

Koningsbergenstraat 2
7418 ER Deventer

tel: 0570-504180
fax: 0570-504190

www.cso.nl

Geohydrologisch onderzoek t.b.v. infiltratie van hemelwater
"bestemmingsplan Haart", gemeente Aalten

Opdrachtgever	
Pouderoyen Compagnons Contactpersoon De heer G. Yntema	
CSO adviesbureau	
Projectcode CSO / rapportnummer	08J063 / 08.RJ052
Datum	22 september 2008
Projectleider	Ing. N.B.J. Lurvink
Adviseur	Ing. R.R. Mol



Inhoudsopgave

		Blz.
1	Inleiding	2
2	Achtergronden	3
2.1	Terreingegevens	3
2.2	Regionale Geohydrologie.....	3
2.3	Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem.....	4
3	Uitgevoerd onderzoek	6
4	Resultaten	7
4.1	Veldwerkzaamheden	7
4.2	Infiltratie proeven	7
5	Bespreking resultaten en evaluatie	10
5.1	Bespreking resultaten.....	10
5.2	Consequenties voor eventuele infiltratie	10
6	Conclusies	12

Bijlagen

Bijlage 1	Regionale ligging van de onderzoekslocatie
Bijlage 2	Overzichtstekening met situering boorpunten
Bijlage 3	Boorbeschrijvingen
Bijlage 4	Meetresultaten

1 Inleiding

In opdracht van Pouderoyen Compagnons, namens de gemeente Aalten, heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd ter plaatse van plangebied “Haart” aan de Liefersdijk te Aalten, gericht op de capaciteit van de bodem met betrekking tot de infiltratie van hemelwater.

Aanleiding voor het uitvoeren van het infiltratieonderzoek is de geplande ontwikkeling van het plangebied ten behoeve van woningbouw. De uitbreidingslocatie maakt onderdeel uit van een nieuw bestemmingsplan, dat voor de gehele kern Haart wordt opgesteld.

In het kader van het “Waterbeleid voor de 21^{ste} eeuw” en de daaruit voortvloeiende voorschriften van waterbeheerders, is men voornemens het hemelwater niet meer via het gemeentelijk rioolstelsel af te voeren naar de waterzuiveringsinstallatie maar dit te infiltreren in de bodem. Om de mogelijkheden van infiltratie van hemelwater op de locatie te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van de planlocatie uitgevoerd.

Doel van het onderzoek is het bepalen van de doorlatendheid en daarmee de infiltratiemogelijkheden van de bodem ter plaatse van de toekomstige voorzieningen. Omdat in deze fase van de planvorming de wijze en locatie van eventueel infiltreren nog niet bekend zijn, zijn op verschillende delen van het terrein doorlatendheidsmetingen (infiltratiemetingen) uitgevoerd.

In dit rapport wordt ingegaan op de beschikbare gegevens en de onderzoeksopzet, de uitvoering en de resultaten van het veldonderzoek. Ten slotte worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Achtergronden

2.1 Terreingegevens

De regionale ligging van de locatie is weergegeven in bijlage 1. In kaartbijlage 2 is een overzicht van de locatie met situering van de boorpunten weergegeven. In onderstaand overzicht zijn de algemene gegevens van de locatie opgenomen.

- Adres : hoek van de Haartseweg met de Lieversdijk te Aalten.
- Oppervlakte : circa 1,3 hectare
- Huidig gebruik : weiland
- Toekomstig gebruik : woningbouw

Het plangebied gaat plaats bieden aan een gevarieerd aanbod aan woningen, welke binnen de huidige structuur van de kern passen. Tevens dient ruimte gereserveerd te worden voor twee op termijn aan te leggen ontsluitingswegen. De aanleg zal gefaseerd worden uitgevoerd.

2.2 Regionale Geohydrologie

De navolgende gegevens zijn ontleend aan de Grondwaterkaart van Nederland, blad 34west / 41west (TNO-Dienst Grondwaterverkenning, 1972). De regionale bodemopbouw in de omgeving kan globaal als volgt worden geschematiseerd:

Tabel 2.1 Regionale opbouw

Diepte t.o.v. NAP (meter)	Geologische omschrijving	Lithostratigrafie	Bodemsoort
+35 tot +26	Deklaag	Formatie van Twente	Matig fijn tot matig grof zand, plantenresten
+26 tot +16	Eerste watervoerend pakket Keileemlaag	Formatie van Drenthe	Middel fijn tot matig grof zand, plantenresten Keileem
> +16	Scheidende laag	Tertiair	Uiterst fijn zand, keileem

Het eerste watervoerend pakket heeft een doorlaatvermogen (transmissiviteit) van circa 500 m²/dag.

Het maaiveld ter plaatse van het plangebied bevindt zich op circa 35 m+NAP. Het grondwater bevindt zich op een diepte van circa 1,5 m-mv. Het grondwater in het eerste watervoerend pakket stroomt regionaal in westelijke richting. Het ondiepe grondwater stroomt vermoedelijk in westelijke richting.

Uit de wateratlas van de Provincie Gelderland blijkt verder:

- ter plaatse van het plangebied is sprake van matige tot sterke infiltratie
- het plangebied ligt niet binnen een grondwaterbeschermingsgebied. Het dichtstbijzijnde beschermingsgebied ('t Loohuis) bevindt zich op een afstand van circa 3,0 kilometer ten westen van de locatie (stroomafwaarts)
- in de omgeving van het plangebied bevinden zich geen grondwateronttrekkingen die van invloed zijn op stromingsrichting van het grondwater
- het grondwater is zoet
- de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) bedraagt 0,8 tot 1,2 m-mv
- de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) bedraagt 1,6 tot 2,0 m-mv
- de zettingsgevoeligheid bedraagt 1,0 tot 1,5 centimeter

