



# GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK EN INFILTRATIEADVIES

Uitbreiding winkelcentrum Kleuvenstee in Assen



## TITELBLAD

**Opdrachtgever:** Lidl Nederland GmbH  
Postbus 740  
8448 CT HEERENVEEN

**Rapportnummer:** 206844-12/R01

**Status rapport:** Definitief

**Datum:** 19 januari 2018

**Projectomschrijving:** Geohydrologisch onderzoek en infiltratieadvies  
Uitbreiding winkelcentrum Kleuvenstee in Assen

**Rapport opgesteld door:** Ortageo Noordoost B.V.  
Asserstraat 12  
9451 AC Rolde  
Tel: +31 546 53 20 74  
E-mail: info@ortageo.nl




## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Basisinformatie .....</b>	<b>2</b>
2.1	Ligging projectlocatie.....	2
2.2	Brongegevens .....	3
2.3	Geohydrologie en grondwater .....	5
<b>3</b>	<b>Veldonderzoek .....</b>	<b>9</b>
3.1	Uitgevoerde werkzaamheden.....	9
3.2	Resultaten .....	9
<b>4</b>	<b>Dimensionering infiltratievoorziening.....</b>	<b>11</b>
4.1	Inleiding.....	11
4.2	Ontwerpberekeningen .....	11
<b>5</b>	<b>Conclusies en advies.....</b>	<b>13</b>
5.1	Conclusies.....	13
5.2	Advies .....	13

### Bijlagen:

- 1) Situatietekening met onderzoekspunten
- 2) Bodemprofielbeschrijvingen
- 3) Meetresultaten doorlatendheidsmetingen
- 4) Resultaten ontwerpberekeningen
- 5) Toelichting ontwerpberekeningen infiltratievoorzieningen
- 6) Grafieken grondwaterstanden Dinoloket

Auteur rapport : de heer S.A.J. (Stijn) Verdijk BSc

Paraaf: 

Datum: 19-1-2018

Kwaliteitscontrole : de heer ing. W.J. (Wouter) Haan

Paraaf: 

Datum: 19-1-2018



## 1 INLEIDING

In opdracht van Lidl Nederland GmbH (verder aangeduid met Lidl) is door Ortago Noordoost B.V. een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd en is een infiltratieadvies opgesteld voor een locatie gelegen aan de Kleuvenstee in Assen (gemeente Assen).

De aanleiding voor het onderzoek en het infiltratieadvies is de voorgenomen uitbreiding van het winkelpand. In het beleid van Waterschap Hunze en Aa's is aangegeven dat indien bij sloop en nieuwbouw het verharde (dak)oppervlak gaat toenemen, er compenserende waterberging moet worden gerealiseerd.

MACG heeft aangegeven dat voor de waterberging van hemelwater bij voorkeur gebruik wordt gemaakt van infiltratiekratten.

Het doel van het geohydrologisch onderzoek en infiltratieadvies is het bepalen of de voorgestelde voorkeurslocaties voor de infiltratiekratten volstaan om het hemelwater van het toegenomen verharde (dak)oppervlak conform de eisen van het waterschap te verwerken en indien dat niet het geval is, het geven van advies op welke wijze dit wel kan gebeuren.

In onderhavig rapport worden de in het kader van het geohydrologisch onderzoek uitgevoerde werkzaamheden beschreven en wordt het infiltratieadvies gepresenteerd. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- basisinformatie (hoofdstuk 2);
- veldonderzoek (hoofdstuk 3);
- dimensionering infiltratievoorziening (hoofdstuk 4);
- conclusies en advies (hoofdstuk 5).

## 2 BASISINFORMATIE

### 2.1 Ligging projectlocatie

De projectlocatie ligt aan de noordoostkant van Assen. In figuur 1 is de regionale ligging van de projectlocatie aangegeven en in figuur 2 op de volgende pagina is de globale ligging van de projectlocatie middels een rood kader aangegeven. Voor de uitbreiding van de Lidl wordt de huidige bebouwing van De Dissel gesloopt.



**Figuur 1: Regionale ligging projectlocatie (bron [1])**



**Figuur 2: Luchtfoto met globale ligging projectlocatie (bron [1])**

## 2.2 Brongegevens

Het geohydrologische onderzoek en het infiltratieadvies zijn gebaseerd op de volgende rapporten, websites en door Lidl/MACG verstrekte informatie:

- [1] Google maps.
- [2] DINO-loket (website met geowetenschappelijke gegevens van Nederland).
- [3] Leidraad Riolering, module C2510 "Doorlatendheidsonderzoek voor infiltratie en drainage", februari 2011, Stichting Rioned.
- [4] Tekening "Aanlegtekening Lidl Kleuvenstee te Assen", tekeningnummer 17-466-003-BA01, 20-11-2017, MACG.
- [5] Rapport "Verkennd bodemonderzoek uitbreiding winkelcentrum Kleuvenstee in Assen", rapportnummer 206844-10/R02, d.d. 9 november 2017, Envita Almelo B.V.
- [6] Mondelinge en schriftelijke informatie van Lidl/MACG.
- [7] Rapport "Literatuurstudie naar verliesprocessen en afstromingspercentages in stedelijke gebieden", documentnummer 400226.1, augustus 2000, Ingenieursbureau Utrecht.
- [8] Actuele Hoogtekaart Nederland ([www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)).
- [9] Bodematlas provincie Drenthe (<https://geo.drenthe.nl/geoportaal/src/?lang=nl&topic=bodematlas>).
- [10] Keur Waterschap Hunze en Aa's (<https://www.hunzeenaas.nl/regelgeving/Paginas/Keur.aspx>).





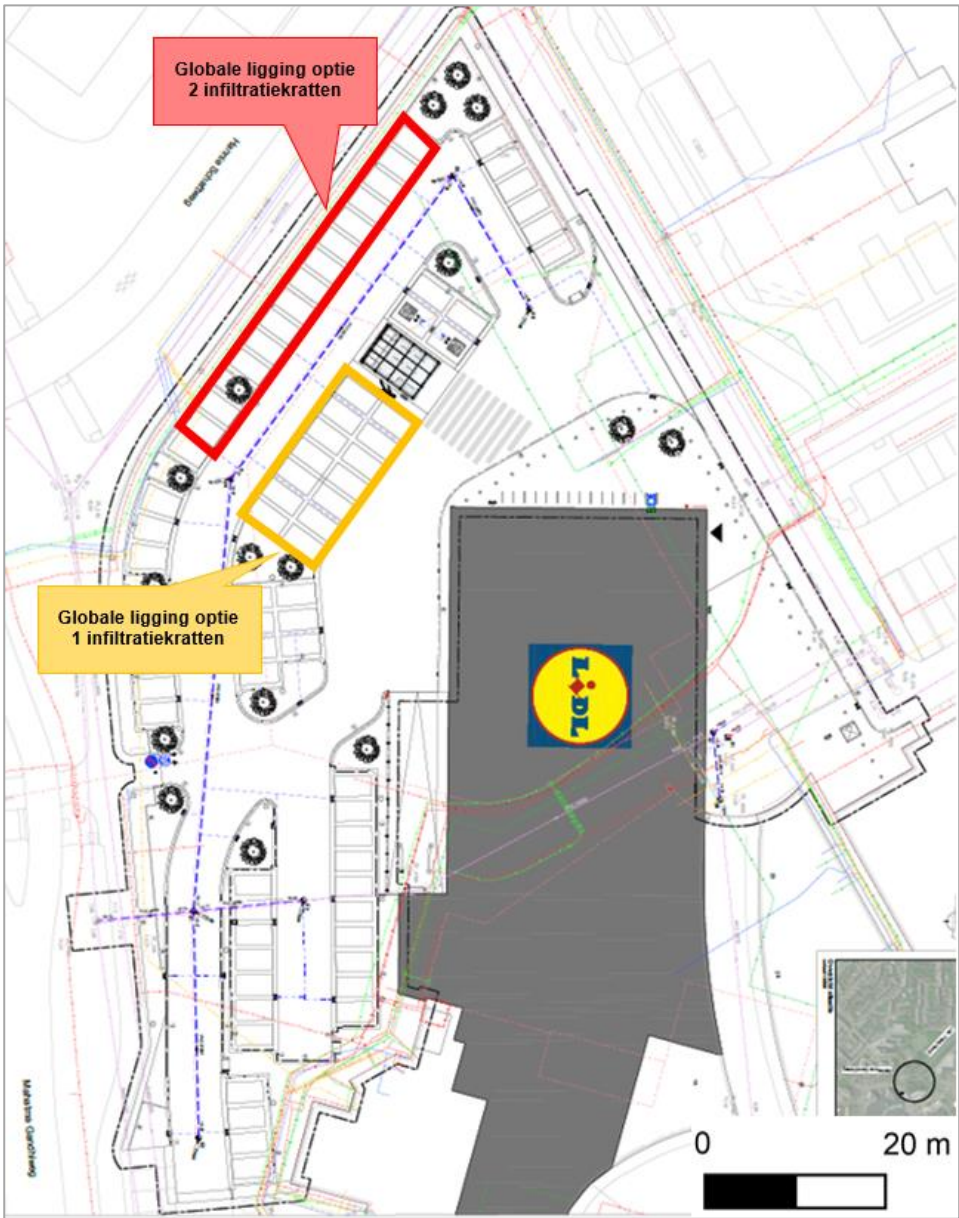
In tabel 1 zijn enkele relevante gegevens van de projectlocatie aangegeven.

**Tabel 1: Gegevens projectlocatie**

Onderdeel	Omschrijving	Bron
Oppervlakte projectlocatie	: Circa 7.000 m <sup>2</sup>	[6]
Hoogte maaiveld	: Variërend tussen circa +10,7 tot +11,3 mNAP	[8]
Globale grondwaterstand	: Circa 1,5 m-mv	[5]
Oppervlaktewater	: Binnen de directe omgeving (< 25 m afstand) van de projectlocatie bevindt zich geen oppervlaktewater	[1] en [9]
Globale bodemopbouw	: Matig tot zeer fijn zand	[5]

**Projectlocatie**

De herinrichting van de projectlocatie omvat op hoofdlijnen: Sloop bebouwing De Dissel, uitbreiding Lidl, aanleg parkeerplaatsen en groen. In figuur 3 is het inrichtingsplan weergegeven.



**Figuur 3: Inrichtingsplan projectlocatie met voorgestelde locaties voor infiltratie (bron [1])**



In tabel 2 is een overzicht weergegeven van de verharding en van het dakoppervlak in de huidige en nieuwe situatie. De toename van het totale verharde (dak)oppervlak bedraagt circa 905 m<sup>2</sup>.

**Tabel 2: Verharding en dakoppervlak in de oude en nieuwe situatie (bron [6])**

Onderdeel	Huidige situatie	Nieuwe situatie	Vershil
Bebouwing de Dissel (m2) :	1.673	0	-1.673
Bebouwing Lidl (m2) :	926	2.045	+1.119
Verharding (m <sup>2</sup> ) :	3.179	4.635	+1.456
<b>Totaal (m<sup>2</sup>) :</b>	<b>5.778</b>	<b>6.680</b>	<b>902</b>

In tabel 3 zijn de ontwerpgegevens van de voorgestelde infiltratiekratten weergegeven.

**Tabel 3: Ontwerpgegevens voorgestelde infiltratiekratten**

Onderdeel	Waarde	Bron
Toename af te koppelen oppervlak (m <sup>2</sup> ) :	902	[6]
Oppervlakte infiltratiekratten optie 1 (m <sup>2</sup> ) :	± 195	[6] en [4]
Oppervlakte infiltratiekratten optie 2 (m <sup>2</sup> ) :	± 215	[6] en [4]
Gronddekking infiltratiekratten (m) :	0,8	[6]
Hoogte infiltratiekratten (m) :	0,4	[6]
Onderkant infiltratiekratten (m-mv)	1,2	[6]

## 2.3 Geohydrologie en grondwater

De regionale geohydrologische bodemopbouw is weergegeven in tabel 4.

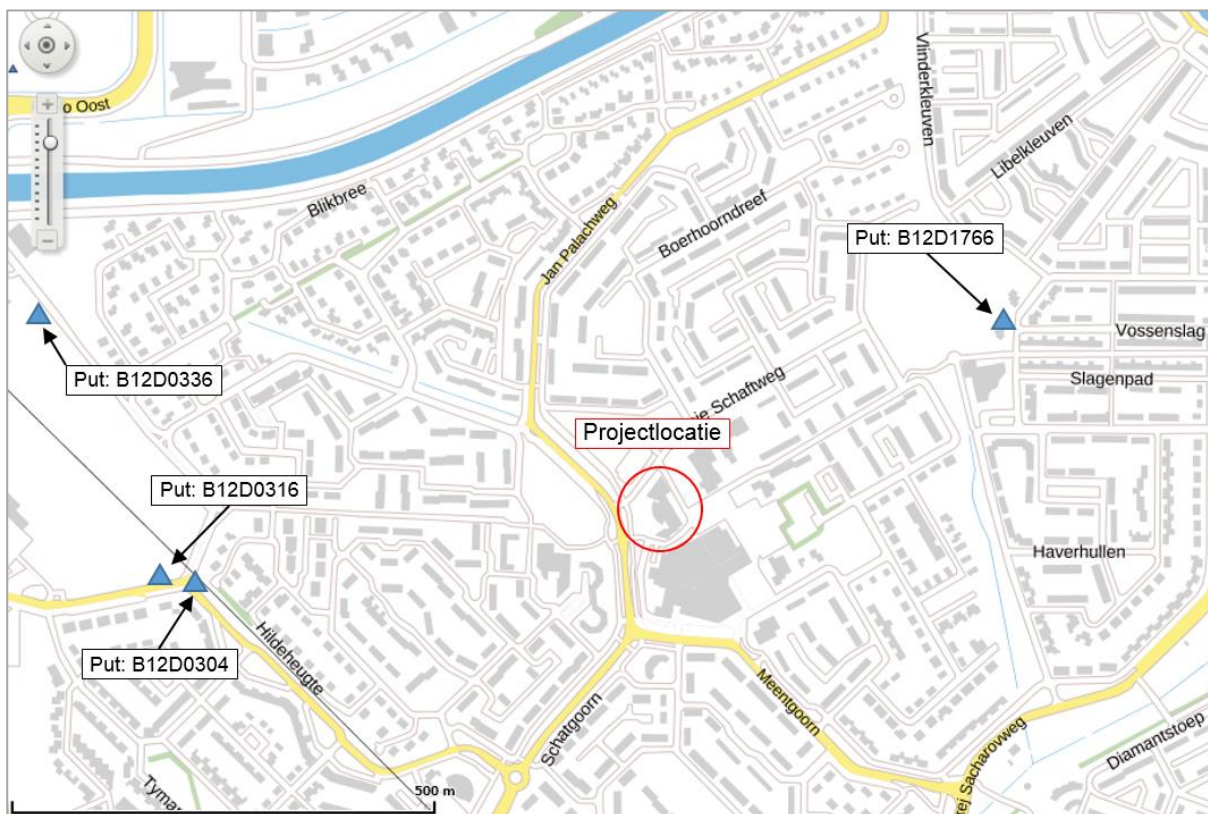
**Tabel 4: Geohydrologische opbouw projectlocatie (bron [2])**

Diepte (m-mv)	Geohydrologische eenheid	Geologische formatie	Lithologie
0,0 – 0,6	1 <sup>ste</sup> watervoerend pakket	Formatie van Bortel	Zand
0,6 – 2,0		Formatie van Drente	
2,0 – 8,8		Formatie van Peelo	
8,8 – 27,0	1 <sup>ste</sup> scheidende laag	Formatie van Peelo	Klei
27,0 – 59,5	2 <sup>de</sup> watervoerend pakket	Formatie van Peelo	Zand

Het grondwater in de omgeving van de projectlocatie bevindt zich op een diepte van circa 1,5 m –mv (bron [5]) en stroomt overwegend in oostzuidoostelijke richting (bron [2]).

