



GEMEENTE BOEKEL	
Document:	A: 27090
27 JUL 2009	
Dossier:	Z 7844 3250
Behandelaar:	Maatje GK mk → mod L

Gemeente Boekel
De heer M. van der Leest
Postbus 99
5427 ZH BOEKEL

- Waterhuishoudkundig onderzoek De Run te Boekel

In plaats van begeleidend schrijven

- ☐ n.a.v. uw verzoek
- ☐ n.a.v. uw schrijven
- ☐ volgens afspraak
- ☐ ter kennisneming
- ☐ gaarne uw akkoord
- ☐ gaarne uw reactie
- ☐ om te behouden
- ☐ gaarne retour

☒ Met vriendelijke groet
Remko Hermans

datum: 24-07-2009

Bodegraven	Oldenzaal	Tilburg
Duitslandweg 7	Eektestraat 10-12	Jules Verneweg 21-15
2411 NT Bodegraven	7575 AP Oldenzaal	5015 BE Tilburg
T (0172) 61 42 55	T (0541) 58 55 44	T (013) 458 21 61
F (0172) 61 22 26	F (0541) 52 29 35	F (013) 455 30 89



**Waterhuishoudkundig
onderzoek (incl. voorstel
waterparagraaf)**

De Run te Boekel

Opdrachtgever

Croonen Adviseurs
de heer S. Klein Obbink
Postbus 435
5240 AK ROSMALEN

Adviesbureau

Geofox-Lexmond bv
Pegasusweg 2
Postbus 2205
5001 CE TILBURG
Tel. 013 - 4582161
Fax 013 - 4553089

Status

Concept A

Datum

9 juni 2006

Projectnummer

20061162/MGRA

Auteur

mevrouw ir. M.J. de Graaf

Paraaf:

Controle / vrijgave

de heer drs. B.L.H. ter Haar

Paraaf:



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Huidige situatie plangebied	2
2.1	Algemene gegevens	2
2.2	Waterhuishoudkundige situatie	3
2.3	Bodemopbouw en grondwatersituatie	4
2.4	Overige relevante aspecten	6
2.5	Toekomstige invulling plangebied	6
3	Huidig beleid stedelijk waterbeheer	7
3.1	Europees, landelijk en regionaal beleid	7
3.2	Eisen en randvoorwaarden Waterschap Aa en Maas	8
3.3	Eisen en randvoorwaarden gemeente Boekel	8
4	Aanvullende veldwerkzaamheden	10
4.1	Uitvoering veldonderzoek	10
4.2	Veldwerkresultaten	11
5	Afwegingen in verwerking hemelwater	13
5.1	(On)mogelijkheden voor afkoppeling van hemelwater binnen plangebied	13
5.2	Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering	16
5.3	Conclusies en aanbevelingen	17
6	Dimensionering hemelwatersysteem	19
6.1	Verwerking hemelwater openbaar en particulier terrein	19
6.2	Benodigde waterberging toekomstige situatie	19
6.3	Dimensionering hemelwatersysteem openbaar terrein	20
6.4	Dimensionering hemelwatersysteem particulier terrein	22
6.5	Overige opmerkingen en aandachtspunten	23
7	Samenvatting (de <i>waterparagraaf</i>)	25
7.1	Algemeen	25
7.2	Voorstel waterparagraaf	25
Bijlagen		
1	1.1 Topografische ligging locatie	
	1.2 Huidige situatie plangebied met boor- en peilbuislocaties	
	1.3 Schets toekomstige situatie	
2	Boorbeschrijvingen	
3	Toelichting boorwerkzaamheden	
4	Analysecertificaten korrelgrootteverdeling	
5	Toelichting constant-debiet pompproef	
6	Toelichting analytische bepaling doorlatendheid	
7	Foto's	

1 Inleiding

In opdracht van Croonen Adviseurs heeft Geofox-Lexmond bv een waterhuishoudkundig onderzoek uitgevoerd voor een ontwikkelingslocatie ten zuidoosten van de woonkern Boekel.

De aanleiding voor het laten opstellen van het waterhuishoudkundig plan (ook wel watertoets¹ genoemd) wordt gevormd door het voornemen van de gemeente Boekel om in het zuidoosten van Boekel – ter hoogte van de Bergstraat / Runstraat en de Nachtegaallaan – een aantal woningen te realiseren (ontwikkelingsproject *De Run*). Het betreft een ruimte-voor-ruimte ontwikkeling, waarvoor een nieuw bestemmingsplan dient te worden opgesteld.

Het doel van het onderzoek is om te voldoen aan de door gemeente Boekel en Waterschap Aa en Maas gestelde eisen en voorwaarden met betrekking tot het waterhuishoudkundige gedeelte hiervan. Dit betreft feitelijk het beschrijven van de toekomstige waterhuishouding binnen het plangebied (o.a. vaststelling van de (on)mogelijkheden van het infiltreren dan wel bergen van hemelwater). Aangezien binnen de projectlocatie sprake is van de aanwezigheid van zogenaamd *wijstwater*, zal dit hydrologische verschijnsel in het onderzoek worden meegenomen. De onderzoeksresultaten dienen als basis voor de *waterparagraaf*, die onderdeel vormt van het uiteindelijke ruimtelijke plan.

In het waterhuishoudkundig plan komen de volgende aspecten aan de orde:

- basisgegevens van de huidige (waterhuishoudkundige) situatie in en rondom het plangebied (hoofdstuk 2);
- het huidige landelijke, regionale en lokale beleid ten aanzien van waterbeheer (hoofdstuk 3);
- de uitvoering en resultaten van de (aanvullende) veldwerkzaamheden (hoofdstuk 4);
- de (on)mogelijkheden voor verwerking van hemelwater binnen het plangebied (hoofdstuk 5);
- een globaal ontwerp van het voorgestelde hemelwatersysteem (hoofdstuk 6);
- samenvatting van het uitgevoerde waterhuishoudkundige onderzoek (hoofdstuk 7).

¹ De watertoets is met ingang van 1 november 2003 wettelijk verplicht voor streekplannen, streekplanuitwerkingen, regionale en gemeentelijke structuurplannen, bestemmingsplannen en vrijstellingen op grond van artikel 19, eerste lid, van de Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO). De wijziging van het Besluit op de Ruimtelijke Ordening (Bro) per die datum schrijft een waterparagraaf voor als onderdeel van de genoemde ruimtelijke plannen en een directe betrokkenheid van de beheerder(s) van het oppervlaktewater bij opstelling van het bestemmingsplan. In de waterparagraaf dient een beschrijving te worden opgenomen van de wijze waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het plan voor de waterhuishouding (Bron: Landelijke Projectgroep Watertoets).

2 Huidige situatie plangebied

2.1 Algemene gegevens

Onderstaande foto's geven een indruk van de huidige invulling van het plangebied. In bijlage 7 zijn enkele aanvullende foto's opgenomen.

Overzichtsfoto's van het plangebied (situatie mei 2006)



De topografische gegevens van het plangebied zijn weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Topografische informatie plangebied

locatiegegevens

plaats	:	Boekel
situering	:	ten zuidoosten van de woonkern Boekel
straat	:	Ten oosten van de Bergstraat / Runstraat en ten zuiden van de Nachtegaallaan
oppervlakte	:	5,7 ha
coördinaten (centrum)	:	X : 175.300 ($\pm$ 200 m)
		Y : 400.840 ($\pm$ 180 m)
		Z : circa 15,8 à 16,5 m + NAP ¹⁾

¹⁾ Afgeleid van rioolputdekselhoogtes in omliggende wegen

De ontwikkelingslocatie is ten zuidoosten van de woonkern Boekel gelegen en wordt globaal begrensd door de Nachtegaallaan (noordzijde), de Bergstraat / Runstraat (westzijde), de sloot Zandhoeksche Loop (zuidzijde) en de woonpercelen aan de Nachtegaallaan en Mezenlaan (oostzijde). Binnen de ontwikkelingslocatie zijn 2 deelgebieden te onderscheiden:

- het zuidelijke terreindeel (bruto oppervlak circa 4,7 ha) is op dit moment grotendeels onverhard en in gebruik als akkerland (maïs);
- een kleiner terreindeel (oppervlak circa 1,0 ha) betreft het voormalige MOB-complex van Defensie. Dit deelgebied is voor circa 50% verhard en bebouwd (bron: Verkennend bodemonderzoek MOB-complex Boekel, Fugro, rapp.nr. 89990109 d.d. 9 april 1999).

Aan de hand van hoogtegegevens van rioolputdeksels in de omliggende wegen (Bergstraat, Runstraat, Nachtegaallaan en Mezenlaan) is de maaiveldhoogte in het plangebied geschat. Deze blijkt te variëren van circa 15,8 m + NAP in het zuidwesten tot circa 16,5 m + NAP in het noordoosten.

De geografische ligging van de onderzochte locatie is weergegeven in bijlage 1.1.