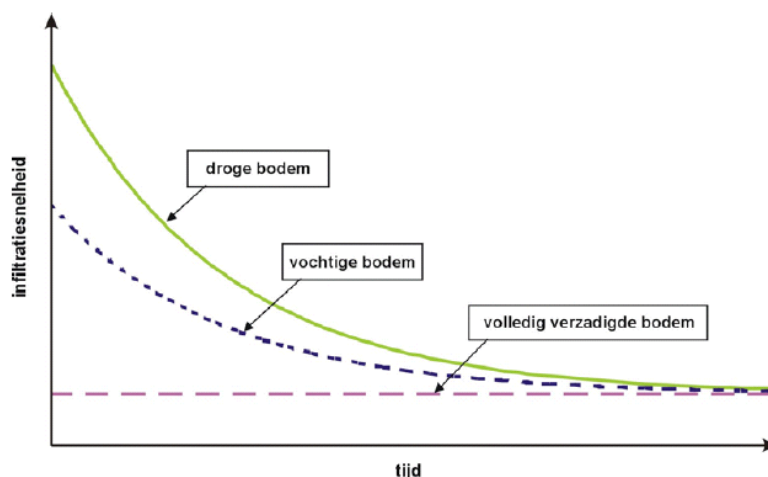
2.3 Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem

De infiltratiecapaciteit van de ondergrond verschilt per type ondergrond. Bij de dimensionering van een infiltratievoorziening is het van belang uit te gaan van een zo correct mogelijke inschatting van de infiltratiecapaciteit. Infiltratietesten zijn een hulpmiddel om een inschatting te maken van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Het heeft echter weinig zin om de infiltratiecapaciteit te testen van gronden waarvan op basis van literatuurgegevens een veel te kleine doorlaatbaarheid wordt verwacht (klei, leem en veen).

De ondergrond bestaat uit een onverzadigde en een verzadigde zone. De doorlaatbaarheid (of doorlatendheid of infiltratiecapaciteit) van beide zones wordt gekarakteriseerd door de hydraulische geleidbaarheid K . In de verzadigde zone is de hydraulische geleidbaarheid een constante (K_{sat}), in de onverzadigde zone is dit niet het geval. In de onverzadigde zone speelt de zuigcapaciteit van de bodem een belangrijke rol en is de hydraulische geleidbaarheid een functie van die zuigcapaciteit, die op haar beurt weer een functie is van het watergehalte van de bodem. Zo zal bij een initieel drogere bodem de infiltratiesnelheid groter zijn dan bij een initieel vochtige bodem. De infiltratiesnelheid zal afnemen naarmate het watergehalte in de bodem stijgt, totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert. Het is aan te raden deze constante waarde te gebruiken als (veilige) waarde voor de infiltratiecapaciteit bij de dimensionering en de berekening van het ledigingsdebiet van de infiltratievoorziening.

Figuur 1 geeft aan dat de infiltratiecapaciteit van een droge bodem veel groter is dan de infiltratiecapaciteit van een volledig verzadigde bodem. Dit betekent dat het beter is te voorkomen dat de infiltratie leidt tot langdurige vernatting, omdat dit de effectiviteit van een infiltratievoorziening sterk vermindert. Bij de interpretatie van infiltratiemetingen als door ons uitgevoerd (omgekeerde boorgatmethode) wordt met bovengenoemde processen rekening gehouden. De capaciteit van een infiltratievoorziening vermindert met de tijd door colmatatie (dichtslibbing), een goede aanleg en onderhoud zijn noodzakelijk om de infiltratiecapaciteit te blijven garanderen.

Figuur 1 Infiltratiesnelheid met verschillende initiële watergehalten



De infiltratiecapaciteit van de bodem is tevens afhankelijk van de grondwaterstand. Met name in de winterperiode kunnen hoge grondwaterstanden voorkomen. De Europese Norm hemelwater binnen de perceelgrens [CEN, 2000, in voorbereiding] gaat uit van een minimale dikte van 0,70 m onverzadigde zone boven het hoogste niveau van de grondwaterspiegel (GHG).

De processen zoals hierboven beschreven hebben ook invloed op de interpretatie van de metingen. Aangezien een goede bepaling van de doorlatendheid (k-waarde) van groot belang is voor de dimensionering van de infiltratievoorziening zijn twee methodes gebruikt om deze te bepalen, zie tabel 2.2. De methodes zijn nader uitgewerkt in hoofdstuk 3.

Tabel 2.2 Gehanteerde methode voor bepaling doorlatendheid

Methode	Beschrijving	Nauwkeurigheid
Veldwaarneming	Indicatieve bepaling k-waarde aan de hand van zintuiglijke waarnemingen zoals korrelverdeling, korrelsortering, pakking, siltigheid en humeusiteit	+ subjectieve methode
Omgekeerde boorgatmethode	zie paragraaf 3.2	++++ een betrouwbare methode die rekening houdt met de plaatselijke omstandigheden. Een omgekeerde boorgatmethode meet de doorlatendheid van de bodem op boorpuntniveau.

het aantal + staat voor de mate van nauwkeurigheid

3 Uitgevoerd onderzoek

Op 24 juli 2008 zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd. Ten tijde van uitvoering van het onderzoek, waren de wijze en locatie van eventueel infiltreren nog niet bekend. Om een algemeen beeld van de doorlatendheid van de bodem in het gebied te verkrijgen, zijn verdeeld over het plangebied drie infiltratieproeven uitgevoerd.

De boringen zijn doorgeboord tot de grondwaterspiegel (0,5 tot 0,8 m-mv). Per boring is een boorbeschrijving conform NEN 5104 opgesteld. Op basis van het opgeboorde materiaal zijn in het veld de k-waarden per bodemlaag alsmede de GHG ingeschat en weergegeven in de boorprofielen.

In het proefgat is een HDPE-filter geplaatst (volledig geperforeerd, diameter 7 cm). Het filtermateriaal zorgt ervoor dat het boorgat niet instort tijdens de proef. Allereerst is de grond rondom het filter verzadigd door een ruime hoeveelheid water via het filter te laten infiltreren, waarbij het boorgat enige tijd volledig vol water staat (voorbenatten).