Op het DINO-loket zijn in de omgeving van de projectlocatie vier monitoringspeilbuizen van TNO (bron [2]) aangegeven, zie figuur 4. De grafieken van de grondwaterstanden zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 5 zijn de hieruit afgeleide RHG (representatief hoge grondwaterstand) en RLG (representatief lage grondwaterstand) weergegeven.





Figuur 4: Locaties monitoringspeilbuizen (bron [2])

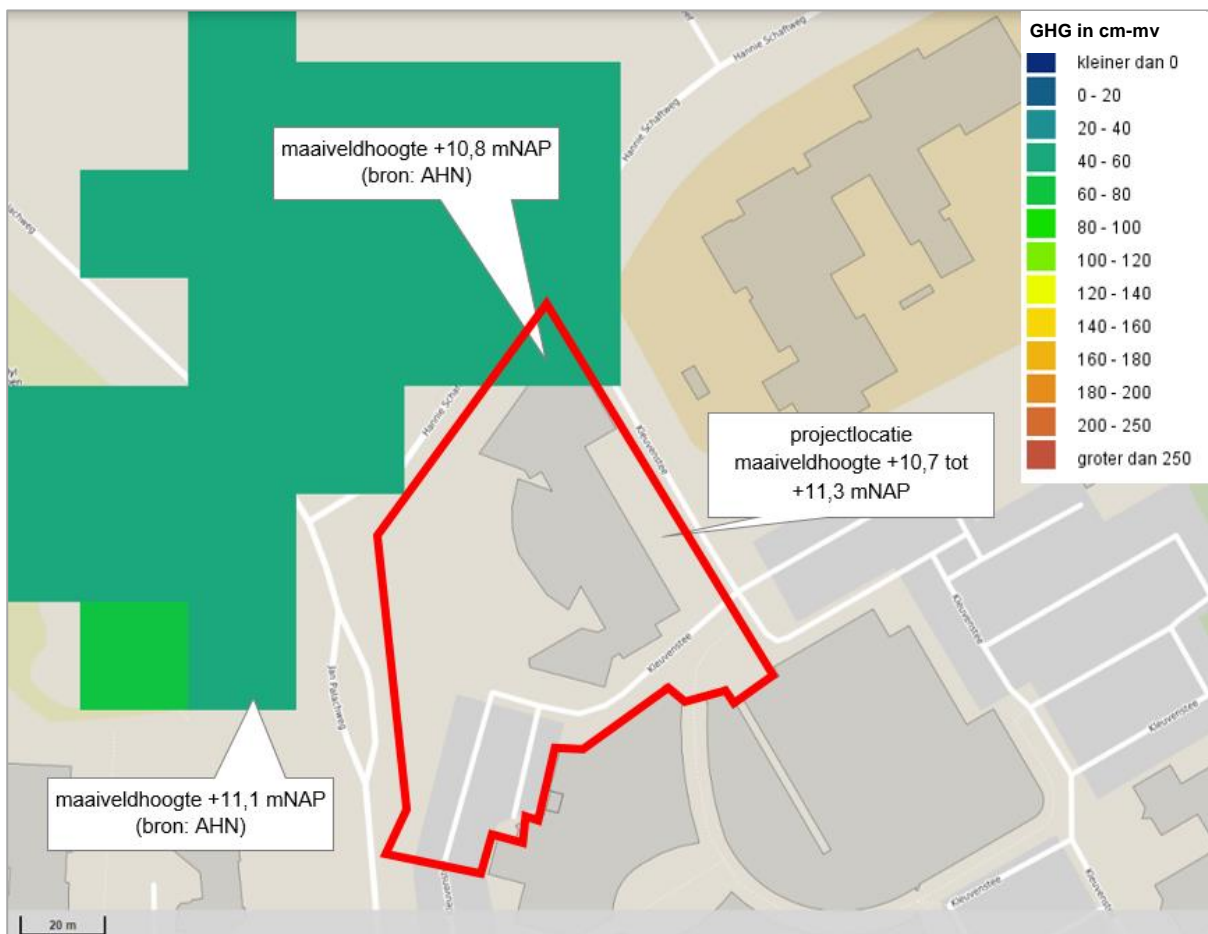
Tabel 5: Gegevens monitoringspeilbuizen TNO (bron [2])

Peilbuis	Hoogte maaiveld (mNAP)	Filterstelling (mNAP)	Positie t.o.v. projectlocatie	Meetperiode	Aantal metingen	RHG (mNAP)	RLG (mNAP)
B12D0336	+12,15	Onbekend	780 m NW	14-12-1952 t/m 14-08-1960	162	+11,85	+10,00
B12D0316	+11,86	+10,68 tot +9,68	590 m W	28-04-1989 t/m 14-06-2007	429	+11,60	+10,70
B12D0304	+12,40	+10,49 tot +10,31	550 m W	21-12-1965 t/m 28-03-1979	549	+12,25	+10,55
B12D1766	+9,42	Onbekend	700 m NO	07-07-2005 t/m 19-08-2009	1505	+9,05	+7,90

Op basis van de in de peilbuizen van TNO-NITG gemeten grondwaterstanden is een grondwaterstandsfluctuatie afgeleid van 0,90 tot 1,85 m.

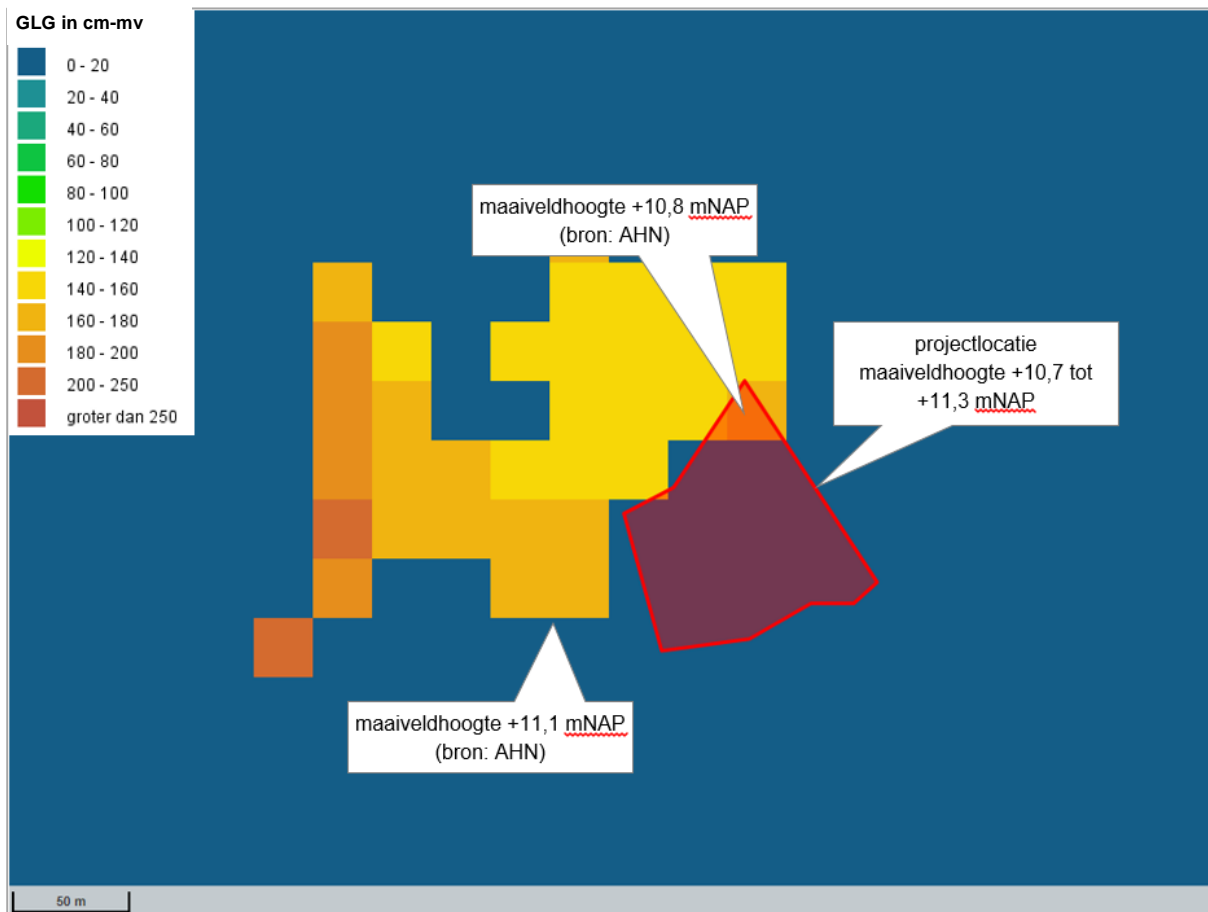
Gezien de grote afstand tussen de projectlocatie en deze peilbuizen, de filterstelling van de peilbuizen en het verschil in maaiveldhoogte, worden de gemeten grondwaterstanden niet representatief geacht voor op de projectlocatie. Daarnaast wordt peilbuis B12D0316 niet betrouwbaar geacht omdat deze peilbuis mogelijk droog valt.

Op de wateratlas van de provincie Drenthe zijn gegevens over GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) en de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) in de omgeving van de projectlocatie aangegeven. In figuur 5 op de volgende pagina is hiervan een uitsnede opgenomen.



**Figuur 5: Gegevens GHG en maaiveldhoogtes (bronnen [8] en [9])**

Op basis van figuur 5 kan voor de projectlocatie een GHG worden afgeleid van circa +10,1 tot +10,9 mNAP.



**Figuur 6: Gegevens GLG (in cm-mv) en maaiveldhoogtes (bronnen [8] en [9])**

Op basis van figuur 6 kan voor de projectlocatie een GLG worden afgeleid van circa +8,9 tot +9,9 mNAP.

Over het algemeen ligt de natuurlijke grondwaterstand in het voorjaar (februari/maart) op het hoogste niveau en in de nazomer (september/oktober) op het laagste niveau. Volgens het KNMI valt het zwaartepunt van extreme neerslaggebeurtenissen in de maanden juli en augustus. Dat zijn maanden waarin doorgaans sprake is van lage grondwaterstanden.



### 3 VELDONDERZOEK

#### 3.1 Uitgevoerde werkzaamheden

Het geohydrologisch onderzoek is uitgevoerd op het deel van de projectlocatie dat door MACG als voorkeurslocatie is aangewezen voor de aanleg van infiltratiekratten. De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd op 9 januari 2018.

##### *Handboringen*

Inzicht in de bodemopbouw en in de mate van heterogeniteit hiervan is verkregen door het uitvoeren van boringen. Bij elke boring is aan de hand van de opgeboorde grond een gedetailleerde boorbeschrijving conform NEN 5104 gemaakt, waarbij naast de samenstelling en korrelgrootte (textuur) van de opgeboorde grond, is gelet op hydro-morfe kenmerken (de zogenaamde gleyverschijnselen: roest en reductie). Deze kenmerken hangen samen met de historische waterhuishouding en op basis van de hydromorfe kenmerken kan een uitspraak worden gedaan over de in het verleden opgetreden grondwaterstandsfluctuatie, de gemiddeld laagste (GLG) en hoogste grondwaterstand (GHG), op de locatie.

##### *Doorlatendheidsmetingen*

Tijdens uitvoering van de boringen was de grondwaterstand circa 0,8 m-mv; dat is circa 0,4 m hoger dan de voorgestelde onderkant van de infiltratiekratten. Aangezien horizontale (bodem)oppervlakken van infiltratievoorzieningen na verloop van tijd dichtslibben, moeten deze bij het uitvoeren van ontwerpberekeningen voor een infiltratievoorziening niet worden meegerekend bij het effectieve infiltratie-oppervlak. De wanden van infiltratievoorzieningen blijven doorgaans hun infiltrerende vermogen behouden. Om die reden en vanwege de geplande diepte van de bodem van de infiltratiekratten (circa 1,2 m-mv) is de doorlatendheid van de bodemlaag tussen 0,8 en 1,2 m –mv bepaald, aangezien hoofdzakelijk in deze laag geïnfilteerd zal gaan worden. Derhalve zijn doorlatendheidsmetingen uitgevoerd in de verzadigde zone (falling head proeven). Bij een falling headproef wordt water in een peilbuis gegoten en wordt met behulp van een datalogger de daling van het waterpeil in de peilbuis in de tijd gemeten. Op basis van het verloop hiervan kan een indicatie van de doorlatendheid van de grond rondom het filter van de peilbuis worden afgeleid.

In tabel 6 is een samenvattend overzicht van het uitgevoerde veldonderzoek weergegeven. De locaties van de boringen en van de doorlatendheidsproeven zijn weergegeven op de situatieschets in bijlage 1. In bijlage 2 zijn de boorprofielen opgenomen.

**Tabel 6: Overzicht uitgevoerd veldonderzoek**

Onderdeel	Aantal
Boring tot 3,0 m-mv	4
Boring met plaatsing peilbuis tot 1,2 m-mv	4
Falling head proef op 1,2 à 1,3 m-mv	4

#### 3.2 Resultaten

##### *Lokale bodemopbouw*

In tabel 7 is de uit de boorprofielen afgeleide bodemopbouw in/rondom de infiltratiekratten weergegeven.

**Tabel 7: Globale bodemopbouw in/rondom de infiltratiekratten**

Diepte (m- mv)	Hoofdbestanddeel	Nadere omschrijving
0 – 0,8	Zand	Zeer fijn, matig siltig, zwak humeus
0,8 – 3,0	Zand	Zeer fijn, zwak siltig



#### *Resultaten doorlatendheidsmetingen*

Zodra er water in de peilbuis wordt gegoten gaat er direct water in de bodem infiltreren. Hoe groter de doorlatendheid van de bodem is, des te sneller het water in de bodem infiltreert en des te kleiner de waterhoogte is, die aan het begin van de proef in de peilbuis kan worden bereikt. Zodra de watertoevoer wordt gestopt gaat het waterpeil in de peilbuis dalen, waardoor de grondwaterstand weer daalt naar het oorspronkelijk niveau. Hoe hoger de doorlatendheid van de bodem, des te sneller de grondwaterstand weer op het oorspronkelijk niveau staat.

