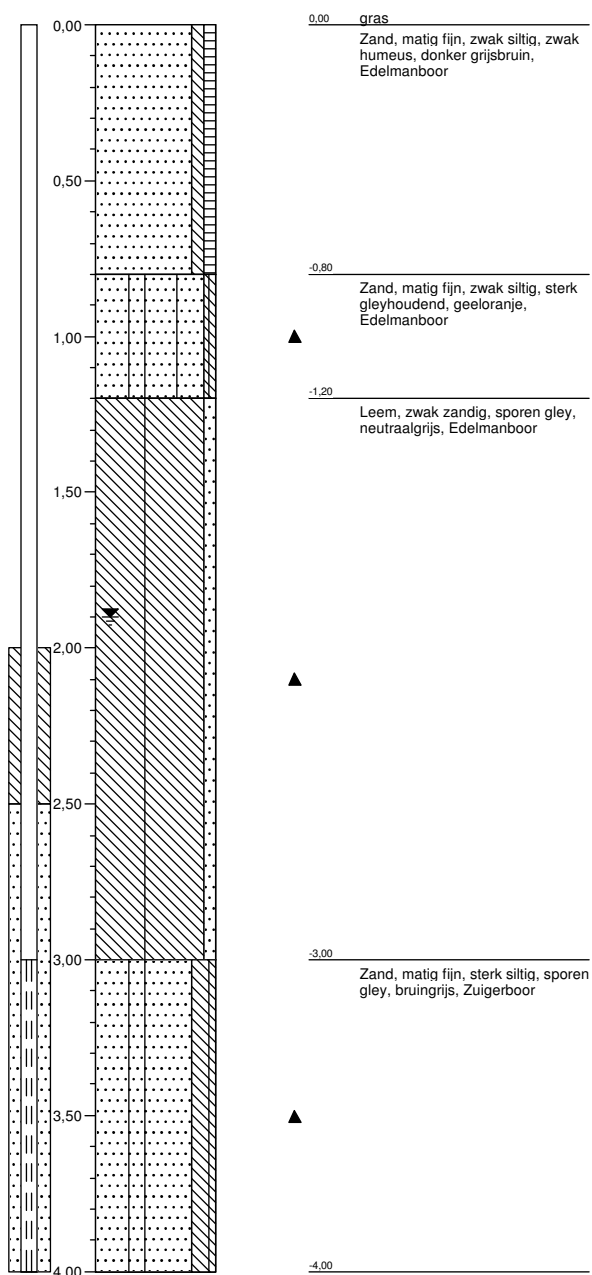
Maten t.o.v. m-maaiveld



Boring: PB2-

Datum: 17-07-2014

Maten t.o.v. m-maaiveld



Projectnaam: Couperuslaan Etten-Leur

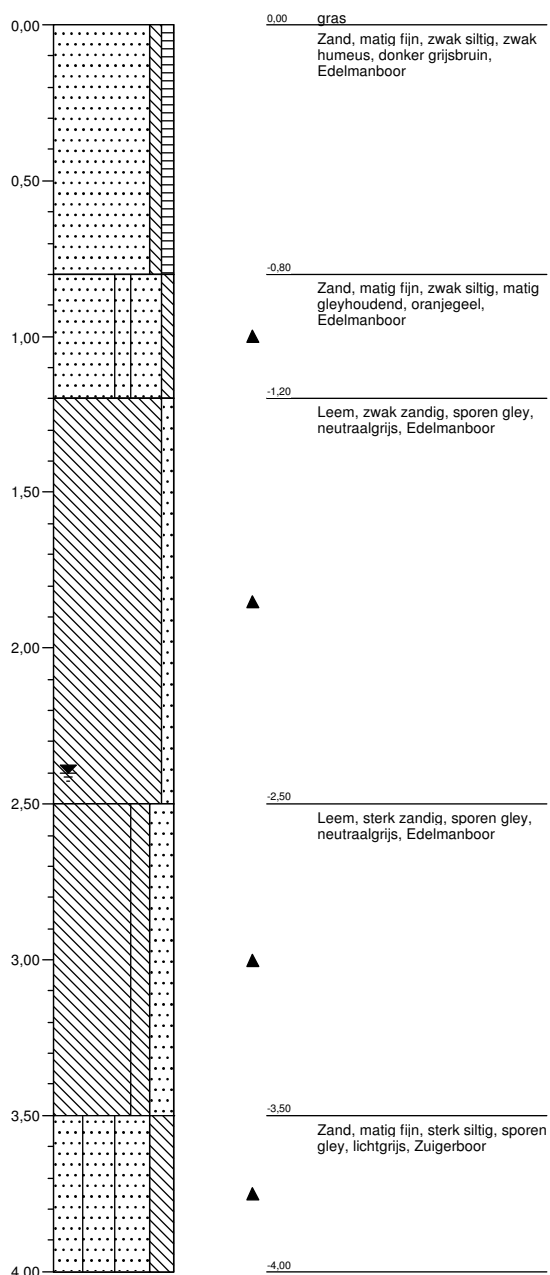
Projectcode: 20130388

Boormeester: M.P van Ast

Boring: B3-

Datum: 17-07-2014

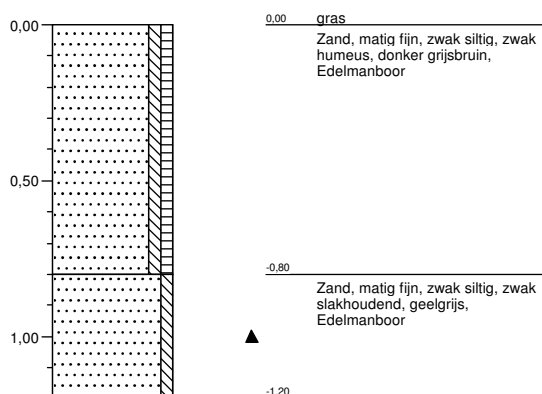
Maten t.o.v. m-maaiveld



Boring: B4-

Datum: 17-07-2014

Maten t.o.v. m-maaiveld



Projectnaam: Couperuslaan Etten-Leur

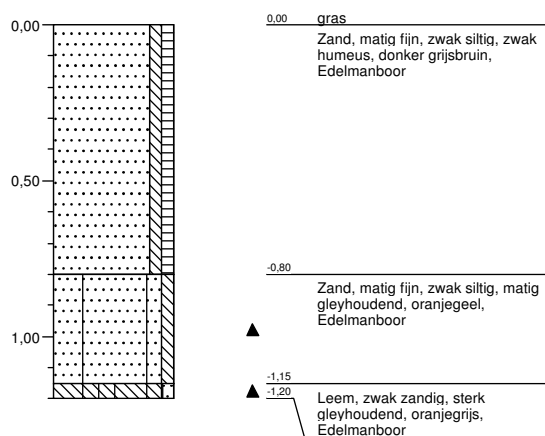
Projectcode: 20130388

Boormeester: M.P van Ast

Boring: B5-

Datum: 17-07-2014

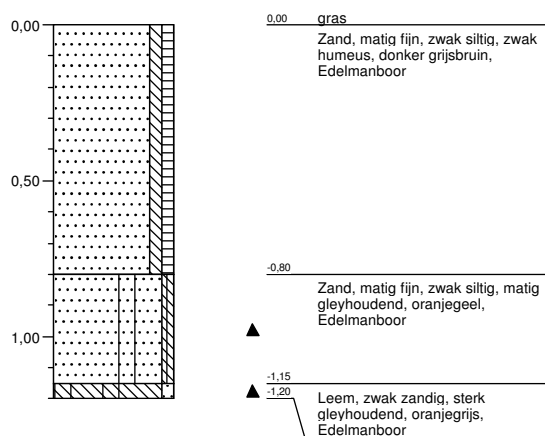
Maten t.o.v. m-maaiveld



Boring: B6-

Datum: 17-07-2014

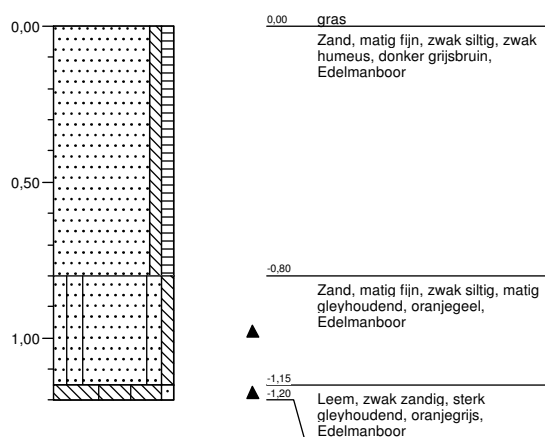
Maten t.o.v. m-maaiveld



Boring: B7-

Datum: 17-07-2014

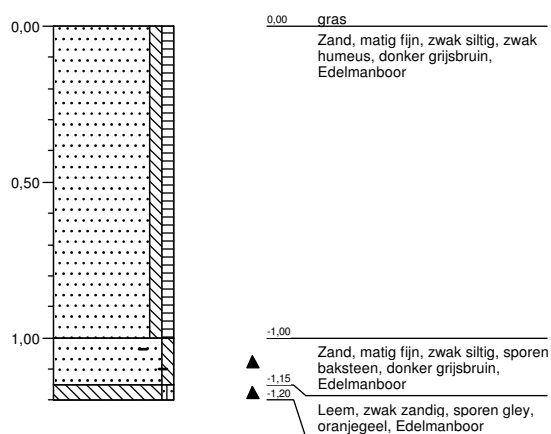
Maten t.o.v. m-maaiveld



Boring: B8-

Datum: 17-07-2014

Maten t.o.v. m-maaiveld



Projectnaam: Couperuslaan Etten-Leur