2.2 Waterhuishoudkundige situatie

2.2.1 Riolering

Op het zuidelijke terreindeel – dat op dit moment in gebruik is als akkerland – is geen rioolstelsel aanwezig. Het regenwater dat op het (onverharde) bodemoppervlak valt, wordt direct dan wel indirect – via aanvulling van het grondwater – richting het oppervlaktewater afgevoerd. Aangezien op het noordelijke terreindeel (het voormalige MOB-complex) een gemengd rioolstelsel aanwezig is (verificatie bij de heer Van Zutven van gemeente Boekel, 31 mei 2006), komt het regenwater van de verharde terreindelen binnen het voormalig MOB-complex op dit moment nog samen met het vuilwater in het gemengde rioolstelsel terecht en wordt afgevoerd naar het gemengde riool in de Bergstraat / Runstraat en Nachtegaallaan. De binnen onderkant buis (b.o.b.) hoogte van het gemeentelijk riool in voornoemde straten varieert van 13,10 m+NAP ter plaatse van de Nachtegaallaan tot 13,21 m+NAP in de Bergstraat / Runstraat.

Binnen het plangebied bevinden zich geen overstortpunten of andere aan riolering gerelateerde kunstwerken. Wel is in de Runstraat, op circa 250 m afstand van het plangebied, een noodoverstort aanwezig die aansluiting heeft op Zandhoeksche Loop. Wanneer incidenteel de gezamenlijke afvoer van regenwater en afvalwater de capaciteit van het riool in de Runstraat overtreft, vindt overstort naar het oppervlaktewater plaats. Het aantal overstorten en de hoeveelheid vuilwater dat per overstort op het oppervlaktewater wordt geloosd is niet bekend. Evenmin is duidelijk wat de kwaliteit is van het overstortwater.

2.2.2 Oppervlaktewater

Direct ten zuiden van het plangebied bevindt zich de watergang Zandhoeksche Loop. Deze watergang voert haar water in westelijke richting af en mondt uiteindelijk uit in de rivier de Aa. Het waterpeil in de Zandhoeksche Loop wordt middels stuwen kunstmatig op een vast peil gehouden. Eén van de stuwen (code 245E) bevindt zich direct stroomopwaarts van het te beschouwen gebied. Het betreft een handmatig te verstellen stuw met rechte schuif. De drempelhoogte van deze stuw bedraagt 16,5 m+NAP. Het waterpeil aan de stroomopwaartse zijde van de stuw zal enkele cm hoger zijn dan de stuwhoogte (circa 16,6 m+NAP). Het verschil in waterpeil tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse zijde van deze stuw is aanzienlijk. Van de stroomafwaartse zijde zijn helaas geen hoogtegegevens bekend, de peilhoogte is visueel geschat op circa 15,0 m+NAP.

Tijdens het veldonderzoek op 24 mei 2006 is een inschatting gemaakt van de afmetingen van deze watergang. De noordelijke oever (aan de planzijde) bleek ongeveer 0,5 m hoger te liggen dan de zuidelijke oever. De bodemdiepte is geschat op ongeveer 2,0 meter ten opzichte van het maaiveld (gezien vanaf de planzijde). Op 24 mei 2006 bedroeg het waterpeil in deze sloot circa 0,5 m. Als gevolg van een sterke begroeiing in de sloot (o.a. riet en kruiden) bleek het maken van een inschatting van de slootbreedte ter hoogte van de waterlijn zeer lastig tot onmogelijk. De kwaliteit van het water in de Zandhoeksche Loop is niet bekend. Het water in de watergang was ten tijde van de veldinspectie roodbruin van kleur. De oorzaak hiervan kan naar alle waarschijnlijkheid worden gezocht in de hoge concentratie aan neergeslagen ijzeroxiden (zie hiervoor ook paragraaf 2.3.1).

2.3 Bodemopbouw en grondwatersituatie

2.3.1 Bodemopbouw

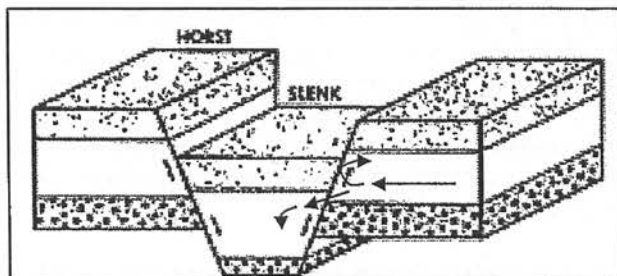
Volgens de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000 (kaartblad 45H, Uden), komen binnen de grenzen van het plangebied van nature voornamelijk hoge zwarte enkeerdgronden voor (kaartcode zEZ21). Deze gronden worden gekenmerkt door het voorkomen van leemarm en zwak lemig fijn zand in de bovengrond (tot circa 1,2 m-mv). Een beschrijving van de diepere bodemopbouw volgt uit de gegevens, opgenomen in de databank REGIS van TNO-NITG. In de omgeving van het plangebied wordt de bodem (tot circa 15 m-mv) voornamelijk gevormd door de kaarteerbare eenheid BE4 (Formatie van Beegden). Deze afzetting bestaat uit matig fijn tot matig grof, grindhoudend zand. Hieronder bevindt zich de Formatie van Stramproy die wordt gekenmerkt door grove zanden met grind, afgewisseld met dunne lagen klei en leem. In tabel 2.2 is schematisch de globale geologische bodemopbouw weergegeven. De verschillende afzettingen zijn van boven naar beneden weergegeven (respectievelijk van jong naar oud).

Tabel 2.2: Regionale bodemopbouw omgeving Runstraat

diepte (m-mv)	formatienaam	samenstelling	geohydrologische eenheid
0 - 15 ¹	Beegden	matig fijne tot matig grove, grindhoudende zanden	1 ^a watervoerend pakket
15 - 25	Stramproy	grof zandige afzettingen met grind, afgewisseld met klei- en leemlagen	1 ^a watervoerend pakket
> 25	Waalre	fijne zanden en klei- en leemlagen	1 ^a scheidende laag

¹ Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 45H (Dienst Grondwaterverkenning TNO, 1983) en databank REGIS van TNO-NITG

Op ongeveer 1.000 m ten westen van het te beschouwen gebied bevindt zich een belangrijke geologische breuklijn (Peelrandbreuk) die globaal van zuidoost naar noordwest loopt. Deze breuk is ontstaan doordat delen van de aardkorst ten opzichte van elkaar omhoog zijn geduwd (de Peelhorst) en andere delen juist omlaag zakken (de Centrale slenk). De globale stromingsrichting van het grondwater ter plaatse van de hoger gelegen Peelhorst is westelijk (dwars op de Peelrandbreuk). Door het verschil in samenstelling van de aardlagen aan weerszijden van de breuklijn stagneert de grondwaterstroming en vindt opstuwing van grondwater plaats (het zogenaamde *wijstverschijnsel*). Direct ten oosten van de breuk is de opstuwing het sterkst en is sprake van hoge grondwaterstanden (zelfs tot aan het maaiveld). Op deze natte plaatsen komt lokaal veen voor. Op grotere afstand van de breuk wordt het geleidelijk droger en neemt de mate van opstuwing af. Aan de westzijde van de breuklijn vindt geen opstuwing plaats, zodat (hooggelegen) natte en (laaggelegen) droge gronden vlak naast elkaar voorkomen (bron: o.a. Waterschap de Aa, *Brabantse wijstgronden in beeld*, september 2003). Een doorsnede van de breuklijn en de specifieke grondwaterstromingen zijn schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1: Schematische weergave Peelrandbreuk en grondwaterstromingen

Bron: Waterschap de Aa, *Brabantse wijstgronden in beeld*, figuur 1, september 2003

Naast de kenmerkende grondwaterstroming heeft het opstuwende *wijstwater* een specifieke waterkwaliteit. In het algemeen wordt *wijstwater* gekarakteriseerd als voedselarm, kalkarm water met onder andere een hoog gehalte aan ijzer, nikkel en sulfaat. Zodra dit water in contact komt met de (zuurstofrijke) buitenlucht, ontstaat de voor *wijstwater* karakteristieke bruinrode kleur (neergeslagen ijzeroxiden en ijzerfosfaten).

Waterschap Aa en Maas zet zich actief in om de voor Nederland unieke en natuurlijke *wijstgronden* langs de Peelrandbreuk in stand te houden. Bij ontwikkelingsplannen bijvoorbeeld dient specifieke aandacht te worden besteed aan het verschijnsel *wijst* en zal aanvullend onderzoek moeten worden verricht. De exacte invulling van een dergelijk onderzoek is op dit moment niet bekend (bron: telefonisch contact met mevrouw Hendriks van Waterschap Aa en Maas d.d. 16 en 29 mei 2006).

2.3.2 Grondwaterstand en stijghoogte

Om de vraag te beantwoorden of infiltratie en berging van hemelwater mogelijk is en op welke wijze dat dan het beste gerealiseerd kan worden, moet ook de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bekend zijn. Van de grondwaterstandsfluctuatie in de bodem is slechts een zeer beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar. Conform de gegevens uit de Bodemkaart van Nederland is binnen het plangebied sprake van grondwatertrap VII* (het drogere deel van grondwatertrap VII). De GHG bij een dergelijke grondwatertrap bevindt zich dieper dan 1,4 m-mv. De GLG wordt hier dieper dan 1,6 m-mv verwacht.