De resultaten van de falling head proeven zijn in bijlage 3 opgenomen. Voor alle vier de proeflocaties zijn voor de bodemlagen tussen de grondwaterstand (0,8 m –mv) en 1,2 à 1,3 m–mv K-waarden (doorlatendheid in m/dag) berekend van 0,5 tot 0,9 m/dag. In tabel 8 is hiervan een overzicht opgenomen.

**Tabel 8: Overzicht van de uit de falling head proeven afgeleide K-waarden**

Peilbuis	Diepte (m- mv)	K-waarde (m/dag)
01	0,8 – 1,3	0,5 – 0,6
02	0,7 – 1,2	0,7 – 0,8
03	0,8 – 1,3	0,7 – 0,9
04	0,7 – 1,2	0,5 – 0,6



## 4 DIMENSIONERING INFILTRATIEVOORZIENING

### 4.1 Inleiding

Voor het dimensioneren van een infiltratievoorziening voor de verwerking van hemelwater afkomstig van afgekoppeld verhard (dak)oppervlak, moeten de volgende gegevens bekend zijn (zie ook bijlage 4):

- de maatgevende bui die moet kunnen worden verwerkt (hierbij wordt opgemerkt dat buien, waarbij in korte tijd veel neerslag valt (zodat in korte tijd een grote hoeveelheid water moet worden verwerkt), zich met name voordoen in de (na)zomer, de periode met lage grondwaterstanden);
- de totale oppervlakte van het afgekoppelde verharde (dak)oppervlak dat op de infiltratievoorziening wordt aangesloten;
- de afstromingscoëfficiënten van de afgekoppelde verharde (dak)oppervlakken;
- de dikte en doorlatendheid van de bodemlagen die door de infiltratievoorziening worden doorsneden;
- de grondwaterstand en jaarlijkse fluctuatie daarvan (GLG en GHG).

Naast voornoemde aspecten moet bij het ontwerpen van een infiltratievoorziening rekening worden gehouden met:

- de beschikbare ruimte en aanwezigheid van bebouwing, boven- en ondergrondse infrastructuur en andere obstakels binnen de projectlocatie;
- bij een ondergrondse infiltratievoorziening de terreininrichting boven de infiltratievoorziening (parkeerplaats, weg, fietspad, groenstrook) waarop de vereiste minimale gronddekking boven de infiltratievoorziening en de materiaalkeuze (beton of kunststof) moeten worden afgestemd;
- eventuele aanvullende wensen/eisen ten aanzien van een boven- of ondergrondse infiltratievoorziening.

### 4.2 Ontwerpberekeningen

#### *Algemeen*

Ondergrondse infiltratievoorzieningen hebben doorlatende wanden en soms een doorlatende bodem. Bij het dimensioneren van ondergrondse infiltratievoorzieningen moeten de horizontale bodemoppervlakken niet worden meegerekend bij het effectieve infiltratieoppervlak, aangezien horizontale bodemoppervlakken na verloop van tijd kunnen dichtslibben. De zijanten van ondergrondse infiltratievoorzieningen blijven doorgaans hun infiltrerende vermogen behouden. Dit betekent dat de afmetingen (lengte, breedte en hoogte) van een infiltratievoorziening zodanig moeten worden gekozen, dat de oppervlakte van de zijwanden zo groot mogelijk is. Bij een vast bergingsvolume en een vaste hoogte van de berging wordt de oppervlakte van de zijwanden groter wanneer de verhouding tussen de lengte en de breedte van de berging ( $L_b/B_b$ ) zo groot mogelijk is (een langgerekte vorm is dus gunstiger dan een vierkante vorm). Infiltratievoorzieningen hebben bij voorkeur dus een zo groot mogelijke lengte. Daarnaast worden ondergrondse infiltratievoorzieningen bij voorkeur boven de van nature hoogste grondwaterstand (GHG) aangelegd, aangezien de infiltratiecapaciteit in de onverzadigde zone bij gelijke doorlatendheid groter is dan de infiltratiecapaciteit in de verzadigde zone.

In verband met het benodigde grondverzet (en de hiervoor noodzakelijke werkruimte) voor de aanleg van een ondergrondse infiltratievoorziening, zijn diepere infiltratievoorzieningen juist ongunstig (aangezien bij ontgravingen een talud wordt aangehouden dat afhankelijk is van de grondsoort; voor doorlatende gronden kan een minder steil talud worden toegepast, hetgeen meer grondverzet noodzakelijk maakt). Afhankelijk van de beschikbare ruimte op de projectlocatie moeten er met ontwerpberekeningen dus een optimale vorm en diepte bepaald worden. In bijlage 4 wordt een toelichting gegeven op ontwerpberekeningen van infiltratievoorzieningen voor het verwerken van hemelwater afkomstig van afgekoppeld verhard (dak)oppervlak.

#### *Situatie op projectlocatie*

Op basis van de in hoofdstuk 2 genoemde bronnen en de resultaten van het veldonderzoek zijn ontwerpberekeningen gemaakt voor infiltratiekratten op de in figuur 3 aangegeven locaties. Met de in tabel 9 aangegeven uitgangspunten is berekend welke dimensies (lengte, breedte, diepte en talud) de infiltratiekratten moeten hebben om te voldoen aan onderstaande eisen van Waterschap Hunze en Aa's (bron [10]):

- Waterberging realiseren over het toenemend verhard (dak)oppervlak;
- Elke  $m^2$  verhardingstoename moet gecompenseerd worden door  $0,08 m^3$  waterberging.





**Tabel 9: Uitgangspunten ontwerpberekeningen infiltratievoorziening**

Parameter		Waarde	Bron
Toenemend verhard (dak)oppervlak (m <sup>2</sup> )		905	[6]
Volume hemelwater dat geborgen moet worden (m <sup>3</sup> )		± 73	
Hoogte infiltratiekratten (m)		0,4	[6]
Ontwerpafmetingen van de infiltratiekratten (optie 1)	: lengte (m)	± 10	Figuur 3
	: breedte (m)	± 19,5	Figuur 3
	: oppervlakte (m <sup>2</sup> )	± 195	Figuur 3
Ontwerpafmetingen van de infiltratiekratten (optie 2)	: lengte (m)	± 5	Figuur 3
	: breedte (m)	± 41	Figuur 3
	: oppervlakte (m <sup>2</sup> )	± 205	Figuur 3

Om na te gaan of de voorgestelde infiltratiekratten voldoende berging hebben om de toegenomen (dak)verharding te kunnen compenseren, zijn op basis van de in tabel 9 vermelde uitgangspunten capaciteitsberekeningen uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van een statische berging van de infiltratiekratten (vulling van de berging zonder infiltratie). In tabel 10 zijn de resultaten van deze capaciteitsberekeningen weergegeven.

**Tabel 10: Resultaten capaciteitsberekening statische berging infiltratiekratten**

Beschikbare (statische) berging voorgestelde infiltratiekratten	78 m <sup>3</sup>
Benodigde compenserende waterberging	73 m <sup>3</sup>

Uit tabel 10 blijkt dat de (statische) berging van de voorgestelde oppervlakken met infiltratiekratten groot genoeg is om te voldoen aan de bergingseis van het waterschap. Bij de in tabel 10 vermelde waarden is geen rekening gehouden met het feit dat tijdens het vollopen van de infiltratiekratten al infiltratie optreedt, gezien de afgeleide lage doorlatendheden. Indien de doorlatendheid aanzienlijk groter is dan de voor de projectlocatie afgeleide waarden, mag hiermee wel rekening worden gehouden en kan de berging aanzienlijk kleiner zijn (dynamische berging).



## 5 CONCLUSIES EN ADVIES

### 5.1 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde geohydrologisch onderzoek wordt het volgende geconcludeerd:

- De bodem binnen de projectlocatie bestaat rond de beoogde infiltratiediepte uit zeer fijn zand;
- De bodem binnen de projectlocatie is rond de beoogde infiltratiediepte zeer matig tot slecht doorlatend;
- Voor het traject waar geïnfilterd gaat worden, tussen circa 0,8 en 1,2 m –mv, zijn K-waarden afgeleid van 0,5 tot 0,9 m/dag;
- Gezien de relatief hoge grondwaterstand (aangenomen GHG is circa +10,1 tot +10,9 mNAP), is de kans reëel dat er een groot deel van het jaar water in de infiltratiekratten staat, zodat er minder berging voor hemelwater overblijft. In het algemeen ligt de natuurlijke grondwaterstand in het voorjaar (februari/maart) op het hoogste niveau en in de nazomer (september/oktober) op het laagste niveau en valt het zwaartepunt van extreme neerslaggebeurtenissen in de maanden juli en augustus. Omdat de aangenomen GLG zich bevindt op 1,4 tot 1,6 m-mv wordt verwacht dat tijdens extreme neerslaggebeurtenissen, de infiltratiekratten niet gevuld zijn door het grondwater;
- De statische berging van de geplande infiltratiekratten is voldoende om de door het waterschap geëiste compenserende berging te kunnen realiseren.

### 5.2 Advies

Geadviseerd wordt om infiltratiekratten aan te leggen die inspecteerbaar en reinigbaar zijn. Daarnaast wordt geadviseerd om de afvoer van de bergende voorziening op het watersysteem te beperken tot maximaal 1,2 liter per seconde per hectare, conform het beleid van het Waterschap (bron [10]).

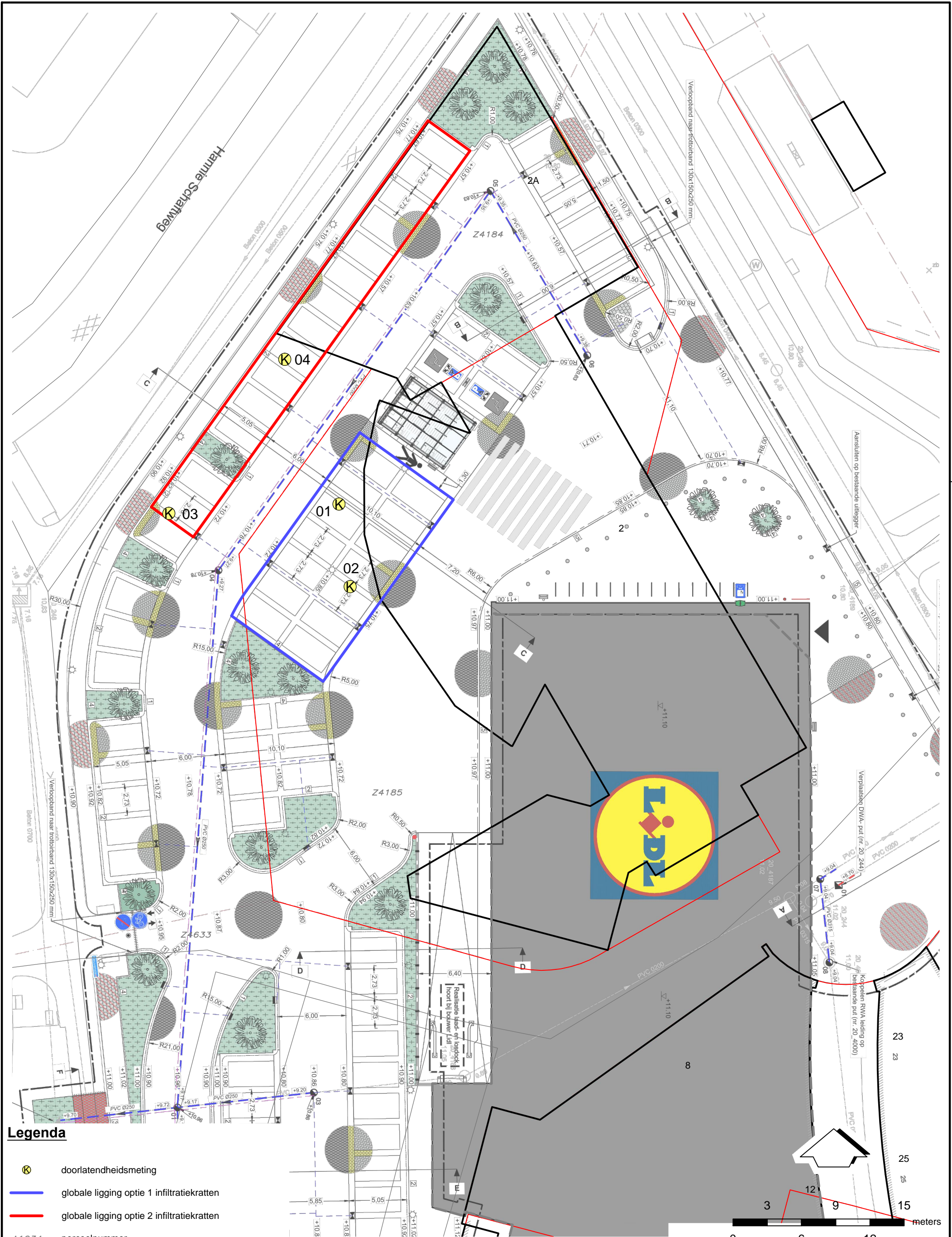
#### *Aanvullende opmerkingen*

- Los van de aanpassingen in het ontwerp van de infiltratiekratten kan op eenvoudige (en goedkope) wijze extra berging worden gerealiseerd op platte daken (door middel van een opstaande rand).
- Om verstopping van de infiltratiekratten zoveel mogelijk tegen te gaan, wordt geadviseerd om het afgekoppelde hemelwater via een bladvang door een (inspecteerbare) filterput of zandvang te leiden, vóórdat het in de infiltratiekratten terecht komt.