Nadat de bodem verzadigd is, is per boring een infiltratieproef uitgevoerd. Bij één boring is ter verificatie van de betrouwbaarheid van de resultaten een duplo-bepaling uitgevoerd. De uitgevoerde proef is een niet steady-state infiltratieproef (omgekeerde boorgat-methode) waarmee de verzadigde doorlatendheid wordt bepaald. Vanwege de praktisch zeer moeilijk uit te voeren steady-state proef (constant debiet en waterpeil) is gekozen voor de niet steady-state infiltratieproef waarbij het waterniveau in het boorgat afneemt in de tijd.

Het filter in het boorgat wordt wederom gevuld met water waarna door middel van een datalogger de snelheid wordt bepaald waarmee het water uit het boorgat de bodem in zakt. De datalogger (diver) meet maximaal elke twee seconden de hoogte van de waterkolom in het boorgat.

Op basis van de metingen wordt de doorlatendheid van de bodem bepaald. Daarnaast kan op basis van de spreiding in de doorlatendheid tussen de meetpunten worden bekeken hoe homogeen de bodem op de onderzoekslocatie is.

De positie van de in dit onderzoek verrichte boringen zijn ingemeten ten opzichte van een vast punt en op de plattegrond van bijlage 2 weergegeven.

De veldwerkzaamheden zijn verricht door CSO. CSO is ISO 9001, VCA** en BRL2000 gecertificeerd door DNV. Daarnaast is CSO lid van de Vereniging Kwaliteitsborging Bodemonderzoek (VKB).

Perceelnummer 1253 is buiten beschouwing gelaten, aangezien nog geen overeenstemming bereikt is tussen de gemeente Aalten en de eigenaar. Er was derhalve geen toestemming het perceel te betreden. De boringen zijn zo geplaatst op het overige terrein, dat een representatief beeld is verkregen voor het gehele plangebied.

4 Resultaten

4.1 Veldwerkzaamheden

Het opgeboorde materiaal is beoordeeld op kleur, textuur, bijmenging(en) en eventuele bijzonderheden. Op basis van deze zintuiglijke waarnemingen zijn aan de verschillende bodemlagen K-waarden toegekend op grond van gelijkvormigheid van de korrels, korrelsortering (grofheid), leemhoudendheid en organische stof –gehalte. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3.

De bodem bestaat uit matig fijn zand. De bovengrond is tevens sterk humeus. Vanaf 0,8 m-mv komt matig grof zand voor. De doorlatendheid van de ondergrond is geschat op 1 m/dag.

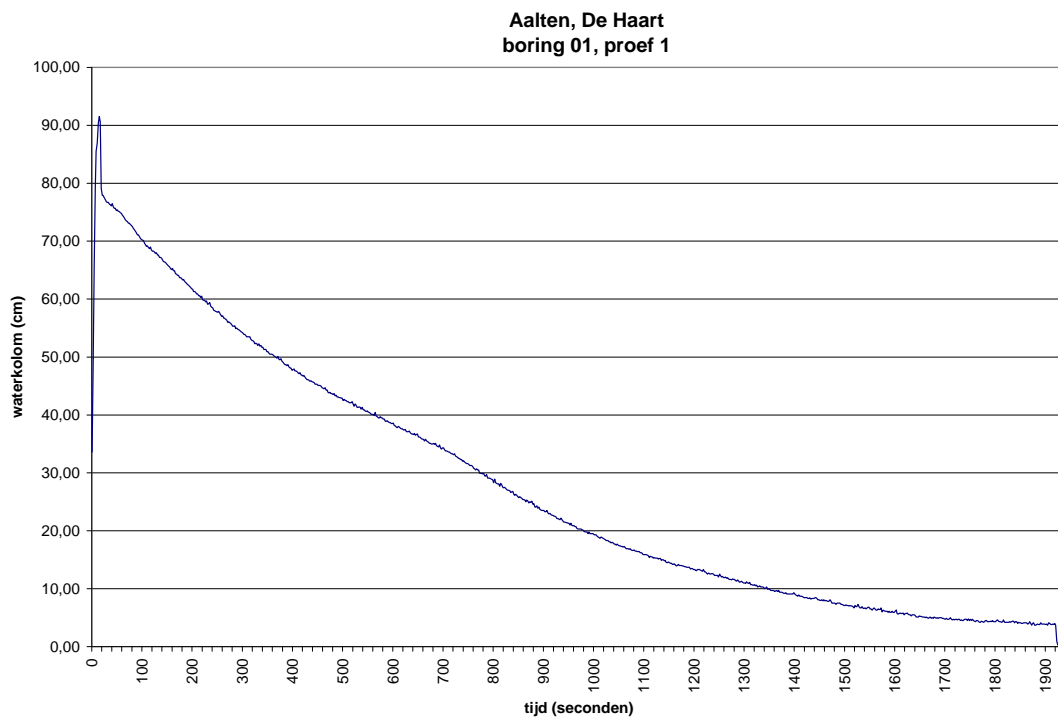
Het grondwater op de locatie is aangetroffen tussen 0,5 en 0,8 m-mv. De GHG ter plaatse van de onderzoekslocatie is geschat op circa 0,5 m-mv.

4.2 Infiltratie proeven

Bij het uitwerken van de meetgegevens is uitgegaan van een benadering “met een afnemend infiltrerend oppervlak”, aangezien het volledige boorgat met water is gevuld en is voorzien van filtermateriaal.

In figuur 2 is als voorbeeld één infiltratiecurve weergegeven (boorgat 01).

