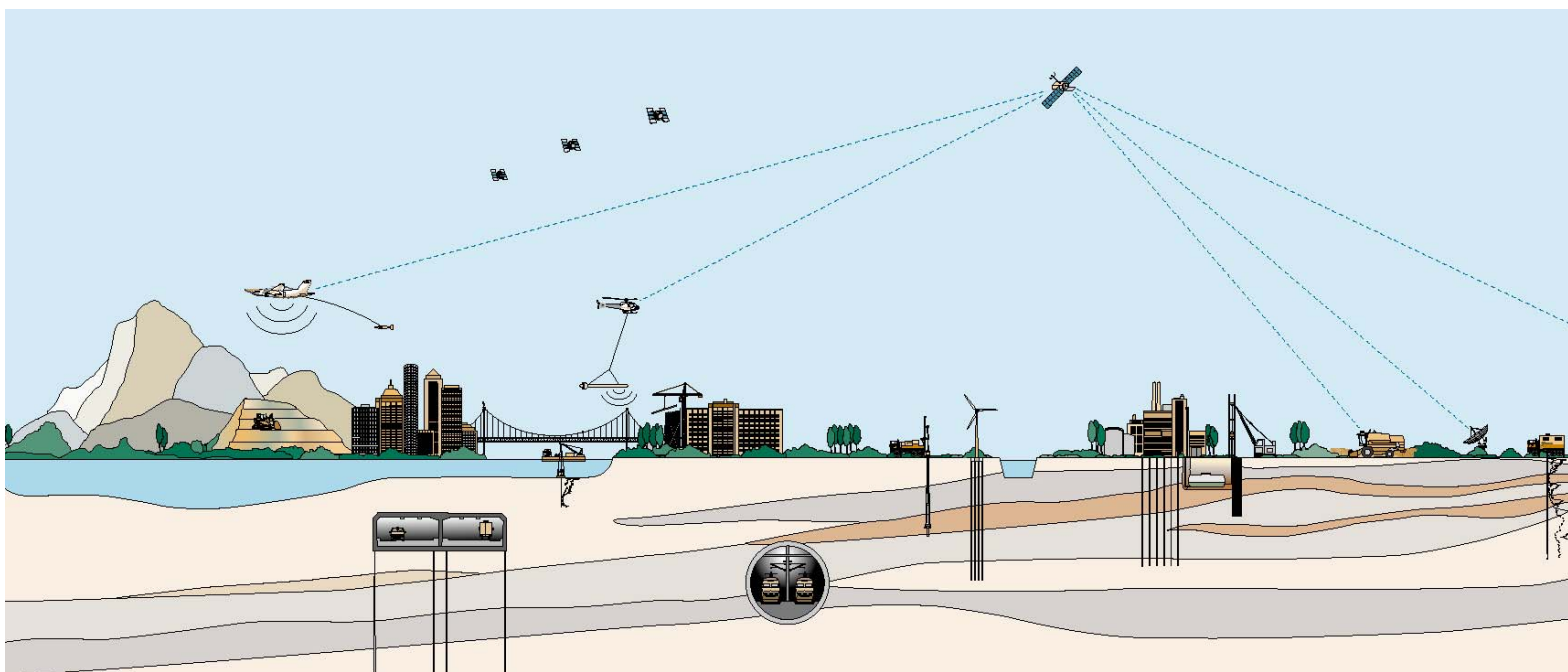


Briefrapport  
betreffende

**NIEUWBOUW APPARTEMENTEN  
A/D 2E HOGEWEG TE ZEIST**

Opdrachtnummer: 4010-0159-002



Briefrapport  
betreffende

**NIEUWBOUW APPARTEMENTEN  
A/D 2E HOGEWEG TE ZEIST**

Opdrachtnummer: 4010-0159-002

Gyroscoopweg 94  
1042 AX Amsterdam  
tel.: 020-6133446  
fax: 020-6145931

Nivo Plus BV  
Boulevard 1  
3707 BK ZEIST

Onze ref: 4010-0159-002.R02/CMD

Leidschendam, 18 oktober 2010

Betreft: Nieuwbouw appartementen a/d 2e Hogeweg te Zeist

Geachte heer/mevrouw,

Op 17 maart 2010 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Amsterdam van Van der Vorm Engineering Delft BV, namens Nivo Plus BV te Zeist, de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek, alsmede het uitbrengen van een bouwput- en funderingsadvies ten behoeve van het project nieuwbouw appartementen aan de Tweede Hogeweg te Zeist. Op 22 juli 2010 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Amsterdam de opdracht voor het uitvoeren van een bureauonderzoek inzake "de Watertoets" op bovengenoemde locatie. Hierbij doen wij u de resultaten van dit onderzoek toekomen.

De rapportage betreffende de watertoets is gepresenteerd in voorliggend rapport. Het grondonderzoek en het bouwputadvies zijn separaat, onder hetzelfde opdrachtnummer uitgebracht op 12 oktober 2010. Hierin zijn tevens de resultaten van het onderzoek naar de invloed van de tijdelijke bemaling op aanwezige grondwaterverontreinigingen opgenomen.

In voorliggende rapportage zijn in het kader van de watertoets de volgend onderdelen beschreven:

- Een beschrijving van de bodemgesteldheid en grondwaterstanden op basis van de reeds beschikbare gegevens;
- Het uitvoeren van een Quick-scan barrièrewerking (kwalitatief). Dit houdt in het nagaan of door de parkeerkelder nadelige effecten door barrièrewerking kunnen worden verwacht en tevens het aangeven welke compenserende maatregelen hiervoor kunnen worden getroffen.
- Het verschaffen van inzicht in de mogelijkheden ten aanzien van het infiltreren en bergen van hemelwater binnen de grenzen van de projectlocatie.