Projectcode: 20130388

Boormeester: M.P van Ast

BIJLAGE 3

CONSTANT-HEAD

K-waarde berekening Compact Constant Head Permeameter

Opdrachtgever: KSE
Project: 20130388
Boorgatnummer: 04
Datum: 17-jul-14

Waarde afhankelijk van de onderzochte diepte:						
diepte boorgat D cm	diepte tot stabiel peil d cm	waterdiepte stabiel peil H=D-d cm	1 Constante druk buis H1 cm	2 Constante druk buizen H1+50 cm	3 Constante druk buizen H1+100 cm	4 Constante druk buizen H1+150 cm
117,0	85,0	32,0		28,0		

Invoeren meetresultaten					tijdstraject delta t sec	zakking waterstand delta y cm	volume water A cm ³	volume water B cm ³	volume Q cm ³ /min	volume Q cm ³ /h
diepte boorgat D cm	Pijlschaal beginpijl P1 cm	Pijlschaal eindpijl P2 cm	tijd begin t sec	tijd eind t sec						
117,0	51,0	46,0	0	20	20	5,0		525,0	1575,0	94500
117,0	46,0	40,0	20	40	20	6,0		630,0	1890,0	113400
117,0	40,0	35,0	40	60	20	5,0		525,0	1575,0	94500
117,0	35,0	31,2	60	80	20	3,8		399,0	1197,0	71820