In de periode 1990 – 1999 zijn op het voormalige MOB-complex in ieder geval twee verkennende bodemonderzoeken uitgevoerd, waarbij onder meer de grondwaterstand is bepaald (Tauw, R3151719.101/RJB, november 1990 en Fugro, F-9086/110, 9 april 1999). Op 17 oktober 1990 bedroeg de grondwaterstand op het defensieterrein 2,4 à 2,9 m-mv. Aan de hand van regionale grondwaterstandgegevens uit de databank van TNO blijkt dat in oktober 1990 sprake was van een hydrologisch droge periode. De op 17 oktober 1990 gemeten grondwaterstanden zullen dan ook overeenkomen met de gemiddeld laagste grondwaterstand in het gebied. Op 1 april 1999 is een grondwaterspiegel waargenomen van 1,5 à 1,8 m-mv. Omdat op dat moment in de regio sprake was van een hydrologisch natte periode, wordt verwacht dat de gemeten grondwaterstanden overeenkomen met de gemiddeld hoogste grondwaterstand.

Van het agrarische perceel zijn geen grondwaterstandgegevens bekend.

2.3.3 Geregistreerde grondwateronttrekkingen

Bij de provincie Noord-Brabant is voor het jaar 2003 in de nabijheid van het plangebied slechts één relevante grondwateronttrekking geregistreerd. Door de heer Van den Berg aan de Peelstraat 7 (direct ten zuiden van het plangebied) is in dat jaar door de provincie Noord-Brabant vergunning verleend voor het onttrekken van grondwater uit het eerste watervoerende pakket tot een totaal van circa 20.000 m³. Gelet op de grootte en locatie van de onttrekking zal de invloed ervan zich beperken tot het zuidelijke deel van het plangebied. Een vermindering of stopzetting van de onttrekking zal gezien het onttrekkingsdebiet slechts leiden tot een geringe toename in de grondwaterstand ter plaatse.

De ligging van de onderzoekslocatie en de ligging van de grondwateronttrekking zijn weergegeven in bijlage 1.1.

2.4 Overige relevante aspecten

2.4.1 Ecologie, archeologie en regionale waterberging

De cultuurhistorische waardenkaart van Noord-Brabant geeft aan dat het voormalige MOB-complex binnen het historisch groengebied *Boschberg / de Vliegberg* ligt. Het betreft hier een langgerekt bosachtig gebied met stuifzandwallen, dat zich zuidelijk van Boekel bijna tot aan het centrum uitstrekt en dateert uit 1880-1897. Verder is aan het gehele plangebied een hoge tot middelhoge indicatieve archeologische waardering toegekend. De kans dat archeologische waarden in de bodem aanwezig zijn wordt in dergelijke gebieden relatief hoog geacht. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij (grootschalige) graafwerkzaamheden. Voor zover bekend komt de locatie en het aangrenzende terrein in de toekomst niet in aanmerking als regionaal waterbergingsgebied (inundatie met oppervlaktewater bij extreme neerslag, waarbij het aanwezige grondgebruik behouden blijft).

2.5 Toekomstige invulling plangebied

De gemeente Boekel is voornemens het plangebied te ontwikkelen tot woongebied. Op dit moment is nog geen definitieve stedenbouwkundige invulling van het terrein beschikbaar. Deze is onder meer afhankelijk van de waterhuishoudkundige invulling binnen het gebied. Wel is door Croonen Adviseurs in maart 2006 een stedenbouwkundige verkenning uitgevoerd (tekeningnr. Sbs01-Boe00087-01b d.d. 30 maart 2006). De tekening is opgenomen in bijlage 1.3 van deze rapportage. Gestreefd wordt naar de bouw van circa 27 grondgebonden woningen en een toegangsweg. Aan de zuid- en oostzijde van het terrein is een brede groenstrook voorzien. De toekomstige maaiveldhoogte in het plangebied is nog niet bekend en hangt af van de benodigde drooglegging en ontwateringsdiepte ter plaatse. De huidige en toekomstige verdeling verhard versus onverhard oppervlak is in tabel 2.4 weergegeven. De toename in verharding als gevolg van de geplande woningbouwontwikkeling wordt geschat op circa 23%.²

Tabel 2.4: Oppervlakteverdeling huidige en toekomstige situatie¹⁾

beschrijving	oppervlakte (m ²)	
	huidige situatie	toekomstige situatie
verhard oppervlak ²⁾	5.000 (9%)	18.000 (32%)
maximaal opp. dak en voortuin/oprit (30% perceelopp.)	-----	12.000 (21%)
oppervlak verhard buitenterrein (wegen en parkeerplaatsen)	-----	6.000 (11%)
onverhard oppervlak en wateroppervlak	52.000 (91%)	39.000 (68%)
achtertuinen (70% perceelopp.)	-----	28.000 (49%)
openbaar terrein	-----	11.000 (19%)
totaal	57.000 (100%)	57.000 (100%)

¹ E.e.a. op basis van de stedenbouwkundige verkenning (tek.nr.sbs01-Boe00087-01b van 30 maart 2006, opgesteld door Croonen Adviseurs (zie bijlage 1.3).

² Verdeling verhard / onverhard oppervlakte door opdrachtgever aangegeven.

Opgemerkt wordt dat in onderhavig waterhuishoudkundig plan is aangenomen dat de woningbouwontwikkeling in één fase zal worden uitgevoerd.

² Op dit moment is het voormalige MOB-complex (1,0 ha) deels verhard. In de toekomstige situatie (ná realisatie van de woningbouw) zullen de daken, voortuinen/opritten en de openbare wegen van de riolering worden afgekoppeld en op het hemelwaterstelsel worden aangesloten. De achtertuinen en het openbaar groen worden niet op het hemelwaterstelsel aangesloten.

3 Huidig beleid stedelijk waterbeheer

3.1 Europees, landelijk en regionaal beleid

Het beleid van de rijksoverheid op het gebied van duurzaam watergebruik in Nederland is ontwikkeld in een aantal nota's en beleidsplannen:

- Vierde Nota Waterhuishouding, NW4 (1998);
- Nationaal Bestuursakkoord Water (2003);
- Europese Kaderrichtlijn Water, KRW (2000);
- Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening, NRO5 (2002).

Momenteel zijn binnen Nederland bij ruimtelijke plannen ten aanzien van de waterhuishoudkundige invulling de volgende algemene eisen en voorwaarden van kracht:

- de toekomstige effecten van ingrepen in de huidige waterhuishoudkundige situatie dienen in alle gevallen *hydrologisch neutraal* te zijn. Dat wil zeggen, dat in de toekomstige situatie op waterhuishoudkundig gebied in elk geval geen negatieve effecten mogen optreden wanneer veranderingen in de huidige situatie worden aangebracht;
- de wettelijke voorkeursvolgorde voor de berging van hemelwater (regenwater) in de toekomstige situatie is achtereenvolgens: a) hergebruik voor huishoudelijke doeleinden of bedrijfsdoeleinden, b) infiltratie in de (boven)grond, c) lozen op het oppervlaktewater en d) afvoeren via de riolering van een (verbeterd) gescheiden rioolstelsel;
- het begrip *hydrologisch neutraal* heeft niet alleen betrekking op kwantitatieve, maar ook op kwalitatieve aspecten van de waterhuishouding in de toekomstige situatie. Veranderingen die een negatief effect hebben op de kwaliteit van het grondwater en/of het oppervlaktewater zijn niet toegestaan;
- bij het zoeken naar oplossingsrichtingen voor het hergebruik of de berging van hemelwater moet primair binnen de eigen plangrenzen gekeken worden. Alleen in bijzondere gevallen kan naar oplossingsmogelijkheden buiten de eigen grenzen gezocht worden. Dit dient in overleg met de gemeente, het waterschap en/of de provincie Noord-Brabant te geschieden;
- aan het terrein is een hoge tot middelhoge archeologische waardering toegekend. Dit betekent dat voor dit terrein de kans op de aanwezigheid van archeologische waarden in de bodem vrij hoog geacht wordt. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij (grootschalige) graafwerkzaamheden;
- het voormalige MOB-complex bevindt zich binnen een historisch groengebied (*Boschberg / de Vliegberg*). De in Noord-Brabant aanwezige groengebieden zijn door Ecologisch Adviesbureau Maes geselecteerd op basis van de historische karakteristiek, ecologische en/of genetische waarde en de gaafheid ervan. De provincie Noord-Brabant streeft naar het behoud van dergelijke historische groengebieden. Voor zover dit nog niet gebeurd is, wordt geadviseerd contact op te nemen met de gemeente Boekel en de provincie Noord-Brabant over de eventuele consequenties voor de geplande ontwikkelingen ter plaatse;
- de algemeen geldende norm met betrekking tot de ontwateringsdiepte³ in woongebieden is 0,7 meter ten opzichte van het straatpeil en 1,0 meter ten opzichte van het vloerpeil. Voor de drooglegging⁴ wordt binnen woongebieden een waarde van 1,0 meter ten opzichte van het straatpeil en 1,3 m ten opzichte van het vloerpeil aangehouden.