### ***Projectomschrijving***

Het project betreft de nieuwbouw van appartementen aan de Tweede Hogeweg te Zeist. Onder de nieuwbouw is een (parkeer)kelder voorzien. Binnen het Rijksdriehoeksnet heeft de projectlocatie globaal de coördinaten  $X = 145.165$  m en  $Y = 455.145$  m. Op de projectlocatie zijn door Fugro meerdere geotechnische en geohydrologische onderzoeken uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken zijn gebundeld in rapport 4010-0159-002.R01 waarvan de eerste versie is uitgebracht op 12 oktober 2010.

### *Huidige situatie*

De projectlocatie is gelegen aan de Tweede Hogeweg in het centrum van Zeist. Momenteel is de projectlocatie grotendeels bebouwd. Voor zover bekend is het huidige dakoppervlak aangesloten op het riool. De verharding is (voor zover bekend) niet aangesloten op het riool.

### *Toekomstige situatie*

Op de projectlocatie zal worden voorzien in de nieuwbouw van appartementen met in de kelder een parkeergarage. Tevens zullen aan de achterzijde van de kavel aan maaiveld nog enkele parkeer plaatsen worden ingericht. Op basis de beschikbare gegevens zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Onder de nieuwbouw aan de 2<sup>e</sup> Hogeweg te Zeist zal een parkeerkelder worden gerealiseerd. De kelder heeft de afmetingen van ca. 24 bij 55 m. De lange zijde ligt haaks op de 2<sup>e</sup> Hogeweg;
- De onderzijde van de kelder bevindt zich op NAP +1,9 m. De damwanden worden aangebracht tot ca. NAP -2,5 m. Voor het beschouwen van barrièrewerking wordt aangenomen dat de damwanden niet worden getrokken na realisatie van de kelder;
- Ter plaatse van de Rabobank, gelegen naast de nieuwbouwlocatie, is een damwand aanwezig tot een diepte van ca. NAP -4,0 m. de exacte locatie is niet bekend;
- De bovenzijde van de parkeerkelder wordt afgewerkt op ca. NAP +5,3 m (maaiveldniveau / peil). Op basis van de beschikbare tekeningen wordt verwacht dat het dak van de parkeerkelder wordt afgewerkt als parkeerterrein. Tevens zal de ruimte aan maaiveld achter de parkeerkelder kunnen worden benut als parkeerplaatsen.

### *Inrichtings- en bouwtechnische uitgangspunten*

Op basis van de situatietekening zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- Het totale oppervlak van de projectlocatie wordt geraamd op ca. 1.800 m<sup>2</sup>;
- Het totale dakoppervlak van de appartementen en het dak van de parkeergarage wordt geraamd op ca. 1.350 m<sup>2</sup>;
- Het totale oppervlak aan parkeervoorzieningen aan maaiveld (klinkerverharding) wordt geraamd op ca. 450 m<sup>2</sup>.

### *Geohydrologische gesteldheid*

Op basis van het grondonderzoek dat is gerapporteerd in de rapportage 4010-0159-002.R01 van 12 oktober 2010, kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1 is weergegeven.

*Tabel 1: Globale bodemopbouw en geohydrologische gesteldheid*

Diepte [ca. NAP m]	Bodembeschrijving	Geohydrologische typering	Laag
+5,20 à +4,85*	Maaiveld	Infiltratieoppervlak	0
+5,20 à +4,85 tot -90,0**	ZAND, vast gepakt, de toplaag is klei/leemhoudend	Watervoerende laag (Eerste en tweede watervoerend pakket)	1

\* Vanaf maaiveld tot ca. NAP +4,0 à +3,0 m komt een zandige tot lemige laag voor.

\*\* Maximaal door Fugro verkende diepte: NAP -20 m. Op NAP -20 m komt in sondering DKM5 een waterremmende zandige leemlaag voor. Deze leemlaag en andere leemlagen tussen ca. NAP -20 m en NAP -30 m komen in boringen in de omgeving niet aaneengesloten voor.

Op ca. NAP -90 m wordt een dikke kleilaag aangetroffen, die in deze rapportage als geohydrologische basis wordt beschouwd.

#### *Grondwaterstanden en stijghoogten*

Voor een overzicht van de grondwaterstanden en stijghoogten wordt verwezen naar rapport 4010-0159-002.R01 van 12 oktober 2010. Op basis van de Grondwaterkaart van Nederland en de grondwaterstandsgegevens opgevraagd uit de DINO-database van TNO is de regionale grondwaterstroming naar verwachting zuidwestelijk gericht.

Een raming van de grondwaterstanden en stijghoogten in de zandlaag op de projectlocatie is in tabel 2 weergegeven.

*Tabel 2: Raming grondwaterstand en stijghoogte op de projectlocatie in m. t.o.v. NAP*

Hoog	Gemiddeld	Laag
+2,6	+2,2	+1,6

#### ***(Geo)hydrologische effecten parkeerkelder op omgeving (barrièrewerking)***

Door de aanleg van een parkeerkelder op de projectlocatie kan mogelijk barrièrewerking optreden. Of en in welke mate barrièrewerking zal optreden wordt in deze paragraaf getoetst. Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (Appendix barrièrewerking) volgt dat het gevaar voor barrièrewerking in de onderhavige situatie af zal hangen van:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De lokale grondwaterstandsituatie (is er sprake van een significant stijghoogteverschil).

Bovenstaande punten worden hieronder kort toegelicht.

