

## Waterhuishoudkundig plan

De Koepel te Vught

### Opdrachtgever

Kalliste Woningbouwontwikkeling BV  
de heer B. Moust  
Postbus 64  
5600 AB EINDHOVEN

### Adviesbureau

Geofox-Lexmond BV  
Jules Verneweg 21-15  
Postbus 2205  
5001 CE TILBURG  
Tel. 013 - 4582161  
Fax 013 - 4553089

### Status

Definitief, versie 3

### Datum

22 juli 2010

### Projectnummer

20100260/BKUI

### Documentkenmerk

20100260\_a1RAP

### Auteur

de heer ir. B. Kuijpers

Paraaf:

### Controle / vrijgave

de heer ir. R. Vreugdenhil

Paraaf:



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Huidige situatie en vooronderzoek</b>	<b>2</b>
	2.1 Algemene gegevens	2
	2.2 Huidige waterhuishoudkundige situatie	3
	2.3 Geplande ontwikkeling	3
	2.4 Bodemopbouw en geohydrologische gesteldheid	4
	2.5 Grondwaterstanden	4
<b>3</b>	<b>Veldwerkzaamheden</b>	<b>6</b>
	3.1 Uitvoering veldonderzoek	6
	3.2 Veldwerkresultaten	7
<b>4</b>	<b>Infiltratieonderzoek en -advies</b>	<b>10</b>
	4.1 Infiltratiemogelijkheden	10
	4.2 Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering en drooglegging	10
	4.3 Dimensionering	11
<b>5</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Samenvatting (waterparagraaf)</b>	<b>13</b>
	6.1 Algemeen	13
	6.2 Voorstel waterparagraaf	13
<b>Bijlagen</b>		
1	1.1 Topografische ligging locatie	
	1.2 Situatieschets met boor- en peilbuislocaties	
2	Boorbeschrijvingen	
3	Toelichting Hooghoudt-proef	
4	Analysecertificaten	
5	Toetsingstabel RAW-criteria	
6	Uitdraai HNO-tool	
7	Grondwaterstandsmetingen uit eerder uitgevoerd onderzoek	
8	Beslisschema gebruik/infiltratie van hemelwater	

## 1 Inleiding

In opdracht van Kalliste Woningbouwontwikkeling BV heeft Geofox-Lexmond BV een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd voor ontwikkelingslocatie De Koepel langs de noordelijke grens van Vught. Door middel van het plaatsen van peilbuizen en het monitoren van grondwaterstanden, alsmede het doen van doorlatendheidsmetingen, is inzicht verkregen in de geohydrologische situatie ter plaatse. Aan de hand van de onderzoeksresultaten en het geldende beleid is voor de onderzoekslocatie een advies opgesteld inzake de infiltratiemogelijkheden. Dit advies kan als basis dienen voor de technische uitwerking van de voorgenomen ontwikkeling.

Voorafgaand aan het opstellen van dit geohydrologisch onderzoek is een waterhuishoudkundige quick-scan<sup>1</sup> en vervolgens een onderzoek<sup>2</sup> uitgevoerd op basis van het stedenbouwkundig plan. Naar aanleiding van deze quick-scan heeft de gemeente Vught aangegeven dat in aanvulling hierop nog een aantal aspecten onderzocht dient te worden. In voorliggend rapport zijn deze aspecten onderzocht en uitgewerkt. Dit geohydrologisch onderzoek kan worden gebruikt voor het maken van gefundeerde keuzes met betrekking tot de omgang met hemelwater.

In voorliggende rapportage komen de volgende aspecten aan de orde:

- basisgegevens van de huidige (waterhuishoudkundige) situatie op en rondom het ontwikkelingsterrein (hoofdstuk 2);
- uitvoering en resultaten van de veldwerkzaamheden (hoofdstuk 3);
- onderzoek naar de mogelijkheden voor de infiltratie van hemelwater (hoofdstuk 4);
- conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

<sup>1</sup> Quick-scan Waterhuishouding Plan de Koepel/J.F. Kennedylaan Vught, 110502/ZF7/OS5/201580, Arcadis, 21 februari 2007

<sup>2</sup> Bodemkundig/hydrologisch onderzoek De Koepel/Kennedylaan Vught, 110502/ZF8/2H0/201580, Arcadis, 11 augustus 2008



## 2 Huidige situatie en vooronderzoek

### 2.1 Algemene gegevens

De onderzoekslocatie heeft een oppervlakte van circa 7,5 hectare, bevindt zich aan de noordzijde van Vught en wordt globaal begrensd door de Koepelweg (zuidzijde), Zonneweilaan (westzijde), Loonsebaan (noordzijde) en de John F. Kennedylaan (oostzijde). De tennisbanen aan de Loonsebaan maken geen deel uit van het te ontwikkelen gebied.

In de noordoostelijke hoek van de onderzoekslocatie loopt de hoogte van het maaiveld op tot circa 5,0 m + NAP, het halfverharde pad ligt iets hoger op 5,3 m + NAP. Vanaf hier daalt de maaiveldhoogte in de richting van de Koepelweg en de atletiekbaan naar circa 4,7 m + NAP. De randen van het plangebied langs de Koepelweg en de Loonsebaan liggen hoger, tot maximaal 5,5 m + NAP. De maaiveldhoogtes zijn gebaseerd op een uitgevoerde inmeting van de onderzoekslocatie<sup>3</sup>.



Figuur 2.1: Luchtfoto met onderzoekslocatie

Tabel 2.1: Topografische informatie plangebied

#### locatiegegevens

plaats	:	Vught
gemeente	:	Vught
provincie	:	Noord-Brabant
waterschap	:	waterschap De Dommel
oppervlakte	:	7,5 hectare
coördinaten	:	X : 147.430 – 147.870 Y : 407.690 – 408.190 Z : van 4,5 tot 5,0 m + NAP

<sup>3</sup> Situatiemeting De Koepel te Vught, tekeningnummer 100192-01, Coenradie, 06-04-2010



## 2.2 Huidige waterhuishoudkundige situatie

Tussen de atletiekbaan en de tennisvelden bevinden zich drie waterpartijen. Tijdens droge perioden staan deze waterpartijen droog. In de westelijke waterpartij komen drainagepijpen uit die afkomstig zijn van de atletiekbaan en de tennisvelden. Aangezien het drainagesysteem nooit is onderhouden, is het aannemelijk dat het drainagesysteem niet meer naar behoren functioneert.

De verschillende waterpartijen hebben bij benadering de volgende oppervlaktes:

- westelijke waterpartij = 500 m<sup>2</sup>;
- middelste waterpartij = 320 m<sup>2</sup>;
- oostelijke waterpartij = 275 m<sup>2</sup>.

De waterpartijen staan niet in verbinding met het watersysteem in de omgeving. Het waterpeil in de waterpartijen beweegt mee met de grondwaterstanden, de waterpartijen vallen periodiek droog. Tussen de meest westelijke waterpartij en de Zonneweilaan bevindt zich een gemaal, dit gemaal is echter niet meer in werking. Het gemaal is niet van belang om wateroverlast te voorkomen en hoeft dan ook niet te worden hersteld.

De onderzoekslocatie ligt niet binnen een grondwaterbeschermingsgebied (Provinciale milieuvordering (PMV), 2004) en ook niet binnen een beschermd waterhuishoudkundig gebied (Verordening Waterhuishouding Noord-Brabant, 2005).

De huidige hoeveelheid verharding op de onderzoekslocatie bedraagt 12.788 m<sup>2</sup>. Deze verharding bestaat uit gebouwen (1.723 m<sup>2</sup>), bestrating en parkeerterrein (3.130 m<sup>2</sup>) en de sintelbaan van de atletiekvereniging (7.935 m<sup>2</sup>).

## 2.3 Geplande ontwikkeling

De onderzoekslocatie wordt omgevormd tot een hoogwaardig woongebied. Het zuidwestelijke deel van het plangebied (ter plaatse van de bestaande atletiekbaan) zal worden ingevuld met circa 90 woningen van verschillende typologie. Het overige deel van de onderzoekslocatie wordt aangelegd of in stand gehouden als openbaar groen. Het openbaar groen vormt daarmee een natuurlijke overgang richting de Vughtse Heide ten noorden van de onderzoekslocatie.

De inrichting van het openbaar groen staan nog niet exact vast. Afhankelijk van de uitkomsten van dit geohydrologisch onderzoek zal worden bepaald op welke wijze en op welke locatie compensatie voor de toename aan verharding wordt gerealiseerd.

Als gevolg van de voorgenomen stedelijke ontwikkeling wordt verharding gerealiseerd. Op basis van het stedenbouwkundig plan is het toekomstige dakoppervlak 6.145 m<sup>2</sup>, terwijl er 5.769 m<sup>2</sup> aan paden en wegen wordt aangelegd. Naast daken, paden en wegen worden er met behulp van halfverharding (grastegels) parkeerplaatsen aangelegd, deze hebben een totale oppervlakte van 1.181 m<sup>2</sup>. De halfverharde parkeerplaatsen worden in dit rapport als volledig verhard beschouwd (worst-case). Daarmee komt de totale toekomstige verharding op 13.095 m<sup>2</sup>.

## 2.4 Bodemopbouw en geohydrologische gesteldheid

Volgens de Bodemkaart van Nederland ([www.bodemdata.nl](http://www.bodemdata.nl)) bestaat de bodem ter plaatse van het plangebied uit leemarm zand. Opgemerkt wordt dat de oorspronkelijke bodemopbouw ter plaatse van het plangebied mogelijk verstoord is door de ontwikkelingen in het verleden.

Een beschrijving van de diepere geologische bodemopbouw (zie tabel 2.3) volgt uit de gegevens, opgenomen in de databank REGIS van TNO-NITG. De verschillende afzettingen zijn van boven naar beneden weergegeven (respectievelijk van jong naar oud). In dit geval is gebruik gemaakt van de gegevens van boring B345C0022 een eerder onderzoek<sup>4</sup>. De locatie van deze boring bevindt zich circa 400 m ten oosten van het plangebied.

Tabel 2.3: Regionale bodemopbouw

diepte (m-mv)	formatienaam	samenstelling	geohydrologische eenheid
0 – 25	Boxtel	- tot een diepte van 16 m-mv matig grof zand (plaatselijk grindig, siltig of humeus); - vanaf 16 m-mv siltig en zandig leem	deklaag
25-45	Sterksel	grof zand (plaatselijk siltig of grindig)	watervoerend pakket

## 2.5 Grondwaterstanden

De stroming van het grondwater in het freatische pakket is globaal noordwestelijk gericht en heeft een gradiënt van circa 0,6 m/km. Lokaal kan de stroming hiervan afwijken.

Om vast te kunnen stellen of infiltratie en berging van hemelwater mogelijk is en op welke wijze dat dan het beste gerealiseerd kan worden, is het van belang dat onder meer de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddelde grondwaterstand (GG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bekend zijn. Ter vaststelling van de grondwaterstandsfluctuatie zijn de meetdata van representatieve peilbuizen in het landelijke meetnet van TNO-NITG geraadpleegd. Aanvullende gegevens zijn tijdens het veldonderzoek op verschillende data verzameld (zie hiervoor hoofdstuk 3 van de rapportage).

Er bevindt zich één TNO-peilbuis in de omgeving van de onderzoekslocatie met representatieve gegevens (recent en langdurig bemeten). Het betreft TNO-peilbuis B45C0388, deze ligt op een afstand van circa 3.000 meter ten zuidoosten van de onderzoekslocatie. Voor een overzicht van de ligging van peilbuis (X- en Y- coördinaten) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), de gemiddelde grondwaterstand (GG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), wordt verwezen naar onderstaande tabel.

Tabel 2.4: Locatie gegevens, GLG, GG en GHG geraadpleegde TNO-peilbuis.

