

**Infiltratieadvies
nieuwbouw (centrumplan) aan de
Dorpsstraat, Stationsstraat en Zwartepad
in Holten**

[REDACTED]

Explorius Vastgoedontwikkeling [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED] RIJSSEN

Rapportnummer:

202255-10/R01

Status rapport:

Definitief

Datum:

30 mei 2012

Envita Almelo [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] ALMELO

Tel: [REDACTED]

Fax: [REDACTED]

[REDACTED]

*Ingenieursbureau voor
ruimtelijke ontwikkeling,
bodem, water & milieu*

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Basisinformatie	4
2.1	Ligging projectgebied	4
2.2	Brongegevens	4
2.3	Uitgevoerd veldonderzoek.....	5
2.4	Bodemopbouw en geohydrologie	5
2.5	Grondwater.....	6
3	Infiltratieadvies	7
3.1	Infiltratie en doorlatendheid	7
3.2	Infiltratieproeven	7
3.3	Infiltratievoorzieningen.....	8
4	Ontwerpberekeningen	10
4.1	Uitgangspunten	10
4.2	Resultaten	10
5	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	11

Bijlagen:

- 1) Situatietekening met locaties boringen en infiltratieproeven
- 2) Bodemprofielbeschrijvingen
- 3) Meetresultaten doorlatendheidsproeven
- 4) Ontwerpberekeningen infiltratieputten
- 5) Toelichting ontwerpberekeningen infiltratievoorzieningen

Auteur rapport: [REDACTED]	Paraaf: [REDACTED]	Datum: 30 mei 2012
Kwaliteitscontrole: [REDACTED]	Paraaf: [REDACTED]	Datum: 30 mei 2012

1 INLEIDING

Ten behoeve van een beoogde herontwikkeling van een gebied in het centrum van Holten (centrumplan Holten) is [REDACTED] 2012 door Envita een verkennend [REDACTED] zijn om hemelwater van [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] binnen het projectgebied in de [REDACTED] opdracht verstrekt voor het onderzoeken van de waterdoorlatendheid [REDACTED] zone (dit is tussen maaiveld en grondwatervlucht) en het opstellen van een [REDACTED] is opgesteld op basis van beschikbare gegevens vanuit het verkennend bodemonderzoek en het aanvullend uitgevoerde geohydrologisch onderzoek.

In onderhavig rapport worden de in het kader van het geohydrologisch onderzoek uitgevoerde werkzaamheden beschreven en wordt het infiltratieadvies gepresenteerd.

2 BASISINFORMATIE

2.1 Ligging projectgebied

Het projectgebied ligt in het centrum van Holten en wordt omsloten door de Dorpsstraat, Stationstraat en het Zwartepad. In figuur 1 is het projectgebied middels een wit kader aangegeven. Het onderzoeksgebied van het geohydrologisch onderzoek is met een rode markering aangegeven.

Figuur 1: Luchtfoto projectgebied en onderzoekslocatie geohydrologisch onderzoek [1]



2.2 Brongegevens

Het geohydrologisch onderzoek en infiltratieadvies zijn gebaseerd op de volgende rapporten, websites en door de opdrachtgever verstrekte informatie:

- [1] Google maps;
- [2] DINO-loket (website met gegevensbestand voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland);
- [3] Actuele Hoogtekaart van Nederland (website);
- [4] document Centrumplan Holten, BDC architecten en Explorius Vastgoedontwikkeling, projectnummer 2005-091-001, d.d. 05-04-2012;
- [5] digitale tekening '148904-situatie-totaal-120412.dwg';
- [6] rapport: "Verkennd bodemonderzoek winkelcentrum / [redacted] / [redacted] in Holten", Envita Almelo B.V., kenmerk 201893-10/R01, d.d. 13 april 2012;
- [7] rapport: "Geotechnisch bodemonderzoek Dorpsstraat, Stationsstraat en Zwartepad in Holten, Lankelma Geotechniek Almelo B.V., kenmerk 202255-11 concept.

In tabel 1 zijn enkele relevante gegevens van het projectgebied aangegeven.

Tabel 1: Gegevens projectgebied

	bron
oppervlak projectgebied : circa 3.500 m ² , waarvan circa 3.000 m ² wordt bebouwd en 300 m ² beschikbaar is voor infiltratie	[5]
hoogte maaiveld : variërend tussen circa +17,5 en +18,5 mNAP	[3]
natuurlijke grondwaterstand : > 5 m -mv	[6]
oppervlaktewater : geen oppervlaktewater ter plaatse en/of nabij het projectgebied	[1]
globale lokale bodemopbouw : zand, matig fijn tot uiterst grof, zwak tot matig siltig, plaatselijk zwak humeus, sporen grind tot uiterst grindhoudend en sporen puin tot matig puinhoudend	[6]

2.3 Uitgevoerd veldonderzoek

Het totale projectgebied beslaat circa 3.500 m². Hiervan wordt circa 3.000 m² bebouwd en de rest wordt bijna geheel parkeerterrein. Infiltratievoorzieningen zullen alleen ter plaatse van onbebouwde terreindelen worden aangelegd. Een deel van het onbebouwde terreindeel is in verband met kabels en leidingen en/of direct aangrenzende bebouwing minder geschikt voor de aanleg van infiltratievoorzieningen. Daarom heeft het geohydrologisch onderzoek zich gericht op circa 300 m² van het toekomstige parkeerterrein binnen de zuidelijke helft van het projectgebied. Ten behoeve van het geohydrologisch onderzoek zijn in april en mei 2012 de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- bureaustudie;
- terreininspectie;
- 6 handboringen waarvan 2 boringen met een peilbuis zijn afgewerkt;
- 2 infiltratieproeven met de compact constant head permeameter (CCHP);
- 2 infiltratieproeven middels de omgekeerde boorgatproef (Hooghoudt-proef);
- bepaling doorlatendheid uit infiltratieproeven.

De locaties van de boringen, peilbuizen en infiltratieproeven zijn samen met de boringen van het verkennend bodemonderzoek weergegeven op de situatieschets in bijlage 1.

Handboringen en peilbuizen

Bij elke boring is de opgeboorde grond nauwkeurig beschreven, waarbij met name gelet is op de samenstelling, structuur (de ruimtelijke rangschikking, vorm en grootte van de vaste bodembestanddelen en de zich daartussen bevindende holtes), de textuur (de korrelgrootteverdeling) en de kleur van het bodemmateriaal. Naast de samenstelling en korrelgrootte van de opgeboorde grond, is gelet op hydromorfe 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.

Infiltratieproeven onverzadigde bodem tot 2,0 m -mv

Inzicht in de waterdoorlatendheid van de bovenste 2 meter van de bodem is verkregen via infiltratieproeven met de CCHP. Hierbij is handmatig een boring gezet tot in de bodemlaag waarvan de doorlatendheid moet worden bepaald (voor onderhavig onderzoek tot maximaal circa 1,0 m -mv). Vervolgens is in het boorgat water uit de CCHP gelaten, waarbij het waterniveau in het boorgat op een constant niveau (20 á 30 cm boven de onderkant van het boorgat) is gehouden door toevoeging van water uit de CCHP. Door te meten en registreren hoeveel water er per tijdseenheid uit de CCHP stroomt, wordt de doorlatendheid (K-waarde) van de grond rondom het verzadigde boorgat berekend. De proeven zijn uitgevoerd ter plaatse van de boringen 101 en 103.

Infiltratieproeven onverzadigde bodem dieper dan ca. 2,5 m -mv

Inzicht in de waterdoorlatendheid van de diepere onverzadigde zone is verkregen via infiltratieproeven in peilbuizen middels de Hooghoudt-proef. Hiertoe is een peilbuis geplaatst met de filterstelling in de bodemlaag waarvan de doorlatendheid moet worden bepaald. Vervolgens is in de peilbuis water gegoten en is met behulp van een datalogger de daling van het waterpeil in de peilbuis in de tijd gemeten. Uit dit verloop is de doorlatendheid berekend. Om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten is elke proef in duplo uitgevoerd. De infiltratieproeven zijn uitgevoerd in de peilbuizen 100 en 102 met een filterstelling van 3,0 - 4,0 m -mv.

2.4 Bodemopbouw en geohydrologie

De gemiddelde maaiveldhoogte van het projectgebied is circa +18 mNAP. Binnen het projectgebied is de bodem gevormd door gestuwde zanden van de Sallandse heuvelrug die ter plaatse van Holten bestaan uit lemig fijn zand. In het gestuwde zand is geen onderscheid te maken tussen een eerste en tweede watervoerend pakket. De regionale geohydrologische opbouw is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Samenvatting geohydrologische situatie

Diepte (m-mv)	Geohydrologische eenheid	samenstelling
0 – 1,0 à 1,5	matig/slecht doorlatende deklaag	lemig, matig fijn zand
1,0 à 1,5 - 105	watervoerend pakket	grindhoudend grof zand

Lokale bodemopbouw

Op de projectlocatie zijn in voorgaand onderzoek [6] 14 handboringen geplaatst. In onderstaande tabel is weergegeven hoe de bodem op de projectlocatie tot de maximaal onderzochte diepte van 5,0 m –mv globaal is opgebouwd.