#### *Ad 1 Omvang barrière*

De parkeergarage wordt onder de gehele nieuwbouw aangelegd, met een afmeting van ca. 24 x 55 m. Gezien de theoretische toelichting, mag worden gesteld dat de omvang van de kelder voldoende groot is om onder bepaalde omstandigheden barrièrewerking te veroorzaken. Het is niet bekend of ter plaatse van de naastgelegen bestaande bebouwing ook kelders aanwezig zijn. Wel is naast de projectlocatie onder het pand van de Rabobank een permanente damwand aanwezig. Hierdoor neemt de omvang van de barrière toe.

#### *Ad 2 Diepte barrière*

Uit de theoretische beschouwing blijkt dat barrièrewerking pas significant wordt bij een doorsnijding van de van de doorstroomde hoogte van het watervoerende pakket van ca. 60 à 70 %. Bij een freatisch pakket is de doorstroomde hoogte afhankelijk van de grondwaterstand. Uitgaande van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (afkomstig van de langjarige reeksen van TNO) van ca. NAP +2,6 m en de onderzijde van het goed doorlatende watervoerende pakket van NAP -20 m zal barrièrewerking significant worden bij een doorsnijding tot ca. NAP -4,2 à -6,4 m. Bij de aanleg van een kelder tot ca. NAP +1,9 m worden dan ook geen problemen voorzien. In het geval van (permanente) damwanden zal een doorsnijding tot ca. NAP -2,5 m plaatsvinden. Ook in dit geval worden geen problemen

voorzien. Tevens wordt opgemerkt dat ter plaatse van de naastgelegen Rabobank al een damwand aanwezig is die het effect van barrièrewerking kan doen toenemen / versterken. Echter deze damwand reikt tot een diepte van ca. NAP -4,0 m, wat nog boven het niveau ca. NAP -4,2 à -6,4 m is.

#### *Ad 3 Bodemgesteldheid onder de barrière*

De weerstand tegen verticale grondwaterbeweging van de waterremmende laag onder het watervoerende pakket is vermoedelijk laag (hoge verticale doorlatendheid). Hierdoor zal de mate van barrièrewerking sterk worden verminderd.

#### *Ad 4 Grondwaterstanden*

Op de zandige heuvelrug kan het water in Zeist snel infiltreren. De grondwaterstroming is vanaf de hoogste delen van de Heuvelrug globaal in westelijke richting. Barrièrewerking is alleen aan de orde als er sprake is van een verhang van de grondwaterstand over de projectlocatie (stijghoogteverschil). Op basis van de beschikbare grondwatergegevens nabij de projectlocatie wordt verwacht dat er sprake is van een verhang in westelijke richting (ca. 0,05 à 0,10 m). Door de barrièrewerking kunnen ten oosten van de parkeerkelder grondwaterstanden stijgen en ten westen van de kelder grondwaterstanden dalen. Op basis van de langjarige stijghoogte gegevens van TNO wordt verwacht dat op de locatie een fluctuatie plaatsvindt van ca 0,8 à 1,0 m.

Als gevolg van opbolling van het grondwater vanwege aanvulling door neerslag kan het verhang in het grondwater kortdurend groter zijn bij hevige buien.

#### *Conclusies*

Gezien de plaatselijke situatie (bodemopbouw) wordt verwacht dat deze barrièrewerking minimaal is. Het maximale grondwaterverhang bedraagt ca. 0,05 tot 0,1 m. Doordat echter onder de kelder (en damwand) een groot watervoerend pakket aanwezig is, wordt verwacht dat de optredende barrièrewerking kleiner zal zijn dan 0,05 m en daardoor is te verwaarlozen.

Opgemerkt wordt in de toplaag storende lemige lagen kunnen voorkomen. Op deze lagen kan infiltrerend regenwater tijdelijk stagneren en overlast veroorzaken.

#### ***Infiltreren van afstromend hemelwater***

Op basis van de beschikbare tekeningen wordt verwacht dat het dak van de parkeergarage voor een deel onder de bebouwing valt en voor een deel wordt afgewerkt op maaiveldniveau. Tevens zal achter de garage mogelijk op het maaiveld nog enkele parkeerplaatsen worden ingericht.

Op het dak van de parkeergarage, aan maaiveldniveau, worden volgens de tekeningen tevens enkele parkeerplaatsen gerealiseerd. Opgemerkt wordt dat voor het afvoeren van regenwater dat op het dak van de parkeergarage valt, maatregelen dienen te worden genomen (zoals afvoerputten). In het kader van de watertoets dient na te worden gegaan op welke manier het afstromend hemelwater dient te worden afgevoerd. Hiervoor is contact opgenomen met het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en de Gemeente Zeist.

*Richtlijnen Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en Gemeente Zeist*

Bij het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en Gemeente Zeist zijn de richtlijnen met betrekking tot infiltratie/ berging en de afvoer van regenwater nagevraagd. Het Hoogheemraadschap hanteert dezelfde eisen als de Gemeente Zeist.

De Gemeente Zeist heeft op 14 oktober 2010 telefonisch aangegeven dat, indien mogelijk het hemelwater afkomstig van daken en terreinen bij nieuwbouwprojecten dient te worden afgekoppeld van de riolering.

In principe wordt het afvoeren van (relatief) schoon water naar de riolering niet toegestaan. Echter wanneer de bodem ter plaatse van de nieuwbouw niet geschikt is voor infiltratie kan hierover in overleg worden getreden met de gemeente. In de huidige situatie stroomt het water op het terrein naar verwachting direct in de bodem. Naar verwachting loost het water van het dak op het riool.

Voor infiltratie- en bergingsberekeningen hanteert de Gemeente de regenreeks 'bui 8' afkomstig uit de Leidraad riolering.