Peilbuis nr.	x-coördinaat	y-coördinaat	maaiveld- hoogte (m + NAP)	meetreeks	GHG	GG	GLG
					m-mv (m + NAP)	m-mv (m + NAP)	m-mv (m + NAP)
B45C0388	148.315	405.280	5,3	1997 - 2006	1,4 (3,9)	1,5 (3,8)	1,8 (3,5)

<sup>4</sup> Bodemkundig/hydrologisch onderzoek De Koepel/Kennedylaan Vught, Arcadis, kenmerk 110502/ZF8/2H0/201580, 11 augustus 2008



Op basis van de Grondwaterkaart van Nederland en de regionale grondwaterstandsgegevens van TNO blijkt dat de isohyps ter plaatse van peilbuis B45C0388 circa 1,0 m hoger zou moeten liggen dan de isohyps ter plaatse van de onderzoekslocatie. Op basis van de TNO-gegevens wordt verwacht dat de GHG voor de onderzoekslocatie daarmee circa 2,9 m + NAP bedraagt. Deze verwachting komt echter niet overeen met de meetwaarden uit voornoemd eerder onderzoek (zie bijlage 7).

Omdat lokale factoren een grote rol kunnen spelen, wordt de GHG uit het eerder onderzoek vooralsnog aangehouden. Hierbij wordt de fluctuatie tussen GHG, GG en GLG gebaseerd op gegevens van de TNO-peilbuis:

- GHG: 3,9 m + NAP;
- GG: 3,8 m + NAP;
- GLG: 3,5 m + NAP.

De genoemde gemiddelde grondwaterstanden zijn indicatief, ook binnen het plangebied zullen fluctuaties optreden. Op basis van nieuwe veldmetingen worden bovenstaande grondwaterstanden in hoofdstuk 3 geëvalueerd en indien nodig bijgesteld.

Benadrukt wordt dat de GHG, GG en GLG met relatief beperkte grondwaterstandsgegevens zijn bepaald. Om meer inzicht in de grondwaterstand op de locatie zijn door Geofox-Lexmond bv veldmetingen verricht (zie hoofdstuk 4).



## 3 Veldwerkzaamheden

### 3.1 Uitvoering veldonderzoek

De werkzaamheden zijn uitgevoerd met inachtneming van de richtlijnen en kwaliteitseisen zoals genoemd in de Beoordelingsrichtlijn veldwerk voor milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek en mechanisch boren van de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer, nummer 2000 "Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek" (kortweg: BRL SIKB 2000) en het werkprotocol VKB Protocol 2001 (Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen) en VKB Protocol 2002 (Het nemen van grondwatermonsters).

De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd door de volgende geregistreerde veldmedewerkers:

- de heer M. Splithof;
- de heer J. Laros;
- de heer M. van Diemen;
- de heer N. van Aarle.

De mogelijkheid tot het infiltreren van hemelwater in de bodem is onder andere afhankelijk van de grondwaterstand en de waterdoorlatendheid van de bodem in de onverzadigde en verzadigde zone ter plaatse. Aangezien op basis van de beschikbare gegevens onvoldoende inzicht is in de waterdoorlatendheid zijn verspreid over het terrein de volgende veldwerkzaamheden verricht:

- het verrichten van 5 boringen tot circa 2,0 m-mv. Ter bepaling van de bodemgesteldheid op het onderzoeksterrein is de uit de boringen vrijgekomen grond conform de NEN-5104 geclassificeerd (vaststellen bodemopbouw);
- het (in duplo) uitvoeren van 5 doorlatendheidsmetingen (Hooghoudt-proef) in de ondiepe boringen ter bepaling van de doorlatendheid van de bodem in de onverzadigde zone;
- het verrichten van 5 boringen tot circa 4,0 m-mv. Ter bepaling van de bodemgesteldheid op het onderzoeksterrein is de uit de boringen vrijgekomen grond conform de NEN-5104 geclassificeerd (vaststellen bodemopbouw);
- het afwerken van de 5 diepe boringen met een peilbuis. In deze peilbuizen is een doorlatendheidsmeting (constant-debiet proef) uitgevoerd ter bepaling van de doorlatendheid in de verzadigde zone;
- het nemen van 5 monsters waarvan de zogenaamde SCG-zeefkromme wordt bepaald om de fysische hergebruiksmogelijkheden te bepalen;
- het vijfmaal meten van de grondwaterstanden in de geplaatste peilbuizen nadat de grondwaterstand is gestabiliseerd (tenminste één week na plaatsing van de peilbuizen).

Het verrichten van de boringen, het plaatsen van de peilbuizen en het uitvoeren van de doorlatendheidsmetingen in de onverzadigde zone heeft plaatsgevonden op 5 en 8 maart 2010. Vervolgens zijn op 19 maart 2010 de peilbuizen gepeild en de doorlatendheidsmetingen in de verzadigde zone uitgevoerd. De peilbuizen zijn ook op 7 en 22 april en op 7 en 25 mei gepeild. De situering van de boorpunten en peilbuizen is weergegeven in bijlage 1.2.

Op basis van de meetresultaten wordt een indicatie verkregen van de grondwaterstanden en van de doorlatendheid van de bodem in de verzadigde en onverzadigde zone.

In de bijlage 3 is een nadere toelichting gegeven op de gehanteerde methodiek voor het bepalen van de doorlatendheid (Hooghoudt-proef).

### 3.2 Veldwerkresultaten

#### 3.2.1 Bodemopbouw

In bijlage 2 is de bodemopbouw van het onderzochte terrein in de vorm van boorbeschrijvingen aangegeven. De in het veld aangetroffen bodemopbouw is tevens schematisch weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Globale bodemopbouw plangebied

diepte (m – mv)	classificatie	opmerkingen
maaiveld 1,5	zwak tot matig siltig, zeer fijn zand (zwak tot matig humeus)	- plaatselijk wortelhoudend - plaatselijk puinhoudend
1,5 3,7	zwak tot matig siltig, zeer fijn zand	- plaatselijk leemlagen - plaatselijk veenlagen
3,7 4,2	zwak tot matig siltig, zeer fijn zand	- plaatselijk matig leemhoudend

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de horizontale variatie in de bodemsamenstelling binnen het plangebied behoorlijk groot is. Overwegend komt matig siltig, zeer fijn zand voor. Beneden 1,5 m-mv komen plaatselijk echter klei- en veenlagen voor, deze lagen zijn slecht doorlatend.

#### 3.2.2 Grondwaterstand

Op vijf verschillende data is de grondwaterstand in zowel de nieuw geplaatste als in reeds bestaande peilbuizen bepaald. De meetresultaten zijn weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2: Resultaten grondwaterstandsmetingen

peilbuis	maaiveldhoogte	grondwaterstand in m + NAP (m-mv)				
		19-03-'10	07-04-'10	22-04-'10	07-05-'10	25-05-'10
O1	circa 4,9 m + NAP**	3,86 (1,04)	3,85 (1,05)	3,68 (1,22)	3,59 (1,31)	3,36 (1,54)
O2	circa 4,7 m + NAP**	4,05 (0,65)	4,00 (0,70)	3,84 (0,86)	3,76 (0,94)	3,69 (1,01)
O3	circa 4,5 m + NAP**	3,49 (1,01)	3,40 (1,10)	3,23 (1,27)	3,16 (1,34)	3,07 (1,43)
O4	circa 4,4 m + NAP**	4,54 (0,86)	3,47 (0,93)	3,31 (1,09)	3,22 (1,18)	3,15 (1,25)
O5	circa 5,0 m + NAP**	3,80 (1,20)	3,82 (1,18)	3,64 (1,36)	3,55 (1,45)	3,43 (1,57)
A*	4,88 m + NAP	4,08 (0,75)	4,15 (0,73)	4,01 (0,87)	3,95 (0,93)	3,88 (1,00)
B*	4,81 m + NAP	4,12 (0,69)	4,13 (0,68)	3,96 (0,85)	3,89 (0,92)	3,84 (0,97)
C*	4,87 m + NAP	3,95 (0,92)	3,95 (0,92)	3,84 (1,03)	3,73 (1,14)	3,60 (1,21)
D*	circa 4,8 m + NAP**	3,95 (0,85)	3,96 (0,84)	3,83 (0,97)	3,74 (1,06)	3,68 (1,12)
E*	circa 4,8 m + NAP**	3,96 (0,84)	3,96 (0,84)	3,81 (0,99)	3,71 (1,09)	3,64 (1,16)
F*	circa 5,0 m + NAP**	3,94 (1,06)	3,89 (1,11)	3,71 (1,29)	3,71 (1,29)	3,63 (1,37)
G*	circa 4,8 m + NAP**	4,13 (0,67)	4,08 (0,72)	3,91 (0,89)	3,86 (0,94)	3,77 (1,03)
H*	4,76 m + NAP	4,09 (0,67)	4,03 (0,73)	3,88 (0,88)	3,80 (0,96)	3,72 (1,04)

\* reeds bestaande peilbuizen

\*\* niet exact ingemeten (interpolatie en [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl))

Uit de meetresultaten blijkt dat de grondwaterstand zich in het zuidwestelijke deel van het plangebied (op en rond de atletiekvereniging) in algemene zin dichter onder het maaiveld bevindt dan in het (noord)oostelijke deel. Dit is een gevolg van het verloop van het maaiveld.



De in het veld waargenomen grondwaterstanden wijken in lichte mate af van de voor het terrein ingeschatte grondwaterstanden (zie paragraaf 2.5). Het veldonderzoek dat in de periode tot en met mei is uitgevoerd, betreft een hydrologisch natte periode. Om die reden kan gesteld worden dat de gemeten grondwaterstanden zich in die periode tussen de GG en de GHG bevindt. Ervan uitgaande dat de grondwaterstandsfluctuatie net als in de TNO-peilbuizen klein is, wordt daarom in het vervolg voor het plangebied uitgegaan van de volgende maatgevende grondwaterstanden:

- GHG: 3,9 m + NAP;
- GG: 3,8 m + NAP;
- GLG: 3,5 m + NAP.

De gemeten grondwaterstanden komen overeen met de in hoofdstuk 2 ingeschatte waarden en met het voornoemd eerder uitgevoerde onderzoek. Op basis van de meetresultaten wordt de GHG in het zuidwestelijke deel van het plangebied geschat op circa 0,6 m-mv. In het noordoostelijke deel bedraagt de GHG circa 1,1 m-mv.

### 3.2.3 Doorlatendheid

#### In-situ doorlatendheidsmetingen in onverzadigde zone

Getracht is om in de ondiepe boringen de doorlatendheid (k-waarde) van de bodem in de onverzadigde zone te bepalen door middel van de Hooghoudt-proef<sup>5</sup>. Van de veldproeven worden in tabel 3.3 de resultaten gegeven. De veldproef in boring O6 bleek niet uitvoerbaar, omdat het waterpeil niet snel genoeg zakte. Dit duidt op een zeer slechte doorlatendheid in de onverzadigde zone, in tabel 3.3 aangegeven met <0,1 m/dag.

**Tabel 3.3: Onverzadigde doorlatendheid van de bodem (op basis van Hooghoudt-proef)**

boornummer	traject (m-mv)	bodemsamenstelling	doorlatendheid (m/dag)	
			meting 1	meting 2
OBM 06	0,1 – 0,6	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	<0,1	<0,1
OBM 07	0,1 – 0,6	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	3,7	3,6
OBM 08	0,1 – 0,6	zwak siltig, matig fijn zand (zwak humeus)	5,0	4,8
OBM 09	0,5 – 1,0	zwak siltig, matig fijn zand	9,9	9,6
OBM 10	0,5 – 1,0	zwak siltig, matig fijn zand	18,6	20,1

De bodem is op 7 juni 2010 bemonsterd. De monsters zijn genomen in het oostelijke deel van de onderzoekslocatie, ter plaatse van de peilbuizen O1 t/m O5 (zie bijlage 1.2). Van de monsters is op basis van de resultaten van de zogenaamde SCG-zeefkromme de doorlatendheid (k-waarde) bepaald. De bij dit onderzoek behorende analysecertificaten van het laboratorium zijn opgenomen in bijlage 4. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.4.