Tabel 3: Gemiddelde bodemopbouw

Diepte (m- mv)	Hoofdbestanddeel	Nadere omschrijving
0 – 1,0 a 1,5	zand	matig fijn, zwak tot matig siltig, plaatselijk matig grindig en lagen matig grof zand
1,0 à 1,5 - 5,0	zand	matig tot uiterst grof, matig tot uiterst grindhoudend, matig siltig

2.5 Grondwater

De grondwaterstand binnen het projectgebied ligt globaal op circa +12 mNAP (circa 6 m –mv). 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. Op basis van [2] kan aangenomen worden dat het grondwater binnen het projectgebied zich gedurende het hele jaar op meer dan 5 meter beneden maaiveld bevindt. Deze diepe grondwaterstand vormt een goede basis voor de beoogde infiltratie.

De waterscheiding die door de Sallandse heuvelrug wordt gevormd loopt van noord naar zuid en ligt in het oostelijk deel van Holten. De grondwaterstromingsrichting in het grootste deel van Holten zal daarvoor westelijk zijn. Aan de oostkant van Holten zal het grondwater in oostelijke richting stromen. Als gevolg van de relatief grote reliëfverschillen zijn de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld moeilijk vast te leggen. De doorlatendheid van de bodem en daarmee de stromingssnelheid van het grondwater is vanwege de opstuwing van het zand zeer wisselend.

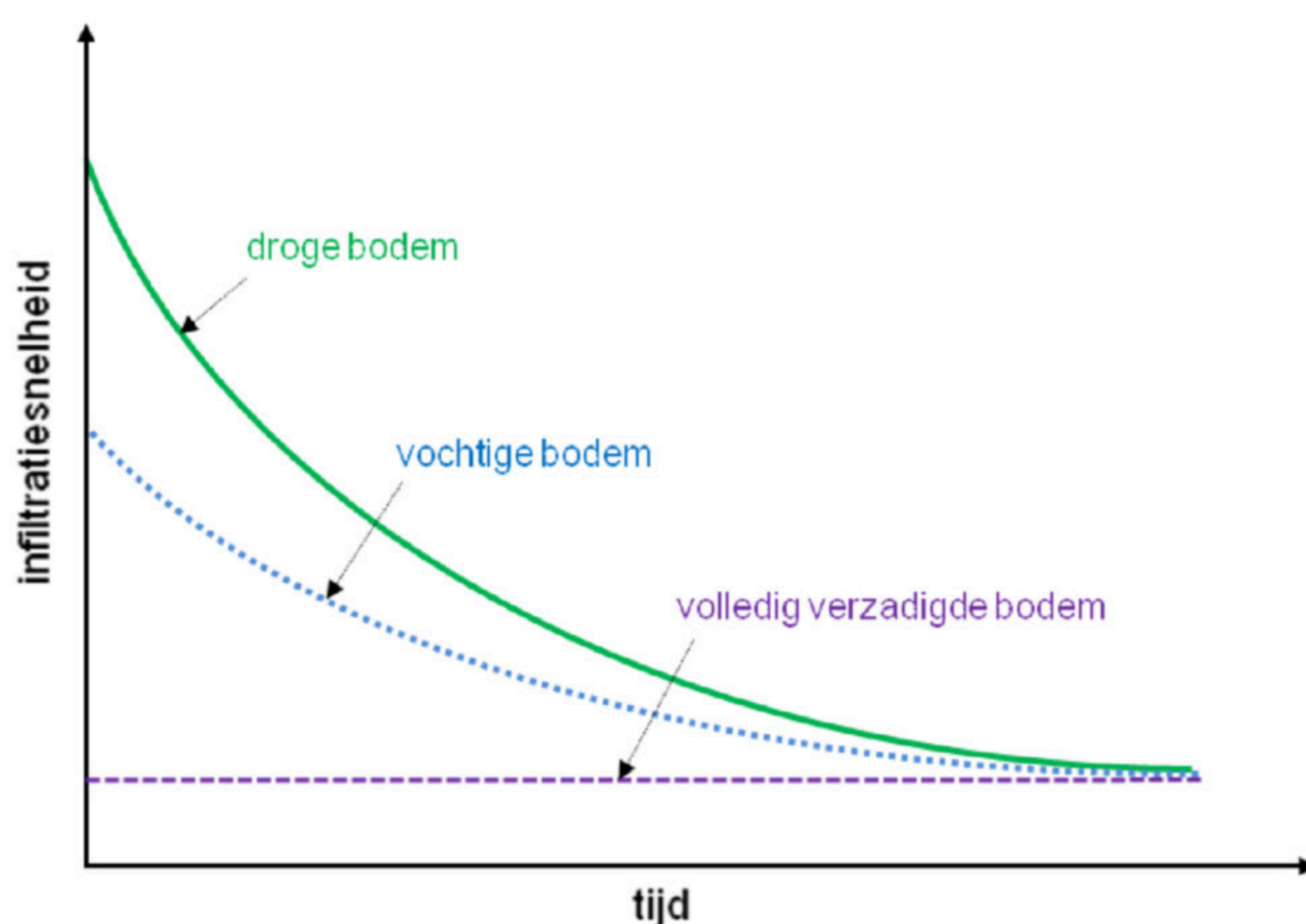
Ten noordwesten van Holten bevindt zich het grondwaterbeschermingsgebied “Espelose Broek”. De projectlocatie bevindt zich op circa 4,5 km van het waterwingebied en op circa 3,7 km van het grondwaterbeschermingsgebied. Op circa 1,1 km ten noordoosten van de onderzoekslocatie bevindt zich het waterwingebied “Holten”.

3 INFILTRATIEADVIES

3.1 Infiltratie en doorlatendheid

Infiltratie van (hemel)water in een bodem is een omlaag gericht transport van water door de onverzadigde zone (boven het grondwater) van de bodem onder invloed van de zwaartekracht. Hierbij spelen de infiltratiecapaciteit en het bergend vermogen van de bodem een rol (zie bijlage 5). De infiltratiecapaciteit van een bodem is onder andere afhankelijk van de doorlatendheid (K-waarde) van de bodem. De doorlatendheid van de verzadigde zone (onder grondwatervlucht) is een constante (K_{sat}). In de onverzadigde zone is de doorlatendheid afhankelijk van het watergehalte van de bodem. De infiltratiesnelheid bij een initieel drogere bodem is groter dan bij een initieel vochtige bodem. Naarmate het watergehalte in de bodem stijgt neemt de infiltratiesnelheid af, totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert (zie figuur 2).

Figuur 2 : Infiltratiesnelheid als functie van het vochtgehalte van de bodem



3.2 Infiltratieproeven

De resultaten van de infiltratieproeven met de CCHP en door middel van de Hooghoudtmethode zijn in bijlage 3 opgenomen. In tabel 4 is een overzicht van de hieruit afgeleide doorlatendheden weergegeven.

Tabel 4: Overzicht grondwaterstanden en uit doorlatendheidsproeven afgeleide doorlatendheden

Boring	Diepte infiltratieproef (m -mv)	Kenmerken bodem	Afgeleide K-waarde (m/dag)
101	1,5	ZAND, matig fijn, zwak siltig	0,2
103	1,5	ZAND, matig fijn, matig siltig, matig grindhoudend	0,1
100	3,0 - 4,0	ZAND, matig grof, zwak siltig, matig grindhoudend	> 50 ¹⁾
102	3,0 - 4,0	ZAND, zeer grof, zwak siltig, sterk grindhoudend	> 50 ¹⁾

1) Tijdens uitvoering van de Hooghoudt proeven daalde het watervluchtniveau in de peilbuis dusdanig snel dat geen goede meetresultaten konden worden verkregen om een K-waarde te kunnen berekenen. Op basis van de snelle daling van het waterpeil wordt aangenomen dat de K-waarde groter is dan 50 m/dag.

Uit tabel 4 blijkt dat:

- voor de onverzadigde zone rond 1,5 m -mv doorlatendheden zijn afgeleid van 0,1 tot 0,2 m/dag;
- de onverzadigde zone tussen 3,0 en 4,0 m -mv zeer goed doorlatend is.

Opgemerkt wordt dat de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen binnen het projectgebied is afgeleid uit “slechts” twee metingen per representatieve laag. Door heterogeniteiten in de bodemopbouw en –samenstelling zal de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen binnen het projectgebied van plaats tot plaats enigszins variëren. Gelet op de onderzoeksresultaten vallen de laterale verschillen in de doorlatendheid binnen de onzekerheidsmarge waarmee bij de ontwerpberekeningen rekening is gehouden.