*Mogelijkheden voor infiltratie en berging van regenwater op de projectlocatie*

Gezien de beschikbare ruimte en de functie van die ruimte (aanvullende parkeerplaats) is het naar verwachting niet mogelijk hemelwater te laten infiltreren via een wadi. Andere mogelijkheden voor het infiltreren en bergen van hemelwater op de projectlocatie zijn bijvoorbeeld het infiltreren middels doorlatende verharding of infiltratiekratten. In deze fase zijn zeer oriënterende berekeningen uitgevoerd om na te gaan of afstromend hemelwater op de projectlocatie kan worden geborgen. Daarom is besloten om zeer oriënterende berekeningen uit te voeren voor een krattensysteem onder de parkeerplaatsen achter de ondergrondse garage. Hierbij is gerekend met een bui T=10 (Buishand en Velds). Tevens is gerekend met een door de Gemeente Zeist gehanteerde 'bui 8' afkomstig uit de Leidraad riolering.

*Doorlatendheid bodem*

Voor de bepaling van de doorlatendheid van de ondiepe bodem dient vooralsnog een in-situ doorlatendheidsmeting te worden uitgevoerd. Voor de berekening is uitgegaan van een doorlatendheid van 1,5 m/dag voor een matig fijne, zwak tot matig siltige zandlaag, gebaseerd op de bodemgesteldheid ter plaatse van HB1.

*Infiltratie-units (kratten)*

Een infiltratie-unit is een ondergrondse bergings- en infiltratievoorziening. Regenwater dat via een afvoerleiding direct in de ondergrond wordt gebracht, kan worden geborgen in een systeem van kunststof infiltratie-units, waarna het kan wegzijgen naar de omgeving. Bij de dimensionering dient met name te worden gelet op een zo groot mogelijk wandoppervlak, omdat de bodem van de krat op termijn als niet doorlatend wordt beschouwd. Het systeem dient boven de gemiddelde grondwaterstand te worden aangelegd. De voorziening dient tevens op voldoende afstand van bomen en gevels te worden aangelegd.

De benodigde gronddekking bij belasting bedraagt ca. 0,7 à 1,0 m en is afhankelijk van de inrichting, de bovenbelasting en het type unit. De hoogte van een 2-laags systeem bedraagt 0,8 m. Uitgaande van een onderkant van het systeem op NAP +3,8 m blijft bij een maaiveldhoogte van ca. NAP +5,3 m een gronddekking mogelijk van 0,7 m.

Uitgaande van een geraamde hoge grondwaterstand van ca. NAP +2,6 m wordt een infiltratiesysteem middels kratten op de locatie haalbaar geacht.

Een krattensysteem kan onder bestrating worden aangebracht, en neemt derhalve geen bovengrondse ruimte in binnen een inrichtingsplan.

#### *Indicatieve infiltratie-/ bergingsberekeningen*

In deze paragraaf wordt aan de hand van zeer indicatieve berekeningen een inschatting gemaakt van de dimensies van infiltratie-units. Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- De oriënterende infiltratieberekeningen zijn uitgevoerd conform de systematiek, zoals beschreven in de ISSO publicatie 70.1 "Omgaan met hemelwater binnen de perceelsgrens", herziene uitgave 2008. Het te verwerken hemelwater wordt door de voorzieningen enerzijds geborgen en gelijktijdig geïnfiltreerd. In de berekeningen is een bergingscomponent en een infiltratiecomponent opgenomen;
- Er wordt niet gerekend met berging in HWA-leidingen, kolken of in grondverbeteringen;
- De voorziening is leeg (grondwaterstand beneden voorziening) en er valt geen neerslag binnen de ontwerp leeglooptijd van de voorziening;
- Een ontwerp doorlatendheid van 1,5 m/dag. De doorlatendheid dient nog middels in-situ doorlatendheidsmetingen op de projectlocatie te worden geverifieerd;
- De voorzieningen worden berekend op een statistische regenbui T=10+10%) volgens Buishand en Velds (T=10 is een berekende herhalingsperiode van éénmaal in de 10 jaar);
- Bij de berekening is rekening gehouden met een dakoppervlak van 1.350 m<sup>2</sup> en een oppervlak van 450 m<sup>2</sup> aanvullende verhardingen;
- Voor het dakoppervlak van de appartementen en de parkeergarage is een afvoercoëfficiënt gehanteerd van 0,9. Voor de overige verhardingen is een afvoercoëfficiënt gehanteerd van 0,8;
- De kratten kunnen worden aangelegd in stroken of clusters. De clusters dienen aan elkaar te worden gekoppeld middels leidingen;
- De lengte en breedte van een cluster kratten is variabel (afhankelijk van leverancier);
- Rondom de kratten dient een goed doorlatende grondverbetering te worden aangebracht;
- Er is vooralsnog uitgegaan van 3 clusters met een breedte van 0,6 m (1 kratbreedte) en met een lengte van ca. 29 m;
- Er wordt uitgegaan van een 2- laags systeem. De beschikbare berging (de maximale peilstijging) in de voorziening bedraagt dan 0,8 m (hoogte van 2 kratten). Uitgaande van een benodigde gronddekking van 0,7 m dient de onderkant van het krattensysteem te worden aangelegd op een diepte van minimaal MV -1,5 m;
- Bij de infiltratiesleuf infiltreert het water vanuit de wanden naar de ondergrond. De infiltratie vanaf de bodem van de kratten is niet meegenomen omdat deze op den duur kunnen dichtslibben.

De benodigde afmetingen van de voorziening voor het bergen en infiltreren van afstromend water van daken en verhardingen bij een bui T=2 (bui 8 leidraad riolering) en T=10 (Buishand en Velds) zijn weergegeven in tabel 3.