117,0	31,2	28,2	80	100	20	3,0		315,0	945,0	56700
117,0	28,2	25,6	100	120	20	2,6		273,0	819,0	49140
117,0	25,6	23,5	120	140	20	2,1		220,5	661,5	39690
117,0	23,5	21,5	140	160	20	2,0		210,0	630,0	37800
117,0	21,5	19,5	160	180	20	2,0		210,0	630,0	37800
117,0	19,5	17,7	180	200	20	1,8		189,0	567,0	34020
117,0	17,7	16,0	200	220	20	1,7		178,5	535,5	32130
117,0	16,0	14,2	220	240	20	1,8		189,0	567,0	34020
117,0	14,2	12,5	240	260	20	1,7		178,5	535,5	32130
117,0	12,5	11,0	260	280	20	1,5		157,5	472,5	28350
117,0	11,0	9,5	280	300	20	1,5		157,5	472,5	28350
117,0	9,5	8,0	300	320	20	1,5		157,5	472,5	28350

De meting is correct uitgevoerd als er minstens drie maal achter elkaar in een constant tijdstraject eenzelfde volume water wordt geïnfiltreerd.

De zakking van de waterstand (delta y) bij een vast tijdstraject (delta t) is constant.

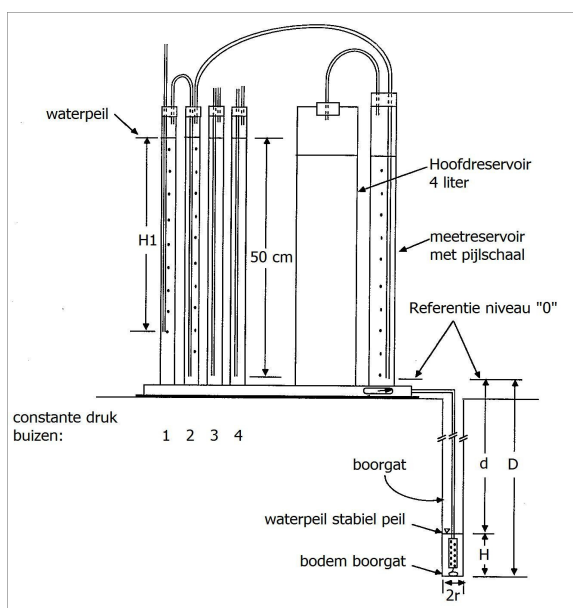
$$A = \frac{\text{Sinh}^{-1}(H/r) - \sqrt{(r/H)^2 + 1} + (r/H)}{2\pi H^2}$$