³ de ontwateringsdiepte is het hoogteverschil tussen het toekomstige straat- of vloerpeil en de (gemiddeld hoogste) grondwaterstand

⁴ de drooglegging is het hoogteverschil tussen het toekomstige straat- of vloerpeil en de waterstand in open watergangen of -partijen

3.2 Eisen en randvoorwaarden Waterschap Aa en Maas

Met betrekking tot het waterbeheer in nieuwbouwprojecten heeft Waterschap Aa en Maas, District Beneden Aa, een aantal eisen vastgesteld (bron: telefonisch en digitaal contact met mevrouw Hendriks, Waterschap Aa en Maas d.d. 16 en 29 mei 2006):

- randvoorwaarde bij een ruimtelijk plan is om hydrologisch neutraal te bouwen. Hierbij geldt onder meer dat de natuurlijke grondwaterstandfluctuaties moet worden gehandhaafd en niet kunstmatig mag worden verlaagd;
- binnen het plangebied is hoogstwaarschijnlijk sprake van *wijstwater* (opgestuwd grondwater). Dit voor Nederland unieke en natuurlijke verschijnsel dient in ieder geval te worden behouden en – waar mogelijk – te worden bevorderd. Het waterschap schrijft voor *wijstgronden* een aanvullend onderzoek voor, waarin de (mate van) aanwezigheid van *wijst* inzichtelijk wordt gemaakt. De invulling van dit onderzoek wordt op dit moment door het waterschap nader vastgesteld;
- binnen het plangebied dient in ieder geval een gescheiden riolering te worden aangelegd;
- indien mogelijk, dient de afvoer van hemelwater oppervlakkig plaats te vinden;
- de maximale afvoer vanuit nieuw stedelijk gebied bedraagt 1,0 l/s/ha;
- de gewenste situatie dient te worden getoetst aan een regenbui die eens in de 25 jaar voorkomt (T25-regenbui). Deze regenbui komt overeen met 42,9 mm neerslag in 4 uur tijd;
- de noodzakelijke berging moet zoveel mogelijk binnen het onderzoeksterrein worden gerealiseerd. In uitzonderlijke gevallen kan – in overleg met het waterschap en de provincie – worden gekeken naar oplossingsmogelijkheden buiten de eigen perceelsgrenzen;
- voor de afvoer van schoon regenwater gelden voor woonhuizen de volgende lozingsvoorkeuren:
 - oppervlakkige berging en/of infiltratie in de bodem;
 - ondergrondse berging en/of infiltratie in de bodem;
 - middels een gescheiden stelsel afvoeren naar het oppervlaktewater ten zuiden van het plangebied (de Zandhoeksche Loop);
- hergebruik van hemelwater is alleen mogelijk als sprake is van een bedrijfspand binnen een bedrijventerrein of van industrie. Gelet op de mogelijke aanwezigheid van risicogroepen (kleine kinderen en ouderen) en de gebrekkige ervaring met hergebruikssystemen, wordt binnen woonwijken hergebruik van hemelwater niet toepasbaar geacht;
- nieuw te realiseren wateren dienen aangesloten te worden op de bestaande waterstructuur, zodat voldoende doorstroming en verversing gerealiseerd kan worden. Daarnaast zullen waterpartijen – waar mogelijk – ecologisch worden ingericht;
- bij het realiseren van nieuwbouwplannen wordt sterk de voorkeur gegeven aan het gebruik van niet-uitloogbare bouwmaterialen. Dit komt de kwaliteit van het af te koppelen hemelwater ten goede. Als toch uitloogbare materialen worden toegepast, wordt geadviseerd deze te bedekken met een coating om verontreiniging van het regenwater te voorkomen.

3.3 Eisen en randvoorwaarden gemeente Boekel

De gemeente Boekel stelt ten aanzien van het nieuwbouwproject in ieder geval de volgende eisen (bron: digitaal contact met de heer Van Zutven, gemeente Boekel d.d. 31 mei 2006):

- de belangrijkste voorwaarde die de gemeente Boekel voor het betreffende plangebied stelt is, dat het afstromende regenwater van dakoppervlakken en voortuinen / opritten geheel op het eigen perceel dient te worden opgevangen en ter plaatse in de bodem dient te worden geïnfiltreerd;
- het afvalwater vanuit de toekomstige nieuwbouwlocatie dient in ieder geval gescheiden aangeleverd te worden aan het gemeentelijk riool in de Runstraat (stelsel Vogelenzang);

- wanneer sprake is van een toename in verhard oppervlak, moet het regenwater, afkomstig van verharde oppervlakken, binnen het plangebied worden geborgen en – indien mogelijk – in de bodem worden geïnfiltreerd;
- de hoogteligging van het (gescheiden) rioolstelsel dient dusdanig te zijn, dat deze aangesloten kan worden op het gemengd rioolstelsel in de Runstraat (b.o.b.-hoogte van 13,40 m + NAP ter plaatse van de Runstraat 1 en 13,17 m + NAP ter plaatse van het voormalige MOB-complex).

4 Aanvullende veldwerkzaamheden

4.1 Uitvoering veldonderzoek

De veldwerkzaamheden zijn onder certificaat uitgevoerd conform de vigerende versie van de BRL SIKB 2000 en bijbehorende VKB-protocollen. Een algemene toelichting op de werkwijze bij het verrichten van boringen is weergegeven in bijlage 3.

De mogelijkheid tot het infiltreren van hemelwater in de bodem in het plangebied is onder andere afhankelijk van de grondwaterstand en de waterdoorlatendheid van de bodem in de onverzadigde zone ter plaatse. Aangezien op basis van de beschikbare gegevens onvoldoende inzicht is in de grondwatersituatie en in de waterdoorlatendheid zijn verspreid over het plangebied⁵ de volgende veldwerkzaamheden verricht (in combinatie met het uitgevoerde milieukundige onderzoek):

- het verrichten van 21 boringen tot circa 0,5 m-mv, 7 boringen tot circa 2,0 m-mv, en 7 boringen tot circa 3,0 m-mv. Ter bepaling van de bodemgesteldheid in het onderzoeksgebied is de uit de boringen vrijgekomen grond conform de NEN-5104 geclassificeerd (vaststellen bodemopbouw). Het opgeboorde materiaal is per 0,5 meter en/of per bodemlaag bemonsterd, waarbij met toenemende diepte, aan de monsternummering een A, B, C, enz. is toegevoegd. Van de monsters zijn vijf mengmonsters samengesteld, die vervolgens in een milieulaboratorium zijn geanalyseerd op de korrelgrootteverdeling (SCG-zeefkromme);⁶
- het afwerken van zeven van deze boringen met een peilbuis. In deze peilbuizen is een doorlatendheidsmeting (constant-debiet proef) uitgevoerd ter bepaling van de doorlatendheid in de verzadigde zone;
- het éénmalig meten van de grondwaterstanden in de geplaatste peilbuizen.

Het verrichten van de boringen en het plaatsen van de peilbuizen heeft plaatsgevonden op 24 mei 2006. De grondwaterstand- en doorlatendheidsmetingen zijn uitgevoerd op 31 mei 2006. De situering van de boorpunten en peilbuizen is weergegeven in bijlage 1.2.

Op basis van de analyseresultaten en de constant-debiet proef wordt een indicatie verkregen van de doorlatendheid van de bodem in de verzadigde en onverzadigde zone.

Toelichting analytische bepaling doorlatendheid (korrelgrootteverdeling)

Door uitvoering van een SCG-zeefkromme op een grond(meng)monster wordt de korrelgrootteverdeling van dit (meng)monster inzichtelijk gemaakt. De korrelgrootteverdeling van een bepaalde bodemlaag heeft een directe relatie met de *verzadigde* doorlatendheid van deze laag (zowel in de *onverzadigde* als de *verzadigde* zone). Er zijn verschillende empirische vergelijkingen opgesteld die voornoemde relatie beschrijven (o.a. van Hazen, van Kozeny-Carmen en van Beyer). Middels deze drie empirische vergelijkingen is inzicht verkregen in de doorlatendheid van de bodemlaag, waarvan de mengmonsters zijn samengesteld.

Toelichting in-situ doorlatendheidsmeting (constant-debiet proef)

Om inzicht te krijgen in de horizontale doorlatendheid van de *verzadigde* zone, is ter plaatse van zeven peilbuizen de zogeheten constant-debiet proef uitgevoerd. Dit is gebeurd door het onttrekken van grondwater uit de peilbuizen en vervolgens het meten van de verlaging ten

⁵ Het bodemonderzoek heeft zich geconcentreerd op het agrarische deelgebied. Het voormalige MOB-complex zal namelijk separaat worden onderzocht op de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem.

⁶ De oorspronkelijk aangeboden veldproeven (Hooghoudt-methode) bleken als gevolg van de (grove) bodemsamenstelling onuitvoerbaar te zijn. De voor de veldproef benodigde **verzadiging kon namelijk niet worden gerealiseerd**.

opzichte van de grondwaterstand in de stationaire situatie. Tezamen met de visuele beoordeling van de opgeboorde grond vormt dit een redelijk betrouwbare methode om de doorlatendheid van de grond rondom het filter te bepalen.

In de bijlagen 5 en 6 is een toelichting gegeven op voornoemde gehanteerde methodieken.