*Tabel 3: Indicatieve berekeningen infiltratie-units*

Bui	Totale lengte voorziening (m)	Totale breedte voorziening (m)	Maximaal benodigde berging (m <sup>3</sup> )	Max. peilstijging in kratten (m)	Leeglooptijd (uren na begin bui)
T = 2 (bui 8 leidraad riolering)	87 (3x29)	0,6	24,5	0,49	> 7
T = 10 (Buishand en Velds)	87 (3x29)	0,6	36,8	0,74	> 16

Bij een grotere bui, bijvoorbeeld een T=10, is de maximale peilstijging en leeglooptijd groter dan bij een kleinere bui. Op basis van bovenstaande uitgangspunten dient bij een bui T=10 rekening te worden gehouden met een peilstijging van ca. 0,74 m en een leeglooptijd van 16 uur. Opgemerkt wordt dat bij voorkeur de leeglooptijd maximaal 24 uur bedraagt. Hieraan voldoet de berekende voorziening.

Opgemerkt wordt dat de gepresenteerde resultaten indicatief zijn. De voorziening dient nader te worden uitgewerkt.

#### *Algemene opmerkingen*

- Het infiltratiesysteem dient op afstand van minimaal 5 m van de bebouwing (achterzijde parkeerkelder) en begroeiing te worden aangebracht om wateroverlast, als gevolg van de centrale infiltratie, te voorkomen. Wanneer de afstand kleiner is, dient te worden onderzocht of dit schadelijk is voor de betreffende objecten. Inundatie van de parkeerkelder dient ten allen tijde te worden voorkomen;
- De clusters met infiltratiekratten dienen minimaal 3,0 meter uit elkaar te worden gelegd;
- Bij het voorkomen van stoorlagen (slecht doorlatende bodemlagen) dienen deze te worden doorbroken;
- Bij de uitwerking van het ontwerp is een nadere inpassing en dimensionering van het systeem noodzakelijk. De doorlatendheid op de projectlocatie dient middels in-situ doorlatendheidsmetingen te worden geverifieerd;
- In overleg met de Afdeling Riolering van de Gemeente dient het uiteindelijke infiltratiesysteem te worden vastgesteld en dienen de mogelijkheden voor overstorten, mogelijke overstortpunten en het overstortniveau te worden overlegd. De exacte uitwerking hiervan dient in een infiltratie-/ rioolplan te worden opgenomen;
- Geadviseerd wordt zowel voor, tijdens als na de aanleg van het systeem de grondwaterstand te monitoren;
- Opgemerkt wordt dat het infiltratiesysteem water afvoert dat op en vlakbij de parkeergarage valt. Middels een noodoverstort op het riool dient ten allen tijde te worden voorkomen dat wateroverlast ontstaat (zowel binnen als buiten de parkeergarage). Dit dient nader te worden uitgewerkt.

Een algemene beschrijving van kwaliteitsaspecten met betrekking tot infiltratie is weergegeven in de appendix Kwaliteitsaspecten. In de appendix Randvoorzieningen wordt een nadere toelichting gegeven over de toe te passen randvoorzieningen.



Onze ref.:4010-0159-002.R02/CMD

Leidschendam, 18 oktober 2010

Blz. 8

Voor opmerkingen en vragen naar aanleiding van deze rapportage kunt u contact op nemen met W. Kooijman MSc (030-6028175).

Vertrouwend hiermee de opdracht naar uw wens te hebben afgerond,

Met vriendelijke groet,  
FUGRO INGENIEURSBUREAU B.V.

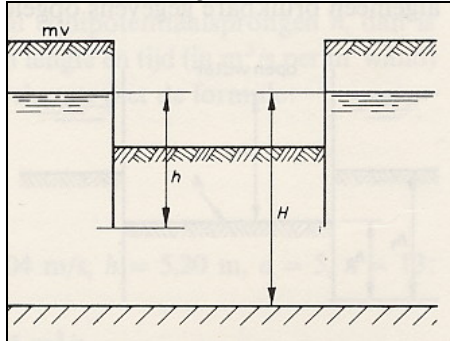
ing. J.P. Nelemans  
Hoofd Regio Noord-West

Bijlagen:

Appendix Barrièrewerking  
Appendix Kwaliteitsaspecten  
Appendix Randvoorzieningen

## THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Fugro heeft, ten behoeve van de Geotechniekdag 2001 te Breda, barrièrewerking nader bestudeerd en toegelicht in een artikel. De hiernavolgende theoretische onderbouwing van barrièrewerking is aan dat artikel ontleend [1].

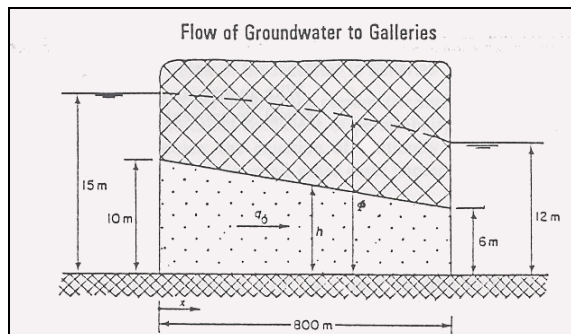


Figuur 1 Principeschets bouwput

De theoretische veronderstelling is dat de grootte van de barrièrewerking afhankelijk is van de mate waarin de ondergrondse constructie de watervoerende lagen afsluit. Hierbij is er sprake van een analogie met de onderzoeken van Weber (H. Weber, Die Reichweite von Grundwasserabsenkungen mittels Rohrbrunnen, 1928). Uit deze bleek dat er minder water naar een bouwput stroomt naarmate de damwand die de bouwput omsluit, dieper wordt geheid en daarmee een groter deel van de watervoerende laag afsluit.