## BIJLAGE 1

### Situatietekening met onderzoekspunten



**Legenda**

doorlatendheidsmeting

globale ligging optie 1 infiltratiekratten

globale ligging optie 2 infiltratiekratten

perceelnummer


kadastrale grens

huisnummer

gebouwcontouren

geplande nieuwbouw

GBKN ondergrond (hart van huidige wegen)

Titel: <b>Situatietekening met onderzoekspunten</b>			Projectnaam: <b>Geohydrologisch onderzoek en infiltratieadvies Uitbreiding winkelcentrum Kleuvenstee in Assen</b>			Project: <b>206844-12</b>	Bijlage: <b>1</b>	Formaat: <b>A3</b>
Gecontroleerd:	Getekend: <b>NPA</b>	X: <b>235370</b>	Y: <b>559670</b>	Schaal: <b>1:300</b>	Datum: <b>16-01-2018</b>	 <b>INGENIEURS RUIMTELIJKE LEEFOMGEVING</b>		
	Opdrachtgever: <b>Lidl Nederland GmbH</b>							

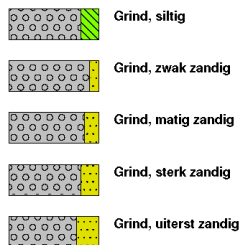


## BIJLAGE 2

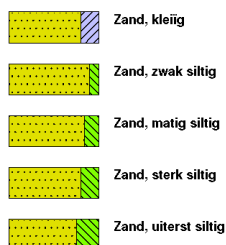
### Bodemprofielbeschrijvingen

## Legenda (conform NEN 5104)

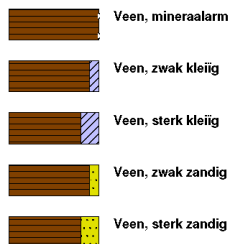
### grind



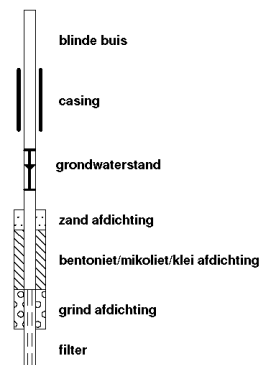
### zand



### veen



### peilbuis



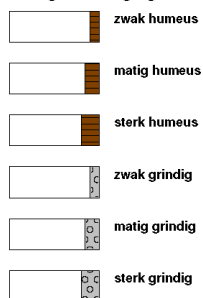
### klei



### leem



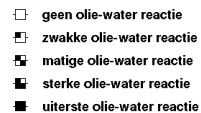
### overige toevoegingen



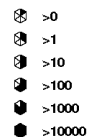
### geur



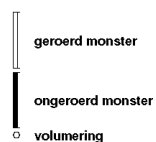
### olie



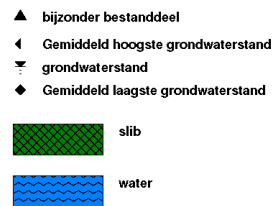
### p.i.d.-waarden



### monsters



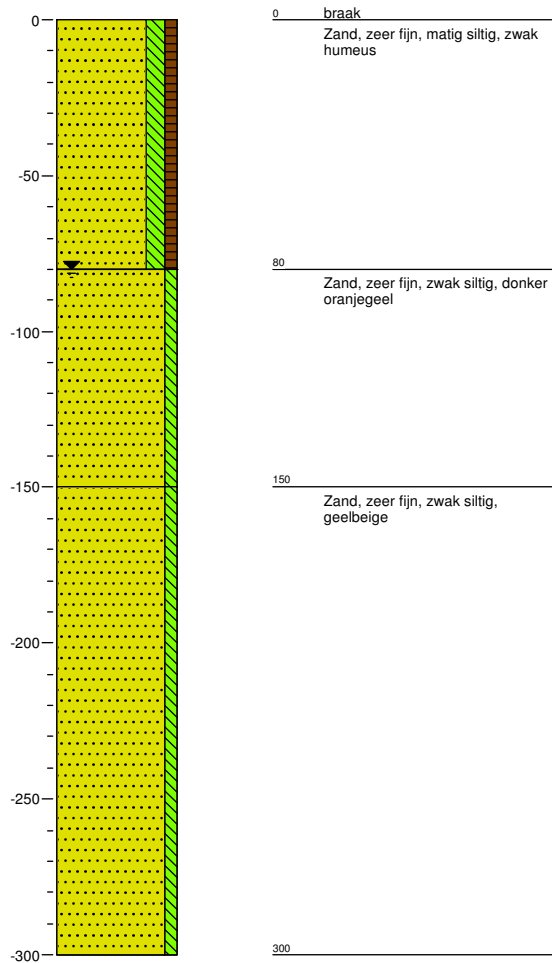
### overig



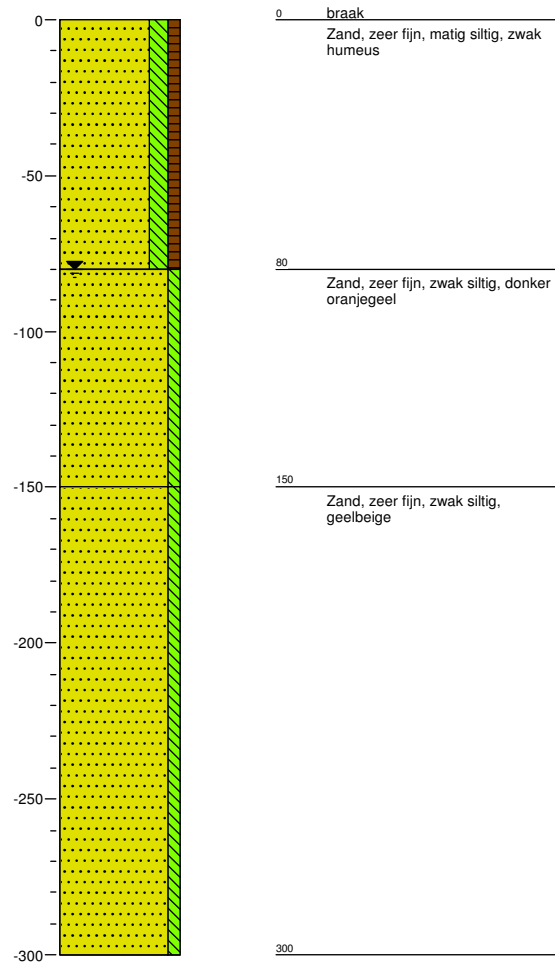


**Meetpunt: 01**

Datum meting: 17-01-2018  
Veldwerker: Pim Bruggink  
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

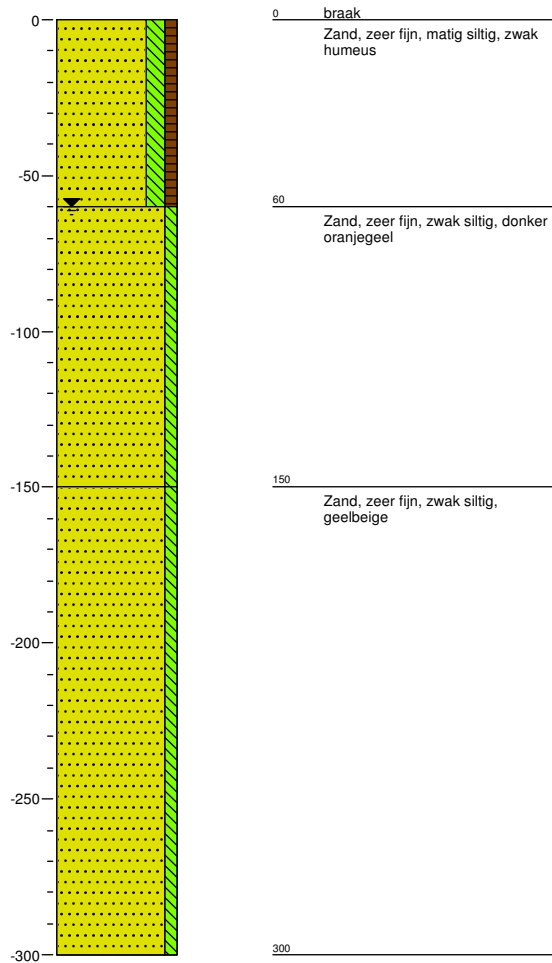
**Meetpunt: 02**

Datum meting: 17-01-2018  
Veldwerker: Pim Bruggink  
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

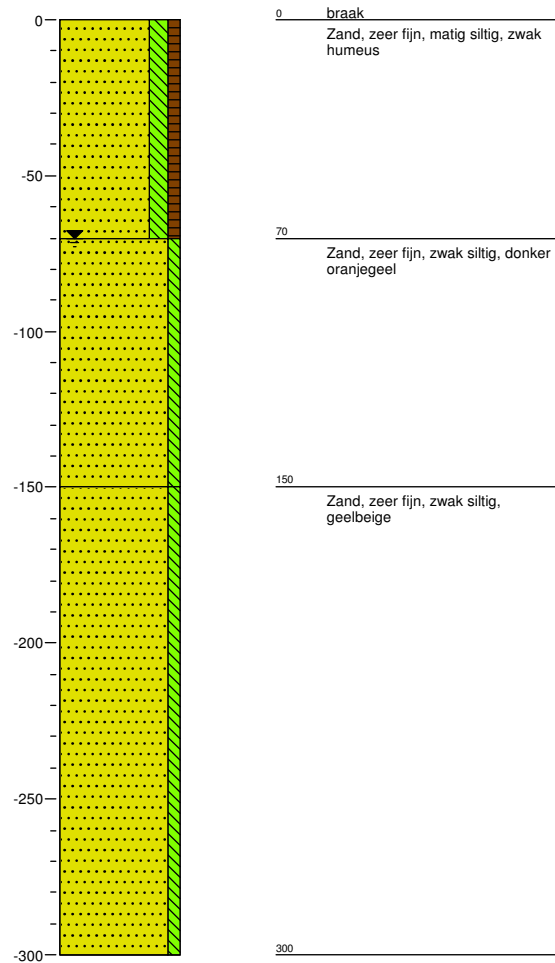


**Meetpunt: 03**

Datum meting: 17-01-2018  
Veldwerker: Pim Bruggink  
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

**Meetpunt: 04**

Datum meting: 17-01-2018  
Veldwerker: Pim Bruggink  
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



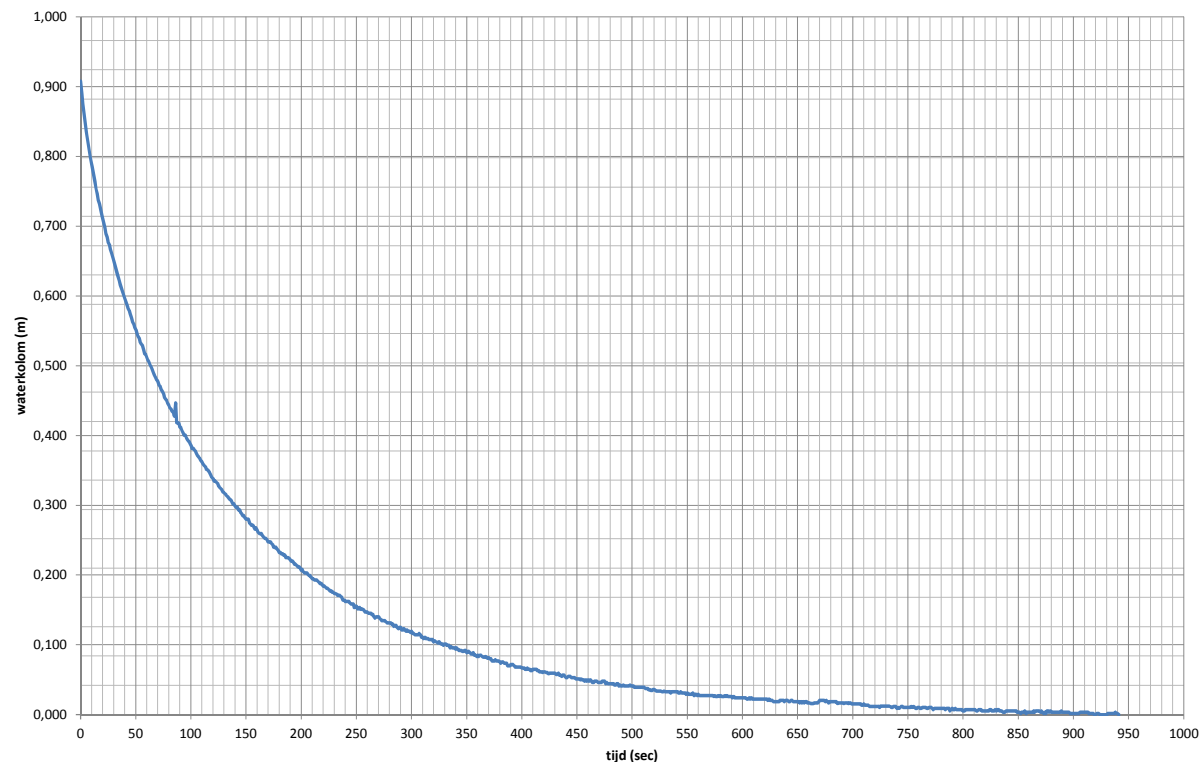


## BIJLAGE 3

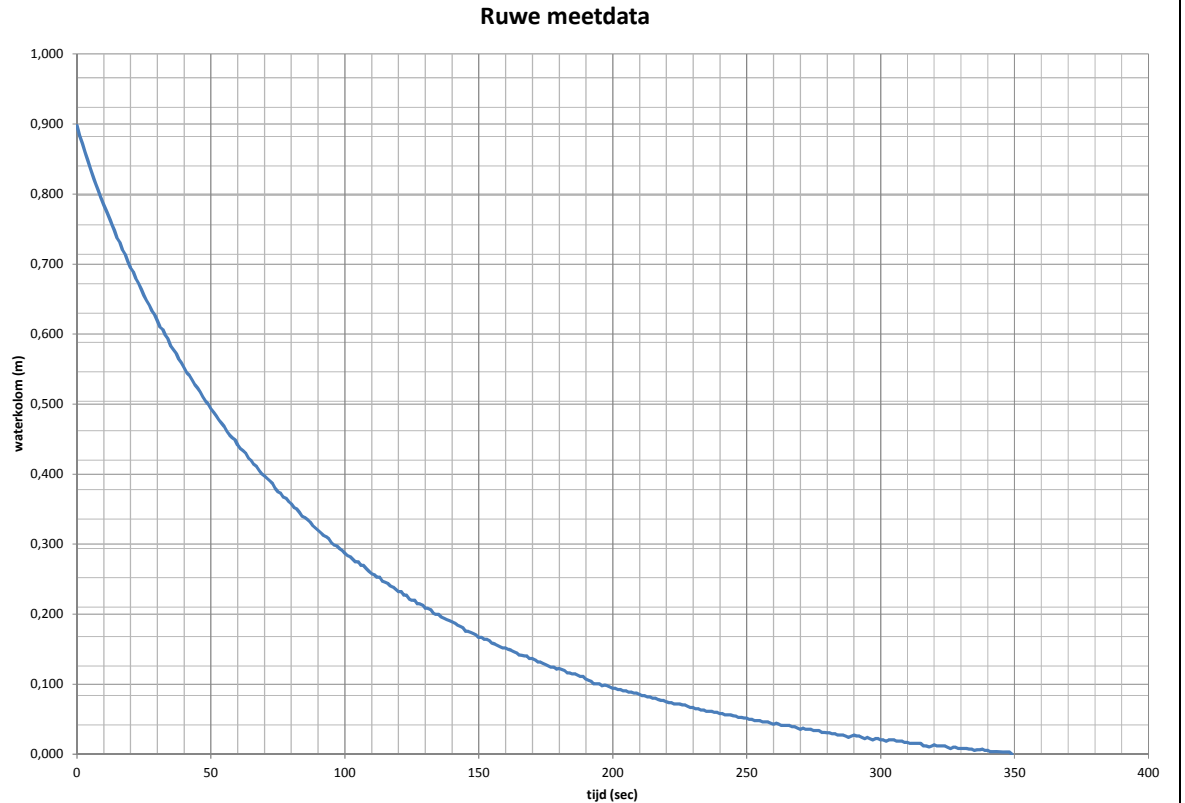
### Metingen doorlatendheidsmetingen

Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode) (Water Resources Research, june 1976)				
<b>Algemene gegevens</b>				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	01		
meting	:	1		
meetdatum	:	9-1-2018		
<b>Input basisparameters</b>			<u>toelichting</u>	
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,290	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	1,010	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
<b>Berekende doorlaatfactoren:</b>			Gemiddelde k-waarde	
K (m/d)	=	0,59	0,50	0,49
K (m/s)	=	6,778E-06	5,780E-06	5,633E-06
<b>Beoordeling meetgegevens</b>			<u>toelichting</u>	
t0 (s)	=	10,0	20,0	30,0
tref (s)	=	20,0	30,0	40,0
tref-t0	=	10	10	10
Y0 (m)	=	0,788	0,710	0,650
Yref (m)	=	0,710	0,650	0,596
<b>Parameters A en B</b>			<u>toelichting</u>	
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
<b>Berekening termen</b>				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,11	2,11	2,11
ln(Re/rw)	=	1,29	1,29	1,29