**Tabel 3.4: Onverzadigde doorlatendheid van de bodem (op basis van SCG-zeefkromme)**

boornummer	traject (m-mv)	bodemsamenstelling	doorlatendheid (m/dag)
O1	0,1 – 0,8	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	10,6
O2	0,1 – 0,8	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	7,0
O3	0,1 – 0,6	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	10,9
O4	0,3 – 1,0	matig siltig, zeer fijn zand	11,3
O5	0,1 – 1,2	matig siltig, zeer fijn zand (zwak humeus)	10,7

<sup>5</sup> Hooghoudt-proef: veldproef waarbij de horizontale onverzadigde doorlatendheid wordt bepaald (zie bijlage 3)



#### 3.2.4 Civieltechnische hergebruiksmogelijkheden

Naast de doorlatendheid zijn van de in subparagraaf 3.2.3 genoemde monsters tevens de civieltechnische hergebruiksmogelijkheden bepaald. De monsters zijn genomen in het oostelijke deel van de onderzoekslocatie, ter plaatse van de peilbuizen O1 t/m O5 (zie bijlage 1.2).

De resultaten zijn getoetst aan de eisen zoals omschreven in de RAW 2005. De bij dit onderzoek behorende analysecertificaten van het laboratorium zijn opgenomen in bijlage 4.

Uit deze toetsing (bijlage 5) blijkt dat de monsters zowel voldoen aan de criteria voor "zand in zandbed" als aan de criteria voor "zand in aanvulling of ophoging".

## 4 Infiltratieonderzoek en -advies

### 4.1 Infiltratiemogelijkheden

In het zuidwestelijke deel van het plangebied is de bodem slecht doorlatend, al dient daarbij te worden aangetekend dat deze conclusie slechts gebaseerd is op één monsterpunt. In het (noord)oostelijke deel is de bodem goed doorlatend. In dit oostelijke deel van het plangebied wordt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) geschat op circa 1,1 m-mv. Daarmee zijn de omstandigheden voor infiltratie in dit deel van het plangebied gunstig. De beoogde infiltratievoorzieningen zijn dan ook op dit deel van de locatie geprojecteerd.

In bijlage 8 is een algemene beslismethodiek gegeven voor de afweging tussen het wel of niet infiltreren in de bodem en de keuze voor een bepaalde infiltratietechniek (op basis van de grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem). De GHG in het oostelijke deel (geschat op circa 1,1 m-mv) levert geen belemmeringen op voor infiltratie op de onderzoekslocatie. Ook in natte perioden bevindt de grondwaterstand zich namelijk voldoende diep beneden het maaiveld.

In het noordoostelijke deel van het plangebied is de doorlatendheid<sup>6</sup> van de bodem groter dan 9 m/dag (zie tabel 4.4 en 4.5). Volgens het beslisschema in bijlage 3 kunnen bij deze doorlatendheid in theorie alle typen infiltratievoorzieningen worden toegepast.

In het zuidoostelijke deel van het plangebied is de doorlatendheid berekend op waarden variërend tussen 3 en 5 m/dag. Op basis van voornoemd eerder onderzoek is geconcludeerd (op basis van dezelfde methode voor bepaling van de doorlatendheid) dat de doorlatendheid hier varieert tussen 6 en 8 m/dag. Volgens bijlage 3 komen bij deze doorlatendheid (van 3 tot 8 m/dag) in theorie de toepassing van een infiltratieveld, -put, -koffer/-krat, -riool, -greppel of een wadi in aanmerking.

Omdat het oostelijke deel van het plangebied groen wordt ingericht, lijkt open verharding niet gewenst. Bovendien is de doorlatendheid niet in het gehele oostelijke deel groter dan 9 m/dag. Om deze twee redenen wordt geadviseerd om gebruik te maken van een bovengrondse voorziening waarbij gekozen kan worden uit een infiltratieveld, -greppel of wadi. Deze opties passen goed in de beoogde groene inrichting van het oostelijke deel van het plangebied. Bovendien leveren deze opties een bergend vermogen op, zodat de kans op overlast minimaal is, op voorwaarde dat een voldoende bergend vermogen gerealiseerd wordt. Voor het uitvoeren van nadere berekeningen met betrekking tot een eventuele infiltratievoorziening, dient voor de doorlatendheid een conservatief uitgangspunt te worden genomen. In dat geval wordt geadviseerd om te rekenen met een doorlatendheid van 3,0 m/dag.

### 4.2 Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering en drooglegging

De noodzaak tot het ophogen van het maaiveld in het plangebied wordt bepaald door:

- de in het plangebied heersende grondwaterstand en de fluctuatie ervan over het jaar gezien;
- de algemeen geldende ontwateringsnorm in stedelijke gebieden<sup>7</sup>;
- de algemeen geldende droogleggingseis in stedelijke gebieden<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Het betreft de doorlatendheid in de onverzadigde zone, deze is bepalend voor de infiltratiemogelijkheden.

<sup>7</sup> Ontwaterings(sdiepte) = verschil tussen maaiveld en grondwaterpeil

<sup>8</sup> Drooglegging = verschil tussen maaiveld en oppervlaktewaterpeil



De ontwateringsnorm onder droge omstandigheden bedraagt 0,7 m (en 0,5 m wanneer kruipruimteloos gebouwd wordt). Gelet op de voor het gebied vastgestelde GHG (0,6 m-mv in het te bebouwen zuidwestelijke deel), wordt het ophogen van het maaiveld enkel in zeer geringe mate noodzakelijk geacht wanneer gebouwd wordt met kruipruimtes. Door de hoogteverschillen op het terrein zal geen grond van buiten de onderzoekslocatie aangevoerd hoeven te worden (gesloten grondbalans). Als gebouwd wordt zonder kruipruimtes is ophoging niet noodzakelijk.

De droogleggingsnorm onder normale omstandigheden bedraagt 0,7 m, het wordt getolereerd wanneer het waterpeil in natte perioden tijdelijk hoger staat. Het toekomstige waterpeil zal, net als in de huidige situatie, meebewegen met de grondwaterstanden. Gezien het feit dat de waterpartijen drainerend werken op de omgeving (en het waterpeil dus lager staat dan de grondwaterstand) en de GHG niet dichterbij 0,6 m onder het maaiveld staat, wordt aangenomen dat wordt voldaan aan de droogleggingseis.

Op basis van de beschikbare gegevens wordt derhalve geconcludeerd dat hooguit aan de zuidwestzijde van het plangebied een zeer geringe terreinophoging noodzakelijk is.

#### 4.3 Dimensionering

Bij het ontwerp en de dimensionering van het hemelwatersysteem zijn de randvoorwaarden en eisen (zoals vastgesteld door het rijk, door Waterschap De Dommel en de gemeente Vught) leidend. De voornaamste eisen zijn hieronder vermeld:

- randvoorwaarde bij een ruimtelijk plan is om hydrologisch neutraal te bouwen;
- de benodigde hoeveelheid berging wordt bepaald met behulp van de HNO-tool.

Om te voldoen aan het criterium van hydrologisch neutraal ontwikkelen dient een bepaalde hoeveelheid waterberging gerealiseerd te worden (ter compensatie voor verhardingstoename). Op basis van de toename aan verharding is bepaald hoeveel waterberging er gerealiseerd moet worden, uitgaande van compensatie in de vorm van een infiltratievoorziening. Met behulp van de HNO-tool van het waterschap De Dommel is bepaald dat slechts 1 m<sup>3</sup> waterberging (5 m<sup>2</sup>) gerealiseerd dient te worden bij een T = 10 bui (zie bijlage 8). Een T = 100 bui (op basis van de HNO-tool overeenkomend met een infiltratievoorziening met een inhoud van 2 m<sup>3</sup>) mag niet tot overlast leiden.

Een infiltratievoorziening dient op maat gedimensioneerd te worden. De exacte omvang is onder meer afhankelijk van de mogelijkheid om water op straat te bergen, taluds van de voorziening en de toegestane peilstijging. Op basis van de uitgangspunten die zijn ingevoerd in de HNO-tool (zie bijlage 8) dient tenminste een infiltratievoorziening van 5 m<sup>2</sup> te worden gerealiseerd om de eerder genoemde benodigde berging te realiseren.



## 5 Aanbevelingen

Indien de toekomstige bebouwing wordt voorzien van kruipruimtes, dienen de laagste delen van het plangebied in zeer geringe mate te worden opgehoogd tot 4,6 m + NAP om te voldoen aan de ontwateringsnorm. Wegens hoogteverschillen kan hiervoor grond vanuit het plangebied worden gebruikt (gesloten grondbalans). Indien kruipruimteloos wordt gebouwd, is ophoging niet noodzakelijk. Het gehele plangebied voldoet reeds aan de geldende droogleggingsnorm.

De gemeente Vught stelt een aantal aanvullende eisen aan infiltratievoorzieningen, te weten:

- Infiltratievoorzieningen dienen minimaal 2 m uit de gevels van bebouwing gesitueerd te zijn;
- Om dichtslibben te voorkomen dienen infiltratievoorzieningen te worden voorzien van zand- en bladvang ter plaatse van het instroompunt;
- Indien gekozen wordt voor een wadi, dient er aandacht te worden geschonken aan de ruimtelijke inpassing, bij voorkeur wordt de infiltratievoorziening gecombineerd met een andere functie, zoals een speelvoorziening en/of natuur;
- Infiltratievoorzieningen dienen bij voorkeur inspecteerbaar te zijn;
- Infiltratievoorzieningen worden bij voorkeur gerealiseerd op openbaar terrein;
- Bij voorkeur wordt de infiltratievoorziening beheerd en onderhouden door de gemeente;
- Voor de (vertraagde) afvoer van hemelwater uit de bergingsvoorziening bestaat er een voorkeur voor een V-stuw die afvoert op het hemelwaterriool (bij voorkeur via de oostzijde van de locatie), met onderzijde op hoogte van de GHG en de bovenzijde op hoogte van de maximaal acceptabele waterstand.



Figuur 2.1: Luchtfoto plangebied met weergave infiltratiemogelijkheden  
(groen: infiltratie mogelijk, rood: infiltratie niet mogelijk)



## **6 Samenvatting (waterparagraaf)**

### **6.1 Algemeen**

In dit hoofdstuk worden de voornaamste zaken uit voorliggend waterhuishoudkundig plan nogmaals vermeld. De tekst dient als een opzet tot de uiteindelijke waterparagraaf die onderdeel uitmaakt van het bestemmingsplan. Voorliggend waterhuishoudkundig plan dient door de verschillende betrokken instanties (het waterschap en de gemeente) te worden goedgekeurd, alvorens het bestemmingsplan (inclusief de waterparagraaf) kan worden vastgesteld.

### **6.2 Voorstel waterparagraaf**

#### **6.2.1 Aanleiding en doel**

In opdracht van Kalliste Woningbouwontwikkeling BV heeft Geofox-Lexmond BV een waterhuishoudkundig plan opgesteld voor de onderzoekslocatie De Koepel in Vught. De aanleiding voor het waterhuishoudkundig plan is de voorgenomen woningbouwontwikkeling op de onderzoekslocatie. In de huidige situatie bestaat het plangebied uit een atletiekvereniging en openbaar groen. Voor de gewenste ontwikkeling dient onder meer een waterparagraaf opgesteld te worden die in het bestemmingsplan opgenomen wordt.

Voor een nadere beschrijving van de planlocatie en de waterhuishoudkundige aspecten wordt verwezen naar de rapportage van het waterhuishoudkundig plan (Waterhuishoudkundig plan "De Koepel te Vught", Geofox\_Lexmond BV, kenmerk 20100568\_a1RAP, definitief, versie 3, d.d. 22 juli 2010).

#### **6.2.2 Huidige situatie**

De onderzoekslocatie heeft een oppervlakte van circa 7,5 hectare en ligt in het noordelijke deel van Vught. De bestaande verharding op de onderzoekslocatie bedraagt in totaal 12.788 m<sup>2</sup> (bestaande uit gebouwen (1.723 m<sup>2</sup>), bestrating en parkeerterrein (3.130 m<sup>2</sup>) en de sintelbaan van de atletiekvereniging (7.935 m<sup>2</sup>)). De bestaande bebouwing is aangesloten op het gemeentelijk gemengd riool.