De relatie die werd gevonden, bleek onafhankelijk van de doorlatendheid (k-waarde), maar (niet verwonderlijk) afhankelijk van de verhouding tussen de inheidiepte van de damwand ten opzichte van het piezometrisch niveau (h) en de diepte van de onderzijde van de beschouwde watervoerende laag ten opzichte van ditzelfde piezometrische niveau (H) zoals op figuur 1 [Bron: M.J. Fraanje, 'Bronbemaling', 1974, p. 166.] is weergegeven.

Wanneer de damwand de watervoerende laag geheel afsluit geldt  $h/H = 1,0$  en is de reductie in het waterbezwaar uiteraard 100%. De reductie wordt pas significant wanneer de verhouding  $h/H$  groter is dan 0,6 à 0,7.



Figuur 2 Grondwaterstroming

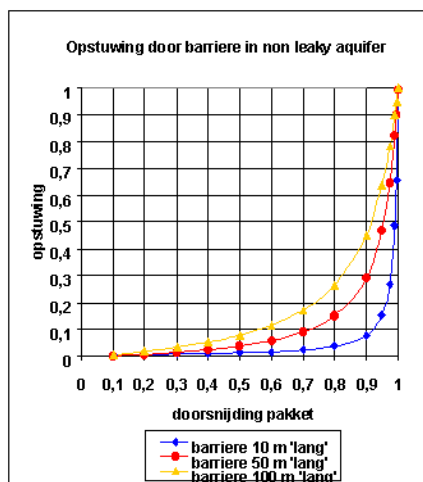
De hoeveelheid water die van de ene naar de andere kant wil stromen, is afhankelijk van het verschil in stijghoogte, de dikte van het doorstroomde pakket en de doorlatendheid.

Met vaste aangenomen stijghoogten op de randen en met een afnemende dikte van de watervoerende laag lijkt het model op Huisman's "Flow of groundwater through a confined aquifer without recharge" [Bron: L. Huisman; Groundwater Recovery, 1972, p.19], zie figuur 2.

Hierbij mag de rechterkant van de figuur ook gelezen worden als een ondergronds element (bijv. een kelder) die de watervoerende laag doorsnijdt. In deze figuur, waarin  $h$  is uitgedrukt als  $h = a + bx$  geldt dat:

$$\varphi = -q_0/kb \cdot \ln(a+bx) + C$$

In figuur 3 zijn de resultaten gegeven van een simulatie van de geohydrologisch meest simpele situatie van 1 watervoerende laag met 'volkomen' spanningswater: zowel aan de boven- als onderzijde wordt de watervoerende laag begrensd door 100% ondoorlatende lagen, waardoor er geen 'voeding' is door bijvoorbeeld neerslag of kwel.



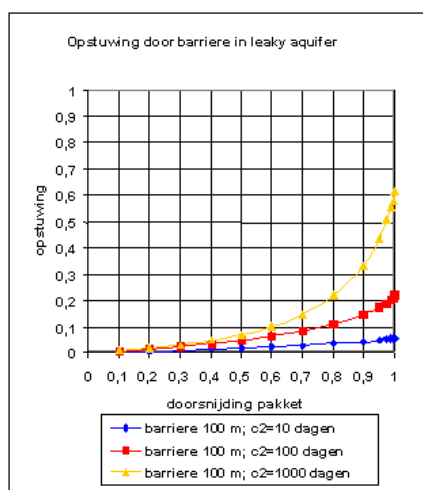
Figuur 3 Berekende opstuwings door barrière

In de simulatie is sprake van een oneindig brede barrière die waterondoorlatend is (de lengte in stromingsrichting varieert van 10, 50 en 100 m 'lang'). In de grafiek is zichtbaar dat, omdat er geen sprake is van voeding, alle lijnen bij 100% doorsnijding van de watervoerende laag een opstuwings van 100% te zien geven, waarbij 100% gelijk is aan het halve verschil in stijghoogte zoals dat er was voordat de barrière werd gerealiseerd. Uit de grafiek is te concluderen dat bij een betrekkelijk 'korte' barrière pas na zeer significante afsluiting van een watervoerend pakket enige opstuwings merkbaar is. Bij langere barrières, bijvoorbeeld 50 of 100 m in de stromingsrichting (en 'volkomen' in de breedte) zijn de effecten eerder merkbaar, maar worden ook pas vanaf een afsluiting van 60 tot 70% significant.

Omdat de 'ideale' geohydrologische situatie niet voorkomt, is een simulatie uitgevoerd met dezelfde barrière maar met een extra watervoerende laag onder de barrière. De watervoerende lagen zijn van elkaar gescheiden door een waterremmende laag met een weerstand (in 'dagen') tegen verticale grondwaterbeweging die bepalend is voor de hoeveelheid grondwater die van de ene naar de andere laag kan stromen. Deze weerstand is in de simulaties gevarieerd (10, 100 en 1000 dagen).

Uit figuur 4 blijkt duidelijk dat, als gevolg van de voeding, ook bij 100% doorsnijding van de bovenste watervoerende laag, de opstuwings nooit 100% zal kunnen worden, tenzij de weerstandslaag een oneindig grote weerstand heeft. Verder is duidelijk uit de figuur op te maken dat, in vergelijking met de vorige figuur, het effect van de barrière nu veel minder merkbaar is.