4.2 Veldwerkresultaten

4.2.1 Bodemopbouw

In bijlage 2 is de bodemopbouw van het onderzochte terrein in de vorm van boorbeschrijvingen aangegeven. De in het veld aangetroffen bodemopbouw is tevens schematisch weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1: Globale bodemopbouw plangebied

diepte (m – mv)	classificatie	opmerkingen
maaiveld - 0,4 à 1,2	zwak tot matig siltig, zwak tot matig humeus, matig fijn zand	geroerd lokaal grindhoudend
0,4 à 1,2 - 3,2 ¹⁾	zwak tot matig siltig, matig fijn tot matig grof zand	ongeroid lokaal sporen leem, lokaal grindhoudend

¹⁾ einde diepste boring

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de horizontale variatie in de bodemsamenstelling binnen het plangebied redelijk klein is. De bodem bestaat tot minimaal 3 m-mv overwegend uit zwak tot matig siltig, matig fijn tot matig grof zand. Wel neemt met de diepte de diameter van de zandfracties toe.

4.2.2 Grondwaterstand

Op 31 mei 2006 is de grondwaterstand in de geplaatste peilbuizen bepaald. De meetresultaten zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2: Resultaten grondwaterstandsmetingen (31 mei 2006)

peilbuisnummer	filtertraject (m-mv)	grondwaterstand (m-mv)
1	2,1 – 3,1	1,11
2	2,1 – 3,1	1,28
3	2,2 – 3,2	1,64
4	2,1 – 3,1	1,47
5	2,1 – 3,1	1,60
6	2,0 – 3,0	1,40
7	2,0 – 3,0	1,26

Uit de meetresultaten blijkt dat de grondwaterstand in het plangebied op 31 mei 2006 varieerde van 1,1 m-mv in het westen tot circa 1,6 m-mv in het noorden van het plangebied. De gemiddelde grondwaterstand bedroeg op deze dag circa 1,4 m-mv (ongeveer 14,6 m + NAP). Actuele regionale grondwaterstandsmetingen (weergegeven op de internetpagina www.grondwaterstandinbrabant.nl) doen vermoeden dat de op 31 mei 2006 gemeten grondwaterstanden overeenkomen met de voor het gebied geldende gemiddelde grondwaterstand. Tijdens hydrologisch natte perioden (over het algemeen in de maanden januari

tot en met maart) zal het grondwaterpeil waarschijnlijk hoger zijn dan gemeten. De mate van fluctuatie in het grondwaterpeil is niet bekend.

De gemeten grondwaterstanden liggen over het algemeen hoger dan de in het verleden (op 1 april 1999) uitgevoerde grondwaterstandsmetingen. Ook de op de Bodemkaart van Nederland aangegeven GHG is over het algemeen lager dan gemeten. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is van het afwijkende beeld. Ook is op dit moment niet bekend of de gemeten grondwaterstanden inderdaad gemiddelde waarden betreffen, of dat deze door lokale invloeden (zoals kunstmatige beregening) afwijken van het natuurlijke verloop.

4.2.3 Doorlatendheid

Analytische bepaling doorlatendheid middels korrelgrootteverdeling

De resultaten van de (aan de hand van de korrelgrootteverdeling) uitgevoerde doorlatendheidsberekeningen zijn weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3: Berekende doorlatendheden middels korrelgrootteverdeling

boringnr.	bodemsamenstelling	bodemtraject (m-mv)	doorlatendheid (m/dag) waarde (st.dev.)
29	matig siltig, matig fijn, zwak humeus zand	0,5 – 1,0	5,7 (3,0)
30	matig siltig, matig fijn zand	1,0 – 2,0	8,8 (2,5)
32	sterk siltig, matig fijn zand	0,6 – 1,1	2,0 (1,5)
34	matig siltig, matig fijn tot matig grof zand met sporen leem	1,0 – 1,7	6,1 (1,5)
35	matig siltig, matig grof zand met sporen leem	0,9 – 1,4	> 10

In-situ doorlatendheidsmeting (constant-debiet proef)

De berekeningsresultaten van de doorlatendheidsmetingen zijn weergegeven in tabel 4.4.

Tabel 4.4: Berekende doorlatendheid middels veldproef

peilbuisnr.	bodemsamenstelling	filtertraject (m-mv)	doorlatendheid (m/dag)
1	zwak siltig, matig grof zand	2,1 – 3,1	14,0
2	zwak siltig, matig grof zand	2,1 – 3,1	8,3
3	zwak siltig, matig grof zand	2,2 – 3,2	5,9
4	zwak siltig, matig grof zand	2,1 – 3,1	10,8
5	zwak siltig, matig grof zand	2,1 – 3,1	12,2
6	zwak siltig, matig grof zand	2,0 – 3,0	5,3
7	zwak siltig, matig grof zand	2,0 – 3,0	12,8

Op basis van de resultaten van de doorlatendheidsberekeningen is de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen die binnen het plangebied zijn waargenomen vastgesteld. Hieruit volgt dat de doorlatendheid van de matig siltige zandlaag (onverzadigde zone) 2,0 tot > 10 m/dag bedraagt. De zwak siltige, grof zandige ondergrond (2,0 – 3,0 m-mv) heeft een doorlatendheid variërend van 5,3 tot 14,0 m/dag.

5 Afwegingen in verwerking hemelwater

5.1 (On)mogelijkheden voor afkoppeling van hemelwater binnen plangebied

5.1.1 Algemeen

Op basis van de beschikbare gegevens en de uitgevoerde aanvullende veldwerkzaamheden (bodempopbouw en doorlatendheid) is voor het plangebied een uitspraak gedaan over de mogelijkheden ten aanzien van het afkoppelen van hemelwater. Hierbij wordt de wettelijke voorkeursvolgorde (hergebruiken/infiltreren → bergen → afvoeren) als randvoorwaarde meegenomen. Dit betekent dat eerst onderzocht dient te worden of:

- het hemelwater plaatselijk kan worden benut (hergebruik) of in de bodem kan worden vastgehouden (infiltratie);
- indien de omstandigheden dit niet toelaten, dient onderzocht te worden of het water in (bijvoorbeeld) retentievoorzieningen of watergangen kan worden geborgen;
- pas daarna mag het water worden afgevoerd naar ander oppervlaktewater met als laatste mogelijkheid het rioolsysteem.

Door het afkoppelen van hemelwater van de riolering ontstaat ruimte in het DWA-riool om vuil afvalwater te transporteren, met als bijkomend voordeel: een hoger rendement van de waterzuivering. Voorwaarde voor infiltratie is dat het hemelwater voldoende schoon is. Dit is afhankelijk van o.a. de toepassing van duurzame materialen en extensief gebruik van verhardingen.

5.1.2 Mogelijkheid tot hergebruik van hemelwater binnen de perceelsgrenzen

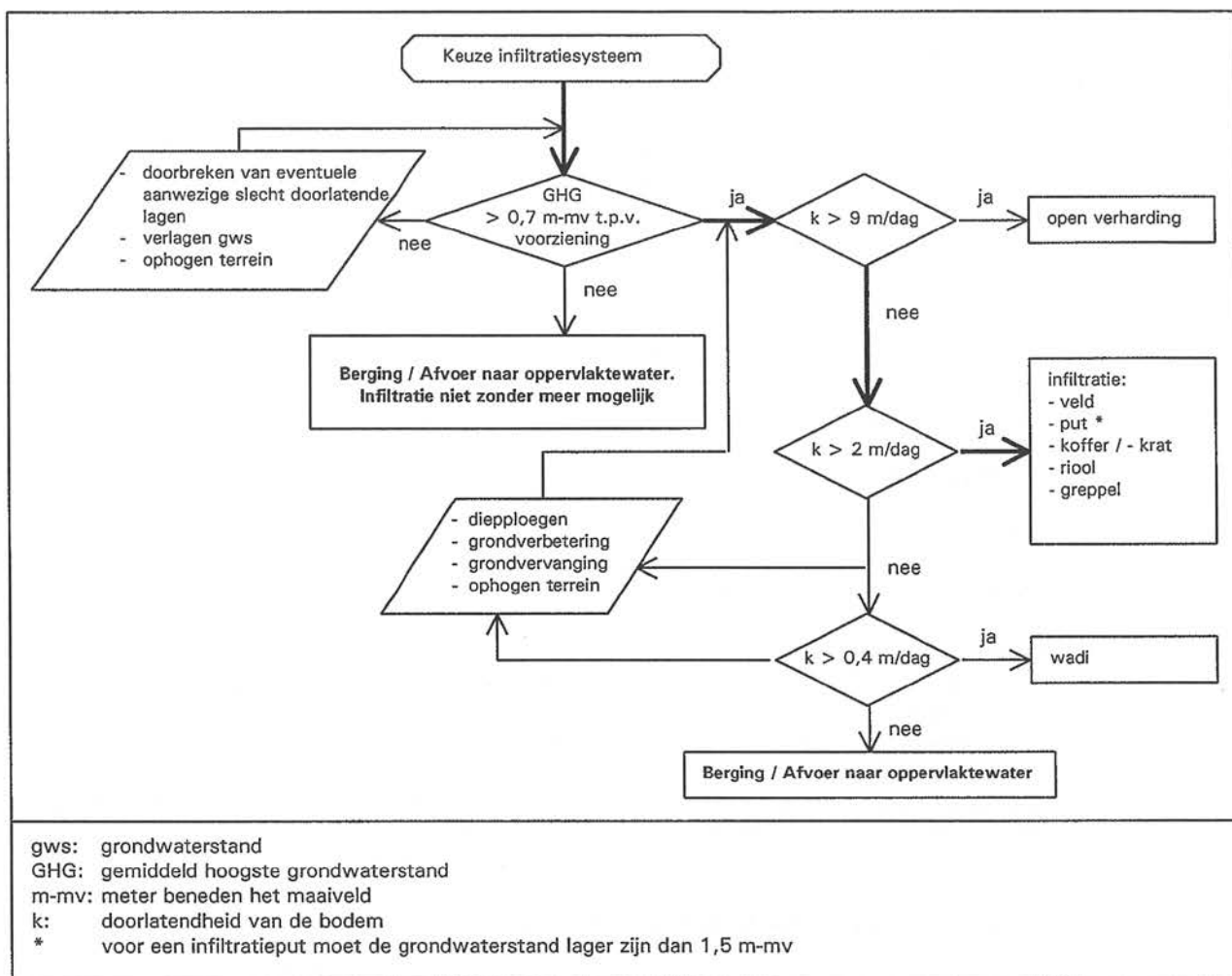
Waterschap Aa en Maas heeft in haar beleid vastgelegd dat hergebruik van hemelwater alleen mogelijk is als sprake is van een bedrijfspand binnen een bedrijventerrein of van industrie. Binnen woonwijken wordt hergebruik van hemelwater niet mogelijk geacht. Omdat in het plangebied woningen zijn gepland, wordt het terrein niet geschikt bevonden voor hergebruik van hemelwater.