Ten noorden van de onderzoekslocatie (tussen de atletiekbaan en de tennisvelden) bevinden zich drie waterpartijen. In droge perioden vallen de waterpartijen droog en de waterpartijen staan niet in verbinding met het watersysteem in de omgeving. Tussen de meest westelijke waterpartij en de Zonneweilaan bevindt zich een gemaal, dit gemaal is echter niet meer in werking. Het gemaal is niet van belang om wateroverlast te voorkomen en hoeft dan ook niet te worden hersteld.

De onderzoekslocatie ligt niet binnen een grondwaterbeschermingsgebied (Provinciale milieuverordening (PMV), 2004) en ook niet binnen een beschermd waterhuishoudkundig gebied (Verordening Waterhuishouding Noord-Brabant, 2005).

In de noordoostelijke hoek van de onderzoekslocatie loopt de hoogte van het maaiveld op tot circa 5,0 m + NAP. In de richting van de Koepelweg en de atletiekbaan daalt het maaiveld naar circa 4,7 m + NAP. De randen van het plangebied langs de Koepelweg en de Loonsebaan liggen hoger, tot maximaal 5,5 m + NAP. De maaiveldhoogtes zijn gebaseerd op een uitgevoerde inmeting van de onderzoekslocatie<sup>9</sup>.

### 6.2.3 Geohydrologische kenmerken

Op basis van grondboringen blijkt dat de bovenste bodemlaag tot circa 4 m-mv overwegend bestaat uit matig siltig, zeer fijn zand. Wel komen beneden 1,5 m-mv plaatselijk slecht doorlatende klei- en veenlagen voor.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) wordt op basis van de beschikbare informatie ingeschat op 3,9 m + NAP. De GG en GLG bedragen naar verwachting respectievelijk 3,7 en 3,5 m + NAP. De GHG komt overeen met circa 0,6 m-mv in het zuidwestelijke deel van de locatie. In het noordoostelijke deel ligt de GHG op circa 1,1 m-mv.

In het noordoostelijke deel van het plangebied is de doorlatendheid<sup>10</sup> van de bodem groter dan 9 m/dag. Volgens het beslisschema in bijlage 3 kunnen bij deze doorlatendheid in theorie alle typen infiltratievoorzieningen worden toegepast. In het zuidoostelijke deel van het plangebied is de doorlatendheid berekend op waarden variërend tussen 3 en 5 m/dag. Volgens bijlage 3 komen bij deze doorlatendheid (van 3 tot 8 m/dag) in theorie de toepassing van een infiltratieveld, -put, -koffer/-krat, -riool, -greppel of een wadi in aanmerking.

### 6.2.4 Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie maakt de atletiekvereniging plaats voor een hoogwaardig woongebied in het zuidwestelijke deel van de onderzoekslocatie. Als gevolg van deze ontwikkeling neemt het verhard oppervlak in zeer geringe mate toe. De toekomstige verharding is als volgt:

- bebouwing: 6.145 m<sup>2</sup>
- wegen en parkeren: 5.769 m<sup>2</sup>
- halfverhard parkeren: 1.181 m<sup>2</sup>

In de toekomstige situatie zal circa 13.095 m<sup>2</sup> verhard zijn, terwijl er in de huidige situatie 12.788 m<sup>2</sup> verhard is. De toename van de hoeveelheid verharding als gevolg van de voorgenomen ontwikkeling bedraagt derhalve slechts 307 m<sup>2</sup>. Het westelijke deel van de locatie blijft onverhard en wordt ingericht als openbaar groen, mogelijk gecombineerd met een infiltratievoorziening.

### 6.2.5 Ontwerp en dimensionering hemelwatersysteem

De nieuwe bebouwing wordt voorzien van een gescheiden rioelstelsel, waarbij hemelwater en afvalwater in aparte buizen worden afgevoerd. Op basis van grondwaterstanden en doorlatendheid van de bodem wordt het oostelijke gedeelte van het plangebied geschikt geacht voor infiltratie van hemelwater. Met name het noordoostelijke deel heeft een zeer goed doorlatende bodem, zodat hier alle typen infiltratievoorzieningen toepasbaar zijn. Het zuidoostelijke deel wordt geschikt geacht voor de toepassing van een infiltratieveld, -riool, -put,

<sup>9</sup> Situatiemeting De Koepel te Vught, tekeningnummer 100192-01, Coenradie, 06-04-2010

<sup>10</sup> Het betreft de doorlatendheid in de onverzadigde zone, deze is bepalend voor de infiltratiemogelijkheden.



-koffer/-krat, -greppel of wadi. Vanwege de beoogde groene inrichting van het oostelijke deel ligt het gebruik van een infiltratieveld, -greppel of wadi het meest voor de hand.

Om te voldoen aan het criterium van hydrologisch neutraal ontwikkelen dient een bepaalde hoeveelheid waterberging gerealiseerd te worden. Op basis van de toename aan verharding is bepaald hoeveel waterberging er gerealiseerd moet worden, uitgaande van compensatie in de vorm van een infiltratievoorziening. Met behulp van de HNO-tool van het waterschap De Dommel is bepaald dat slechts 1 m<sup>3</sup> waterberging (5 m<sup>2</sup>) gerealiseerd dient te worden bij een T = 10 bui (zie bijlage 8). Een T = 100 bui (op basis van de HNO-tool overeenkomend met een infiltratievoorziening met een inhoud van 2 m<sup>3</sup> mag niet tot overlast leiden.

Een infiltratievoorziening dient op maat gedimensioneerd te worden. De exacte omvang is onder meer afhankelijk van de mogelijkheid om water op straat te bergen, taluds van de voorziening en de toegestane peilstijging. Op basis van de uitgangspunten die zijn ingevoerd in de HNO-tool (zie bijlage 8) dient tenminste een infiltratievoorziening van 5 m<sup>2</sup> te worden gerealiseerd om de eerder genoemde benodigde berging te realiseren.

#### 6.2.6 Aanvullende eisen

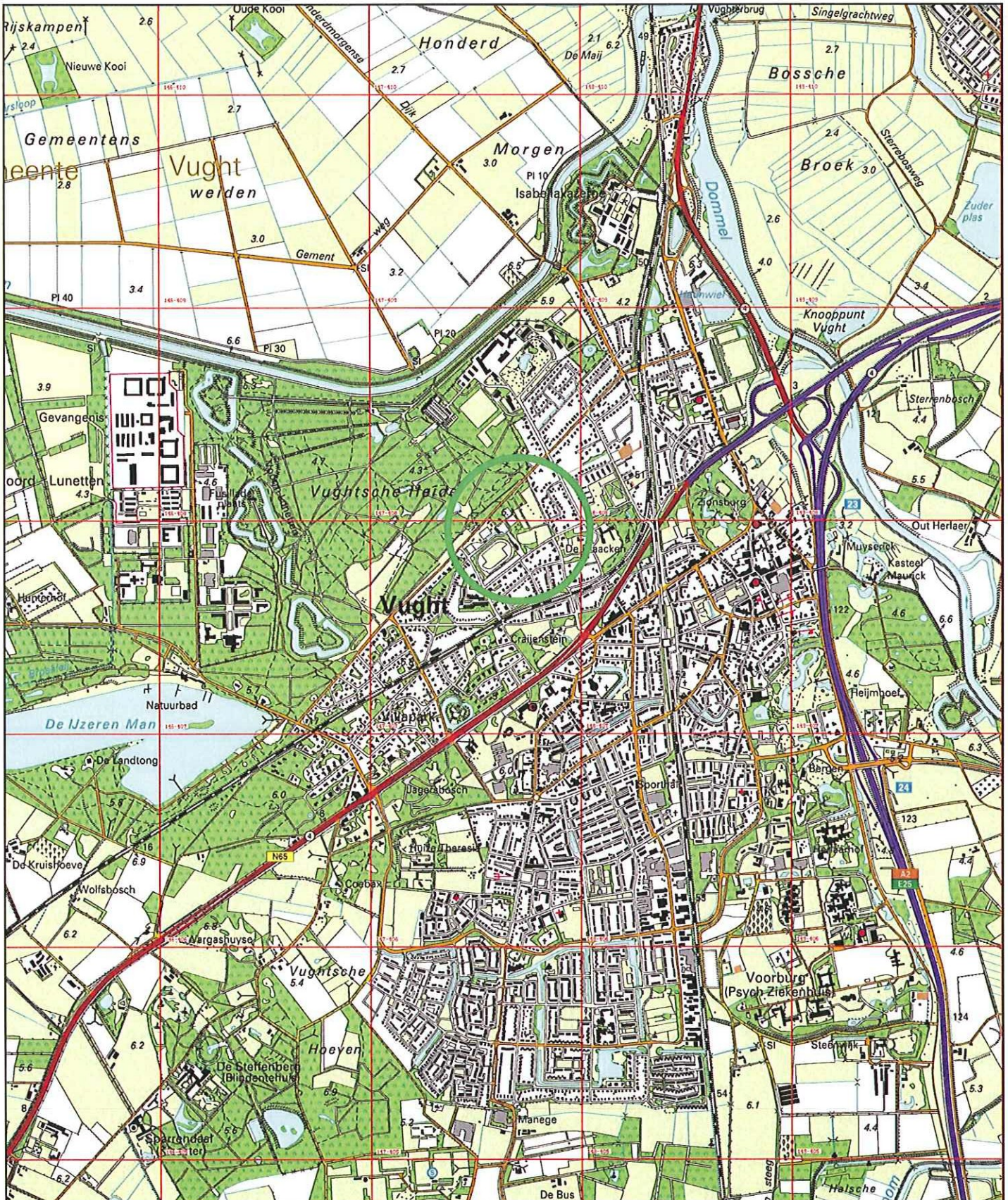
De gemeente Vught stelt een aantal aanvullende eisen aan infiltratievoorzieningen, te weten:

- Infiltratievoorzieningen dienen minimaal 2 m uit de gevels van bebouwing gesitueerd te zijn;
- Om dichtslibben te voorkomen dienen infiltratievoorzieningen te worden voorzien van zand- en bladvang ter plaatse van het instroompunt;
- Indien gekozen wordt voor een wadi, dient er aandacht te worden geschonken aan de ruimtelijke inpassing, bij voorkeur wordt de infiltratievoorziening gecombineerd met een andere functie, zoals een speelvoorziening en/of natuur;
- Infiltratievoorzieningen dienen bij voorkeur inspecteerbaar te zijn;
- Infiltratievoorzieningen worden bij voorkeur gerealiseerd op openbaar terrein;
- Bij voorkeur wordt de infiltratievoorziening beheerd en onderhouden door de gemeente;
- Voor de (vertraagde) afvoer van hemelwater uit de bergingsvoorziening bestaat er een voorkeur voor een V-stuw die afvoert op het hemelwaterriool (bij voorkeur via de oostzijde van de locatie), met onderzijde op hoogte van de GHG en de bovenzijde op hoogte van de maximaal acceptabele waterstand.