3.3 Infiltratievoorzieningen

Hemelwater dat op [REDACTED] (dak)oppervlak valt stroomt een infiltratievoorziening in van waaruit het vervolgens in de bodem zakt. Dit water wordt dus niet via de riolering afgevoerd naar een waterzuivering maar blijft in het gebied waar het valt. Een infiltratievoorziening bestaat uit een bergingsgedeelte en een infiltratiegedeelte. Een deel van het hemelwater dat in een infiltratievoorziening terecht komt zal direct infiltreren. De intensiteit van de bui in relatie tot de doorlatendheid van de bodem in combinatie met het totaal effectief infiltrerend oppervlak, bepaalt of al het aangevoerde water direct infiltreert, of dat het waterpeil in de infiltratievoorziening stijgt en de berging zich gaat vullen. De duur van de bui bepaalt vervolgens of de infiltratievoorziening geheel wordt gevuld en zal overstorten. Zonder overstort moet gelden dat het totale verwerkend vermogen van een infiltratievoorziening gelijk is aan de som van de berging en de infiltratie: hoe kleiner de infiltratiecapaciteit van de ondergrond is, des te groter de berging moet zijn en omgekeerd.

De gewenste afmetingen (diameter en lengte) van een infiltratievoorziening zijn afhankelijk van:

- 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);
- het [REDACTED] (dak)oppervlak dat op de infiltratievoorziening wordt aangesloten;
- de eventueel extra berging die rondom de infiltratievoorziening wordt aangebracht (dikte en effectieve porositeit van een grindbed);
- de doorlatendheid van de bodem rondom en onder de infiltratievoorziening;
- de grondwaterstand en jaarlijkse fluctuatie daarvan (GLG en GHG).

Naast voornoemde aspecten is het ontwerp van een infiltratievoorziening afhankelijk van:

- eventuele wensen/eisen ten aanzien van een boven- of ondergrondse infiltratievoorziening;
- de beschikbare ruimte en aanwezigheid van bebouwing, boven- en ondergrondse infrastructuur en andere obstakels binnen het plangebied;
- 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.

Voor een optimale werking worden rondom een ondergrondse infiltratievoorziening grind en een geotextiel aangebracht. Hierdoor wordt het water in de infiltratievoorziening onmiddellijk aan het grindbed afgegeven zodat er een groot infiltrerend oppervlak ontstaat. Het geotextiel zorgt ervoor dat het water wel kan uitstromen, maar er geen gronddeeltjes kunnen inspoelen.

Ondergrondse infiltratievoorzieningen hebben doorlatende wanden en soms een doorlatende bodem. Om verstopping zoveel mogelijk tegen te gaan, wordt het afgekoppelde hemelwater bij voorkeur via een bladvang door een (inspecteerbare) filterput of zandvang geleid, vóórdat het in de infiltratievoorziening terecht komt. Om ook bij extreme neerslaghoeveelheden geen wateroverlastproblemen te krijgen, worden infiltratievoorzieningen voorzien van een noodoverloop (overstort). Bij voorkeur worden ondergrondse infiltratievoorzieningen boven de van nature hoogste grondwaterstand (GHG) gelegd. Het is niet noodzakelijk om ondergrondse infiltratievoorzieningen op vorstvrije diepte aan te leggen.

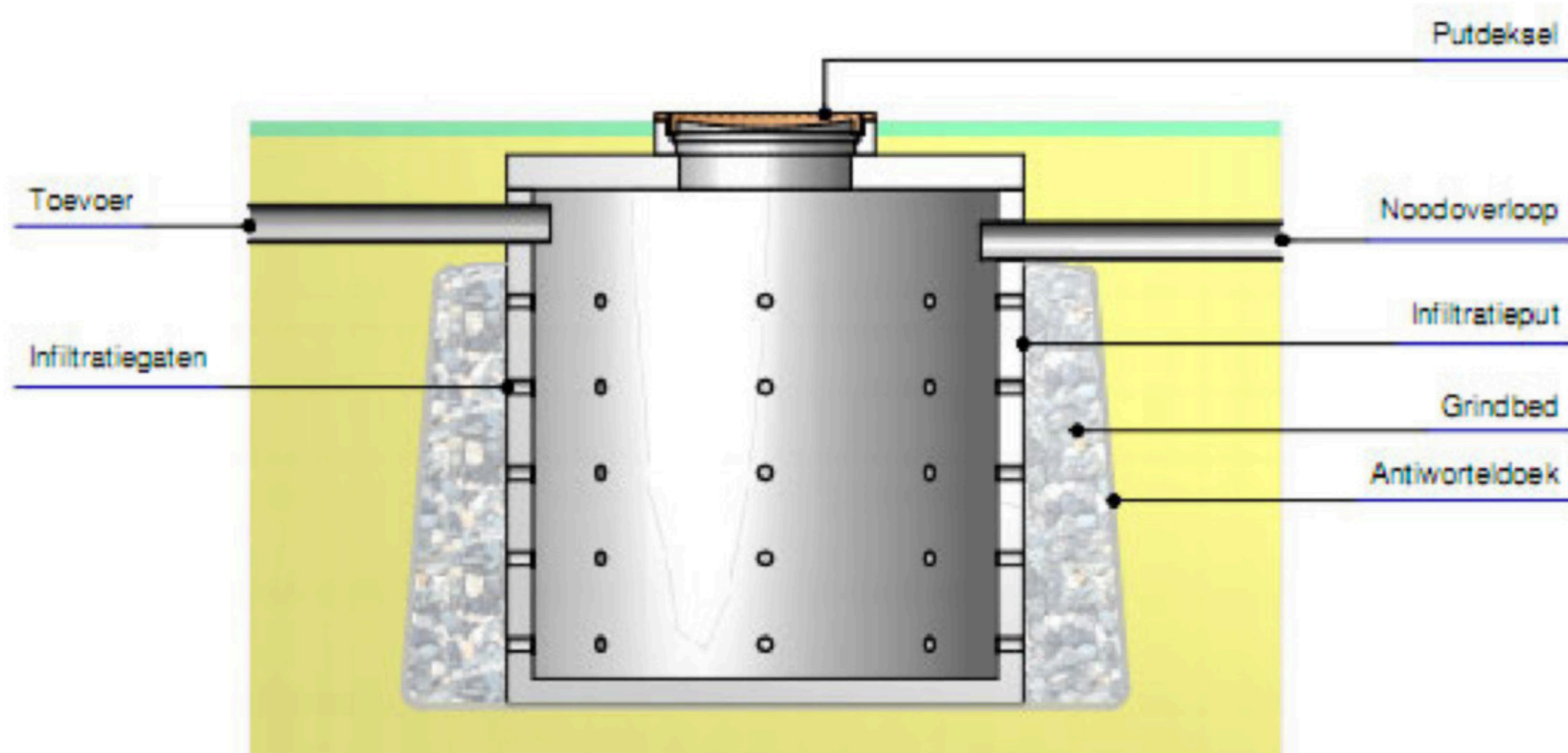
Situatie op projectlocatie

Gezien het relatief kleine oppervlak dat op de projectlocatie voor infiltratievoorzieningen beschikbaar is (300 m²), de lage grondwaterstand (dieper dan 5 m -mv) en het feit dat de bodem pas vanaf 2,5 à 3,0 m –mv voldoende doorlatend is, kan voor de projectlocatie als infiltratievoorziening gedacht worden aan infiltratieputten of infiltratiekratten.

Infiltratieputten

In gebieden met een relatief lage grondwaterstand kan er behalve in horizontale richting ook in verticale richting berging worden gecreëerd. In dat geval is een infiltratieput een geschikte infiltratievoorziening. Infiltratieputten zijn putten van kunststof of beton (afhankelijk van de afmetingen en noodzakelijke sterkte) die rondom voorzien zijn van gaten of spleten. In kleinere infiltratieputten zit vaak geen bodem waardoor ze een extra infiltrerende werking hebben. In figuur 3 is een schematische doorsnede van een infiltratieput weergegeven.

Figuur 3: schematische weergave infiltratieput



Infiltratiekratten

Een infiltratiekrat is een kunststof krat (gangbare afmetingen L x B x H zijn 60 à 80 x 60 à 80 x 20 à 40 cm³) met een effectieve holle ruimte van 90 tot 95%. De kratten zijn dusdanig gefabriceerd dat ze eenvoudig horizontaal en verticaal aan elkaar kunnen worden gekoppeld, zodat ze in elke gewenste vorm en elk gewenst volume (als veelvoud van één krat) kunnen worden aangelegd. In figuur 4 zijn twee afbeeldingen van een krattenveld weergegeven.

Figuur 4: voorbeelden van infiltratiekratten



Infiltratiekratten zijn met name geschikt wanneer de infiltratievoorziening ondiep kan worden aangelegd en hiervoor een voldoende groot oppervlak beschikbaar is. Aangezien de bodem binnen het plangebied pas vanaf 1,5 à 3 m –mv voldoende doorlatend is en er maar 300 m² bodemoppervlak beschikbaar is, hebben infiltratieputten de voorkeur boven infiltratiekratten. Bovendien is het aanbrenge van infiltratieputten wat minder arbeidsintensief dan infiltratiekratten en zijn infiltratieputten beter te onderhouden.