Ruwe meetdata

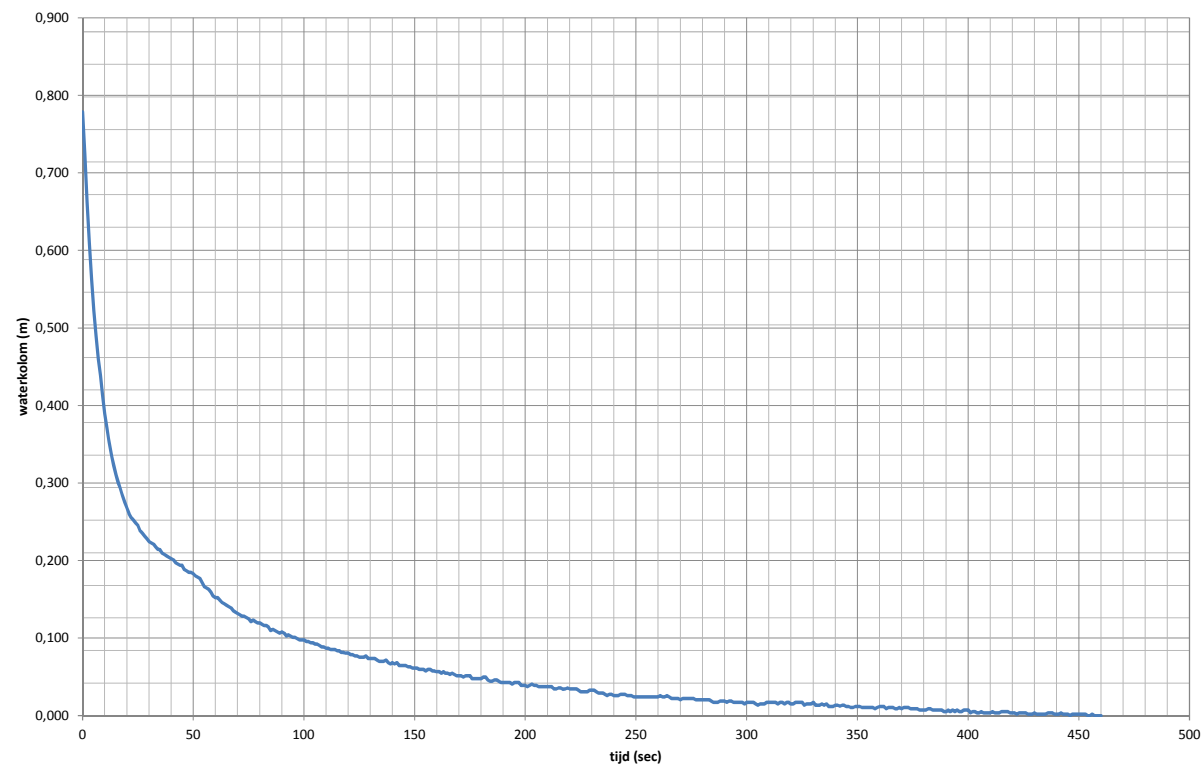


Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode)				
(Water Resources Research, june 1976)				
Algemene gegevens				
project	:	Lidl Assen		0,880
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	01		
meting	:	2		
meetdatum	:	9-1-2018		
Input basisparameters		toelichting		
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,290	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	1,010	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
Berekende doorlaatfactoren:				
K (m/d)	=	0,68	0,65	0,63
K (m/s)	=	7,899E-06	7,554E-06	7,243E-06
				Gemiddelde k-waarde
				0,65
Beoordeling meetgegevens		toelichting		
t0 (s)	=	10,0	20,0	45,0
tref (s)	=	20,0	30,0	55,0
tref-t0	=	10,000	10,000	10,000
Y0 (m)	=	0,784	0,695	0,523
Yref (m)	=	0,695	0,619	0,468
		0-tijdstip (afleiden uit grafiek)		
		referentie tijdstip (afleiden uit grafiek)		
		tijdstraject verlaging		
		instantane verlaging op t = 0		
		verlaging y (t) op tijdstip tref		
Parameters A en B		toelichting		
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
		parameter standaardcurve		
		parameter standaardcurve		
Berekening termen				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,11	2,11	2,11
ln(Re/rw)	=	1,29	1,29	1,29



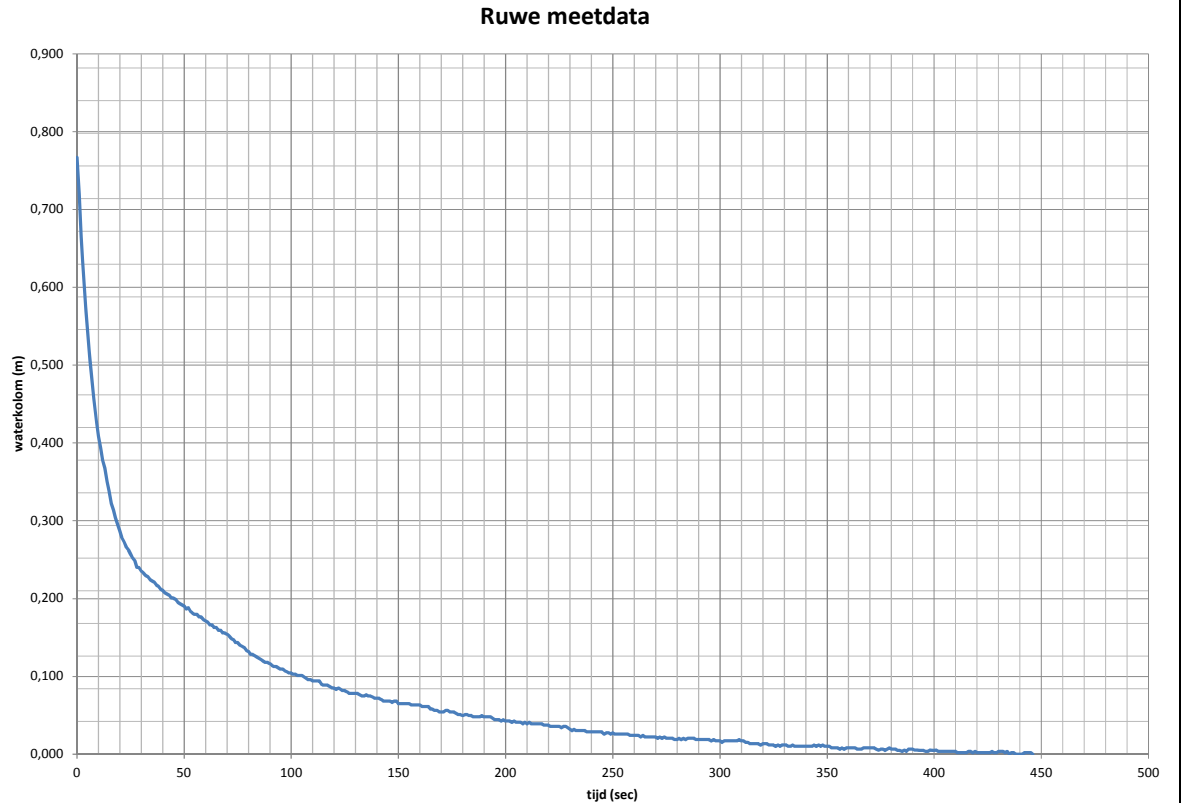
Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode) (Water Resources Research, june 1976)				
Algemene gegevens				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	02		
meting	:	1		
meetdatum	:	9-1-2018		
Input basisparameters		toelichting		
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,320	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,880	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
Berekende doorlaatfactoren:				
K (m/d)	=	0,80	0,58	0,89
K (m/s)	=	9,249E-06	6,751E-06	1,029E-05
				Gemiddelde k-waarde
				0,76
Beoordeling meetgegevens		toelichting		
t0 (s)	=	25,0	35,0	45,0
tref (s)	=	35,0	45,0	55,0
tref-t0	=	10	10	10
Y0 (m)	=	0,246	0,214	0,194
Yref (m)	=	0,214	0,194	0,166
		0-tijdstip (afleiden uit grafiek)		
		referentie tijdstip (afleiden uit grafiek)		
		tijdstraject verlaging		
		instantane verlaging op t = 0		
		verlaging y (t) op tijdstip tref		
Parameters A en B		toelichting		
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
		parameter standaardcurve		
		parameter standaardcurve		
Berekening termen				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,21	2,21	2,21
ln(Re/rw)	=	1,33	1,33	1,33

**Ruwe meetdata**



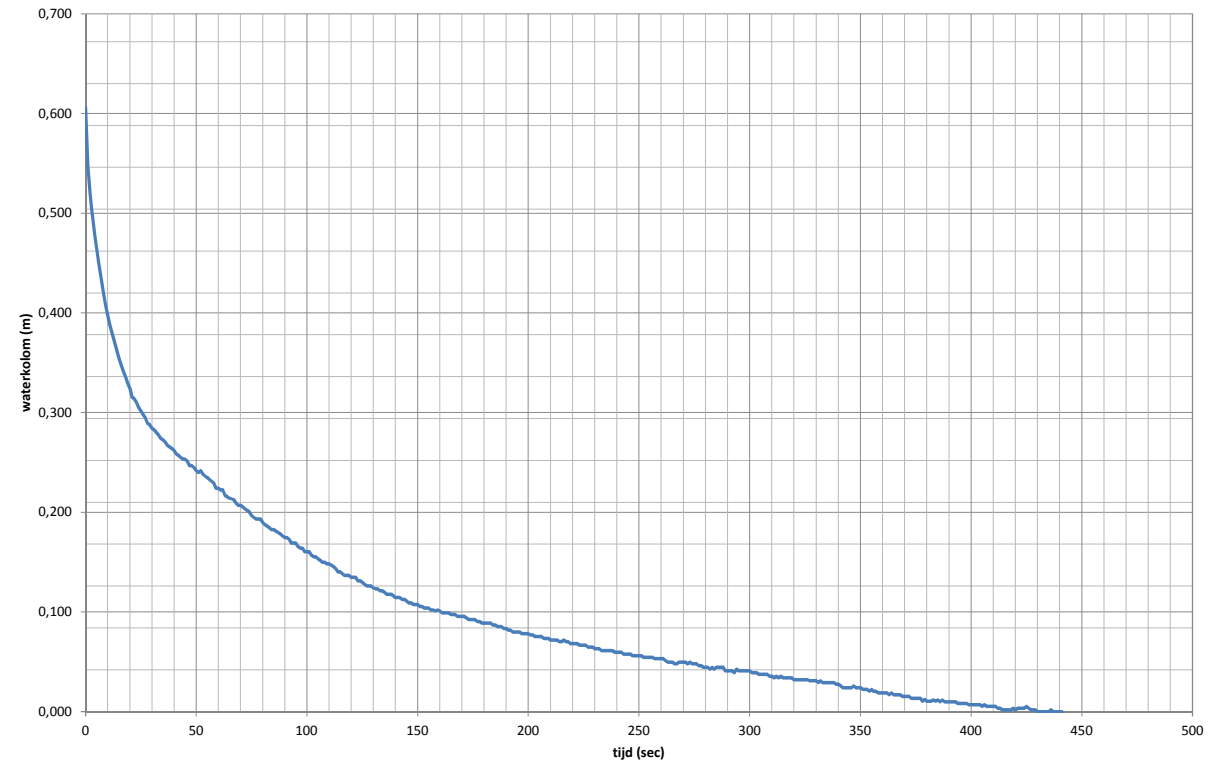


Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode)				
(Water Resources Research, June 1976)				
Algemene gegevens				
project	:	Lidl Assen		0,780
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	02		
meting	:	2		
meetdatum	:	9-1-2018		
Input basisparameters		toelichting		
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,320	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,880	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
Berekende doorlaatfactoren:				Gemiddelde k-waarde
K (m/d)	=	0,84	0,61	0,64
K (m/s)	=	9,678E-06	7,058E-06	7,448E-06
Beoordeling meetgegevens				toelichting
t0 (s)	=	25,0	35,0	45,0
tref (s)	=	35,0	45,0	55,0
tref-t0	=	10,000	10,000	10,000
Y0 (m)	=	0,257	0,223	0,201
Yref (m)	=	0,223	0,201	0,180
Parameters A en B				toelichting
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
Berekening termen				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,21	2,21	2,21
ln(Re/rw)	=	1,33	1,33	1,33