## **Bijlage 1: Situatietekeningen**





Omschrijving:  
**Geografische ligging locatie**

Bijlage:  
**1.1**

Tekenaar:  
**HENG**

Schaal:  
**1:25000**

Formaat:  
**A4**

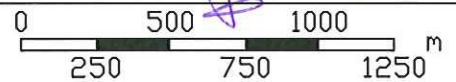
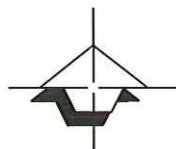
Datum:  
**01-07-2010**

Accoord:

Revisie:  
**27/01/2010**

Project:  
**De Koepel te Vught**  
 Opdrachtgever:  
**Kalliste Woningbouwontwikkeling B.V.**

Projectnummer:  
**20100260**

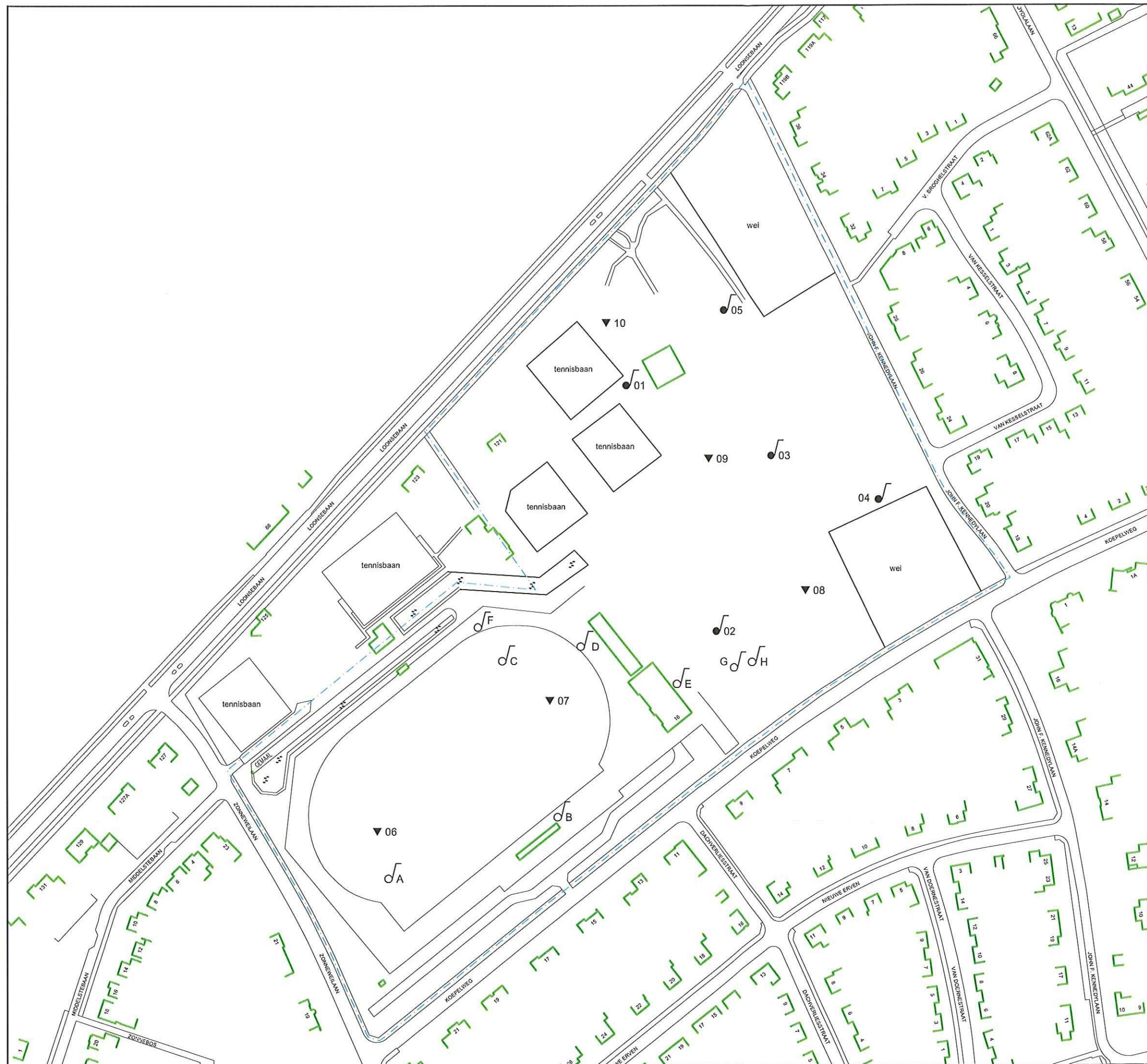


**Geofox-Lexmond**



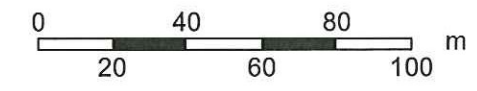
vestiging Tilburg  
 Jules Verneweg 21-15  
 Postbus 2205  
 5001 CE Tilburg  
 (013) 458 21 61  
 (013) 4553089  
 www.geofox-lexmond.nl  
 info@geofox-lexmond.nl





Legenda

- boring
- ♩ boring met peilbuis
- ♩ bestaande peilbuis
- ▼ omgekeerde boorgatmethode
- bebouwing
- - - onderzoekslocatie



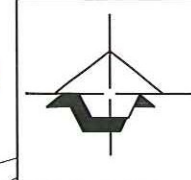
Omschrijving: **Situatietekening** Bijlage: 1.2

Project: **Koepelweg te Vught**

Opdrachtgever: **Kalliste Woningbouwontwikkeling B.V.**

Projectnummer: **20100260**

Tekenaar: HENG Schaal: 1:2000 Formaat: A3 Datum: 01-07-2010 Aanpak:  Revisie: 22/07/2010



**MILIEUADVISEUR**

**Geofox-Lexmond**

vestiging Tilburg  
 Jules Verneweg 21-15  
 Postbus 2205  
 5001 CE Tilburg  
 (013) 458 21 61  
 (013) 455 30 89  
 www.geofox-lexmond.nl  
 info@geofox-lexmond.nl