4 ONTWERPBEREKENINGEN

4.1 Uitgangspunten

Op basis van de in hoofdstuk 2 genoemde bronnen en de resultaten van het veldonderzoek zijn ontwerpberoeeningen voor infiltratieputten gemaakt. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- totaal verhard oppervlak: 4.835 m² (3.760 m² dakoppervlak en 1.075 m² parkeerterrein);
- afvloeiingscoëfficiënt verharde (dak)oppervlakken = 1. Dit is een overschatting waardoor de totaal af te voeren hoeveelheid hemelwater in werkelijkheid minder is (85 à 95%) dan berekend;
- bergingseis: 30 mm per m² verhard (dak)oppervlak (*bron Explorius Vastgoedontwikkeling*);
- ledigingstijd infiltratievoorziening: 24 uur (aannee);
- doorlatendheid diepere bodem: 50 m/dag;
- cilindervormige infiltratieput;
- dikte grindomstorting naast en onder infiltratieput: 30 cm;
- geen infiltratie door bodem infiltratieput;
- gronddekking boven infiltratieput: 0,75 m;
- talud ontgraving: V : H = 2 : 1.

4.2 Resultaten

Gelet op bovenstaande uitgangspunten dient een infiltratievoorziening 145 m³ hemelwater te kunnen verwerken. Met deze uitgangspunten is berekend hoeveel infiltratieputten nodig zijn afhankelijk van de afmetingen (diameter en hoogte) van een put. Dit is voor in totaal acht verschillende afmetingen berekend. In bijlage 4 is een overzicht van de uitgangspunten en berekeningen opgenomen. In tabel 5 is een samenvattend overzicht van vier infiltratieputten weergegeven.

Tabel 5: Samenvattend overzicht resultaten ontwerpberoeeningen infiltratieput

Buitendiameter infiltratieput (m)	1,7	2,25	2,8	3,5
Hoogte infiltratieput (m)	1,1	1,8	2,0	2,5
Effectieve berging 1 infiltratieput (m ³)	2	5	10	20
Aantal benodigde infiltratieputten	9	5	4	2
Totale diepte ontgraving inclusief grindlaag onder put (m)	2,2	2,9	3,1	3,5
Totaal te ontgraven voor aanleg benodigd aantal putten (m ³)	135	155	165	130
Benodigde hoeveelheid grind voor aantal benodigde putten (m ³)	22	24	25	19

Uit tabel 5 blijkt dat de maatgevende bui met 2 infiltratieputten met een diameter van 3,5 m en een hoogte van 2,5 m kan worden verwerkt. Onder de gehanteerde uitgangspunten moet hiervoor in totaal circa 130 m³ grondverzet plaatsvinden en is circa 20 m³ grind nodig.

Geadviseerd wordt om het van afgekoppeld (dak)oppervlak afstromend hemelwater zoveel mogelijk bovengronds (via molgoten) naar de infiltratieputten te leiden.

5 SAMENVATTING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Aanleiding en doel

Ten behoeve van de beoogde herontwikkeling van het centrum van Holten (centrumplan Holten) is [REDACTED] 2012 door Envita een verkennend [REDACTED] [REDACTED] zijn om hemelwater van [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] binnen het projectgebied in de bodem te infiltreren, is aanvullend onderzoek verricht naar de waterdoorlatendheid [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] zone (dit is tussen maaiveld en grondwatervniveau). Op basis van de resultaten van dit onderzoek is een infiltratieadvies opgesteld.

Bodemopbouw en grondwater

Binnen het plangebied is sprake van een heterogene bodemopbouw. De bodem bestaat vanaf het maaiveld tot 1,5 à 3,0 m -mv uit matig fijn tot matig grof, zwak siltig en plaatselijk humeus zand. Onder deze laag komt tot de maximaal verkende boordiepte van 5,0 m -mv matig tot uiterst grof zand voor. Het grondwater binnen het plangebied bevindt zich dieper dan 5 m -mv.

Doorlatendheid

Voor de matig fijne zanden in de bovengrond (tot 1,5 à 3,0 m -mv) zijn doorlatendheden afgeleid van 0,1 tot 0,2 m/dag; dit betekent een geringe doorlatendheid. De grove zandgrond onder de deklaag is zeer doorlatend (aannahme K-waarde groter dan 50 m/dag).

Infiltratiemogelijkheden

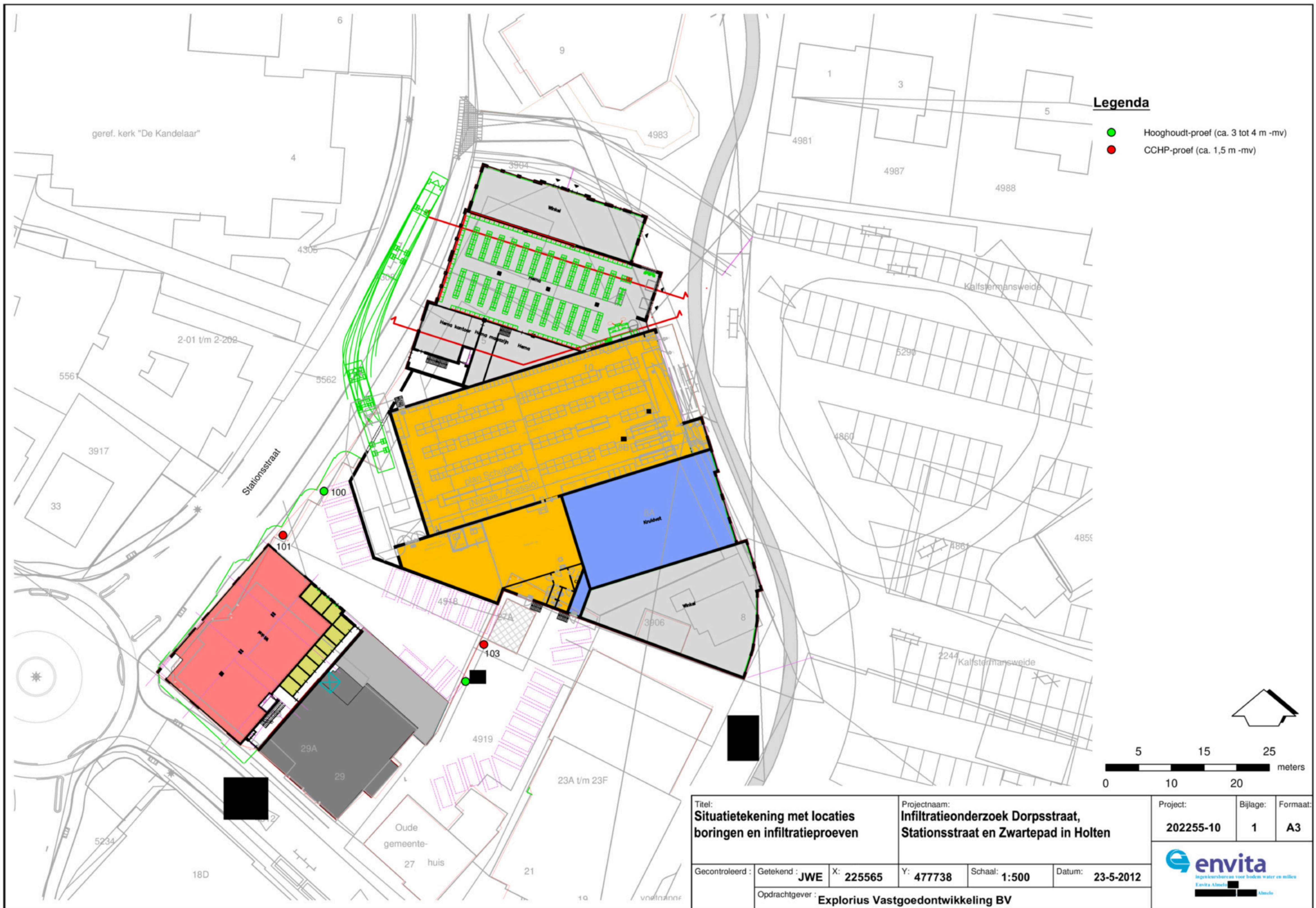
Binnen het plangebied zijn er goede mogelijkheden om hemelwater van afgekoppeld (dak)oppervlak in de bodem te infiltreren. Gezien de goede doorlatendheid van de ondergrond, de diepe grondwaterstand en de inrichting van het plangebied, zijn infiltratieputten de meest voor de hand liggende infiltratievoorziening. Bij een bui van 30 mm in 1 uur moet een infiltratievoorziening 145 m³ hemelwater kunnen verwerken. Berekend is dat hiervoor 2 tot 9 infiltratieputten nodig zijn (met een diameter van 3,5 respectievelijk 1,7 m en een hoogte van 2,5 respectievelijk 1,1 m).