$$K_{\text{sat}} = A * Q$$

A CCHP	H	H/r
l/cm ²	cm	cm/cm
0,000313	32,00	9,14

volume Q	Ksat A * Q	K-waarde
cm ³ /h	cm/h	m/d
28350	8,87	2,13

r	straal van het boorgat (boordiameter afhankelijk)	3,5	cm
D	diepte van het boorgat vanaf referentieniveau "0"		cm
H	waterdiepte bij stabiel peil		cm
d	diepte tot het waterpeil stabiel peil vanaf referentieniveau "0"		cm
P1	pijlschaal aflezing aan het begin van een tijdsinterval		cm
P2	pijlschaal aflezing aan het eind van een tijdsinterval		cm
delta t	tijdsinterval tussen twee aflezingen pijlschaal		sec
delta y	daling waterstand in meetreservoir met pijlschaal		cm
Volume A	alleen het meetreservoir gebruikt	20	cm ³
Volume B	meetreservoir en hoofdreservoir gebruikt	105	cm ³



K-waarde berekening Compact Constant Head Permeameter

Opdrachtgever: KSE
Project: 20130388
Boorgatnummer: 05
Datum: 17-jul-14

Waarde afhankelijk van de onderzochte diepte:						
diepte boorgat D cm	diepte tot stabiel peil d cm	waterdiepte stabiel peil H=D-d cm	1 Constante druk buis H1 cm	2 Constante druk buizen H1+50 cm	3 Constante druk buizen H1+100 cm	4 Constante druk buizen H1+150 cm
116,0	85,0	31,0		28,0		

Invoeren meetresultaten										
diepte boorgat D cm	Pijlschaal beginpijl P1 cm	Pijlschaal eindpijl P2 cm	tijd begin t sec	tijd eind t sec	tijdstraject delta t sec	zakking waterstand delta y cm	volume water A cm ³	volume water B cm ³	volume Q cm ³ /min	volume Q cm ³ /h
116,0	51,0	43,5	0	20	20	7,5		787,5	2362,5	141750
116,0	43,5	39,5	20	40	20	4,0		420,0	1260,0	75600
116,0	39,5	34,5	40	60	20	5,0		525,0	1575,0	94500
116,0	34,5	31,0	60	80	20	3,5		367,5	1102,5	66150
116,0	31,0	28,0	80	100	20	3,0		315,0	945,0	56700
116,0	28,0	26,0	100	120	20	2,0		210,0	630,0	37800
116,0	26,0	24,0	120	140	20	2,0		210,0	630,0	37800
116,0	24,0	22,0	140	160	20	2,0		210,0	630,0	37800
116,0	22,0	20,5	160	180	20	1,5		157,5	472,5	28350
116,0	20,5	19,3	180	200	20	1,2		126,0	378,0	22680
116,0	19,3	18,3	200	220	20	1,0		105,0	315,0	18900
116,0	18,3	17,3	220	240	20	1,0		105,0	315,0	18900
116,0	17,3	16,3	240	260	20	1,0		105,0	315,0	18900
116,0	16,3	15,3	260	280	20	1,0		105,0	315,0	18900

De meting is correct uitgevoerd als er minstens drie maal achter elkaar in een constant tijdstraject eenzelfde volume water wordt gefiltreerd.

De zakking van de waterstand (delta y) bij een vast tijdstraject (delta t) is constant.

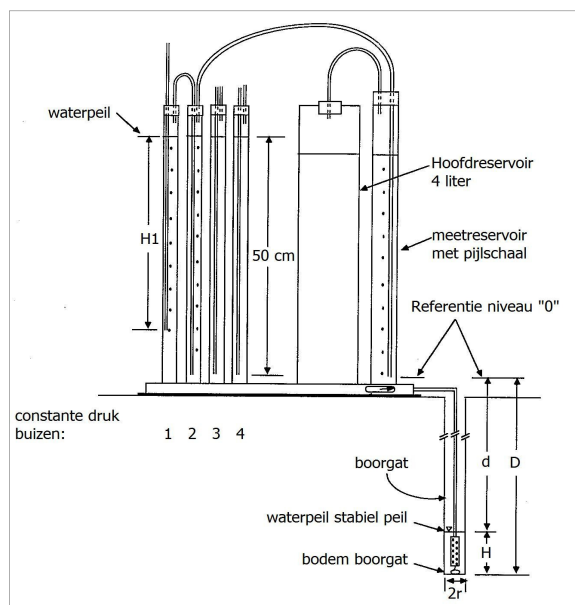
$$A = \frac{\text{Sinh}^{-1}(H/r) - \sqrt{(r/H)^2 + 1} + (r/H)}{2\pi H^2}$$