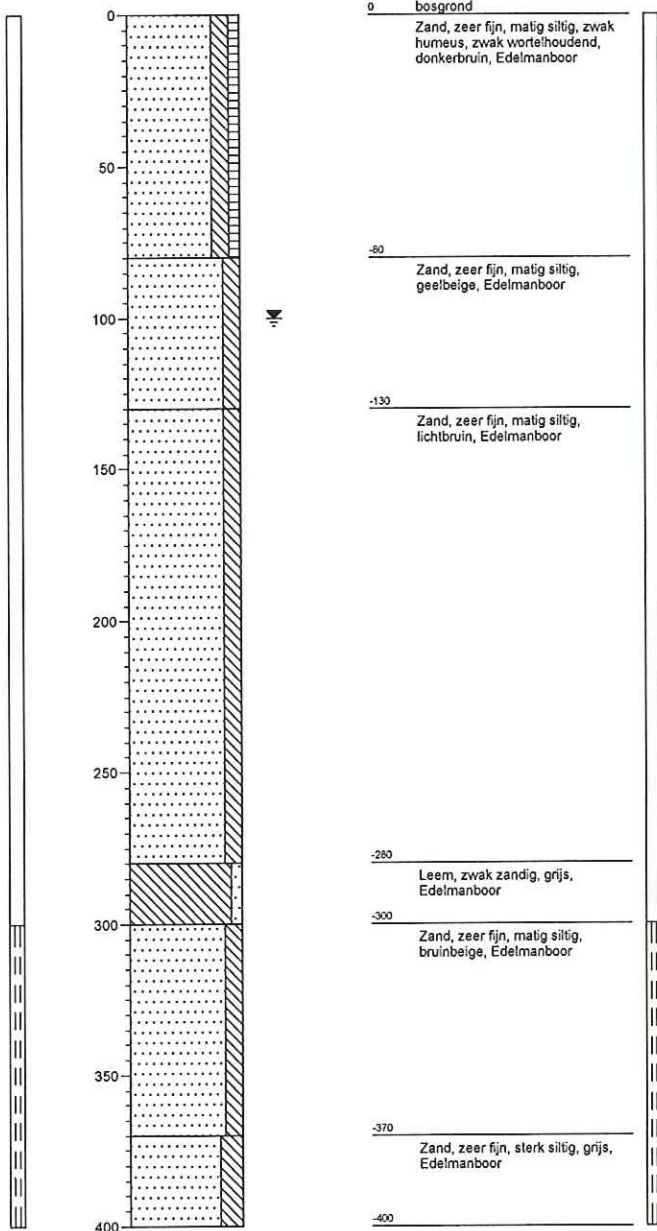


## **Bijlage 2: Boorbeschrijvingen**

# Boring: 01

Datum: 08-03-2010

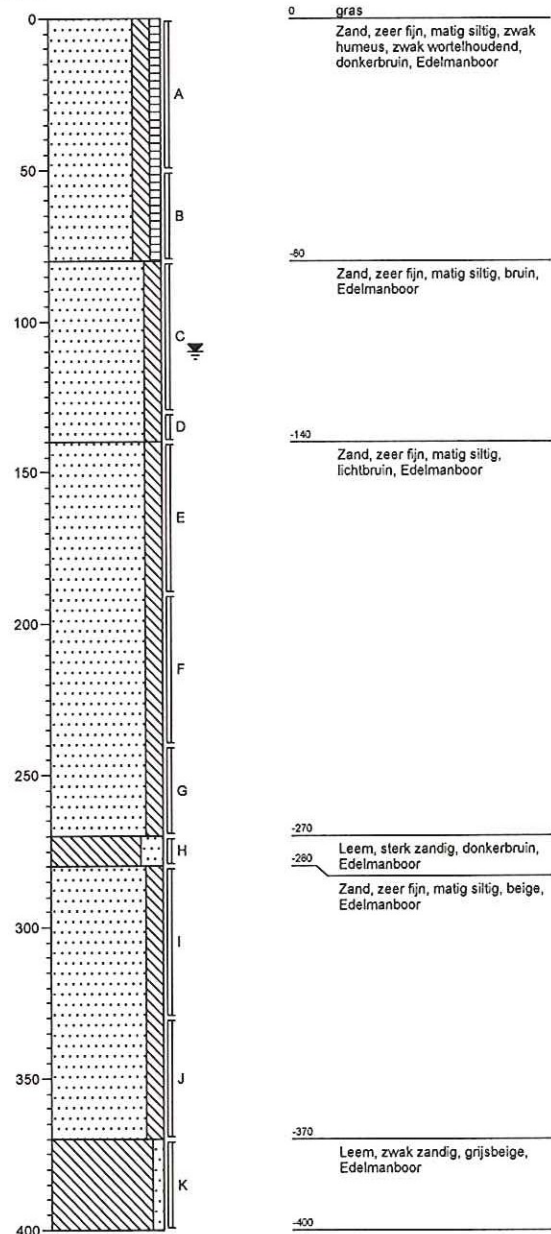
Opmerking: maaiveld



# Boring: 02

Datum: 05-03-2010

Opmerking: maaiveld



Projectnaam: De Koepel te Vught

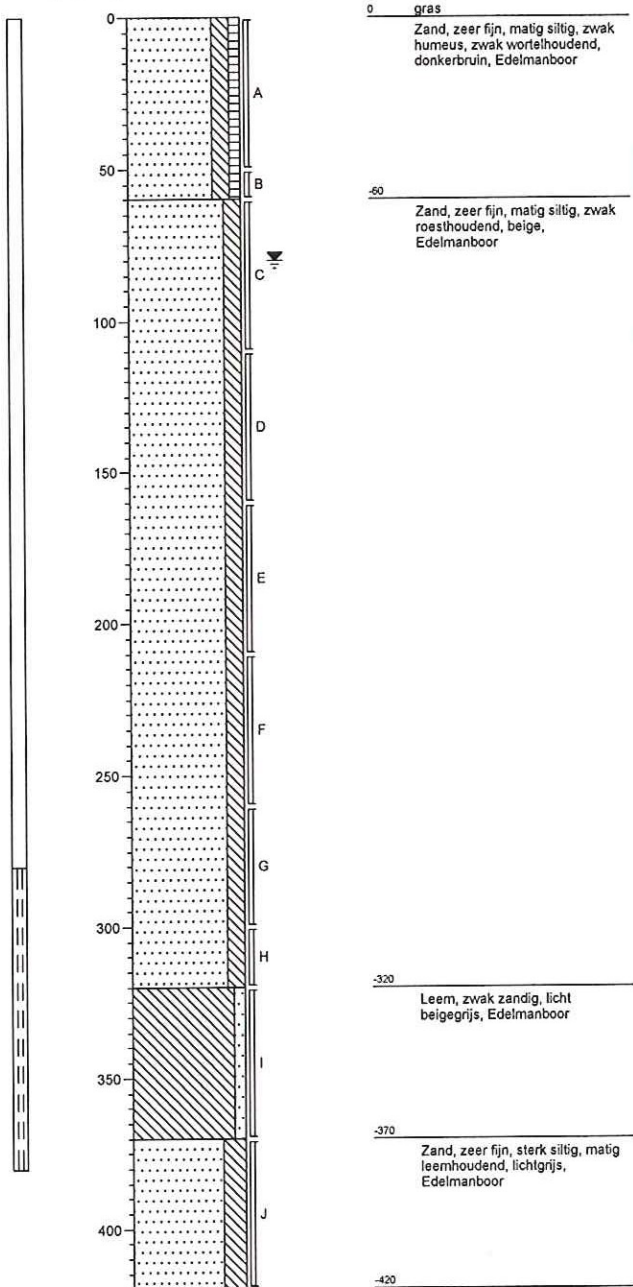
Projectcode: 20100260



# Boring: 03

Datum: 05-03-2010

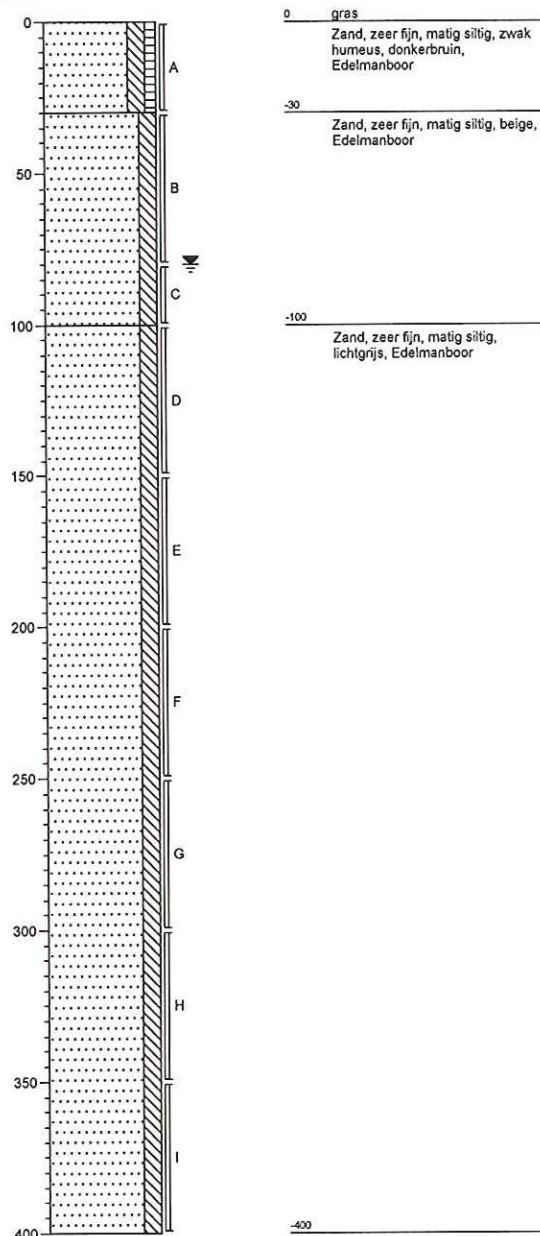
Opmerking: maaiveld



# Boring: 04

Datum: 05-03-2010

Opmerking: maaiveld



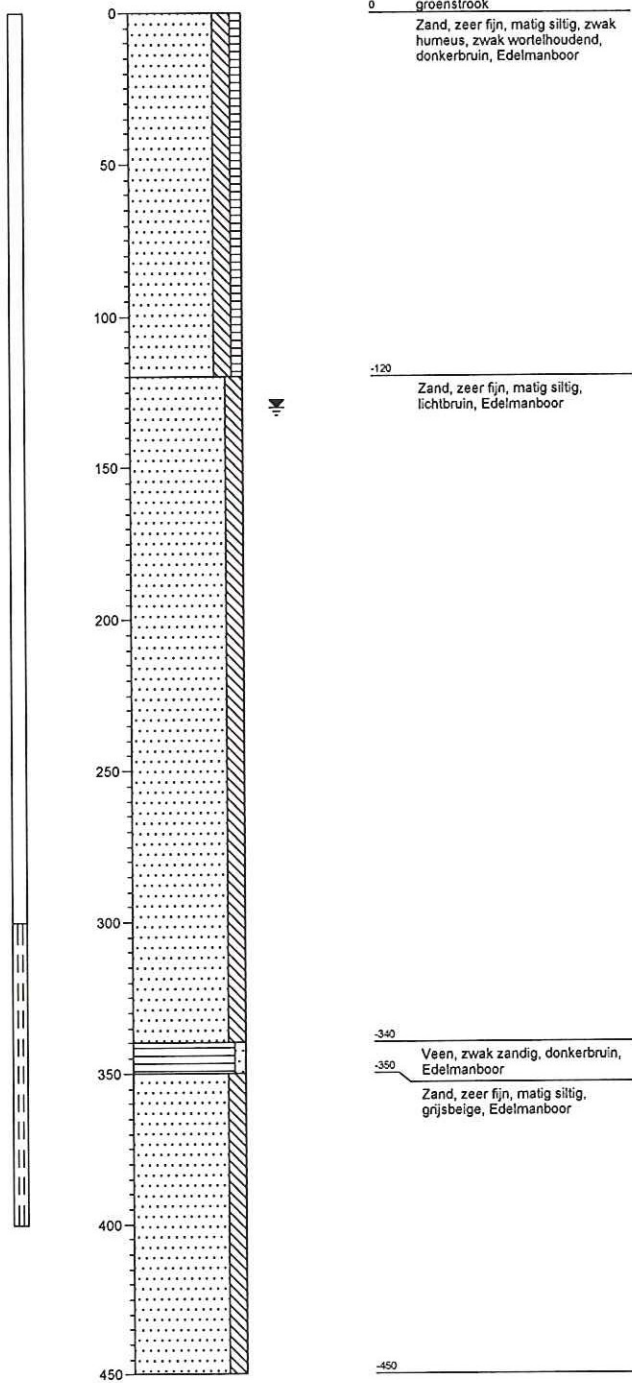
Projectnaam: De Koepel te Vught

Projectcode: 20100260

# Boring: 05

Datum: 08-03-2010

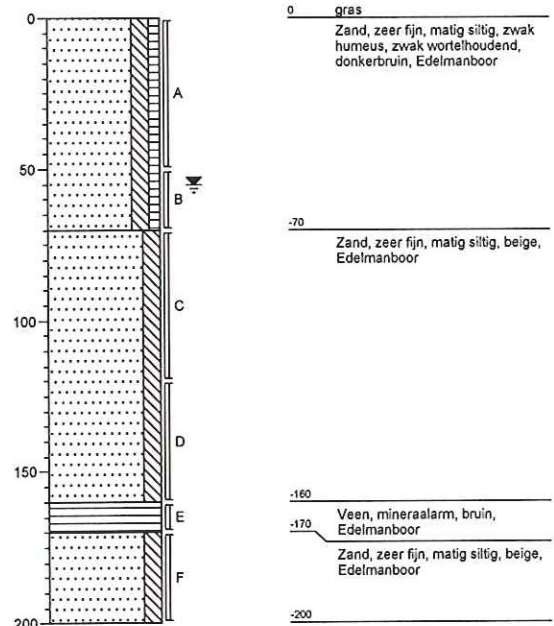
Opmerking: maaiveld



# Boring: 06

Datum: 05-03-2010

Opmerking: maaiveld



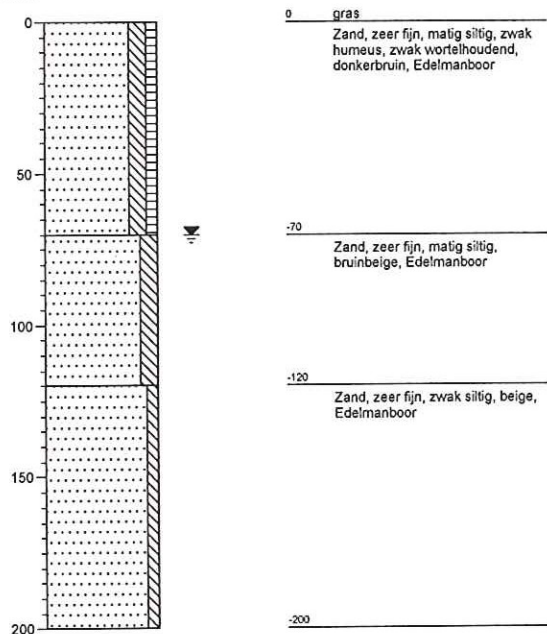
Projectnaam: De Koepel te Vught

Projectcode: 20100260

## Boring: 07

Datum: 05-03-2010

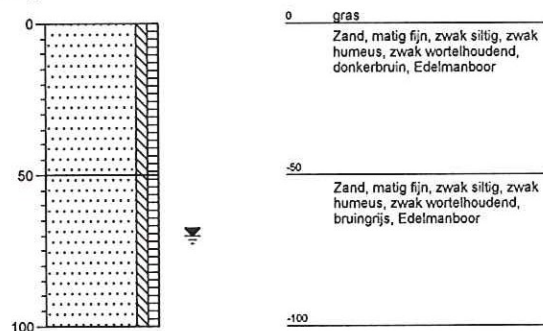
Opmerking: maaiveld



## Boring: 08

Datum: 07-04-2010

Opmerking:



Projectnaam: De Koepel te Vught

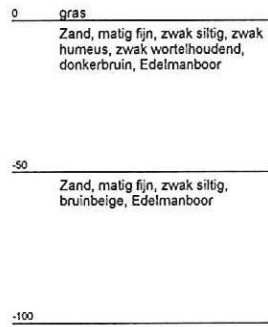
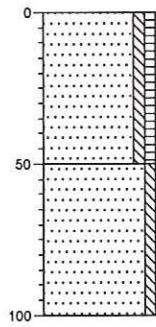
Projectcode: 20100260



## Boring: 09

Datum: 07-04-2010

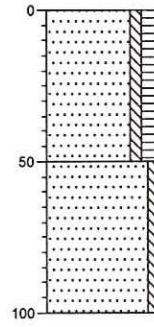
Opmerking:



## Boring: 10

Datum: 07-04-2010

Opmerking:



Projectnaam: De Koepel te Vught

Projectcode: 20100260

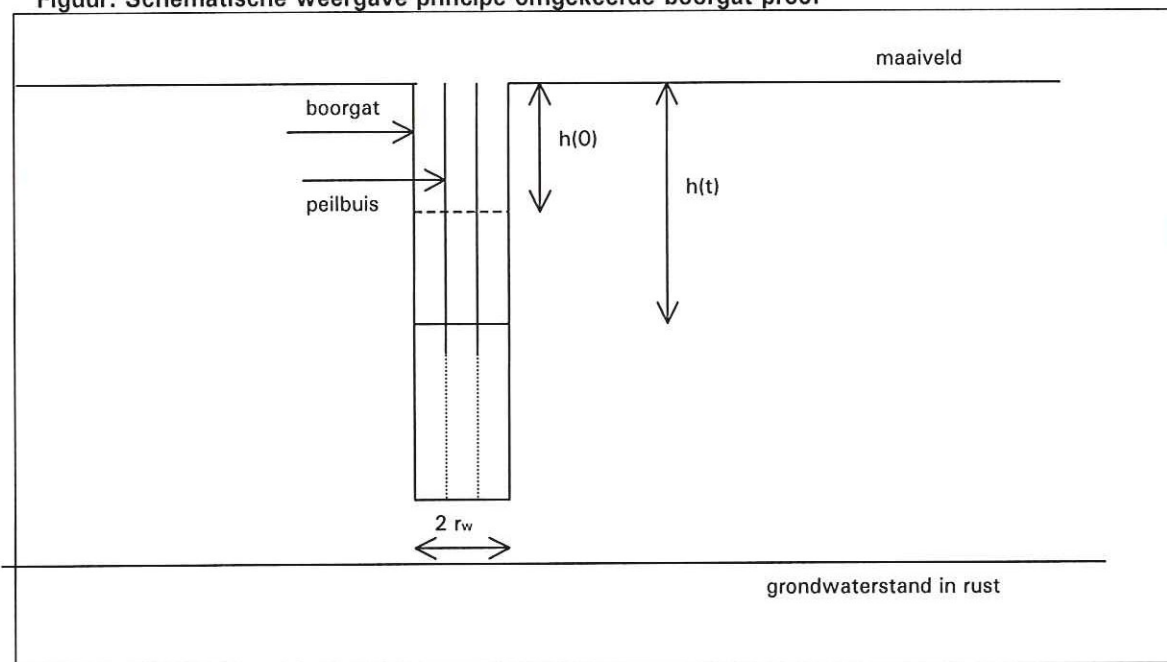
## Bijlage 3: Toelichting Hooghoudt-proef

Voor de bepaling van de horizontale doorlatendheid van de onverzadigde zone in de bodem kan de zogenaamde omgekeerde boorgat-proef, ook wel Hooghoudt-proef of Porchet-proef genaamd, worden uitgevoerd.