Aandachtspunten

- Geadviseerd wordt om het van afgekoppeld (dak)oppervlak afstromend hemelwater zoveel mogelijk bovengronds (via molgoten) naar de infiltratieputten te leiden.
- Voor een optimale werking worden rondom de infiltratieputten grind en een geotextiel aangebracht, zodat er een groot infiltrerend oppervlak ontstaat.
- Om verstopping van de infiltratieputten zoveel mogelijk tegen te gaan, wordt het van afgekoppeld (dak)oppervlak afstromend hemelwater via een bladvang en (inspecteerbare) filterput of zandvang aangesloten op de infiltratieputten.
- Om ook bij extreme neerslaghoeveelheden geen wateroverlastproblemen te krijgen, wordt geadviseerd om de infiltratieputten te voorzien van een overstort. De overstort kan worden aangesloten op een extra (kleinere) infiltratieput of op een (hemelwater)riool.

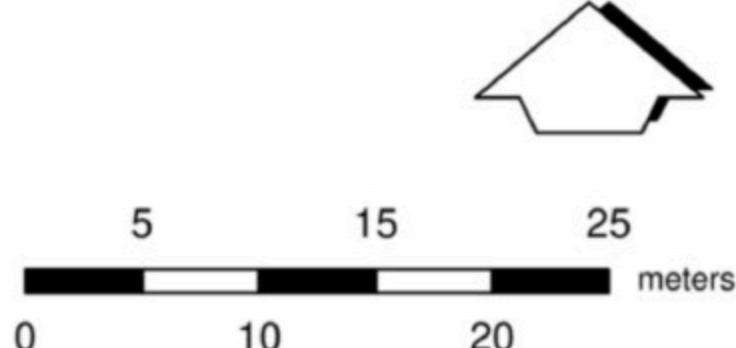
BIJLAGE 1

Situatietekening met locaties boringen en infiltratieproeven



Legenda

- Hooghoudt-proef (ca. 3 tot 4 m -mv)
- CCHP-proef (ca. 1,5 m -mv)



Titel: Situatietekening met locaties boringen en infiltratieproeven		Projectnaam: Infiltratieonderzoek Dorpsstraat, Stationsstraat en Zwartepad in Holten			Project: 202255-10	Bijlage: 1	Formaat: A3
Gecontroleerd :	Getekend : JWE	X: 225565	Y: 477738	Schaal: 1:500	Datum: 23-5-2012		
Opdrachtgever : Explorius Vastgoedontwikkeling BV							

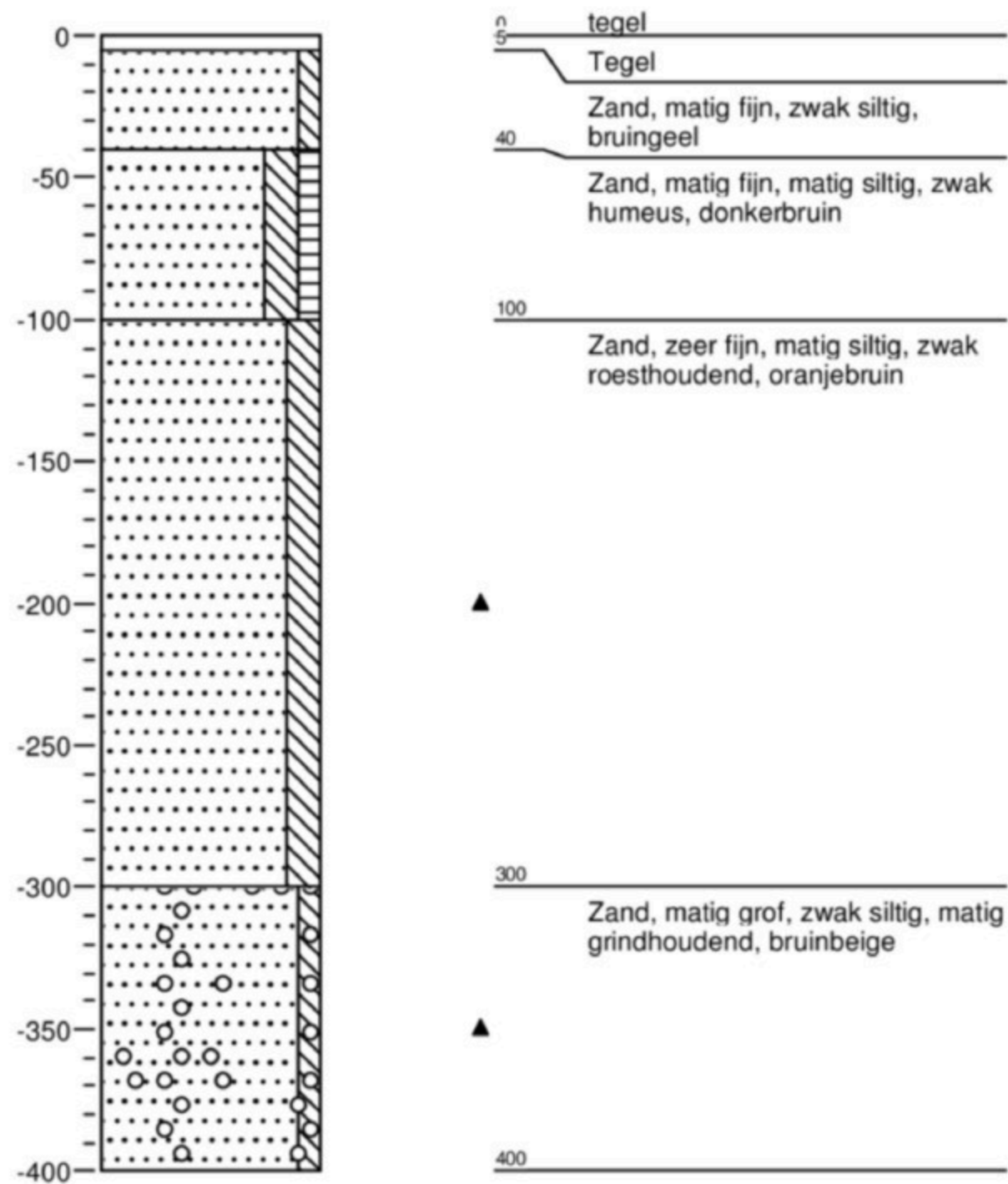
BIJLAGE 2

Bodemprofielbeschrijvingen

Deellocatie-Meetpunt: -100

Datum meting: 25-04-2012

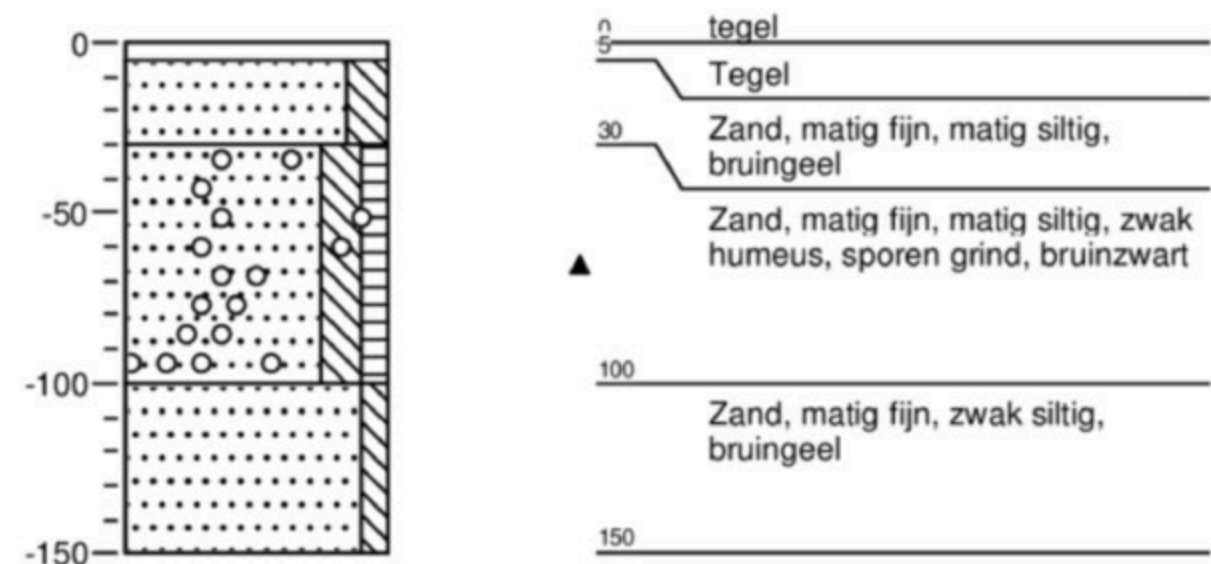
Boormeester: [REDACTED]
 [REDACTED] in cm t.o.v. referentievlak