Figuur 2 Infiltratiecurve proef 1



Het debiet dat uit het boorgat de bodem inloopt volgt, in samenhang met de vergelijking van Darcy, uit de volgende vergelijking:

$$Q(t) = K * A(t) = -\pi * r^2 * \frac{dh}{dt}$$

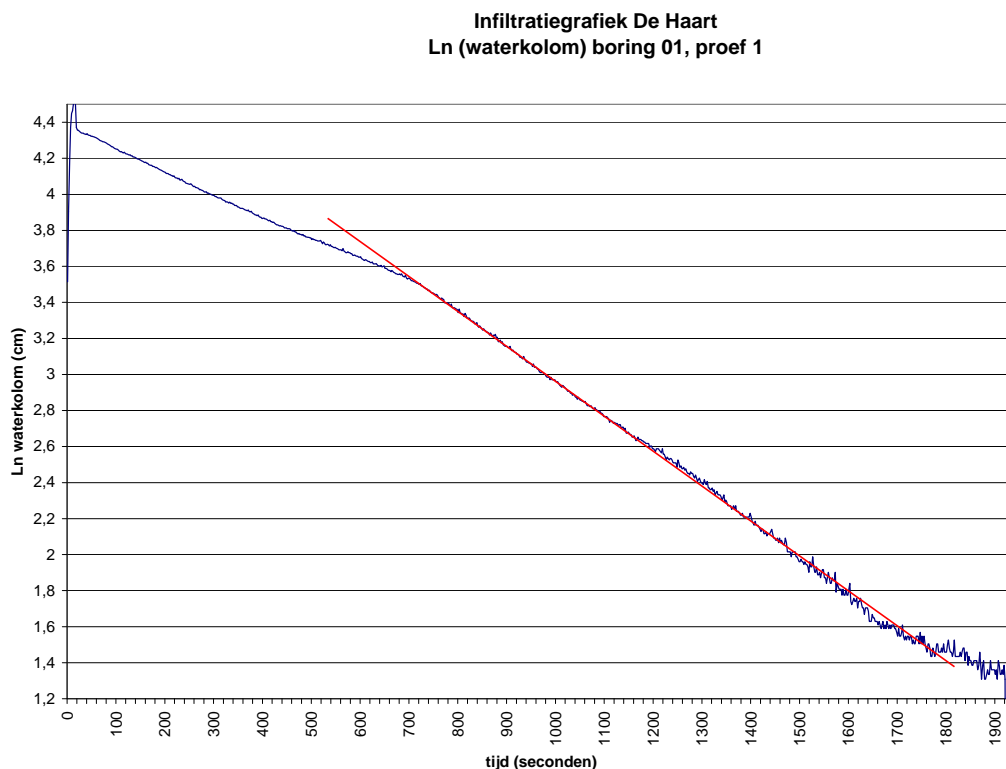
met: K = doorlatendheid (m/sec)
 A = oppervlakte waarover water infiltreert in de bodem (m²)
 h = waterniveau in het boorgat (m)
 t = tijd (s)

Integratie van deze vergelijking leidt tot de vergelijking:

$$K = \frac{r}{2} * \frac{-\Delta(\ln(h(t)))}{\Delta(t)}$$

Beide vergelijkingen veronderstellen dus een lineair verband tussen ln(h) en de tijd. In onderstaande grafiek is ln(h) tegen de tijd uitgezet. De mate waarin het lineair verband aanwezig is wordt door middel van de regressie lijn (rode lijn) weergegeven.

Figuur 3 Lineaire relatie tussen ln(waterkolom) en de tijd



In bijlage 4 zijn de grafieken van de infiltratieproeven van alle boringen weergegeven. De regressielijnen, en daarmee ook de doorlatendheid, hebben voornamelijk betrekking op het bodemtraject van 0,5 m-mv tot de grondwaterstand.

In de onderstaande tabel (tabel 4.1) zijn de berekende k-waarden weergegeven. Ter plaatse van boring 01 is de proef in duplo uitgevoerd.

Tabel 4.1 *Verzadigde horizontale doorlatendheden*

proef	diepe boorgat	liters voorbenat	r (boorgat)	ln (h(t1))	ln (h(t2))	t1	t2	Ksat (m/dag)
01-1	80	10	3,5	3,52	2,64	706	1166	2,9
01-2	80	n.v.t.	3,5	3,5	1,97	750	1516	3,0
02-1	80	10	3,5	3,91	3,49	534	1102	1,1
03-1	50	5	3,5	3,55	3,34	374	884	0,6

Omgekeerde boorgat methode (met afnemend infiltrerend oppervlak)

$$K_{sat} = r_c/2 * ((\ln(h(t1)) - \ln(h(t2))) / (t1 - t2))$$

Ksat = verzadigde horizontale doorlatendheid (cm/sec)

r(boorgat) = straal boorgat (cm)

h(t1) = hoogte waterkolom op t=1 (cm)

h(t2) = hoogte waterkolom op t=2 (cm)

t1 = tijdstip begin van de meting (sec)

t2 = tijdstip einde van de meting (sec)

De spreiding tussen de twee metingen van proef 01 is ongeveer 3%. Gesteld kan worden dat de eenvoudige proeven in de overige boorgaten representatief zijn voor het bepalen van de doorlatendheid ter plaatse.

5 Bespreking resultaten en evaluatie

5.1 Bespreking resultaten

Verdeeld over het plangebied zijn drie boringen tot de grondwaterspiegel uitgevoerd. In de boorgaten zijn infiltratieproeven uitgevoerd. Het grondwater is aangetroffen op een diepte van 0,5 tot 0,8 m-mv.

De bodem bestaat uit matig fijn zand. De bovengrond is tevens sterk humeus. Vanaf 0,8 m-mv komt matig grof zand voor. De doorlatendheid van de ondergrond is geschat op 1 m/dag.