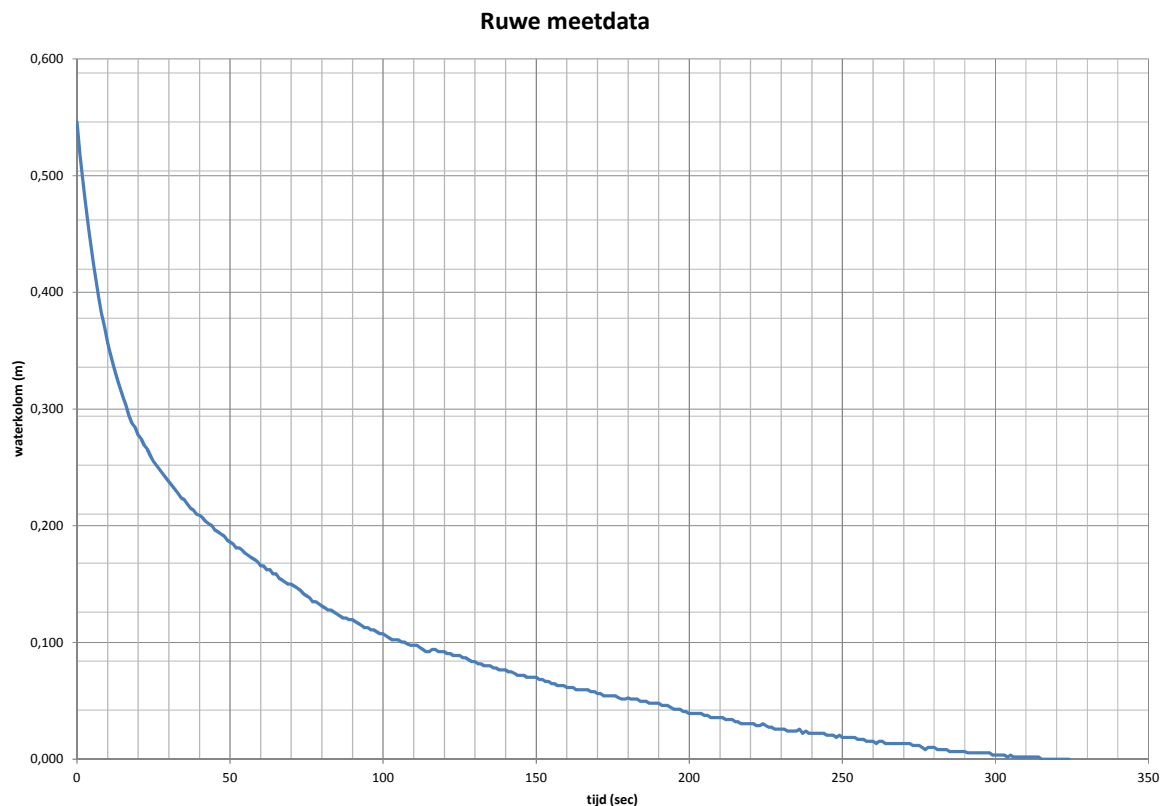


Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode) (Water Resources Research, june 1976)				
<b>Algemene gegevens</b>				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	03		
meting	:	1		
meetdatum	:	9-1-2018		
<b>Input basisparameters</b>			<u>toelichting</u>	
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,700	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,600	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
<b>Berekende doorlaatfactoren:</b>			Gemiddelde k-waarde	
K (m/d)	=	0,92	0,57	0,57
K (m/s)	=	1,065E-05	6,620E-06	6,616E-06
<b>Beoordeling meetgegevens</b>			<u>toelichting</u>	
t0 (s)	=	20,0	30,0	40,0
tref (s)	=	30,0	40,0	50,0
tref-t0	=	10	10	10
Y0 (m)	=	0,324	0,284	0,262
Yref (m)	=	0,284	0,262	0,242
<b>Parameters A en B</b>			<u>toelichting</u>	
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
<b>Berekening termen</b>				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	3,00	3,00	3,00
ln(Re/rw)	=	1,62	1,62	1,62

Ruwe meetdata

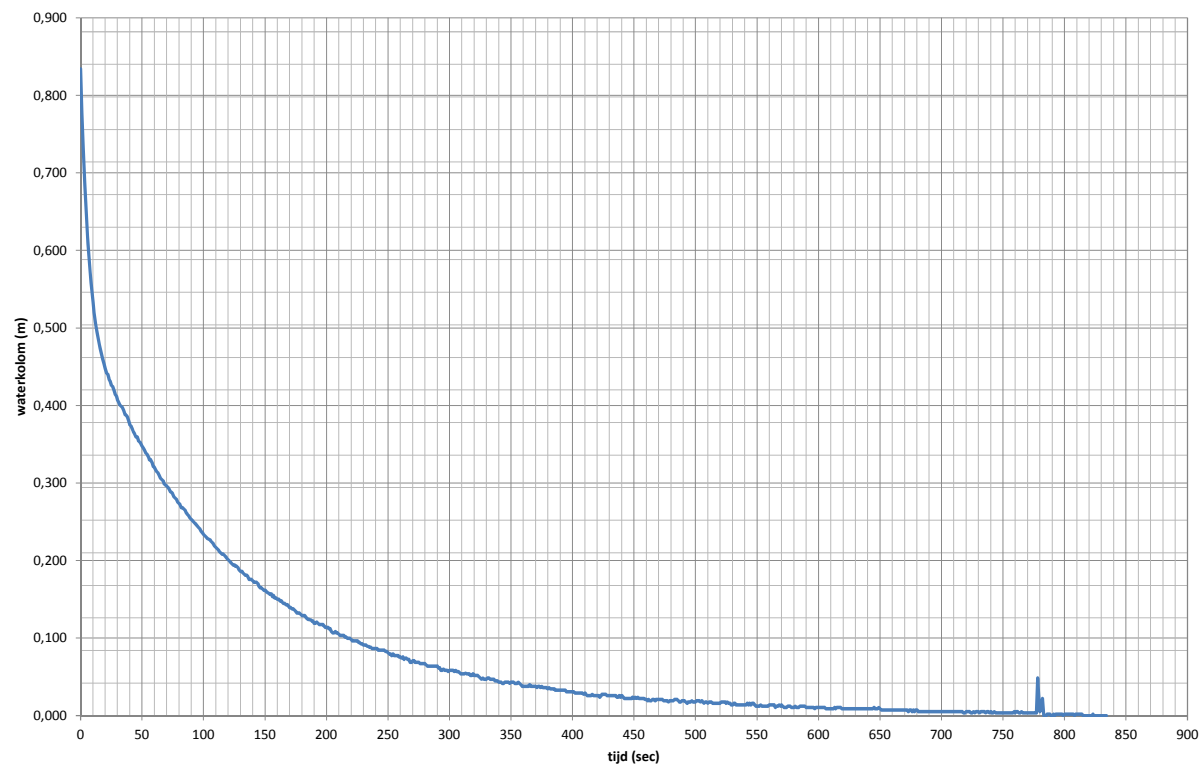


Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode)				
(Water Resources Research, june 1976)				
Algemene gegevens				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		0,880
peilbuis	:	03		
meting	:	2		
meetdatum	:	9-1-2018		
Input basisparameters		toelichting		
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,700	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,600	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
Berekende doorlaatfactoren:			Gemiddelde k-waarde	
K (m/d)	=	0,97	0,86	0,77
K (m/s)	=	1,118E-05	1,000E-05	8,935E-06
Beoordeling meetgegevens		toelichting		
t0 (s)	=	25,0	35,0	45,0
tref (s)	=	35,0	45,0	55,0
tref-t0	=	10,000	10,000	10,000
Y0 (m)	=	0,255	0,222	0,197
Yref (m)	=	0,222	0,197	0,176
Parameters A en B		toelichting		
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
Berekening termen				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	3,00	3,00	3,00
ln(Re/rw)	=	1,62	1,62	1,62

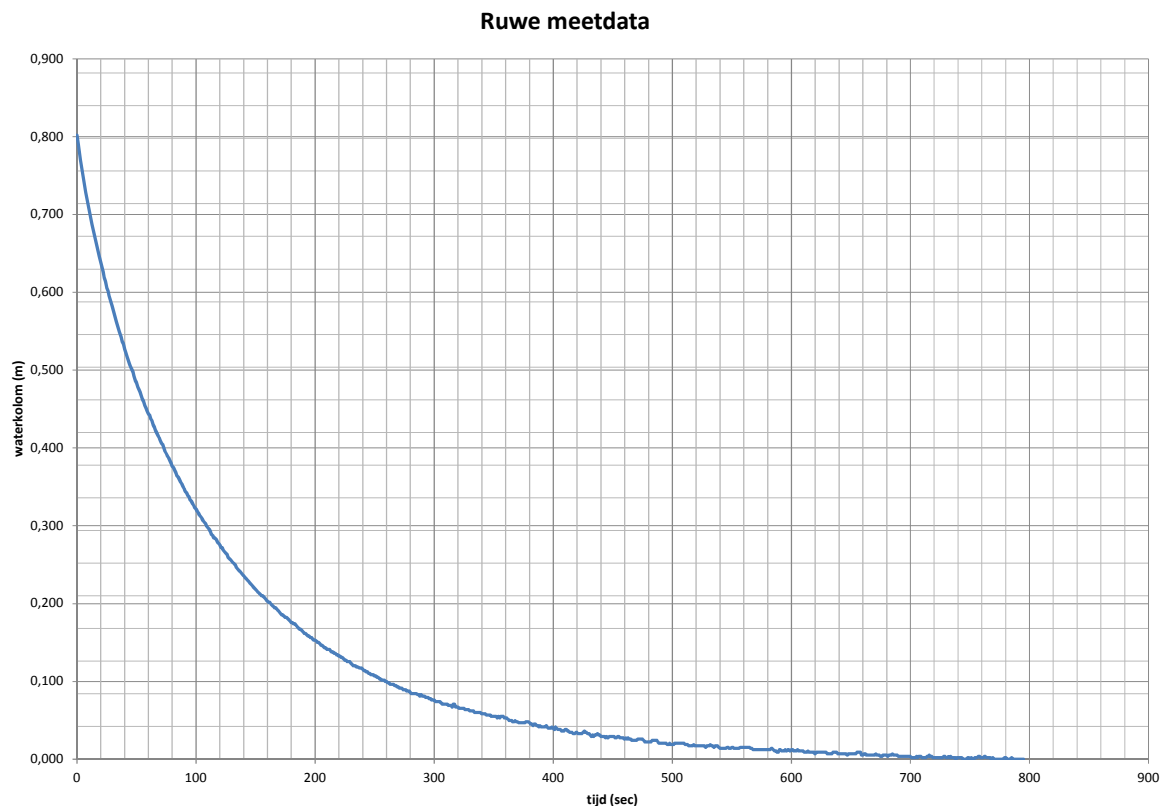


Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode) (Water Resources Research, june 1976)				
<b>Algemene gegevens</b>				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		
peilbuis	:	04		
meting	:	1		
meetdatum	:	9-1-2018		
<b>Input basisparameters</b>			<u>toelichting</u>	
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,380	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,820	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
<b>Berekende doorlaatfactoren:</b>			Gemiddelde k-waarde	
K (m/d)	=	0,57	0,51	0,46
K (m/s)	=	6,568E-06	5,910E-06	5,372E-06
<b>Beoordeling meetgegevens</b>			<u>toelichting</u>	
t0 (s)	=	20,0	30,0	40,0
tref (s)	=	30,0	40,0	50,0
tref-t0	=	10	10	10
Y0 (m)	=	0,447	0,408	0,375
Yref (m)	=	0,408	0,375	0,348
<b>Parameters A en B</b>			<u>toelichting</u>	
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
<b>Berekening termen</b>				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,38	2,38	2,38
ln(Re/rw)	=	1,40	1,40	1,40

Ruwe meetdata



Bepaling doorlaatfactor (K) m.b.v. falling head proef (Bouwer & Rice-methode)				
(Water Resources Research, june 1976)				
Algemene gegevens				
project	:	Lidl Assen		
ordernr	:	206844-12		0,780
peilbuis	:	04		
meting	:	2		
meetdatum	:	9-1-2018		
Input basisparameters		toelichting		
D (m)	=	25,00	afstand tot slecht doorlatende laag	
L (m)	=	0,50	filterlengte	
rw (m)	=	0,035	straal boorgat	
re (m)	=	0,0225	effectieve straal, gecorrigeerd voor grindomstorting	
H (m)	=	0,380	afstand tussen grondwaterstand in rust en onderkant filter	
GWST (m)	=	0,820	grondwaterstand t.o.v. bovenkant peilbuis in rust	
Berekende doorlaatfactoren:		Gemiddelde k-waarde		
K (m/d)	=	0,57	0,55	0,52
K (m/s)	=	6,561E-06	6,408E-06	6,061E-06
Beoordeling meetgegevens		toelichting		
t0 (s)	=	25,0	35,0	45,0
tref (s)	=	35,0	45,0	55,0
tref-t0	=	10,000	10,000	10,000
Y0 (m)	=	0,606	0,552	0,505
Yref (m)	=	0,552	0,505	0,463
Parameters A en B		toelichting		
L/rw (-)	=	14,29	14,29	14,29
A	=	1,93	1,93	1,93
B	=	0,28	0,28	0,28
Berekening termen				
ln[(D-H)/rw]	=	6,00	6,00	6,00
ln(H/rw)	=	2,38	2,38	2,38
ln(Re/rw)	=	1,40	1,40	1,40



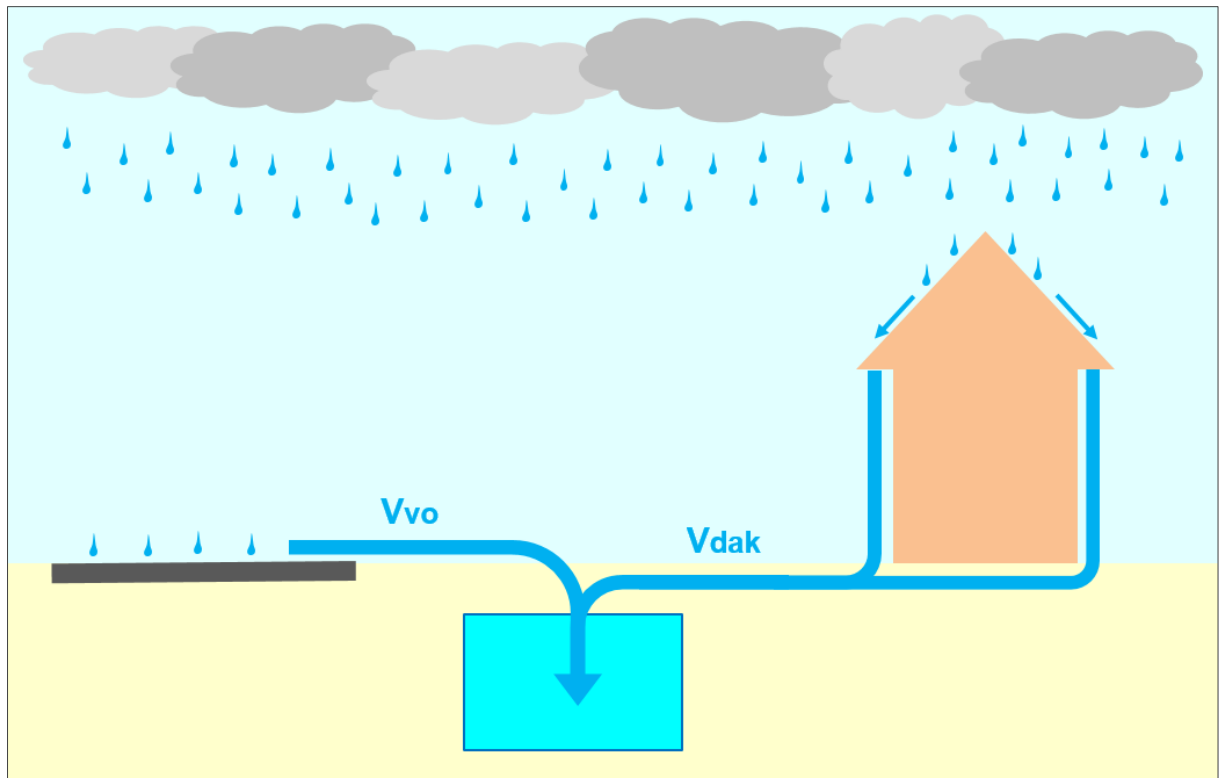
**Toelichting ontwerpberekeningen infiltratievoorzieningen**



## Dimensionering infiltratievoorzieningen

### 1 Algemeen

Een infiltratievoorziening bestaat uit een berging en een infiltratiegedeelte. Wanneer neerslag op afgekoppeld verhard oppervlak en/of afgekoppeld dakoppervlak valt, stroomt een deel hiervan naar de infiltratievoorziening (zie figuur 1). Bij bovengrondse infiltratievoorzieningen (zoals een infiltratiesloot) komt daarnaast ook nog hemelwater direct vanuit de lucht in de infiltratievoorziening terecht.