Deellocatie-Meetpunt: -101

Datum meting: 25-04-2012

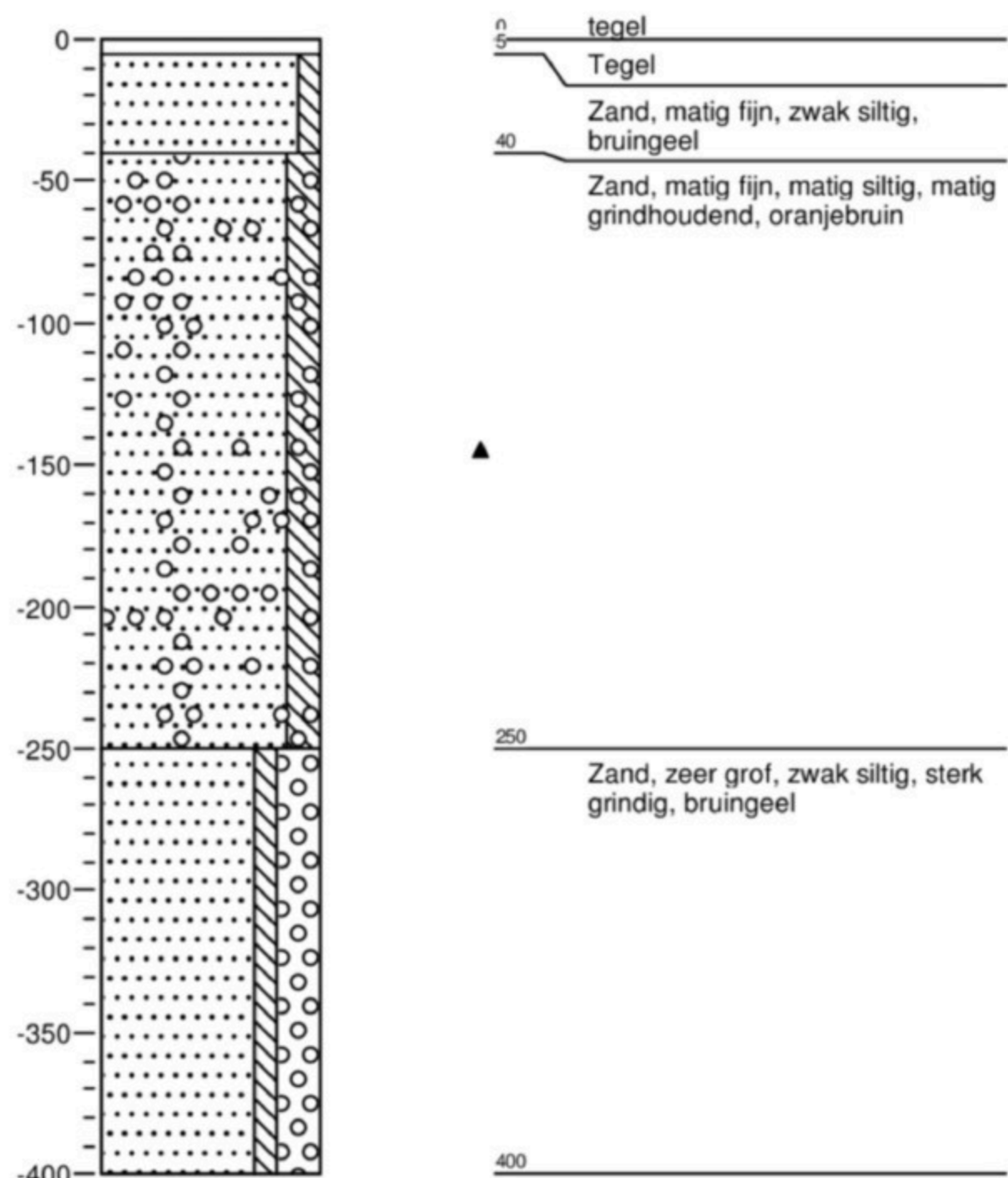
Boormeester: [REDACTED]
 [REDACTED] in cm t.o.v. referentievlak



Deellocatie-Meetpunt: -102

Datum meting: 25-04-2012

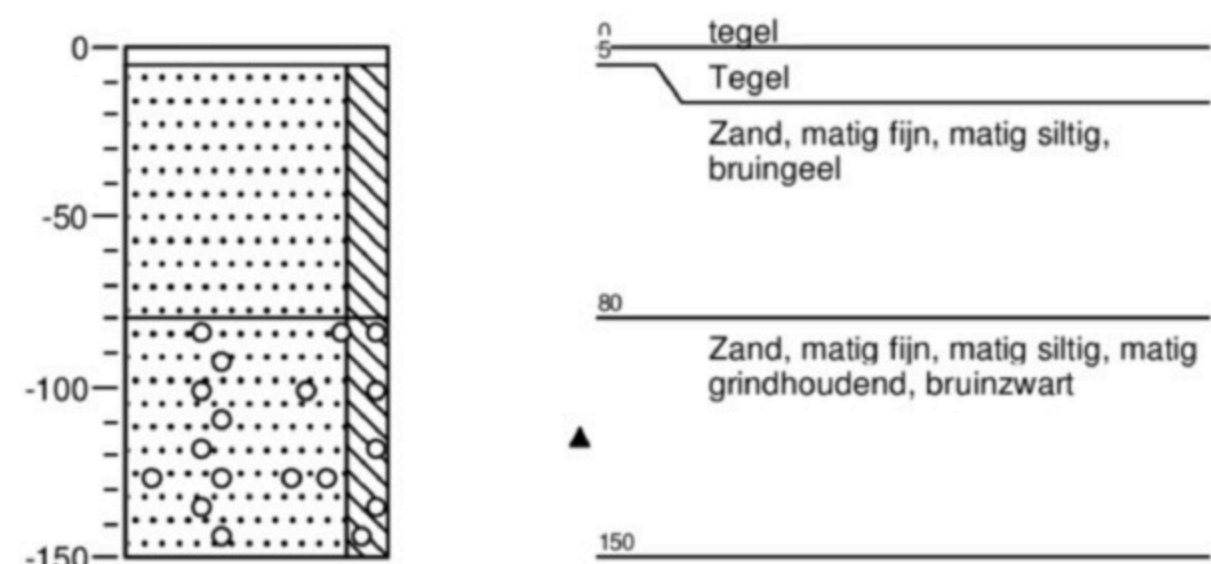
Boormeester: [REDACTED]
 [REDACTED] in cm t.o.v. referentievlak