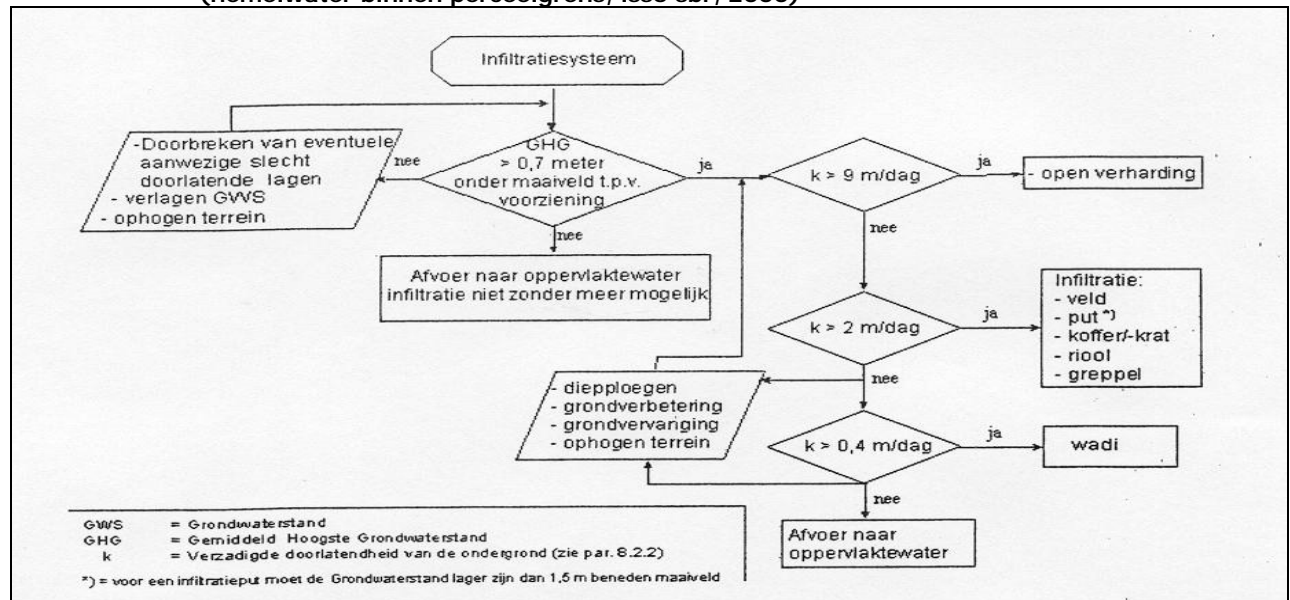
Op basis van de bodemprofielen en de informatie van de wateratlas, wordt ingeschat dat het GHG (gemiddeld hoogste grondwaterniveau) op circa 0,5 m-mv ligt. De dikte van de onverzadigde zone is hier onvoldoende om infiltratievoorzieningen te realiseren.

In tabel 4.1 zijn de gemeten doorlatendheden (m/dag) weergegeven. Aan de hand hiervan kan worden gesteld dat de doorlatendheid van de bodem redelijk tot goed is.

5.2 Consequenties voor eventuele infiltratie

Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen wordt doorgaans de ontwerprichtlijn 'Hemelwater binnen perceelgrens (2000)' gebruikt. Uit het onderstaande stroomschema (figuur 4) zijn de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater op de onderzoekslocatie af te leiden.

Figuur 4 mogelijkheden voor infiltratie hemelwater (hemelwater binnen perceelgrens, isso sbr, 2000)



Op basis van de meetresultaten (K-waarde en GHG) concluderen wij dat de hydrologische situatie in het plangebied niet zonder meer geschikt is voor infiltratie van hemelwater in de bodem.

Wanneer de locatie opgehoogd wordt, zodat de GHG tenminste op 0,7 m-mv ligt, is de hydrologische situatie in het plangebied geschikt voor infiltratie middels wadi's.

Ondergrondse infiltratiesystemen dienen op een minimale afstand van bomen gelegd te worden, welke minimaal gelijk is aan de straal van de kruin. Anders bestaat de kans de je de boom gaat draineren of dat de wortels door het infiltratiesysteem groeien.

Met betrekking tot een mogelijk waterprobleem bij toekomstige woningen kan gesteld worden dat in een homogene zandgrond het water in principe als curve van een normaalverdeling (20 tot 30 graden ten opzichte van verticaal) naar beneden zakt.

6. Conclusies

In opdracht van Pouderoyen Compagnons, namens de gemeente Aalten, heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd ter plaatse van plangebied "Haart" aan de Lieversdijk te Aalten, gericht op de capaciteit van de bodem met betrekking tot de infiltratie van hemelwater.

Aanleiding voor het uitvoeren van het infiltratieonderzoek is de geplande ontwikkeling van het plangebied ten behoeve van woningbouw. De uitbreidingslocatie maakt onderdeel uit van een nieuw bestemmingsplan, dat voor de gehele kern Haart wordt opgesteld.

Om de mogelijkheden van infiltratie van hemelwater te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van de bodem uitgevoerd. De infiltratieproeven zijn gelijkmatig over het plangebied verdeeld omdat de wijze en locatie van eventueel infiltreren nog niet bekend is.

Aan de hand van een beoordeling van de opgeboorde grond en op basis van infiltratieproeven is op drie plaatsen de doorlatendheid van de bodem bepaald. Infiltratie van hemelwater in het plangebied is niet zondermeer mogelijk gezien de hoge grondwaterstand in het gebied.

Op basis van de meetresultaten blijkt dat de hydrologische situatie in het plangebied na ophoging van het maaiveld geschikt is voor infiltratie van hemelwater middels wadi's. Daarnaast bestaat de mogelijkheid open waterberging te realiseren, bijvoorbeeld in de vorm van retentievijvers.