5.1.3 Mogelijkheid tot het (bovengronds) infiltreren van hemelwater in de bodem

In figuur 5.1 is voor verwerking van hemelwater binnen een perceelsgrens schematisch de afweging tussen het wel of niet infiltreren in de bodem en de keuze van een bepaalde infiltratietechniek (op basis van de heersende grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem) weergegeven. Het betreft hier een algemene beslismethodiek. Ieder geval dient afzonderlijk beoordeeld te worden op basis van locatiespecifieke kenmerken (maatwerk).

De GHG is als eerste criterium toegepast bij de afweging tussen het infiltreren in de bodem, het bergen van het hemelwater, of het afvoeren van hemelwater naar elders. Indien de GHG op de locatie hoger is dan 0,7 m-mv is infiltratie niet zonder meer mogelijk en blijven de volgende mogelijkheden over:

- het bergen van hemelwater op de locatie;
- het nemen van maatregelen ter verbetering van de geohydrologische omstandigheden;
- het afvoeren van het hemelwater naar elders.



Figuur 5.1: Selectieschema voor het bepalen van de (on)mogelijkheden om hemelwater in de bovengrond te infiltreren

Bron: ISSO-publicatie 70-1 mei 2002, pagina 39. Oorspronkelijke titel: *Mogelijkheden voor het gebruik van hemelwater*

Indien de doorlatendheid van de bodem (k-waarde) groter is dan 9 m/dag kunnen in principe alle typen infiltratievoorzieningen worden toegepast. Indien de verzadigde doorlatendheid van de onverzadigde zone kleiner is dan 9 m/dag, maar groter dan 2 m/dag, kunnen de infiltratietechnieken als een infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel goed worden toegepast. Indien de doorlatendheid van de bodem tussen de 2 en 0,4 m/dag ligt, kan het hemelwater, mits voldoende ruimte beschikbaar is, met behulp van een wadi (infiltratiegreppel met infiltratiekoffers en drainage naar open water) in de bodem worden geïnfiltreerd. In geval van een doorlatendheid van minder dan 0,4 m/dag moet het infiltreren van hemelwater worden afgeraden.

De vetgedrukte pijlen in figuur 5.1 geven de te volgen weg aan, die specifiek geldt voor het plangebied.

Uit de op 31 mei 2006 aangetroffen grondwaterstand in het plangebied (van 1,1 tot 1,6 m-mv), de verwachte GHG (enkele decimeters boven de gemeten grondwaterstand) en de in figuur 5.1 weergegeven beslisboom volgt dat geen problemen worden verwacht voor het infiltreren van hemelwater in de bodem ten aanzien van de grondwaterstand.

Wat betreft de doorlatendheid van de zwak tot matig siltige, matig fijne zandlaag (variërend van 2 tot 14 m/dag), worden volgens de beslisboom ook geen problemen verwacht ten aanzien van het infiltreren van hemelwater in de bodem middels een infiltratieveld, -riool, -krat, -koffer of middels een wadi. De doorlatendheid van de bovengrond (tot 1,5 m-mv) is juist onvoldoende voor het toepassen van een open verharding.

Het toepassen van oppervlakkige infiltratie (zoals de aanleg van infiltratiegreppels langs de openbare weg en een infiltratieveld ten oosten en zuiden van het plangebied) wordt binnen het toekomstig woongebied goed haalbaar geacht. Opgemerkt wordt echter dat de grondwatersituatie in het beschouwde gebied nog onvoldoende inzichtelijk is, waardoor onder meer geen gemiddeld hoogste grondwaterstand kon worden vastgesteld. Om een gedegen uitspraak te doen over de grondwaterfluctuatie ter plaatse (en daarmee de mogelijkheden en beperkingen ten aanzien van infiltratie), zal een nader grondwateronderzoek moeten worden uitgevoerd, waarbij de grondwaterstand in een aantal peilbuizen gedurende een lange periode regelmatig (minimaal éénmaal per twee weken) wordt gemeten. Wanneer de peilbuizen buiten de toekomstige woonpercelen worden geplaatst, kunnen deze zelfs ná realisatie van de nieuwbouw worden gemonitord.

Omdat ook in de huidige situatie (voornamelijk onverharde landbouwgrond) het regenwater grotendeels in de bodem infiltreert, kan het toepassen van (lokale) infiltratievoorzieningen in het toekomstige woongebied worden beschouwd als de meest hydrologisch neutrale oplossingsrichting. De waterhuishouding ter plaatse (en daarmee het in het gebied aanwezige *wijstwater*) zal op deze wijze minimaal nadelig worden beïnvloed. Wanneer de voorzieningen (en het aanwezige oppervlaktewater) natuurvriendelijk worden ingericht, wordt zelfs een positief effect verwacht op de waterhuishouding in het gebied.

5.1.4 Mogelijkheid tot (oppervlakkige) berging van hemelwater binnen het plangebied

De volgende stap in de voorkeursvolgorde, na hergebruik en infiltratie, is het bergen van hemelwater binnen het plangebied. Door het waterschap wordt het oppervlakkig bergen - bijvoorbeeld middels watergangen en/of vijvers - geprefereerd boven een ondergronds bergingssysteem.

Gezien de mogelijkheid tot het toepassen van (bovengrondse) infiltratie, wordt de aanleg van een bergingsvoorziening hydrologisch gezien niet wenselijk of noodzakelijk geacht.

5.1.5 Mogelijkheid tot afvoer van hemelwater op oppervlaktewater of riool

De minst gunstige wijze van verwerking van hemelwater is de afvoer ervan richting het oppervlaktewater of een (verbeterd gescheiden) rioolstelsel. Wanneer infiltratie en berging van het hemelwater (bij bijvoorbeeld extreme regenval) niet afdoende blijken te zijn is afvoer van het hemelwater de enige alternatieve methode. Bij voorkeur vindt deze afvoer via het oppervlaktewater plaats. De afvoer van hemelwater via een gescheiden rioolstelsel is ook een mogelijkheid. Voor de geplande woningbouwontwikkeling vervalt deze optie, aangezien andere - meer gunstige - oplossingsrichtingen voor handen zijn.

5.2 Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering

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

- de in het plangebied heersende grondwaterstand en de fluctuatie ervan over het jaar gezien;
- de algemeen geldende ontwateringsnorm in stedelijke gebieden;
- de algemeen geldende droogleggingseis in stedelijke gebieden.

De beperkte hoeveelheid beschikbare informatie ten aanzien van de lokale grondwatersituatie maakt het zeer lastig tot onmogelijk om een inschatting te maken van de GHG in het plangebied. Op grond van de gegevens, vermeld in de Bodemkaart van Nederland, wordt een GHG verwacht van circa 1,4 m-mv. De op 31 mei 2006 in het gebied gemeten grondwaterstanden zijn echter gelijk aan of hoger dan 1,4 m-mv (in een hydrologisch gemiddelde periode). Gedurende een hydrologisch natte periode (over het algemeen de maanden januari tot en met maart) worden hogere grondwaterstanden verwacht (tot enkele decimeters boven de gemiddelde grondwaterstand).

De ontwateringsnorm onder droge omstandigheden bedraagt 0,7 m ten opzichte van het straatpeil (en 1,0 m ten opzichte van het vloerpeil). Hoewel de gemiddeld hoogste grondwaterstand in het plangebied niet exact bekend is, wordt verwacht dat deze dieper zal liggen dan 1,0 m-mv. Het ophogen van het maaiveld wordt dan ook niet noodzakelijk geacht om te kunnen voldoen aan de ontwateringsnorm.

De droogleggingseis in het plangebied is onder droge omstandigheden vastgesteld op 1,0 m (ten opzichte van het toekomstige straatpeil). Dit wil zeggen dat de waterhoogte in de sloten en plassen tijdens een droge periode minimaal 1,0 m lager dient te zijn dan het straatpeil ter plaatse.