Deellocatie-Meetpunt: -103

Datum meting: 25-04-2012

Boormeester: [REDACTED]
 [REDACTED] in cm t.o.v. referentievlak

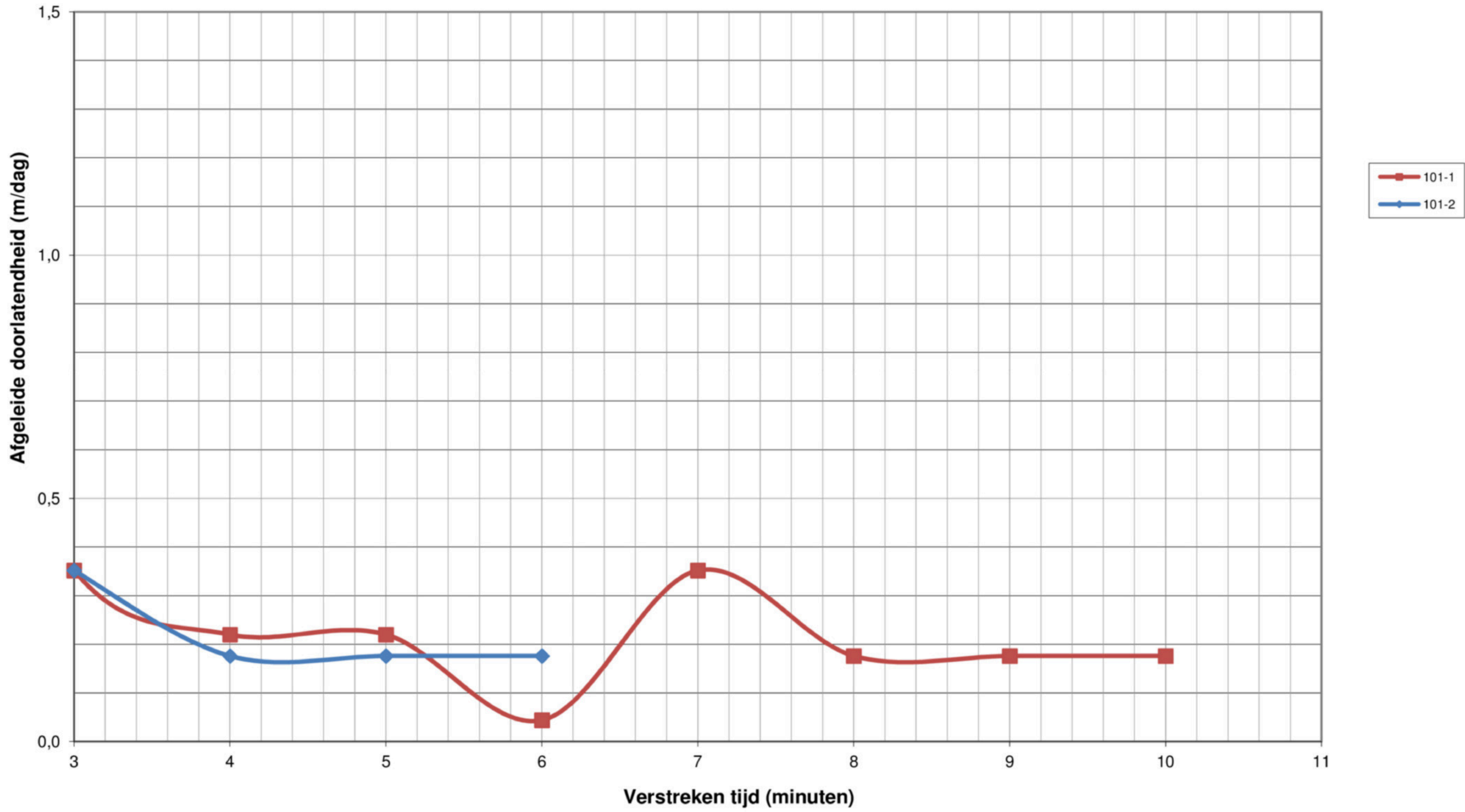


BIJLAGE 3

Meetresultaten doorlatendheidsproeven

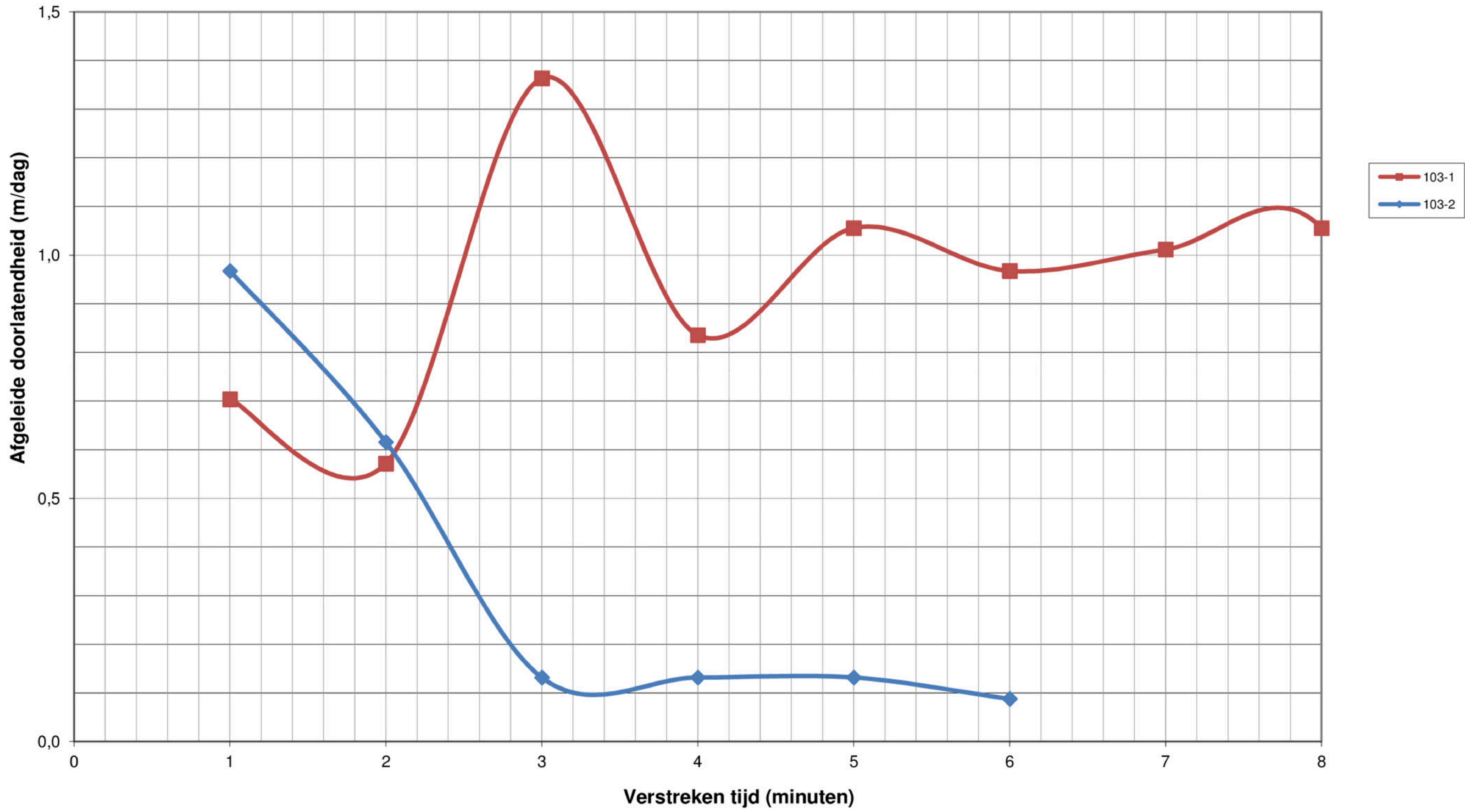
Resultaten infiltratieproef met CCHP - boring 101 Holten

(opdrachtnummer 202255-10)



Resultaten infiltratieproef met CCHP - boring 103 Holten

(opdrachtnummer 202255-10)



BIJLAGE 4

Ontwerpberekeningen infiltratieputten

Dimensionering infiltratieputten

Hemelwateraanvoer

Maatgevende bui (mm/uur)	30
<i>Verhard oppervlak</i>	
Af te koppelen verhard oppervlak (m ²)	1.075
Afvloeiingscoëfficiënt verhard oppervlak	1,0
<i>Dakoppervlak</i>	
Af te koppelen dakoppervlak (m ²)	3.760
Afvloeiingscoëfficiënt dakoppervlak	1,0
Totale aanvoer vanaf [REDACTED] (dak)oppervlak (m ³ /uur)	145
<i>Directe hemelwateraanvoer</i>	
Hemelwater direct in infiltratievoorziening (j/n)?	n
Aanvoer door rechtstreekse vulling (m ³ /uur)	0
Totale hoeveelheid te verwerken hemelwater (m³/uur)	145

Bergingsvolume infiltratieput

Buitendiameter infiltratieput (m)	1,7	1,7	2,3	2,3	2,8	2,8	3,5	3,5
Hoogte infiltratieput (m)	1,1	1,7	1,8	1,9	1,7	2,0	2,0	2,5
Dikte grindomstorting (m)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Effectieve berging 1 infiltratieput (m ³)	2,0	3,0	5,3	5,6	8,1	9,7	15,3	19,5

Waterafvoer uit infiltratievoorziening

K-waarde bodem rondom infiltratieput (m/dag)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Infiltrerend bodemoppervlak (m ²)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Effectief infiltrerend wandoppervlak (m ²)	6,9	10,1	13,7	14,5	15,4	18,2	21,5	27,0
Totaal infiltrerend oppervlak (m ²)	6,9	10,1	13,7	14,5	15,4	18,2	21,5	27,0
Maximale infiltratiecapaciteit (mm/uur)	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083
Totaal volume dat maximaal kan infiltreren (m ³ /uur)	14,3	21,1	28,5	30,1	32,2	37,8	44,7	56,3

Vulling berging

Gaat de berging zich vullen?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Overschot aan hemelwater (m ³ /uur)	130,7	123,9	116,5	114,9	112,9	107,2	100,3	88,8
Tijd nodig voor geheel vullen infiltratieput (minuten)	0,9	1,5	2,7	2,9	4,3	5,4	9,1	13,2

Aantal benodigde infiltratieputten

zonder infiltratie	73	49	28	26	18	15	10	8
met infiltratie	9	7	5	5	4	4	3	2

Benodigd grondverzet bij aanleg infiltratieput

Minimale gronddekking (m)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Totale diepte ontgraving inclusief grindlaag onder put (m)	2,17	2,70	2,85	2,95	2,75	3,05	3,02	3,53
Talud H : V = 1 :	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Totaal te ontgraven voor aanleg 1 put (m ³)	15	24	31	34	33	41	46	64
Totale hoeveelheid grind voor 1 put (m ³)	2,5	3,5	4,8	5,0	5,5	6,4	7,6	9,4

BIJLAGE 5

Toelichting ontwerpberekeningen infiltratievoorzieningen

Infiltratie van (hemel)water in een bodem is een omlaag gericht transport van (hemel)water door de onverzadigde zone van de bodem onder invloed van de zwaartekracht. Hierbij spelen de *infiltratiecapaciteit* en het *bergend vermogen* van de bodem een rol.

De infiltratiecapaciteit van een bodem wordt bepaald door de opneemcapaciteit van de grond. Deze is afhankelijk van de volgende factoren:

- de *infiltratiesnelheid* (de snelheid waarmee het hemelwater de bodem indringt). Deze is groter naarmate de aan het oppervlak gelegen grondlaag grover van korrel is;
- de *percolatiesnelheid* (de snelheid waarmee het infiltratiewater door de onverzadigde zone naar de watervoerende laag omlaag zakt);
- de *doorlatendheid* van de watervoerende laag in horizontale richting.