$$K_{\text{sat}} = A * Q$$

A CCHP	H	H/r
l/cm ²	cm	cm/cm
0,000329	31,00	8,86

volume Q	Ksat A * Q	K-waarde
cm ³ /h	cm/h	m/d
18900	6,21	1,49

r	straal van het boorgat (boordiameter afhankelijk)	3,5	cm
D	diepte van het boorgat vanaf referentieniveau "0"		cm
H	waterdiepte bij stabiel peil		cm
d	diepte tot het waterpeil stabiel peil vanaf referentieniveau "0"		cm
P1	pijlschaal aflezing aan het begin van een tijdsinterval		cm
P2	pijlschaal aflezing aan het eind van een tijdsinterval		cm
delta t	tijdsinterval tussen twee aflezingen pijlschaal		sec
delta y	daling waterstand in meetreservoir met pijlschaal in		cm
Volume A	alleen het meetreservoir gebruikt	20	cm ³
Volume B	meetreservoir en hoofdreservoir gebruikt	105	cm ³



K-waarde berekening Compact Constant Head Permeameter

Opdrachtgever: KSE
Project: 20130388
Boorgatnummer: 08
Datum: 17-jul-14

Waarde afhankelijk van de onderzochte diepte:						
diepte boorgat D cm	diepte tot stabiel peil d cm	waterdiepte stabiel peil H=D-d cm	1 Constante druk buis H1 cm	2 Constante druk buizen H1+50 cm	3 Constante druk buizen H1+100 cm	4 Constante druk buizen H1+150 cm
117,0	95,0	22,0		28,0		

Invoeren meetresultaten										
diepte boorgat D cm	Pijlschaal beginpijl P1 cm	Pijlschaal eindpijl P2 cm	tijd begin t sec	tijd eind t sec	tijdstraject delta t sec	zakking waterstand delta y cm	volume water A cm ³	volume water B cm ³	volume Q cm ³ /min	volume Q cm ³ /h
117,0	51,0	43,5	0	20	20	7,5		787,5	2362,5	141750
117,0	43,5	38,5	20	40	20	5,0		525,0	1575,0	94500
117,0	38,5	34,0	40	60	20	4,5		472,5	1417,5	85050
117,0	34,0	29,8	60	80	20	4,2		441,0	1323,0	79380
117,0	29,8	26,0	80	100	20	3,8		399,0	1197,0	71820
117,0	26,0	23,2	100	120	20	2,8		294,0	882,0	52920
117,0	23,2	20,2	120	140	20	3,0		315,0	945,0	56700
117,0	20,2	17,8	140	160	20	2,4		252,0	756,0	45360
117,0	17,8	15,2	160	180	20	2,6		273,0	819,0	49140
117,0	15,2	12,5	180	200	20	2,7		283,5	850,5	51030
117,0	12,5	10,2	200	220	20	2,3		241,5	724,5	43470
117,0	10,2	7,9	220	240	20	2,3		241,5	724,5	43470
117,0	7,9	5,6	240	260	20	2,3		241,5	724,5	43470
117,0	5,6	3,3	260	280	20	2,3		241,5	724,5	43470

De meting is correct uitgevoerd als er minstens drie maal achter elkaar in een constant tijdstraject eenzelfde volume water wordt gefiltreerd.

De zakking van de waterstand (delta y) bij een vast tijdstraject (delta t) is constant.

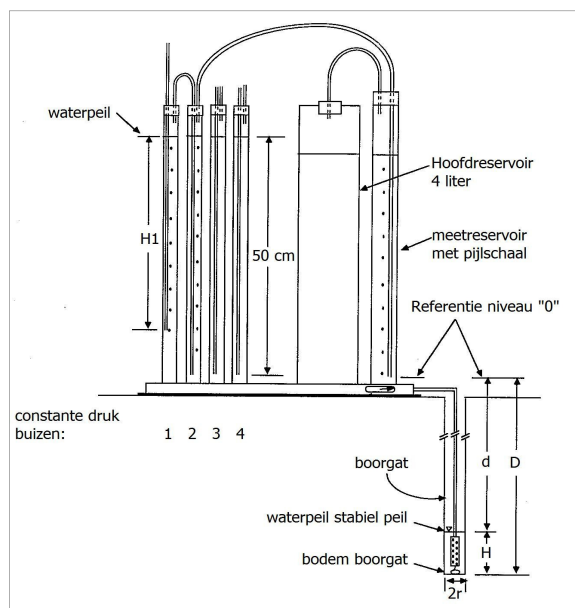
$$A = \frac{\text{Sinh}^{-1}(H/r) - \sqrt{(r/H)^2 + 1} + (r/H)}{2\pi H^2}$$