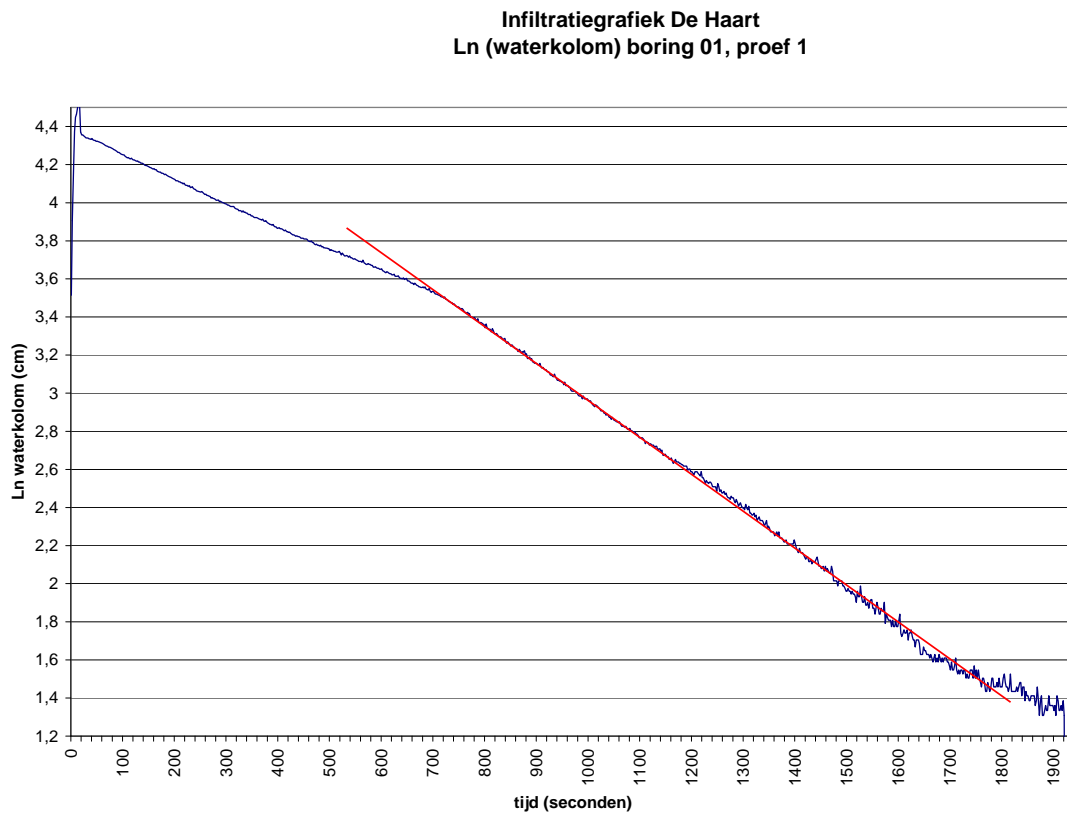
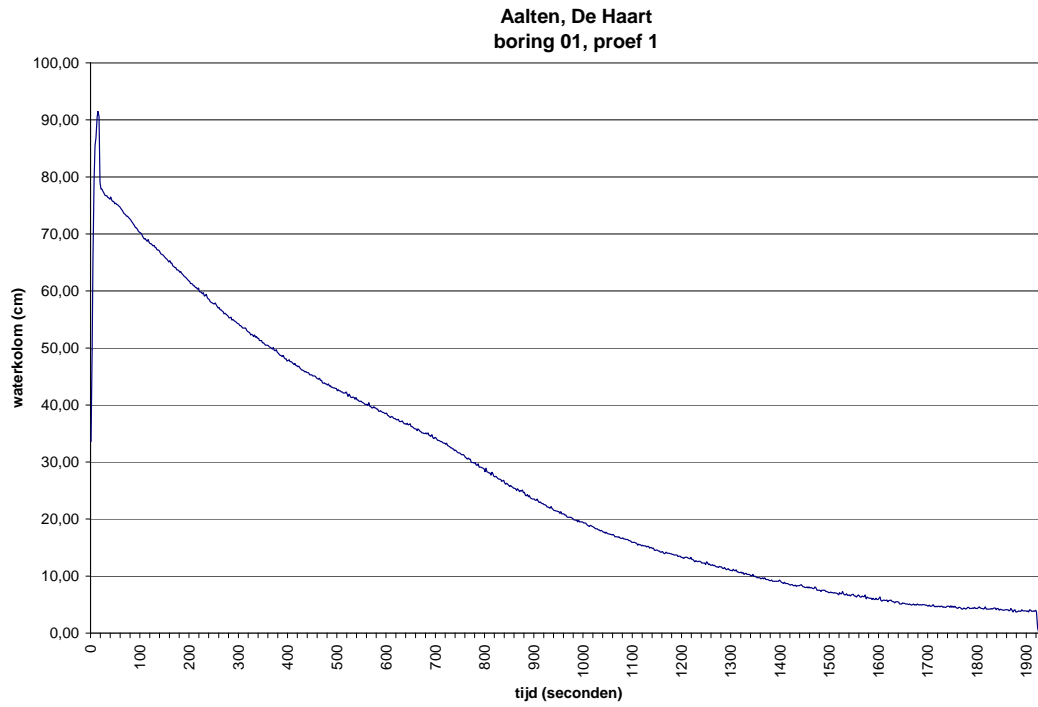
<p>Opgesteld door:</p> <p>Ing. R.R.Mol Adviseur</p>	<p>Akkoord bevonden door:</p> <p>Ing. N.B.J. Lurvink Projectleider bodem & water</p> <p>8 februari 2010</p>
--	--