Bij deze methode wordt een indicatie over de doorlatendheid van het bodemmateriaal rondom een in een boorgat geplaatste peilbuis verkregen uit het verloop van de daling van de waterstand in de tijd, nadat in korte tijd het boorgat tot een bepaald niveau is gevuld met water. Opgemerkt wordt, dat de actuele grondwaterstand op de locatie nog onder de onderkant van de peilbuis dient te zijn.

Uitgaande van de in figuur 1 weergegeven situatie wordt de doorlatendheid berekend op basis van de vergelijking van Thiem voor stationaire stroming naar een put. Verondersteld wordt dat de hydraulische gradiënt na verloop van tijd ongeveer 1 bedraagt. In dit geval bestaat er een lineaire relatie tussen de logaritme van de waterhoogte in het boorgat en de tijd.

Figuur: Schematische weergave principe omgekeerde boorgat proef



De volgende formules zijn van toepassing:

$$\tan \alpha = \frac{\log(h(0) + r_w / 2) - \log(h(t) + r_w / 2)}{t}$$

$$K = 1,15 * r_w * \tan \alpha$$

waarin:  $h(0)$  = waterhoogte in het boorgat op  $t=0$  t.o.v. van een vast referentiepunt (m);

$r_w$  = straal van het boorgat (m);

$h(t)$  = waterhoogte in het boorgat op tijdstip  $t$  t.o.v. een vast referentiepunt (m);

$K$  = (verzadigde) doorlaatfactor (m/dag);

$t$  = tijd (dagen).

Bij de verwerking van de meetgegevens wordt  $h(0)$  gecorrigeerd voor de niet-lineaire relatie bij aanvang van de meting.

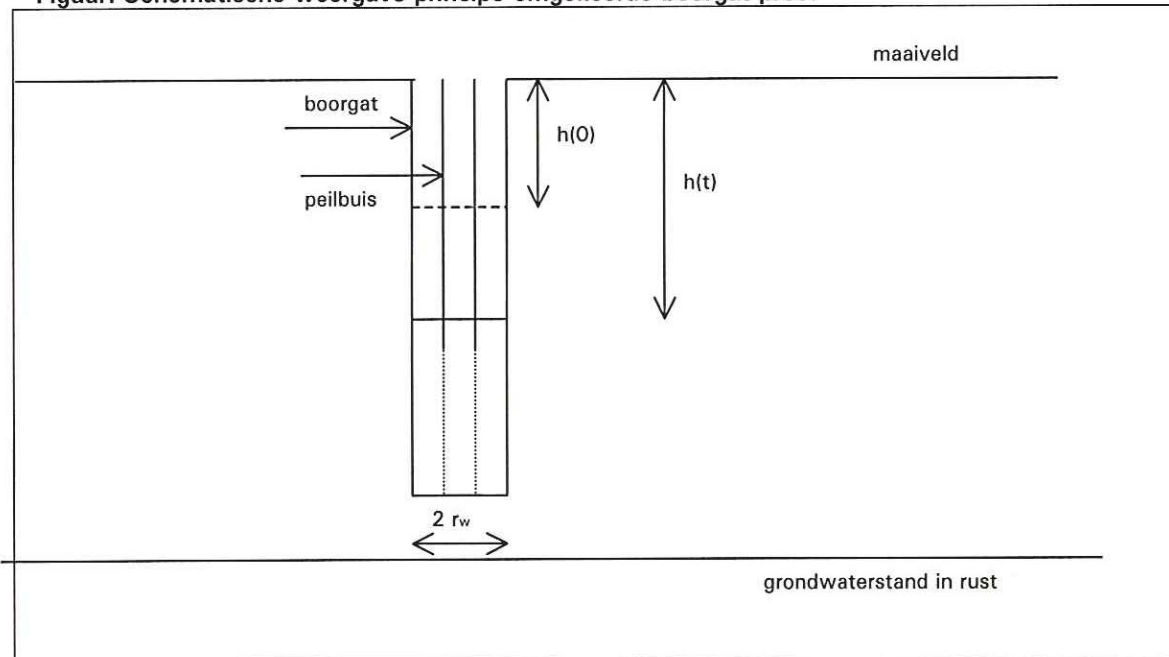


Voor de bepaling van de horizontale doorlatendheid van de onverzadigde zone in de bodem kan de zogenaamde omgekeerde boorgat-proef, ook wel Hooghoudt-proef of Porchet-proef genaamd, worden uitgevoerd.

Bij deze methode wordt een indicatie over de doorlatendheid van het bodemmateriaal rondom een in een boorgat geplaatste peilbuis verkregen uit het verloop van de daling van de waterstand in de tijd, nadat in korte tijd het boorgat tot een bepaald niveau is gevuld met water. Opgemerkt wordt, dat de actuele grondwaterstand op de locatie nog onder de onderkant van de peilbuis dient te zijn.

Uitgaande van de in figuur 1 weergegeven situatie wordt de doorlatendheid berekend op basis van de vergelijking van Thiem voor stationaire stroming naar een put. Verondersteld wordt dat de hydraulische gradiënt na verloop van tijd ongeveer 1 bedraagt. In dit geval bestaat er een lineaire relatie tussen de logaritme van de waterhoogte in het boorgat en de tijd.

**Figuur: Schematische weergave principe omgekeerde boorgat proef**



De volgende formules zijn van toepassing:

$$\tan \alpha = \frac{\log(h(0) + r_w / 2) - \log(h(t) + r_w / 2)}{t}$$

$$K = 1,15 * r_w * \tan \alpha$$

waarin:  $h(0)$  = waterhoogte in het boorgat op  $t=0$  t.o.v. van een vast referentiepunt (m);  
 $r_w$  = straal van het boorgat (m);  
 $h(t)$  = waterhoogte in het boorgat op tijdstip  $t$  t.o.v. een vast referentiepunt (m);  
 $K$  = (verzadigde) doorlaatfactor (m/dag);  
 $t$  = tijd (dagen).

Bij de verwerking van de meetgegevens wordt  $h(0)$  gecorrigeerd voor de niet-lineaire relatie bij aanvang van de meting.

## **Bijlage 4: Analysecertificaten**



Alcontrol Laboratories

ALcontrol B.V.

Steenhouwerstraat 15 - 3194 AG Rotterdam

Tel.: +31 (0)10 231 47 00 - Fax: +31 (0)10 416 30 34

www.alcontrol.nl

## Analyserapport

GEOFOX-LEXMOND Tilburg BV

B. Kuijpers

Postbus 2205

5001 CE TILBURG

Blad 1 van 3

Uw projectnaam : Koepel, Vught  
Uw projectnummer : 20100260  
ALcontrol rapportnummer : 11568583, versie nummer: 1  
Rapport verificatie nummer : 9JU41JG4

Rotterdam, 14-06-2010

Geachte heer/mevrouw,

Hierbij ontvangt u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek ten behoeve van uw project 20100260. Het onderzoek werd uitgevoerd conform uw opdracht. De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op de geteste monsters. De door u aangegeven omschrijvingen voor de monsters en het project zijn overgenomen in dit analyserapport.

Het onderzoek is, met uitzondering van eventueel door derden uitgevoerd onderzoek, uitgevoerd door Alcontrol Laboratories, gevestigd aan de Steenhouwerstraat 15 in Rotterdam (NL).


Dit analyserapport bestaat inclusief bijlagen uit 3 pagina's. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Uitgebreide informatie over de door ons gehanteerde analysemethoden kunt u terugvinden in onze Informatiegids.

Mocht u vragen en/of opmerkingen hebben naar aanleiding van dit rapport, bijvoorbeeld als u nadere informatie nodig heeft over de meetonzekerheid van de analyseresultaten in dit rapport, dan verzoeken wij u vriendelijk contact op te nemen met de afdeling Customer Support.

Wij vertrouwen er op u met deze informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,



R. van Duin  
Laboratory Manager









Alcontrol Laboratories

GEOFOX-LEXMOND Tilburg BV  
B. Kuijpers

Analyserapport

Blad 3 van 3

Projectnaam Koepel, Vught  
Projectnummer 20100260  
Rapportnummer 11568583 - 1

Orderdatum 08-06-2010  
Startdatum 08-06-2010  
Rapportagedatum 14-06-2010

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
droge stof	Grond	Grond: gelijkwaardig aan NEN-ISO 11465, conform CMA/2/II/A.1 Grond (AS3000); conform AS3010-2
organische stof (gloeiverlies)	Grond	Gelijkwaardig aan NEN 6764 (Org. stof gecordgeerd voor 10% lutum)
min. delen <2um	Grond	Eigen methode, pipetmethode
min. delen <16um	Grond	Idem
min. delen <20um	Grond	Idem
min. delen <32um	Grond	Idem
min. delen <60um	Grond	Eigen methode, zeefmethode
min. delen <83um	Grond	Idem
min. delen <125um	Grond	Idem
min. delen <250um	Grond	Idem
min. delen <500um	Grond	Idem
min. delen <1mm	Grond	Idem
min. delen <2mm	Grond	Idem

Monster	Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking
001	A8813301	07-06-2010	07-06-2010	ALC201
002	A8813298	07-06-2010	07-06-2010	ALC201
003	A8813303	07-06-2010	07-06-2010	ALC201
004	A8813282	07-06-2010	07-06-2010	ALC201
005	A8813297	07-06-2010	07-06-2010	ALC201

Paraaf :





## Bijlage 5: Toetsingstabel RAW-criteria

## Resultaten korrelgrootteonderzoek De Koepel (Vught)

### Administratieve gegevens

project : De Koepel te Vught  
 ordernr. : 20100260  
 toetsingsdatum : 16-06-2010

### Input en toetsingsresultaten

Monsternr.	droge stof (%)	organische stof (%)	fractie < 2 µm (%)	fractie < 20 µm (%)	fractie < 63 µm (%)	fractie < 2 mm (%)	voldoet aan criteria ? zand in zandbed aanv./oph
01	85,2	0,4	0,7	0,7	1,9	98,0	ja
02	81,6	0,4	0,7	1,5	3,9	100,0	ja
03	87,1	0,4	0,7	1,5	2,7	97,0	ja
04	85,5	0,4	0,7	0,7	0,7	97,0	ja
05	82,1	0,4	0,7	0,7	2,1	96,0	ja

### Toelichting toetsingscriteria

RAW-eisen zand in zandbed

- percentage organische stof <= 3%
- percentage "fractie < 63 µm" <= 15%<sup>2)</sup>
- percentage fractie < 2 µm <= 8%
- percentage "fractie < 63 µm" <= 50%

RAW-eisen zand in aanv./oph.