$$K_{sat} = A * Q$$

A CCHP	H	H/r
l/cm ²	cm	cm/cm
0,000554	22,00	6,29

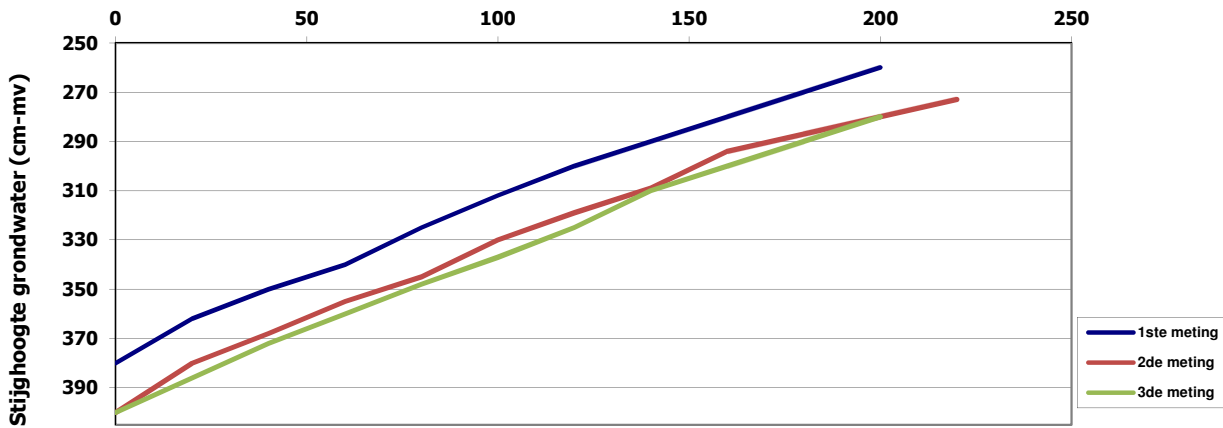
volume Q	Ksat A * Q	K-waarde
cm ³ /h	cm/h	m/d
43470	24,07	5,78

r	straal van het boorgat (boordiameter afhankelijk)	3,5	cm
D	diepte van het boorgat vanaf referentieniveau "0"		cm
H	waterdiepte bij stabiel peil		cm
d	diepte tot het waterpeil stabiel peil vanaf referentieniveau "0"		cm
P1	pijlschaal aflezing aan het begin van een tijdsinterval		cm
P2	pijlschaal aflezing aan het eind van een tijdsinterval		cm
delta t	tijdsinterval tussen twee aflezingen pijlschaal		sec
delta y	daling waterstand in meetreservoir met pijlschaal in		cm
Volume A	alleen het meetreservoir gebruikt	20	cm ³
Volume B	meetreservoir en hoofdreservoir gebruikt	105	cm ³