**Figuur 1:** Aanvoer hemelwater naar een infiltratievoorziening tijdens neerslag; vanaf afgekoppeld dakoppervlak (Vdak) en afgekoppeld verhard oppervlak (Vvo).

Zodra er neerslag op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak gaat vallen, wordt er hemelwater in de infiltratievoorziening aangevoerd, waardoor het waterpeil in de berging van de infiltratievoorziening stijgt. Doordat het waterpeil stijgt gaat er water door de wanden van de infiltratievoorziening in de bodem infiltreren. Bij het uitvoeren van ontwerpberekeningen voor een infiltratievoorziening moeten horizontale (bodem)oppervlakken van de infiltratievoorziening niet worden meegerekend bij het effectieve infiltratieoppervlak, aangezien horizontale (bodem)oppervlakken na verloop van tijd dichtslibben. De wanden van infiltratievoorzieningen blijven doorgaans hun infiltrerende vermogen behouden.

Wanneer er per tijdseenheid meer hemelwater in de infiltratievoorziening terecht komt dan er via infiltratie uit verdwijnt, zal het waterpeil in de berging stijgen. Bij een stijgend waterpeil neemt het effectieve infiltratieoppervlak toe zodat er per tijdseenheid meer water in de bodem infiltreert. Het waterpeil blijft stijgen totdat er per tijdseenheid evenveel water in de infiltratievoorziening terecht komt als dat er via infiltratie uit verdwijnt. Is de intensiteit van de bui zo hoog en/of is de doorlatendheid van de bodem zo klein, dat de aanvoer hoger blijft dan de infiltratie, dan zal het waterpeil in de berging stijgen tot aan een aangebrachte overstortvoorziening. Zodra de intensiteit van de bui afneemt en/of de neerslag stopt, zal het waterpeil in de berging gaan dalen.

Het totale verwerkende vermogen van een infiltratievoorziening moet gelijk zijn aan de som van de berging en de infiltratiecapaciteit; hoe kleiner de berging, des te groter de benodigde infiltratiecapaciteit

moet zijn en omgekeerd. De minimale afmetingen (lengte, breedte en diepte) van een infiltratievoorziening, voor de verwerking van hemelwater dat op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, zijn afhankelijk van:

- de totale oppervlakte van het afgekoppelde (dak)oppervlak;
- de afstromingscoëfficiënt(en) van het afgekoppelde (dak)oppervlak;
- de dikte en waterdoorlatendheid van de verschillende bodemlagen die door de infiltratievoorziening worden doorsneden;
- de maatgevende bui die verwerkt moet kunnen worden.

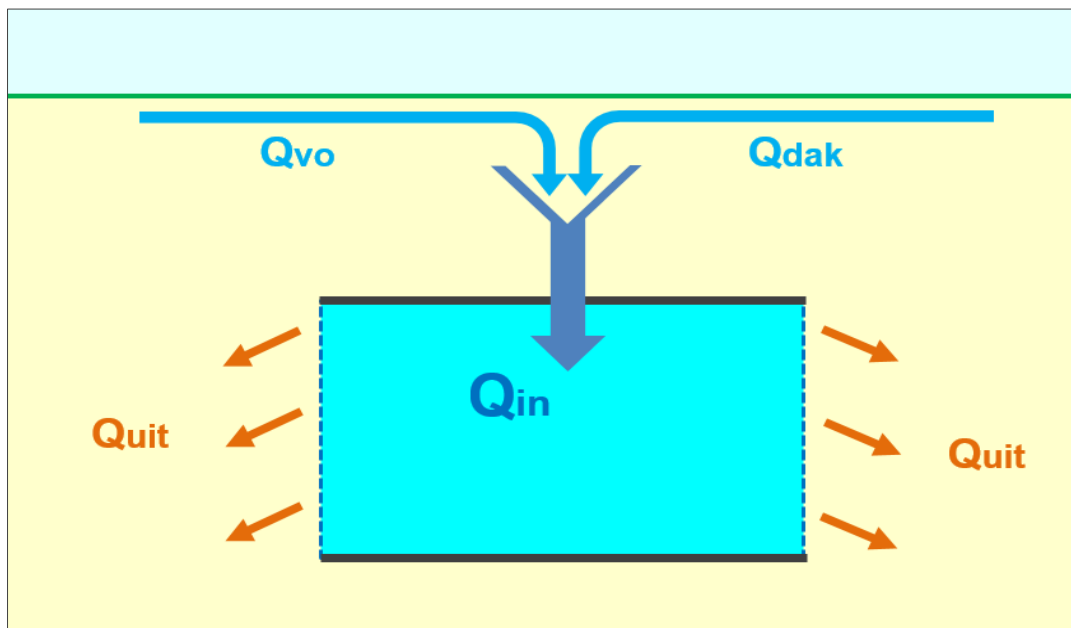
De op een perceel beschikbare ruimte (zowel horizontaal als verticaal) voor het aanleggen van een infiltratievoorziening en de grondwaterstand op het perceel bepalen de vorm en diepte van de infiltratievoorziening. Bij voorkeur worden infiltratievoorzieningen boven de GHG aangelegd, zodat de effectieve infiltratiehoogte zo groot mogelijk is. Volgens het KNMI valt het zwaartepunt van extreme neerslaggebeurtenissen in de maanden juli en augustus. Dat zijn maanden waarin doorgaans sprake is van lage grondwaterstanden, hetgeen gunstig is met betrekking tot infiltreren.

Voor een infiltratievoorziening ten behoeve van de verwerking van hemelwater dat op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, vormt onderstaande waterbalans de basis (zie ook figuur 2):

$$(1) \quad \int_0^{T_N} \{ Q_{in}(t) - Q_{uit}(t) \} dt = V_B$$

Hierin is:

$T_N$	=	de tijdsduur van de neerslagperiode (dag);
$Q_{in}$	=	het debiet waarmee het hemelwater de infiltratievoorziening instroomt (m <sup>3</sup> /dag);
$Q_{uit}$	=	het debiet waarmee het water in de bodem infiltreert (m <sup>3</sup> /dag);
$V_B$	=	effectief bergingsvolume van de infiltratievoorziening (m <sup>3</sup> ).



**Figuur 2: Waterbalans infiltratievoorziening:  $V_{in} = V_{uit} + V_{berging}$**

Het totale watervolume dat in de infiltratievoorziening terecht komt wordt gegeven door vergelijking 2.

$$(2) \quad V_{in} = V_{vo} + V_{dak} \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:

$V_{vo}$	=	watervolume afkomstig van afgekoppeld verhard oppervlak (m <sup>3</sup> );
$V_{dak}$	=	watervolume afkomstig van afgekoppeld dakoppervlak (m <sup>3</sup> ).

Het watervolume dat in een tijdsperiode  $dt$  vanaf afgekoppeld verhard oppervlak in de infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking 3.

$$(3) \quad V_{vo} = C_{av} * O_{vo} * N * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:  $C_{av}$  = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde verharde oppervlak (-/-);  
 $O_{vo}$  = de oppervlakte van het afgekoppelde verharde oppervlak ( $\text{m}^2$ );  
 $N$  = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval  $dt$  ( $\text{m}/\text{dag}$ );  
 $dt$  = de beschouwde tijdsperiode van de neerslag (dag).

Het watervolume dat in een tijdsperiode  $dt$  vanaf afgekoppeld dakoppervlak in de infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking 4.

$$(4) \quad V_{dak} = C_{ad} * O_{dak} * N * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:  $C_{ad}$  = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde dakoppervlak (-/-);  
 $O_{dak}$  = de horizontale oppervlakte van het afgekoppelde dakoppervlak ( $\text{m}^2$ );  
 $N$  = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval  $dt$  ( $\text{m}/\text{dag}$ );  
 $dt$  = de beschouwde tijdsperiode van de neerslag (dag).

In een tijdstap  $dt$  (waarin de neerslagintensiteit constant wordt verondersteld) stroomt een volume hemelwater de infiltratievoorziening in, dat gegeven wordt door:

$$(5) \quad V_{in} = N(t) * dt * \{ C_{av} * O_{vo} + C_{ad} * O_{dak} \} \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:  $N(t)$  = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval  $dt$  ( $\text{m}/\text{dag}$ ).

Als gevolg van de instroom van  $V_{in}$  stijgt het waterpeil in de berging met een waarde  $h_w$ . Bij verticale wanden van de infiltratievoorziening volgt  $h_w$  uit vergelijking 6.

$$(6) \quad h_w = \frac{v_{in}}{O_h} \quad (\text{m})$$

Hierin is:  $O_h$  = het horizontale oppervlak van de berging ( $\text{m}^2$ );

$O_h$  is afhankelijk van de vorm van de berging en wordt gegeven door

Hierin is:  $O_h$  = het horizontale oppervlak van de berging ( $\text{m}^2$ );

De horizontale oppervlakte van de berging van een infiltratievoorziening wordt gegeven door:

$$(7) \quad \begin{array}{ll} \text{a) } O_h = L * B & (\text{m}^2) \quad \text{voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;} \\ \text{b) } O_h = \pi r^2 & (\text{m}^2) \quad \text{voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.} \end{array}$$

Hierin is:  $L$  = de lengte van de binnenzijde van de berging (m);  
 $B$  = de breedte van de binnenzijde van de berging (m);  
 $r$  = de binnenstraal van de berging (m).

Zodra er hemelwater in de infiltratievoorziening terecht is gekomen en het waterpeil in de berging is gestegen tot  $h_w$ , gaat er water door de zijwanden infiltreren. In een tijdstap  $dt$  infiltreert er een watervolume  $V_{uit}$  vanuit de infiltratiesloot de bodem in, dat gegeven wordt door vergelijking 8 op de volgende pagina.

$$(8) \quad V_{uit} = K * O_w * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:  $K$  = de doorlatendheid van de bodem waarin het water infiltreert (m/dag).  
 $O_w$  = het totale wandoppervlak van de berging waardoorheen het water in de bodem infiltreert ( $\text{m}^2$ ).

Het totale wandoppervlak van de berging, waardoorheen het water in de bodem infiltreert is:

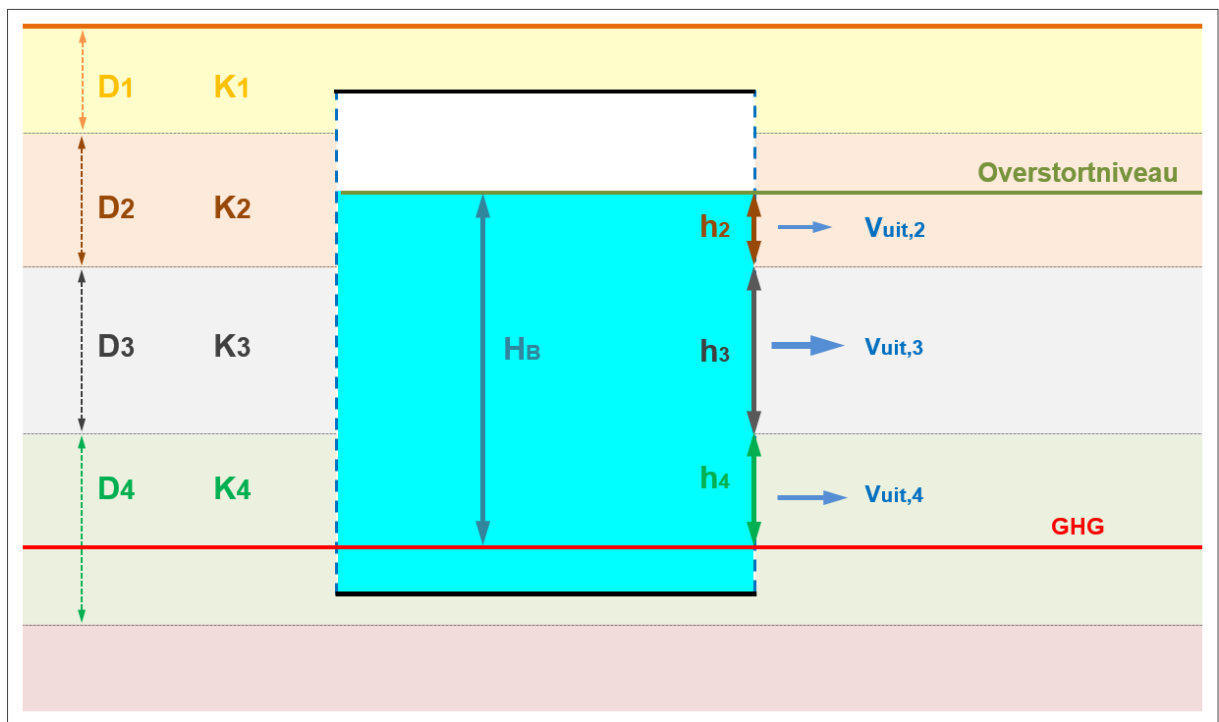
$$(9) \quad O_w = h_w * O_m \quad (\text{m}^2)$$

Hierin is:  $h_w$  = de dikte van de waterlaag (m);  
 $O_m$  = de buitenomtrek van de berging (m).

De buitenomtrek  $O_m$  van de berging is afhankelijk van de vorm van de berging:

- (10) a)  $O_m = 2 (L + B) * h_w \quad (\text{m}^2)$  voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;  
 b)  $O_m = 2 \pi r * h_w \quad (\text{m}^2)$  voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.

Vergelijking 8 geldt voor een homogene bodem (één waarde voor de doorlatendheid). Voor een gelaagde bodem moet worden bepaald wat de infiltratie in elke bodemlaag is. In figuur 3 is een dwarsdoorsnede van een berging in een gelaagde bodem weergegeven. De berging doorsnijdt 4 lagen die elk een verschillende dikte ( $D_1$  t/m  $D_4$ ) en verschillende doorlatendheid ( $K_1$  t/m  $K_4$ ) hebben. Voor de situatie in figuur 3 vindt infiltratie plaats in de lagen 2, 3 en 4 over de verticale hoogtes  $h_2$ ,  $h_3$  en  $h_4$ .