1) van de fractie door zeef 2 mm

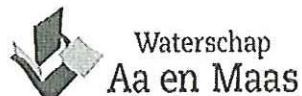
2) indien het onder 1) genoemde gehalte 10-15% bedraagt mag bovendien het gehalte aan minerale deeltjes door zeef 20 µm van de fractie door zeef 2 mm ten hoogste 3% bedragen



## **Bijlage 6: Uitdraai HNO-tool**

## Algemeen

Naam project: De Koepel te Vught  
 Contactpersoon initiatiefnemer: Björn Moust  
 Datum: 21-06-2010



## Kenmerken projectgebied

Bruto oppervlak projectgebied	75000	m <sup>2</sup>
Bestaand verhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>
Nieuw totaal verhard oppervlak	1000	m <sup>2</sup>
Netto te compenseren oppervlak	1000	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 1 (volledig verhard)	1000	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 2 (semi-verhard)	0	m <sup>2</sup>
Infiltratiepercentage semi-verhard oppervlak	50	%
Maaipeilniveau nieuw verhard oppervlak	4.5	m + NAP
GHG	3.1	m + NAP
Infiltratiesnelheid bodem	3.0	m/dag

## Systeemelen aan berging in projectgebied

### Dimensies voorziening

Lengte voorziening	40.0	m
Talud voorziening (1:x)	1.0	
Maximale peilstijging (in normaal nat jaar)	0.2	m
Maximale peilstijging bij T=10 jaar scenario	0.3	m
Maximale peilstijging bij T=100 jaar scenario	0.5	m
<b>Afvoercoëfficiënten voorziening</b>		
Afvoercoëfficiënt bij T=10 jaar scenario	0.67	l/s/ha
Afvoercoëfficiënt bij T=100 jaar scenario	1.34	l/s/ha

## Resultaten

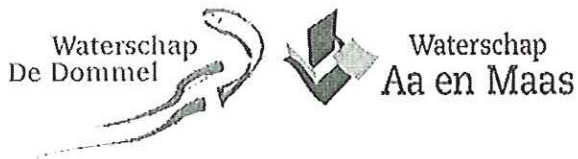
### Totale benodigde berging in projectgebied

Berging voor infiltratie	2	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=10 jaar	22	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=100 jaar	37	m <sup>3</sup>
<b>Ontwerp infiltratievoorziening</b>		
Ruimtebeslag	16	m <sup>3</sup>
Maximale berging in normaal nat jaar	2	m <sup>3</sup>
Maximale ledigingsijd in normaal nat jaar	2	uren
Berging bij extreme neerslag		
T=10 jaar	3	m <sup>3</sup>
T=100 jaar	7	m <sup>3</sup>
<b>Ontwerp bergingsvoorziening voor extreme neerslagsituaties</b>		
Ruimtebeslag	84	m <sup>3</sup>
Berging bij T=10 jaar	22	m <sup>3</sup>
Berging bij T=100 jaar	37	m <sup>3</sup>
Afvoercapaciteit bij T=10 jaar	0.2	m <sup>3</sup> /uur
<b>Berging 'tussen de stoepranden'</b>		
Berging bij T=100 jaar	0	m <sup>3</sup>





**Toelichting**



Neerslag die valt op verhard oppervlak wordt sneller naar het oppervlaktewater afgevoerd dan neerslag die op onverhard oppervlak valt. In het geval dat er verharding wordt aangelegd op een locatie waar eerst geen verharding aanwezig was, is er dus sprake van een versnelde lozing naar het oppervlaktewater. Dit heeft gevolgen voor de aanvulling van het grondwater en de afvoer uit het projectgebied bij neerslagsituaties. Deze gevolgen dienen gecompenseerd te worden door infiltratie en berging in het projectgebied.

**Opmerkingen**

- voor de doorlatendheid is een conservatieve waarde genomen (3,0 m/dag)
- toename verharding is onbekend;
- dimensies voorziening is daarom berekend per 1000 m2 toename aan verharding;

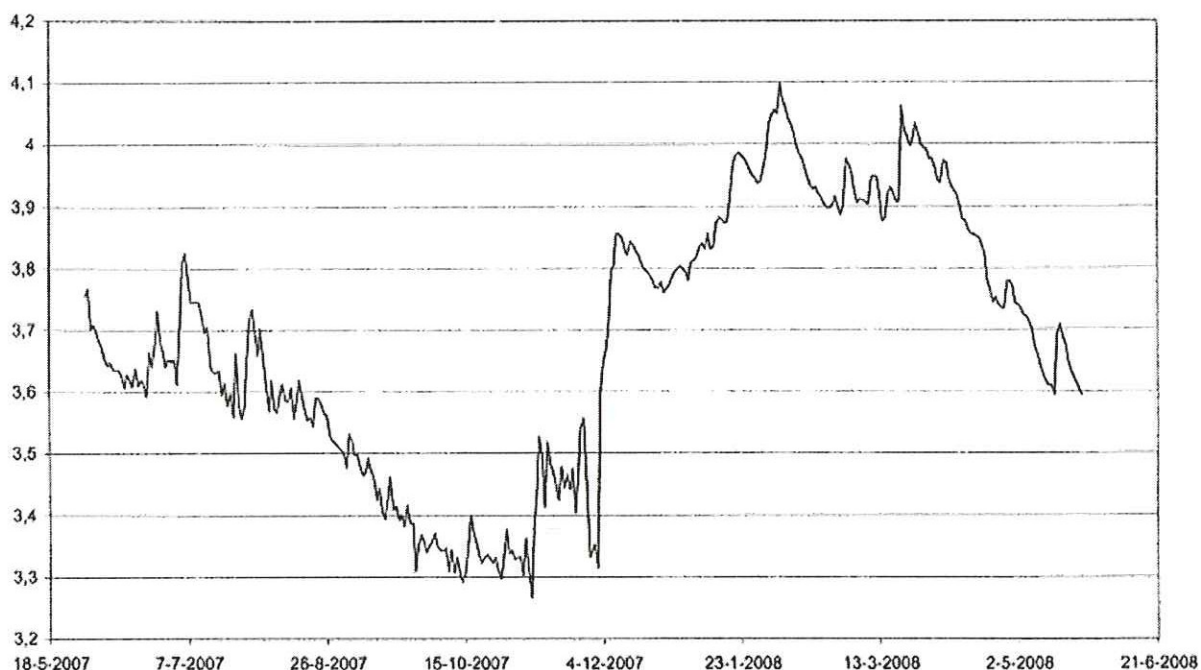
№	Naam	Adres	Oppervlakte (m2)	Verharding (%)	Berekening	Resultaat
1	Wijk 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100					

## **Bijlage 7: Grondwaterstandsmetingen uit eerder uitgevoerd onderzoek**



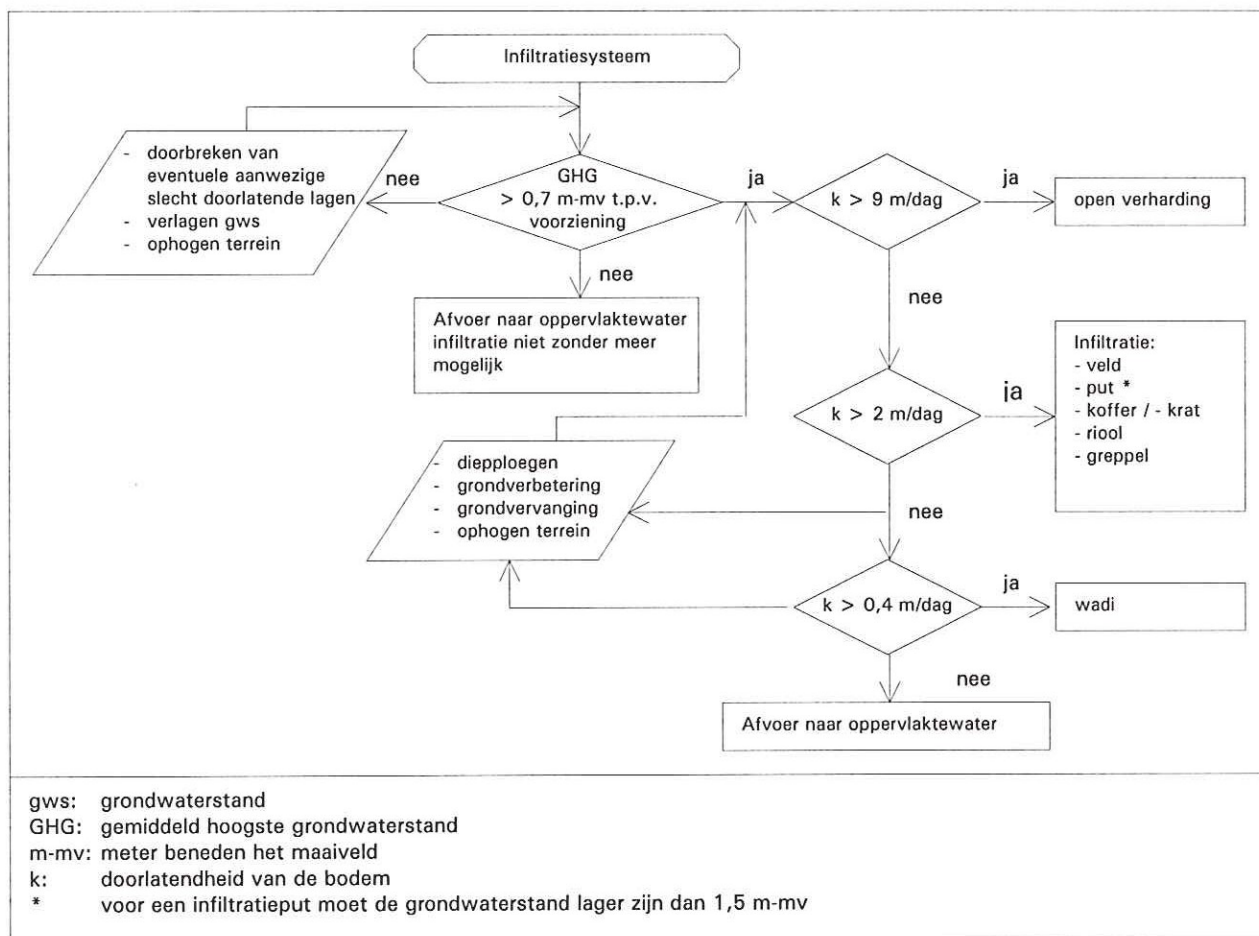
Datum	Peilbuis A maaiveld 4,82 m + NAP	Peilbuis B maaiveld 4,82 m + NAP	Peilbuis C maaiveld 4,82 m + NAP	Peilbuis G maaiveld 4,82 m + NAP
30-05-'07	0,92	0,91	1,02	0,96
28-06-'07	1,06	1,07	1,16	1,14
13-07-'07	1,02	0,99	1,09	1,06
26-07-'07	1,14	1,13	1,22	1,20
28-08-'07	1,18	1,17	1,26	1,22
27-09-'07	1,32	1,29	1,40	1,34
16-10-'07	1,34	1,32	1,42	1,35
14-11-'07	1,13	1,14	1,18	1,16
27-11-'07	1,06	1,08	1,14	1,11
14-12-'07	1,22	1,10	1,17	1,14
14-01-'08	0,83	0,83	0,92	0,85
28-01-'08	0,78	0,74	0,80	0,79
14-02-'08	0,75	0,70	0,77	0,77
28-02-'08	0,81	0,75	0,83	0,84
14-03-'08	0,86	0,73	0,88	0,91
28-03-'08	0,82	0,82	0,82	0,81
14-04-'08	0,90	0,88	0,90	0,86
28-04-'08	1,00	0,94	1,02	0,97

N.B. Er zijn enkel gegevens getoond van peilbuizen die momenteel nog bestaan. Van peilbuis 4 (maaiveld 4,84 m + NAP) zijn meetgegevens voor een kalenderjaar bekend, de meetreeks is hieronder weergegeven (bron: bodemkundig/hydrologisch onderzoek De Koepel/ Kennedylaan Vught, Arcadis, 11 augustus 2008, kenmerk 110502/ZF8/2H0/201580).





## **Bijlage 8: Beslisschema gebruik/infiltratie van hemelwater**



(bron: Hemelwater binnen perceelgrens, SBR/ISSO, publicatie 70.1, mei 2002)