BIJLAGE 4

HOOGHOUDT

Boorgatmethode (Hooghoudt)																																																																																																																																
Opdrachtgever:		KSE																																																																																																																														
Project:		20130388																																																																																																																														
Boorgatnummer:		Pb 1																																																																																																																														
Datum:		17-jul-14																																																																																																																														
																																																																																																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 10%;">t0</th> <th style="width: 10%;">y0</th> <th style="width: 10%;">tn</th> <th style="width: 10%;">yn</th> <th style="width: 10%;">y</th> <th style="width: 10%;">Δt</th> <th style="width: 10%;">Δy</th> <th style="width: 10%;">K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1^{ste} meting</td> <td>0</td> <td>210</td> <td>200</td> <td>90</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>120</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td>2^{de} meting</td> <td>0</td> <td>230</td> <td>220</td> <td>103</td> <td>166,5</td> <td>220</td> <td>127</td> <td>0,82</td> </tr> <tr> <td>3^{de} meting</td> <td>0</td> <td>230</td> <td>200</td> <td>110</td> <td>170</td> <td>200</td> <td>120</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td colspan="8"></td> <td>Gemiddelde 0,86 m/d</td> </tr> </tbody> </table>								t0	y0	tn	yn	y	Δt	Δy	K	1 ^{ste} meting	0	210	200	90	150	200	120	0,90	2 ^{de} meting	0	230	220	103	166,5	220	127	0,82	3 ^{de} meting	0	230	200	110	170	200	120	0,85									Gemiddelde 0,86 m/d																																																																											
	t0	y0	tn	yn	y	Δt	Δy	K																																																																																																																								
1 ^{ste} meting	0	210	200	90	150	200	120	0,90																																																																																																																								
2 ^{de} meting	0	230	220	103	166,5	220	127	0,82																																																																																																																								
3 ^{de} meting	0	230	200	110	170	200	120	0,85																																																																																																																								
								Gemiddelde 0,86 m/d																																																																																																																								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">1^{ste} meting</th> <th colspan="2">2^{de} meting</th> <th colspan="2">3^{de} meting</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Tijd (sec)</th> <th>Meting (cm-mv)</th> <th>Tijd (sec)</th> <th>Meting (cm-mv)</th> <th>Tijd (sec)</th> <th>Meting (cm-mv)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Eerste waarde</td> <td>0</td> <td>380</td> <td>0</td> <td>400</td> <td>0</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Tijd (sec)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>380</td><td>0</td><td>400</td><td>0</td><td>400</td></tr> <tr><td>20</td><td>20</td><td>362</td><td>20</td><td>380</td><td>20</td><td>386</td></tr> <tr><td>40</td><td>40</td><td>350</td><td>40</td><td>368</td><td>40</td><td>372</td></tr> <tr><td>60</td><td>60</td><td>340</td><td>60</td><td>355</td><td>60</td><td>360</td></tr> <tr><td>80</td><td>80</td><td>325</td><td>80</td><td>345</td><td>80</td><td>348</td></tr> <tr><td>100</td><td>100</td><td>312</td><td>100</td><td>330</td><td>100</td><td>337</td></tr> <tr><td>120</td><td>120</td><td>300</td><td>120</td><td>319</td><td>120</td><td>325</td></tr> <tr><td>140</td><td>140</td><td>290</td><td>140</td><td>309</td><td>140</td><td>310</td></tr> <tr><td>160</td><td>160</td><td>280</td><td>160</td><td>294</td><td>160</td><td>300</td></tr> <tr><td>180</td><td>180</td><td>270</td><td>180</td><td>287</td><td>180</td><td>290</td></tr> <tr><td>200</td><td>200</td><td>260</td><td>200</td><td>280</td><td>200</td><td>280</td></tr> <tr><td>220</td><td></td><td></td><td>220</td><td>273</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Laatste waarde</td> <td>200</td> <td>260</td> <td>220</td> <td>273</td> <td>200</td> <td>280</td> </tr> </tbody> </table>									1 ^{ste} meting		2 ^{de} meting		3 ^{de} meting			Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Eerste waarde	0	380	0	400	0	400	Tijd (sec)							0	0	380	0	400	0	400	20	20	362	20	380	20	386	40	40	350	40	368	40	372	60	60	340	60	355	60	360	80	80	325	80	345	80	348	100	100	312	100	330	100	337	120	120	300	120	319	120	325	140	140	290	140	309	140	310	160	160	280	160	294	160	300	180	180	270	180	287	180	290	200	200	260	200	280	200	280	220			220	273			Laatste waarde	200	260	220	273	200	280
	1 ^{ste} meting		2 ^{de} meting		3 ^{de} meting																																																																																																																											
	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)																																																																																																																										
Eerste waarde	0	380	0	400	0	400																																																																																																																										
Tijd (sec)																																																																																																																																
0	0	380	0	400	0	400																																																																																																																										
20	20	362	20	380	20	386																																																																																																																										
40	40	350	40	368	40	372																																																																																																																										
60	60	340	60	355	60	360																																																																																																																										
80	80	325	80	345	80	348																																																																																																																										
100	100	312	100	330	100	337																																																																																																																										
120	120	300	120	319	120	325																																																																																																																										
140	140	290	140	309	140	310																																																																																																																										
160	160	280	160	294	160	300																																																																																																																										
180	180	270	180	287	180	290																																																																																																																										
200	200	260	200	280	200	280																																																																																																																										
220			220	273																																																																																																																												
Laatste waarde	200	260	220	273	200	280																																																																																																																										
k = waterdoorlatendheid (m/dag) r = straal (halve diameter) boorgat (cm) H = Diepte boorgat = diepte boorgat onder grondwaterspiegel (cm) y = afstand van de gemiddelde stijghoogte tot aan grondwaterspiegel (cm) Δy = grondwaterstijging tijdens het geselecteerde tijdstraject, Y0-Yn (cm) Δt = geselecteerde tijdstraject op basis van uniforme stijgsnelheid t0-tn (sec) G = grondwaterstand		5 cm 400 cm -mv. 230 cm cm 170 cm -mv.																																																																																																																														
Tijd (sec)  Stijghoogte grondwater (cm-mv) — 1^{ste} meting — 2^{de} meting — 3^{de} meting																																																																																																																																