Figuur 3: Dwarsdoorsnede berging in gelaagde bodem

Het watervolume dat in een tijdstap  $dt$  vanuit de berging in laag  $i$  infiltreert, wordt gegeven door:

$$(11) \quad V_{uit,i} = K_i * O_{w,i} * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is:  $K_i$  = de doorlatendheid van laag  $i$  (m/dag).  
 $O_{w,i}$  = het totale wandoppervlak van laag  $i$  waardoorheen het water in de bodem infiltreert ( $\text{m}^2$ ).

Het wandoppervlak van laag  $i$  waardoorheen water in de bodem infiltreert, wordt gegeven door vergelijking 12 (analoog aan vergelijking 9 voor een homogene bodem):

$$(12) \quad O_{w,i} = h_i * O_m \quad (\text{m}^2)$$

Hierin is:  $h_i$  = de waterdikte in laag  $i$  (m);  
 $O_m$  = de buitenomtrek van de berging (m) die constant is bij verticale zijwanden (zie vergelijking 10).

Met de vergelijkingen 11 en 12 volgt voor het watervolume dat uit elke laag infiltreert:

$$(13) \quad V_{uit,i} = K_i * h_i * O_m * dt \quad (\text{m}^3/\text{dag})$$

## 2 Ontwerpberekeningen infiltratievoorziening

Het verloop van de waterhoogte in de berging van een infiltratievoorziening in de tijd als gevolg van een neerslaggebeurtenis, kan worden berekend door een stapsgewijze benadering van de in- en uitstroom van water in/uit de berging, waarbij in één tijdstap  $p$  de volgende stappen worden onderscheiden:

- instroom van hemelwater in de berging ( $V_{in,p}$ );
- stijging waterpeil in de berging over een verticale afstand  $dh_{in,p}$ ;
- uitstroom van water als gevolg van infiltratie in de bodemlagen die onder water staan ( $\sum V_{uit,i,p}$ );
- daling waterpeil in de berging over een verticale afstand  $dh_{uit,p}$  tot nieuwe hoogte  $h_p$ .

Aan het einde van stap  $p$  is de waterhoogte dus  $h_p$ . Vervolgens herhalen de stappen a t/m d zich in de volgende tijdstap ( $p+1$ ):

- instroom van hemelwater in de berging ( $V_{in,p+1}$ );
- stijging waterpeil in de berging over een verticale afstand  $dh_{in,p+1}$ ;
- uitstroom van water als gevolg van infiltratie in de bodemlagen die onder water staan ( $\sum V_{uit,i,p+1}$ );
- daling waterpeil in de berging over een verticale afstand  $dh_{uit,p+1}$  tot nieuwe hoogte  $h_{p+1}$ .

Dit proces gaat door zolang er neerslag valt en zolang er in een tijdstap meer hemelwater de infiltratievoorziening in- dan uitstroomt, stijgt het waterpeil in de berging. Wanneer de uitstroom op een bepaald moment groter wordt dan de instroom (doordat de neerslagintensiteit afneemt, het infiltratieoppervlak een bepaalde grootte heeft bereikt en/of het waterpeil tot aan een laag met een zeer hoge doorlatendheid is gestegen), blijft het waterpeil in de berging constant of gaat het dalen. Zodra de neerslag stopt gaat de daling het snelst totdat al het water via de zijwanden is geïnfiltreerd.

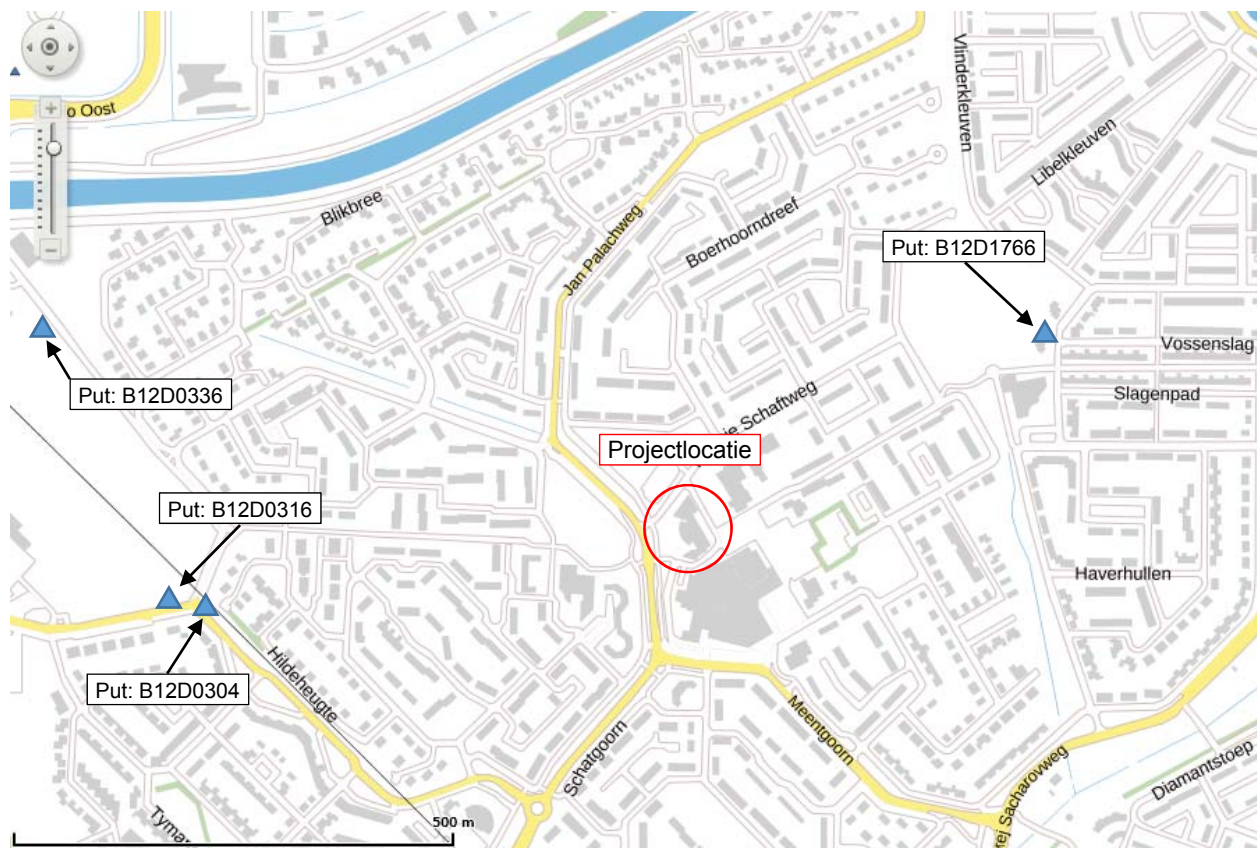
Uit de vergelijkingen 1, 5, 8 en 9 volgt voor het minimaal benodigde bergingsvolume  $V_B$ , zonder dat er een overstort plaatsvindt:

$$(14) \quad V_B = (C_{av} O_{vo} + C_{ad} O_{dak}) \int_0^{T_N} N(t) dt - K O_m \int_0^{T_N} h_w(t) dt$$



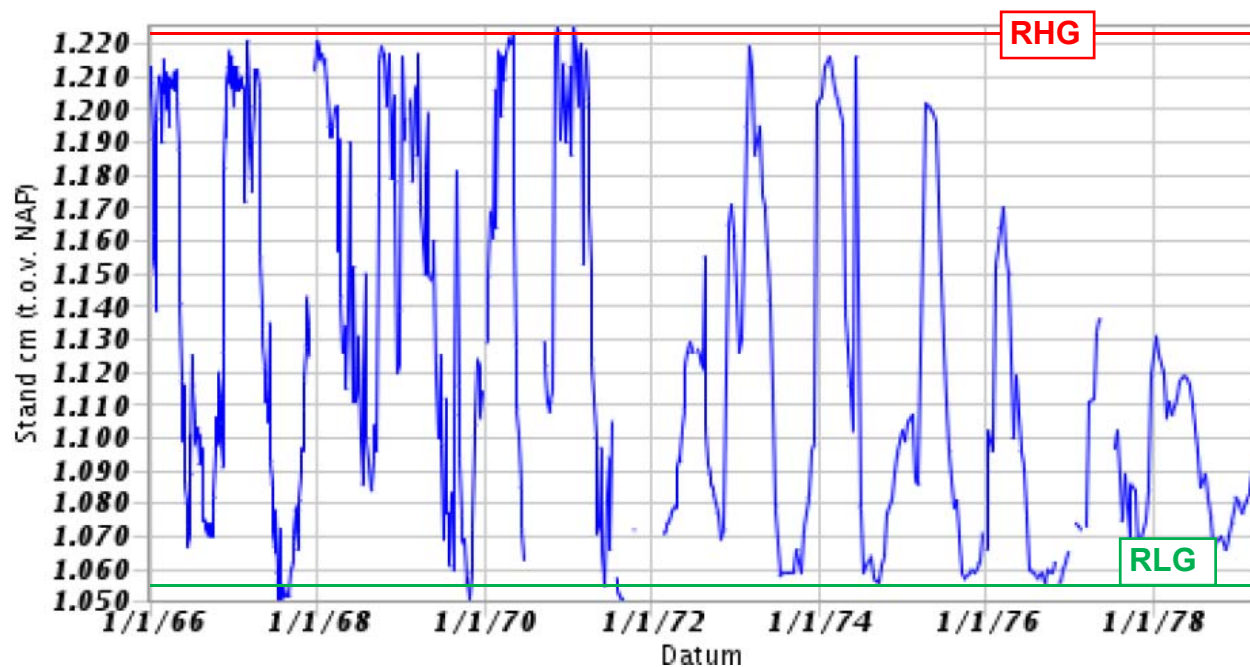
## BIJLAGE 5

### Grafieken grondwaterstanden Dinoloket

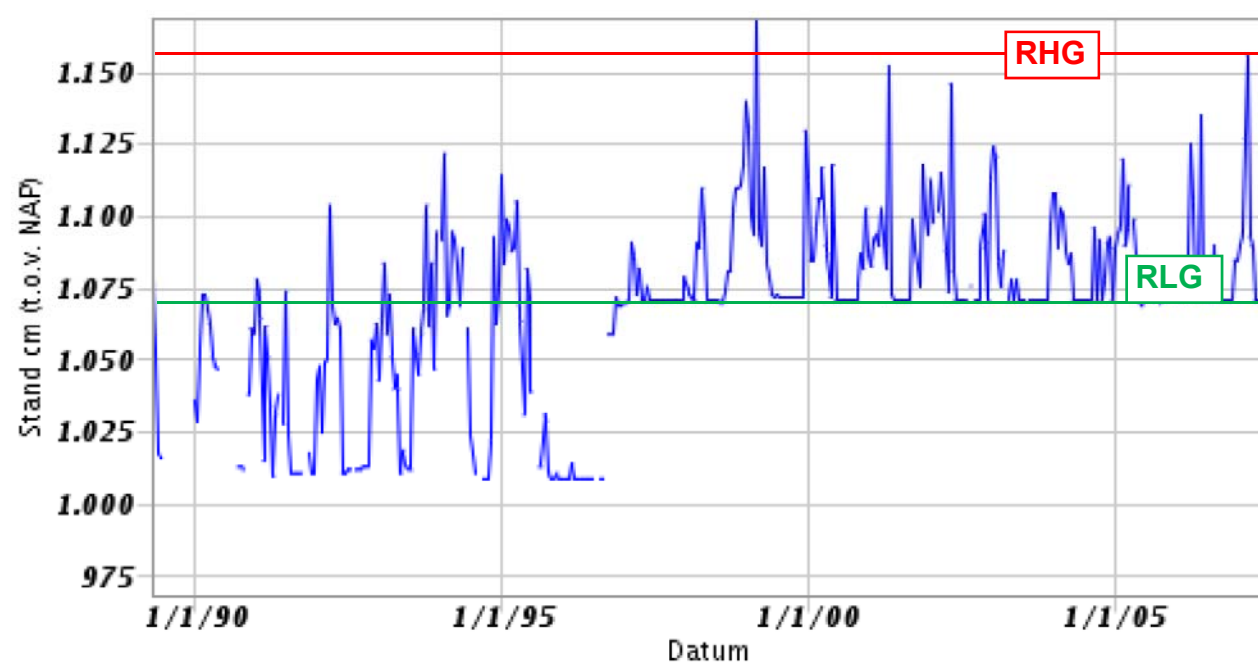




B12D0304

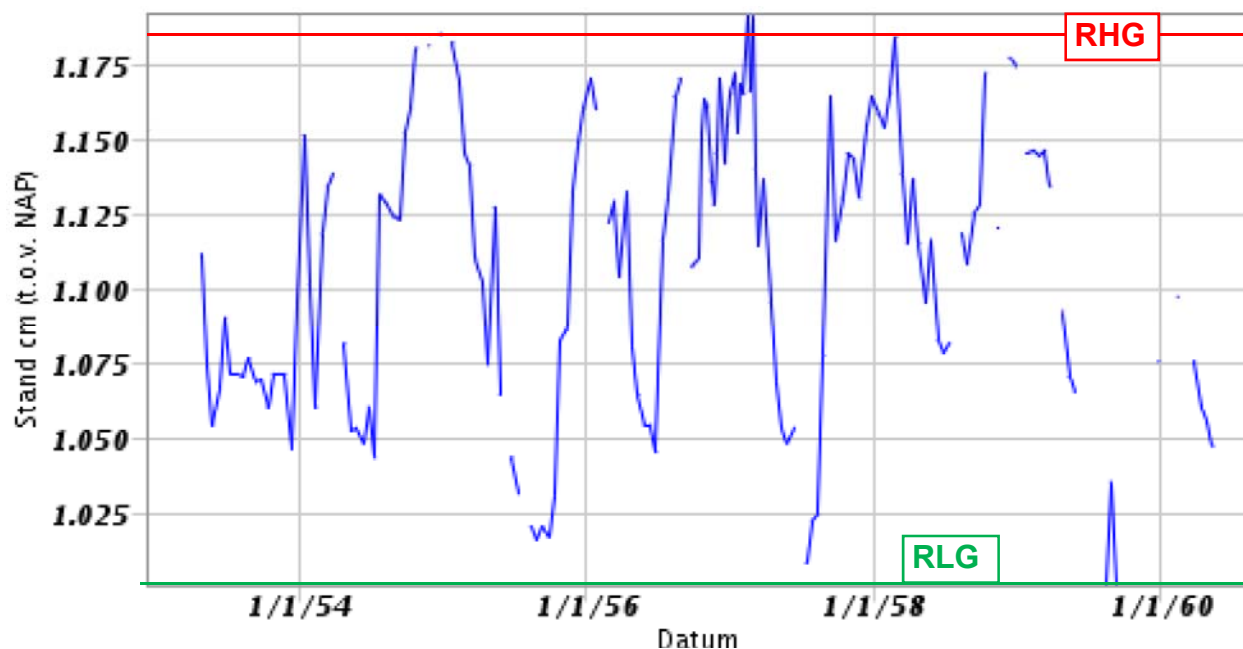


B12D0316





B12D0336



B12D1766