Bijlage 1 Regionale ligging van de onderzoekslocatie

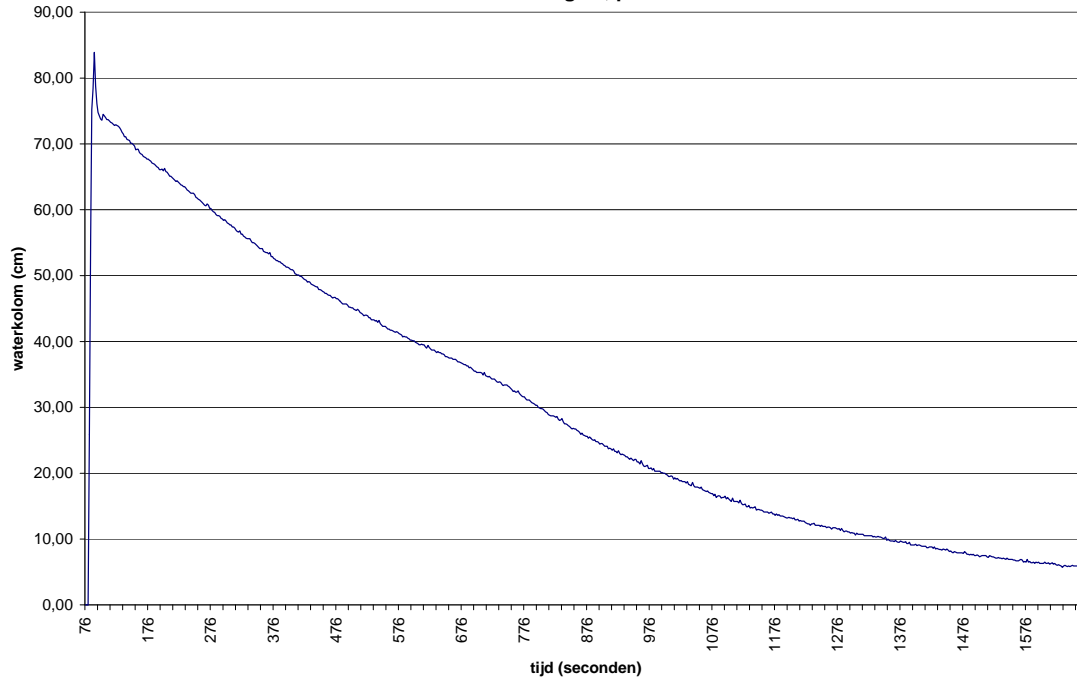
Bijlage 2 Overzichtstekening met situering boorpunten