Boorgatmethode (Hooghoudt)

Opdrachtgever: KSE
 Project: 20130388
 Boorgatnummer: Pb 2
 Datum: 17-jul-14



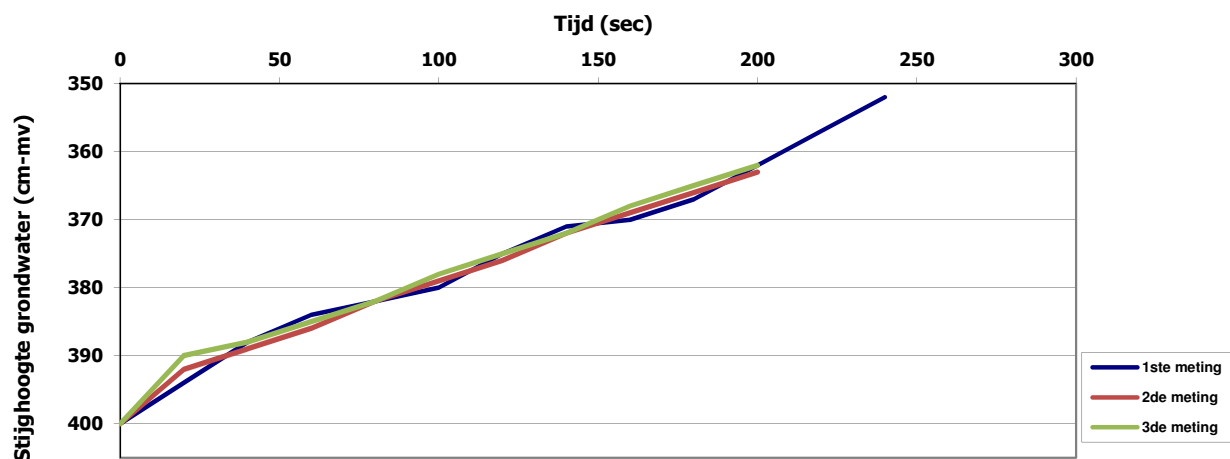
	t0	y0	tn	yn	y	Δt	Δy	K
1 ^{ste} meting	0	230	240	182	206	240	48	0,27
2 ^{de} meting	0	230	200	193	211,5	200	37	0,25
3 ^{de} meting	0	230	200	192	211	200	38	0,25
						Gemiddelde		0,26 m/d

	1 ^{ste} meting		2 ^{de} meting		3 ^{de} meting	
	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)	Tijd (sec)	Meting (cm-mv)
Eerste waarde	0	400	0	400	0	400
Tijd (sec)						
0	0	400	0	400	0	400
20	20	394	20	392	20	390
40	40	388	40	389	40	388
60	60	384	60	386	60	385
80	80	382	80	382	80	382
100	100	380	100	379	100	378
120	120	375	120	376	120	375
140	140	371	140	372	140	372
160	160	370	160	369	160	368
180	180	367	180	366	180	365
200	200	362	200	363	200	362
220	220	357				
240	240	352				
Laatste waarde	240	352	200	363	200	362

k = waterdoorlatendheid (m/dag)
 r = straal (halve diameter) boorgat (cm)
 H = Diepte boorgat
 = diepte boorgat onder grondwaterspiegel (cm)
 y = afstand van de gemiddelde stijghoogte tot aan grondwaterspiegel (cm)
 Δy = grondwaterstijging tijdens het geselecteerde tijdstraject, Y0-Yn (cm)
 Δt = geselecteerde tijdstraject op basis van uniforme stijgsnelheid t0-tn (sec)
 G = grondwaterstand

5 cm
 400 cm -mv.
 230 cm

170 cm -mv.



BIJLAGE 5

SCG ZEEFKROMME

Resultaten doorlatendheidsberekeningen SCG-zeefkromme

Opdrachtgever: KSE

Projectcode: 20130388

Projectomschrijving: Stijn Streuvelslaan 42 - KSE te Etten-Leur

Datum berekening: 31-jul-14

<i>fractie</i>	<2 µm	<16 µm	<32 µm	<50 µm	<63 µm	<125 µm	<250 µm	<500 µm	<1 mm	<2 mm	<i>doorlatendheid (m/dag)</i>			<i>doorlatendheid</i>	<i>std</i>
<i>monster</i>	0,002	0,016	0,032	0,05	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	Kozeny-Carman Hazen Krumbein and (1927) Monk (1943)			m/dag	
MM01	7,4	8,5	9,4	10,3	11,9	41,1	87,7	97,6	99,1	100,0	4,1	1,9	0,2	2,1	1,97