Na aanvullende simulaties met kleinere objecten werd besloten met de volgende conclusie:



Figuur 4 Berekende opstuwings door barrière met onderliggende watervoerende laag

opstuwings van grondwater door de barrièrewerking van ondergrondse constructies zal over het algemeen pas significant worden:

wanneer sprake is van een significant stijghoogteverschil over de beschouwde locatie;

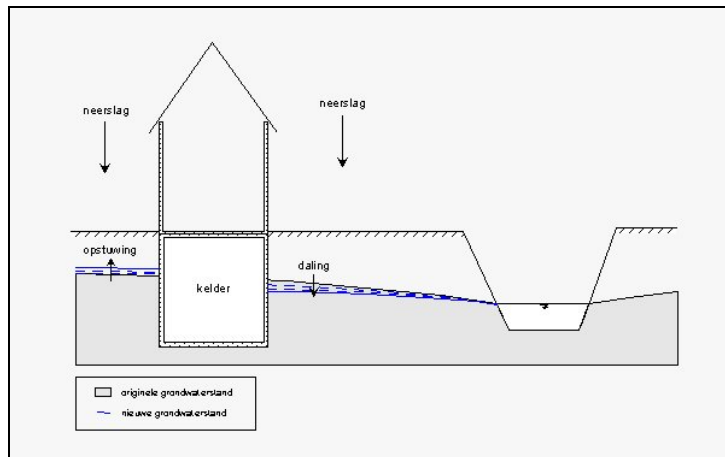
wanneer een watervoerende laag over meer dan 60 à 70% van de totale hoogte van de laag wordt doorsneden,

a. waarbij de totale barrière een significante breedte loodrecht op de grondwater stromingsrichting heeft van enkele tot meerdere tientallen meters;

b. waarbij de totale barrière een significante lengte in de richting van de grondwaterstroming heeft van meerdere tientallen meters;

wanneer de watervoerende laag aan boven- en onderzijde wordt begrensd door waterremmende lagen met een grote weerstand van enkele honderden tot (enkele) duizend(en) dagen waardoor voeding in verticale zin (verwaarloosbaar) klein blijft.

In een omgeving met meerdere aaneengesloten ondergrondse constructies, mag wanneer sprake is van een stijghoogteverschil, significante opstuwning niet worden uitgesloten, met name niet in ondiepe freatische watervoerende lagen. Zie figuur 5.



*Figuur 5: Barrièrewerking*

## KWALITEITSASPECTEN

Bij toepassing van infiltratiesystemen neemt het risico dat milieubelastende stoffen in de bodem kunnen geraken toe. Bij neerslag stromen verontreinigingen van verharde oppervlakken af, waardoor de mate van verontreiniging van dit water toeneemt. Door het treffen van bronmaatregelen kan de verontreiniging van afstromend regenwater door diffuse bronnen worden beperkt. Hiermee neemt eveneens de levensduur van infiltratievoorzieningen toe. De kwaliteit van het afstomende regenwater wordt mede bepaald door het soort verhard oppervlak. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen dak-, weg- en overige oppervlakken.



Foto: toepassing loodslabben

### **Dakoppervlakken**

Bij het infiltreren van afstromend dakwater wordt afgeraden uitlogbare en / of milieubelastende stoffen zoals zinken dakgoten en afvoerpijpen, loodslabben, koperen dakmaterialen en teerhoudend bitumen toe te passen.

Bij de (ver)bouw van woningen dient naar materialen te worden gezocht, waarmee de belasting van het te infiltreren (regen)water dient te worden voorkomen, zodat accumulatie van verontreinigingen in de bodem kan worden beperkt.

### **Straatoppervlakken**

Verontreinigingen op wegen en straten zijn een gevolg van slijtage van autobanden, remmen en het wegdek, verbranding van benzine, lekverliezen, onkruidbestrijding en afspoeling van strooizout. Ten aanzien van de infiltratie van afstomend wegwater worden de volgende richtlijnen gehanteerd:

- Wegen waar bussen en/of vrachtverkeer rijdt komen niet in aanmerking voor afkoppelen;
- Bedrijventerreinen, winkelstraten en marktterreinen komen tevens niet in aanmerking;
- Wegen en aangrenzende parkeerplaatsen met een verkeersintensiteit > 500 voertuigen per etmaal dienen nader onderzocht te worden, alvorens deze worden afgekoppeld;
- Voertuigen dienen op speciaal ingerichte (auto)wasplaatsen te worden gereinigd;
- Het hondenbeleid, het beleid ten aanzien van onkruidbestrijding, het gebruik van strooizout en verontreinigingen door vuurwerk of straatactiviteiten in verband met de hierbij vrijkomende belastende stoffen afstemmen op de gekozen infiltratievorm;
- Straatvuil en blad dienen regelmatig verwijderd te worden.

Bij twijfel over de waterkwaliteit wordt altijd voorgesteld te lozen op een verbeterd gescheiden stelsel. Hiermee wordt een directe vervuiling van grond- en oppervlaktewater voorkomen. Bij infiltratie wordt voorgesteld een voorziening in combinatie met een bodempassage te kiezen. Daarbij dient de bodemlaag als verontreinigd te worden beschouwd.

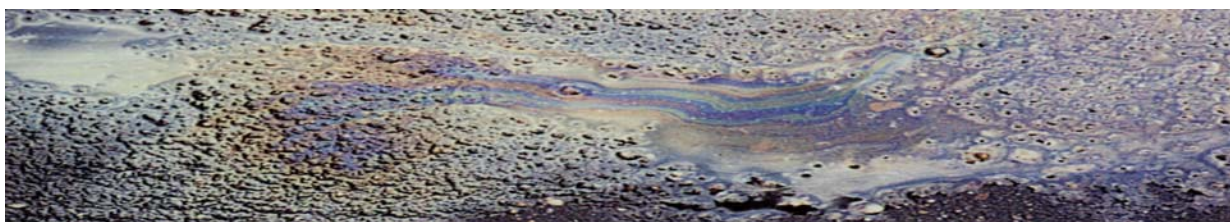


Foto: olie en benzine op wegdek

### **Overige oppervlakken**

- Straatmeubilair dient zo te worden afgewerkt dat minder uitloging van milieuonvriendelijke stoffen kan optreden;
- Het toepassen van uitloogbaar verduurzaamd hout dient gemeden te worden.