Tijdens de veldinspectie is in de Zandhoeksche Loop het waterpeil geschat op 15,0 m + NAP. Om een voldoende drooglegging te waarborgen, dient het toekomstige straatpeil minstens 1,0 m boven dit waterpeil te liggen en dus minimaal 16,0 m + NAP te bedragen. Een nauwkeurige inmeting van het waterpeil is noodzakelijk om de toekomstige straatpeilen vast te stellen.

5.3 Conclusies en aanbevelingen

5.3.1 Haalbaarheid oplossingsrichtingen

In de navolgende tabel zijn de verschillende oplossingsrichtingen en hun haalbaarheid op deze specifieke locatie schematisch weergegeven.

Tabel 5.2: Haalbaarheid van de oplossingsrichtingen voor het plangebied

Oplossingsrichting	Haalbaarheid			
	Geohydrologisch		Technisch / organisatorisch	
Hergebruik	-	niet mogelijk	-	n.v.t.
Vegetatiedaken	+	mogelijk	±	wellicht mogelijk
Oppervlakkig infiltreren	+	mogelijk	+	goed mogelijk, met name voor zuidelijk gedeelte
Ondergronds infiltreren	+	mogelijk	+	goed mogelijk, met name voor noordelijk gedeelte
Oppervlakkig bergen	+	mogelijk, maar minder wenselijk	+	mogelijk, maar beperkte ruimte
Ondergronds bergen	+	mogelijk, maar niet wenselijk	+	mogelijk
Afvoer naar elders	+	mogelijk, maar niet wenselijk ¹	+	mogelijk

¹ Het afvoeren van hemelwater naar elders wordt in het huidige waterbeleid beschouwd als de minst gunstige wijze van verwerking van hemelwater en is in de regel alleen toegestaan als geen alternatief voor handen is.

Aangezien sprake is van een toename in verhard oppervlak, dient het hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard dak- en terreinoppervlak, binnen het plangebied te worden gebufferd en gefaseerd te worden afgevoerd uit het plangebied (met een maximum van 1,0 l/s/ha).

Omdat in het plangebied particuliere woningen zijn gepland (woonfunctie), wordt het terrein niet geschikt bevonden voor hergebruik van hemelwater.

Het toepassen van vegetatiedaken wordt – afhankelijk van de dakhelling en de constructie van de diverse woningen – als een haalbare oplossingsrichting beschouwd voor het bufferen van regenwater. Het regenwater dat op een dergelijk dak valt wordt vertraagd afgevoerd en na verloop van tijd komt de berging weer volledig beschikbaar.

Gelet op de samenstelling van de boven- en ondergrond en de daarmee gepaard gaande hoge waarden van de doorlatendheid (2 tot 14 m/dag), wordt het toepassen van oppervlakkige dan wel ondergrondse infiltratie (zoals de aanleg van infiltratiegreppels langs de openbare weg en een infiltratieveld ten oosten en zuiden van het plangebied) goed haalbaar geacht. Het waterschap prefereert het oppervlakkig infiltreren boven de aanleg van ondergrondse infiltratievoorzieningen. Opgemerkt wordt echter dat de grondwatersituatie in het beschouwde gebied nog onvoldoende inzichtelijk is, waardoor onder meer geen gemiddeld hoogste grondwaterstand kon worden vastgesteld. Om een gedegen uitspraak te doen over de

grondwaterfluctuatie ter plaatse (en daarmee de mogelijkheden en beperkingen ten aanzien van infiltratie), zal een nader grondwateronderzoek moeten worden uitgevoerd, waarbij de grondwaterstand in een aantal peilbuizen gedurende een lange periode regelmatig (minimaal éénmaal per twee weken) wordt gemeten. Wanneer de peilbuizen buiten de toekomstige woonpercelen worden geplaatst, kunnen deze zelfs ná realisatie van de nieuwbouw worden gemonitord.

Gezien de mogelijkheid tot het toepassen van (bovengrondse) infiltratie, wordt de aanleg van een bergingsvoorziening en het afvoeren van het regenwater naar elders niet wenselijk of noodzakelijk geacht.

Omdat het regenwater in de huidige situatie (voornamelijk onverhard landbouwgrond) grotendeels in de bodem infiltreert, kan het toepassen van (lokale) infiltratievoorzieningen in het toekomstige woongebied worden beschouwd als de meest hydrologisch neutrale oplossingsrichting. De waterhuishouding ter plaatse (en daarmee het in het gebied aanwezige *wijstwater*) zal op deze wijze minimaal nadelig worden beïnvloed. Wanneer de voorzieningen (en het aanwezige oppervlaktewater) natuurvriendelijk worden ingericht, wordt zelfs een positief effect verwacht op de waterhuishouding in het gebied.

5.3.2 Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering

De ontwateringsnorm onder droge omstandigheden bedraagt 0,7 m ten opzichte van het straatpeil (en 1,0 m ten opzichte van het vloerpeil). Hoewel de gemiddeld hoogste grondwaterstand in het plangebied niet exact bekend is, wordt verwacht dat deze dieper zal liggen dan 1,0 m-mv. Het ophogen van het maaiveld wordt dan ook niet noodzakelijk geacht om te kunnen voldoen aan de ontwateringsnorm.

Tijdens de veldinspectie is in de Zandhoeksche Loop het waterpeil geschat op 15,0 m + NAP. Om een voldoende drooglegging te waarborgen, dient het toekomstige straatpeil minstens 1,0 m boven dit waterpeil te liggen en dus minimaal 16,0 m + NAP te bedragen (indicatief vastgesteld op basis van thans beschikbare gegevens).

6 Dimensionering hemelwatersysteem

6.1 Verwerking hemelwater openbaar en particulier terrein

Zoals reeds in paragraaf 3.3 is aangegeven, stelt de gemeente Boekel als eis dat het regenwater van openbare terreinverhardingen separaat dient te worden verwerkt van het regenwater, afkomstig van particuliere daken en terreinverhardingen. Het regenwater van laatstgenoemde verhardingen zal op het eigen terrein moeten worden opgevangen en worden verwerkt. Waar mogelijk dient het regenwater ter plaatse, bijvoorbeeld onder de oprit, in de bodem te worden geïnfiltreerd. Voor het verwerken van het regenwater, afkomstig van openbare terreinverhardingen (de openbare wegen en parkeervoorzieningen), wordt gestreefd naar infiltratiegreppels langs de wegen en eventueel verlaagde groenvoorzieningen aan de oost- en zuidzijde van het plangebied.

In de volgende paragrafen wordt deze scheiding (openbaar versus particulier terrein) verder doorgezet. Voor beide terreindelen zal een voorstel worden gedaan voor de berging van hemelwater. Tevens wordt vastgesteld hoeveel regenwater geborgen dient te worden. Omdat we in onderhavig nieuwbouwplan te maken hebben met diverse woningtypen, is voor de particuliere woonpercelen een eenheidsberekening uitgevoerd. Afhankelijk van de grootte van het dak en voortuin / inrit kan hiermee de benodigde hoeveelheid waterberging en de minimale afmetingen van de infiltratievoorziening worden verkregen.

6.2 Benodigde waterberging toekomstige situatie

Bij de berekeningen van de benodigde hoeveelheid maatgevende waterberging als gevolg van de geplande ontwikkeling van woonhuizen in het plangebied is uitgegaan van de (geschetste) verharde oppervlakken, zoals aangegeven in de stedenbouwkundige verkenning, opgesteld door Croonen Adviseurs (tekeningnummer sbs01-Boe00087-01b), aangevuld met informatie aangeleverd door de opdrachtgever (emailcontact met de heer Van den Boogert d.d. 18 mei 2006). Het totaal aan verhard oppervlak zal toenemen tot ongeveer 18.000 m². Circa 6.000 m² hiervan betreft verharding op openbare terreindelen (de wegverhardingen en openbare parkeervoorzieningen). Het overige verhard oppervlak (circa 12.000 m²) is/komt in particulier bezit en bestaat uit dakoppervlak (variërend van 100 tot 250 m² per woonperceel) en terreinverharding⁷. De totale hoeveelheid verharding op de woonpercelen is vastgesteld op ongeveer 30% van het totale perceel.

Wat betreft de aan te leggen terreinverhardingen (zowel particulier als openbaar) wordt voorsnog uitgegaan van een traditionele asfaltverharding, of een verharding met tegels en klinkers. Ten aanzien van het dakoppervlak wordt bij de bergingsberekeningen rekening gehouden met een traditioneel pannendak.

⁷ Bij de berekeningen is uitgegaan van 100% verharding van de voortuin/inrit. De achtertuin wordt in principe niet aangesloten op het hemelwatersysteem.

→ Hoeveelheid te bergen hemelwater openbaar terrein:

$$6.000 \text{ m}^2 \text{ (wegverharding)} * 0,0429 \text{ m (maatgevende neerslag)} = 257,4 \text{ m}^3$$

De berekeningsresultaten geven aan dat de hoeveelheid te bergen hemelwater op het openbare terrein in totaal **257 m³** bedraagt.