Bovengenoemde factoren worden bepaald door de samenstelling, de structuur (de ruimtelijke rangschikking, vorm en grootte van de elementaire bodembestanddelen en de zich daartussen bevindende holtes) en de textuur (de korrelgrootteverdeling) van het bodemmateriaal. Het bergend vermogen van een bodem hangt af van:

- de *grondwaterstand* aan het begin van de neerslagperiode;
- het *bergingsvolume* van de grond (afhankelijk van de structuur, textuur en vochttoestand van de grond).

Of tijdens een periode van neerslag de "*kritieke grondwaterstand*" (die grondwaterstand waarbij nog net geen wateroverlast optreedt) wordt bereikt of overschreden is afhankelijk van:

- de grondwaterstand bij het begin van de neerslagperiode;
- de *effectieve bergingsporositeit* (het volume van de ruimtes in de bodem tussen de vaste bodembestanddelen dat beschikbaar is voor grondwaterberging, rekening houdend met een reeds aanwezige vochtfractie als gevolg van capillaire opstijging en aanwezig hangwater van een voorgaande neerslagperiode);
- de totale hoeveelheid neerslag die gedurende de neerslagperiode valt;
- de doorlatendheid van het bodemmateriaal;
- de lokale ontwateringsituatie.

Met een effectieve bergingsporositeit van 20% kan in elke 100 mm bodemprofiel 20 mm water worden geborgen (indien geen rekening wordt gehouden met horizontale afstroming en verdamping) voordat volledige verzadiging optreedt.

De neerslagintensiteit en de infiltratiecapaciteit van een bodem bepalen of bij een bepaald bodemtype tijdens een periode van neerslag plasvorming aan het maaiveld optreedt, of dat alle neerslag direct in de bodem kan infiltreren. Wanneer (een deel van) het hemelwater infiltreert, bepaalt het bergend vermogen van de bodem of alle neerslag in het bodemprofiel boven de grondwaterspiegel kan worden geborgen. Indien de totale hoeveelheid neerslag dusdanig groot is, de grondwaterstand dusdanig hoog en er onvoldoende horizontale afstroming optreedt, kan de grondwaterspiegel tot aan maaiveld stijgen. Zowel het ontstaan van plassen op het maaiveld als het stijgen van de grondwaterstand kan wateroverlast tot gevolg hebben.

De doorlatendheid (zowel verticaal als horizontaal) van een bodem in relatie met de GHG geeft dus een indicatie over de infiltratiemogelijkheden in die bodem.

Dimensionering infiltratievoorziening

Voor elke infiltratievoorziening moet gelden dat het totale verwerkend vermogen van de voorziening gelijk is aan de som van de berging en de infiltratiecapaciteit. Hoe kleiner de berging, des te groter de benodigde infiltratiecapaciteit moet zijn en omgekeerd.

Voor het dimensioneren van een infiltratievoorziening voor de verwerking van hemelwater afkomstig van XXXXXXXXXX (dak)oppervlak, zijn de volgende gegevens van belang:

- de gemiddeld hoogste grondwaterstand;

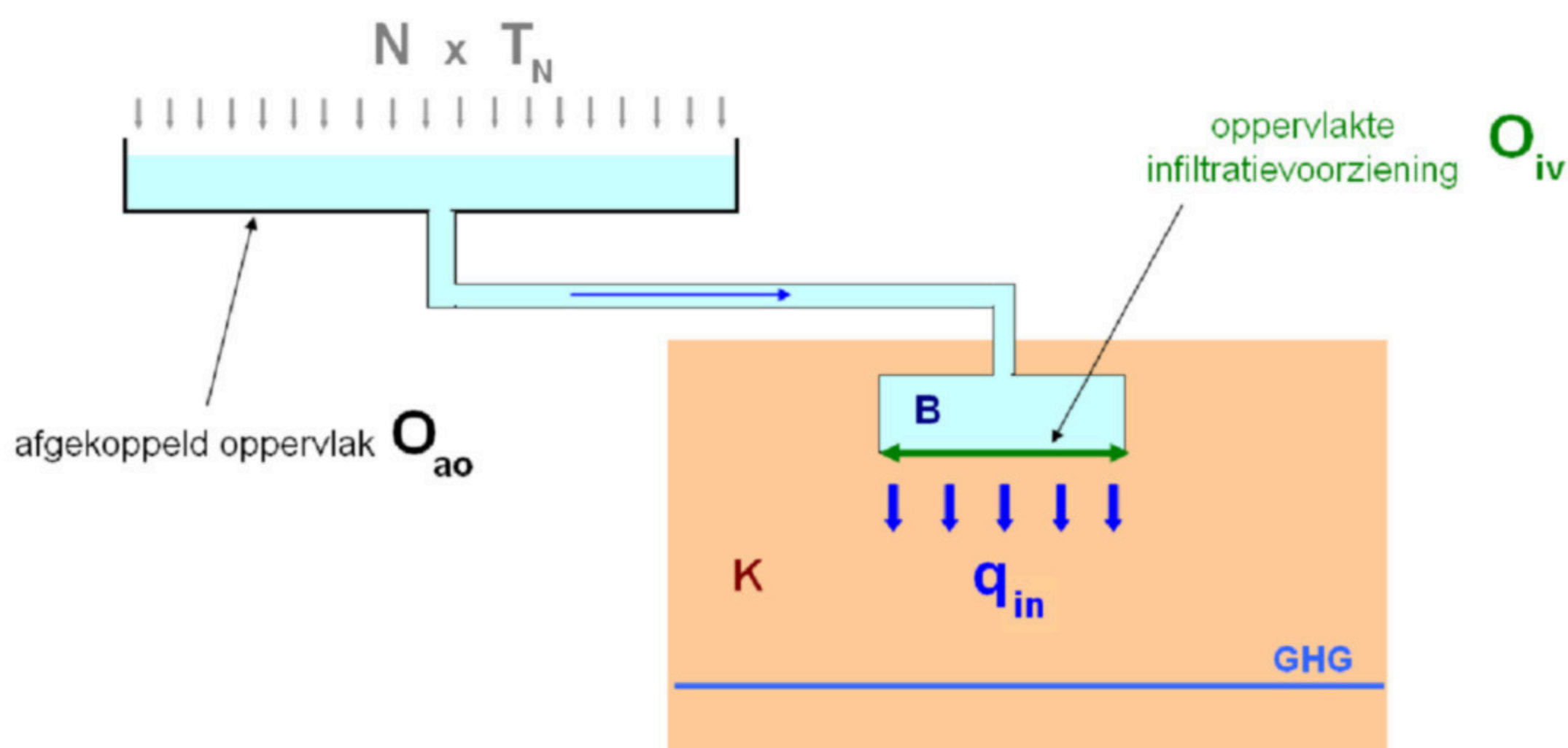
- de waterdoorlatendheid van de bodem;
- de maatgevende bui die geborgen moet kunnen worden;
- de totale oppervlakte en afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde (dak)oppervlak;
- beschikbare ruimte (zowel horizontaal als verticaal) voor het aanleggen van een infiltratievoorziening.

Voor een infiltratievoorziening ten behoeve van de verwerking van op afgekoppeld (dak)oppervlak vallend hemelwater, vormt onderstaande waterbalans de basis (zie ook figuur 1):

$$(1) \quad O_{ao} \times N \times T_N \times C_a = B + \{ O_{iv} \times q_{in} \} \times T_N$$

Hierin is:

- O_{ao} = afgekoppeld (dak)oppervlak (m²);
- N = neerslagintensiteit (m/uur);
- T_N = duur van de neerslagperiode (uur);
- C_a = afstromingscoëfficiënt (-/-);
- B = effectieve berging in infiltratievoorziening (m³);
- O_{iv} = bodemoppervlak infiltratievoorziening (m²);
- q_{in} = effectieve infiltratiecapaciteit van de bodem (m/uur).



Figuur 1: Waterbalans infiltratievoorziening

Zolang geldt:

$$(2) \quad O_{ao} \times N \times C_a < O_{iv} \times q_{in}$$

infiltrateert al het in de infiltratievoorziening binnenstromende water direct in de bodem en is geen berging nodig. Een berging wordt noodzakelijk indien de neerslagintensiteit dusdanig groot wordt dat de bodem niet meer in staat is al het aangevoerde water snel genoeg op te nemen.

Voor het geval dat hemelwater alleen via afgekoppeld (dak)oppervlak in een berging terecht komt (dus niet via rechtstreekse hemelwateraanvulling) gaat de berging zich vullen wanneer geldt:

$$(3) \quad N > \{ O_{iv} \times q_{in} \} / \{ O_{ao} \times C_a \}$$

Indien vervolgens de duur van de neerslagperiode dusdanig groot is dat de berging geheel vol raakt zal de berging en/of de infiltratievoorziening overlopen met als eventueel gevolg wateroverlast. Dit treedt op als geldt:

$$(4) \quad T_N > \frac{B}{[O_{ao} \times N \times C_a - O_{iv} \times q_{in}]}$$

Vergelijking (4) vormt de basis bij het ontwerpen en dimensioneren van infiltratievoorzieningen.