### **Risico's**

Bij infiltratie dient rekening te worden gehouden met de volgende risico's:

- Indien sprake is van een (grondwater)verontreiniging mag door infiltratie geen (extra) verplaatsing van de verontreiniging optreden (wellicht beter niet afkoppelen);
- Bij voorkeur bovengronds afkoppelen waardoor foutieve aansluitingen kunnen worden opgemerkt en maatregelen kunnen worden getroffen.

### **Calamiteitenplan**

Bij calamiteiten (bv. een lekke tank en ongevallen) dient de aanvoer naar infiltratieleidingen en / of naar oppervlaktewater direct te worden afgesloten. Een actieplan in geval van dergelijke calamiteiten dient beschikbaar te zijn bij de beheerder van het systeem.

### **Onderhoud-/ beheersplan**

In een onderhoud-/ beheersplan dienen de verschillende systeemonderdelen te worden benoemd en dienen de bijbehorende onderhoud- en beheersvormen (wegbeheer, onderhoud leidingen en putten etc.) te worden omschreven. Voor het beheer en onderhoud dient een logboek te worden opgesteld. Er dient rekening te worden gehouden met een meer intensief beheer en onderhoud.



*Foto's: mogelijk verdachte waterkwaliteit bij marktplaatsen en drukke kruispunten*

### **Tot slot**

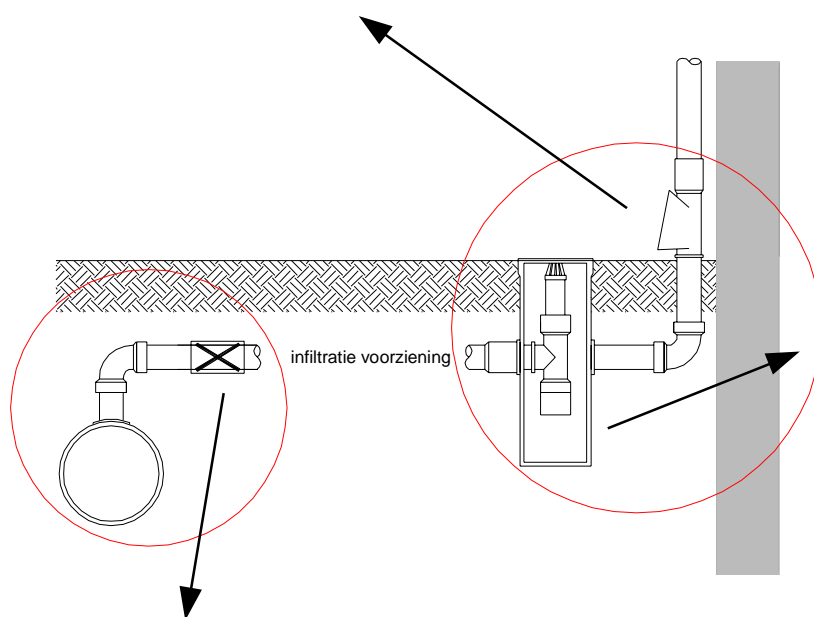
In relatie tot de waterkwaliteitsaspecten en de keuze van de voorziening wordt voorgesteld in contact te treden met gemeente en waterschap, zuiveringsschap of hoogheemraadschap. De mensen op de betreffende afdelingen kunnen u verder informeren over de lokale regelgeving en de mogelijkheden voor afkoppeling van regenwater van verharde terreinoppervlakken. Vanzelfsprekend kan Fugro u hierbij eveneens van dienst zijn.

## RANDVOORZIENINGEN

Om vervuiling en dichtslibbing van bergings- en infiltratievoorzieningen te beperken dienen randvoorzieningen te worden toegepast zoals bladafscieder in regenpijpen, filters in kolken en zandvangputten. Daarnaast dient ten allen tijde instroming van vervuild water uit andere stelsels te worden voorkomen.

### *Bladafscieder*

Regenwater dat op het dak valt, wordt via een (kunststof) dakgoot naar een verticale standleiding getransporteerd. Daarin zit een bladafscieder die bladeren en grof vuil uitwerpt en die tevens dienst doet als overstort bij extreme regenval. Voor een groot deel worden verstoppingen in leidingen en voorzieningen hiermee voorkomen. Het gebruik van kunststof dakgoten heeft de voorkeur.



### *Zandvangput*

Na de bladafscieder komt het regenwater in een zandvangput terecht. De zware deeltjes bezinken en het water stroomt via een filterconstructie naar de voorziening.

De zandvangput moet zo worden geplaatst dat deze makkelijk te reinigen is. Afhankelijk van de ligging van de afvoerleiding kan de zandvangput tevens functioneren als ontluchting.

### *Keerklep*

Door het aanbrengen van een keerklep tussen de voorziening en het rioolstelsel, wordt voorkomen dat vervuild (riool)water bij hevige neerslagsituaties vanuit het riool de voorziening instroomt. Deze constructie dient nauwlettend te worden gecontroleerd en zo nodig dubbel te worden uitgevoerd.

### *Kolkfilter*

Regenwater dat op straat valt, wordt opgevangen via kolken. Om het grove vuil en blad af te vangen worden de kolken voorzien van een kolkfilter. Dit filter hangt in de kolk, is onzichtbaar vanaf het maaiveld en kan makkelijk verwijderd worden. De openingen zijn ca. 10 bij 3 mm groot, zodat grove vervuiling (bladeren, takjes, plastic of papier) uit het regenwater gefilterd wordt. Bij reiniging kan het filter zonodig uit de kolk worden genomen. De bodem is open, waardoor tevens een zandvang kan worden toegepast.