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen

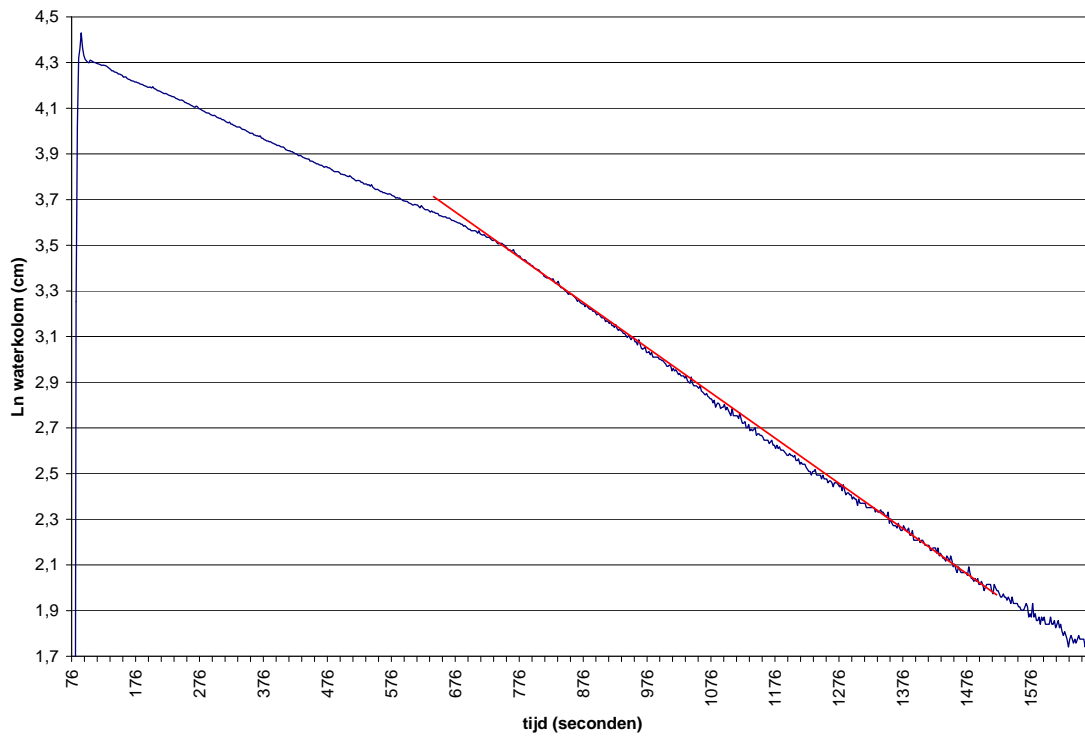
Bijlage 4 Meetresultaten



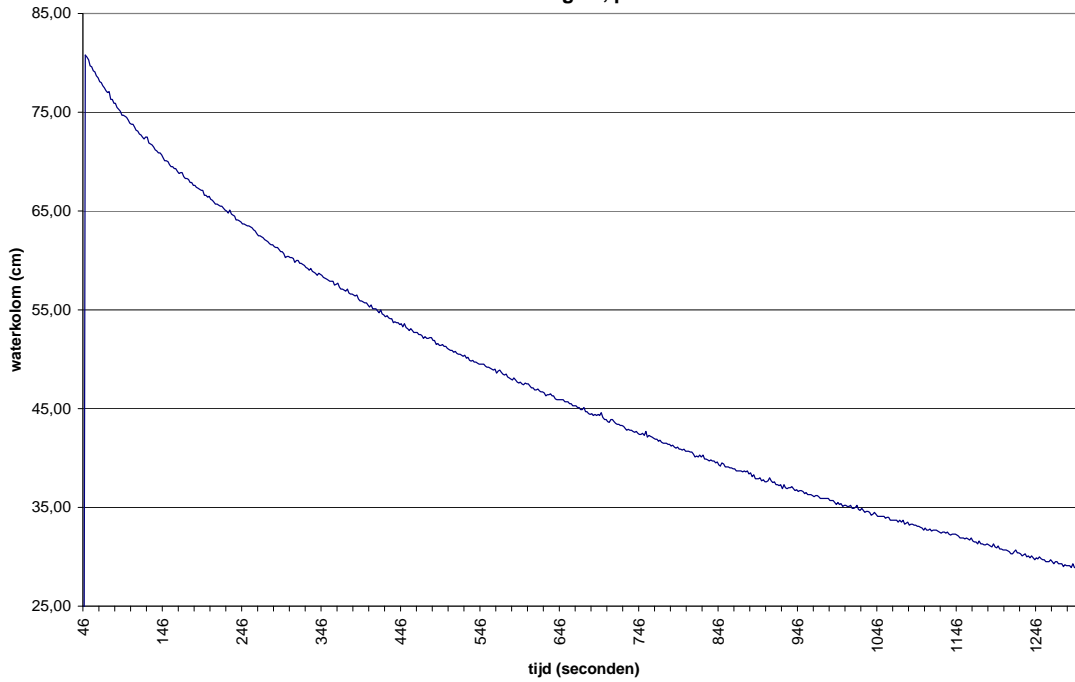
**Aalten De Haart
boring 01, proef 2**



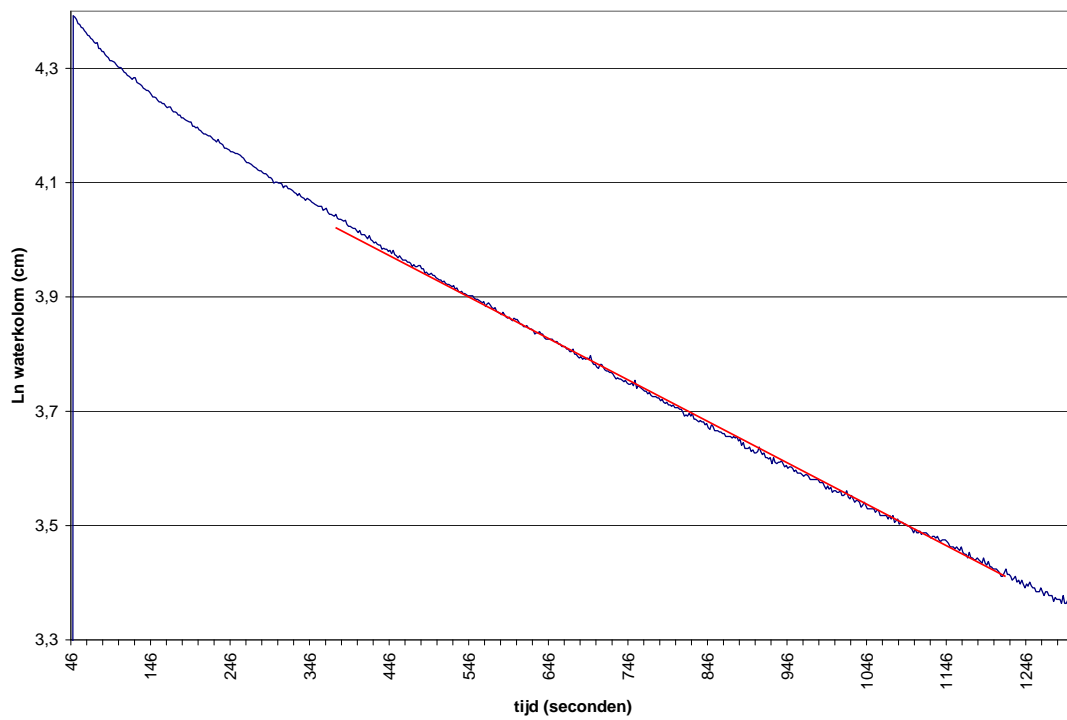
**Infiltratiegrafiek De Haart
Ln (waterkolom) boring 01, proef 2**



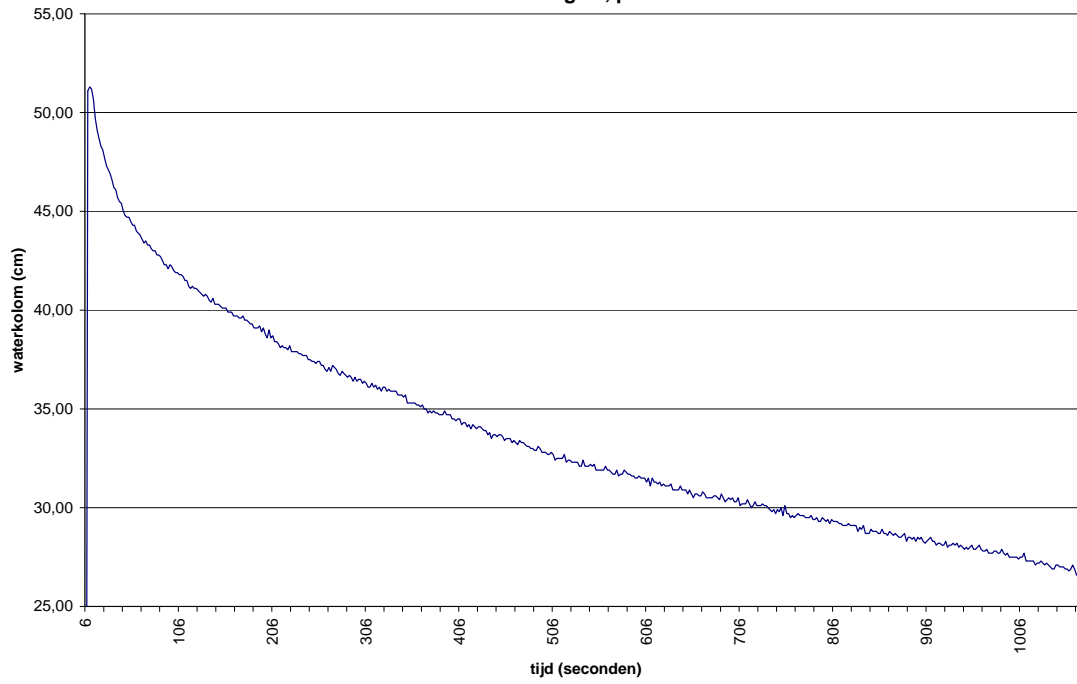
**Aalten, De Haart
boring 02, proef 1**



**Infiltratiegrafiek De Haart
Ln (waterkolom) boring 02, proef 1**



**Aalten, De Haart
boring 03, proef 1**



**Infiltratiegrafiek De Haart
Ln (waterkolom) boring 03, proef 1**