→ Hoeveelheid te bergen hemelwater particulier terrein (per m² verhard oppervlak):

$$1 \text{ m}^2 \text{ (verhard oppervlak)} * 0,0429 \text{ m (maatgevende neerslag)} = 0,0429 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ (42,9 liter/m}^2\text{)}$$

Voor de particuliere woonpercelen is per m² verharding een minimale waterberging berekend van **43 liter**. Voor een (fictief) woonperceel met een dakoppervlak van 150 m² en een terreinverharding van circa 150 m² dient rekening te worden gehouden met de berging van (300 x 0,0429 ≈) 13 m³ regenwater. Uitgaande van het maximale oppervlak aan particuliere verharding (circa 12.000 m², zie hiervoor ook tabel 2.4 op pagina 6), geldt dat de totale hoeveelheid op particulier terrein te bergen regenwater 515 m³ bedraagt.

Gelet op de bodemsamenstelling op de locatie en de daarmee gepaard gaande hoge infiltratiesnelheden (variërend van 2 tot 14 m/dag) zal een aanzienlijk gedeelte van het regenwater in de bodem infiltreren. Hierdoor zal in het hemelwatersysteem weer ruimte vrijkomen voor het bergen van regenwater. Omdat het infiltratieproces al tijdens een regenbui plaatsvindt, kan voor het bergen van het regenwater dus volstaan worden met een infiltratiesysteem dat een beperkte omvang heeft. De minimale afmetingen van het infiltratiesysteem zijn afhankelijk van de te bergen hoeveelheid regenwater, het infiltrerend oppervlak van het systeem en de doorlatendheid van de bodem⁸. Hieronder is een eenheidsberekening gegeven van de verwachte hoeveelheid regenwater, die tijdens de maatgevende regenbui (met een duur van 4 uur) per m² in de bodem infiltreert.

→ Hoeveelheid regenwater die (per m²) het infiltratiesysteem verlaat en in de bodem infiltreert:

$$1 \text{ m}^2 \text{ (eenheid infiltrerend opp.)} * 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s (doorlatendheid)} * 14.400 \text{ s (bui duur)} = 0,42 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Per vierkante meter infiltrerend oppervlak van het systeem zal ongeveer **0,42 m³** regenwater tijdens de maatgevende regenbui in de bodem infiltreren.

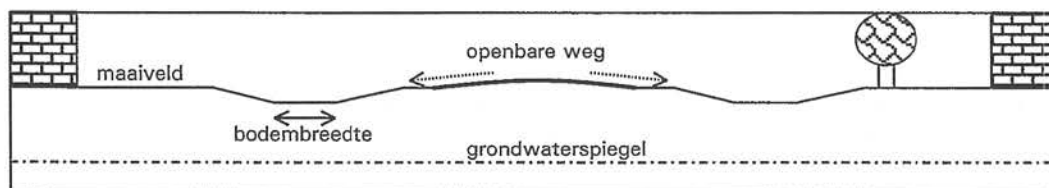
6.3 Dimensionering hemelwatersysteem openbaar terrein

Op basis van de lokale geohydrologische karakteristieken, de eisen van het waterschap en de gemeente en de gewenste invulling van het plangebied wordt het infiltreren van hemelwater in de bodem middels (droogvallende) infiltratiegreppels voor het openbare terrein de meest geschikte oplossingsrichting geacht. Gelet op de breedte van de groenstroken langs de openbare wegen (minimaal 4 m) wordt voorgesteld om deze te voorzien van ondiepe greppels met een bodembreedte van 0,5 m en een diepte van 0,2 m. Voor het talud van de greppels is een waarde aangehouden van 1:3. De minimaal benodigde lengte van deze infiltratiegreppels is afhankelijk van de te bergen hoeveelheid regenwater (257 m³), het maximale waterpeil in de greppels (bepaald op 0,2 m) en de hoeveelheid regenwater dat ter plaatse in de bodem infiltreert (0,42 m³ per vierkante meter infiltrerend oppervlak).

⁸ Voor de dimensionering van een infiltratievoorziening wordt over het algemeen uitgegaan van de gemeten verzadigde doorlatendheid, gecorrigeerd met een veiligheidsfactor van 0,5 (bron: Hemelwater binnen de perceelsgrens, SBR/ISSO 70.1, pagina 76). Bij de berekeningen is uitgegaan van een "gemeten" doorlatendheid van 5,0 m/dag. De gecorrigeerde doorlatendheid bedraagt in dat geval 2,5 m/dag.

Uitgaande van bovenstaande ontwerpgegevens wordt een minimale greppellengte berekend van ongeveer 735 m. De totale lengte van de groenstroken binnen het plangebied bedraagt circa 1.100 m (exclusief de groenstrook aan oostzijde plangebied). Een gedeelte van deze groenstroken (bijvoorbeeld ter plaatse van de opritten) zal niet beschikbaar zijn voor de aanleg van een infiltratiegreppel. Op deze plaatsen zal de greppel worden onderbroken.

Een schets van het beschreven buffersysteem is weergegeven in figuur 6.1.



Figuur 6.1: Schematische weergave (droogvallende) infiltratiegreppels

Bij het ontwerp van de infiltratiegreppels zijn verder de volgende zaken van belang:

- in deze rapportage is een globale dimensionering van het infiltratiesysteem beschreven. Een meer gedetailleerd ontwerp zal in een later stadium worden uitgevoerd;
- langs de openbare weg ter plaatse van het voormalige MOB-complex is geen ruimte voorzien voor een infiltratiegreppel. Voorgesteld wordt het regenwater dat op dit weggedeelte valt oppervlakkig af te voeren naar het openbare groen ten oosten van het MOB-complex. Dit kan bijvoorbeeld middels een molgoot of een lijnafwatering;
- de verharding van de openbare weg (rijbaan, trottoir en parkeervoorzieningen) zal direct op de infiltratiegreppels worden aangesloten. De weg dient dan ook met een bolling te worden aangelegd, zodat al het regenwater tot afstroming komt en in de aangrenzende infiltratiegreppels wordt opgevangen (zie figuur 6.1);
- de infiltratiegreppels zullen plaatselijk worden onderbroken door bijvoorbeeld opritten van woonhuizen of kruispunten van wegen en zijn niet direct verbonden met het regionale oppervlaktewaterstelsel (de Zandhoeksche Loop). Bij extreem hevige regenbuien (groter dan de hier gepresenteerde maatgevende regenbui) bestaat het risico dat de greppels het afstromende regenwater niet meer kunnen verwerken en tijdelijk sprake zal zijn van (regen)water op straat. Om wateroverlast op de woonpercelen te voorkomen, wordt geadviseerd het straatpeil (inclusief oprit) in zuidoostelijke richting (richting de groenstroken) af te laten lopen en de aangrenzende woonpercelen hoger aan te leggen dan de wegen. Wanneer geen "water op straat"-situatie wordt gedoogd, kan een overloopvoorziening tussen de openbare weg en de greppel uitkomst bieden. Door aansluiting van deze voorziening op de Zandhoeksche Loop, kan het overtollige regenwater direct worden afgevoerd naar het oppervlaktewater;
- gelet op de te verwachten lage verkeersintensiteit van de toegangswegen, wordt voor het afkoppelen van het regenwater het toepassen van een zuiveringsvoorziening niet noodzakelijk geacht. Het regenwatersysteem kan direct op de infiltratiegreppels worden aangesloten.

Naast voornoemde infiltratievoorzieningen zullen ter plaatse van de groenvoorzieningen aan de zuid- en oostzijde van het plangebied waterhuishoudkundige maatregelen worden getroffen. Zoals op de tekening, opgenomen in bijlage 1.3, is aangegeven, wordt in de uiterste zuidoosthoek een waterplas gerealiseerd die in verbinding staat met de Zandhoeksche Loop. Voorts zal de noordelijke oever van de Zandhoeksche Loop natuurvriendelijk worden ingericht. Aangezien deze (aanvullende) maatregelen leiden tot een verhoging van het percentage wateroppervlak in het gebied (realisatie waterplas) en tot een vermindering van de afvoer van het oppervlaktewater (natuurvriendelijke inrichting), zal de lokale waterhuishouding positief

worden beïnvloed. Tevens wordt met toepassing van deze maatregelen een verbetering verwacht van het *wijstwater* in het gebied.

6.4 Dimensionering hemelwatersysteem particulier terrein

Voor de particuliere woonpercelen wordt voorgesteld om het hemelwater ter plekke in de bodem te infiltreren middels een *ondergrondse* infiltratievoorziening.⁹ Gezien de ligging van de verhardingen en van het DWA-riool (i.v.m. aansluiting noodoverlaat), komt de voortuin of inrit hiervoor het meest in aanmerking.

Wanneer het regenwater dat op het dakoppervlak en de voortuin / inrit valt via een molgoot of lijnafwatering oppervlakkig richting een opvangput wordt geleid, zal het hemelwater lange tijd (tot aan de opvangput) voor de betreffende bewoner(s) zichtbaar gehouden worden. De opvangput dient te worden voorzien van een bladvang en een zand- en slibvang. Deze opvangput is op haar beurt middels een aanvoerbuis aangesloten op een ondergrondse infiltratievoorziening.

De minimale hoogte van de ondergrondse infiltratievoorziening is afhankelijk van een aantal factoren:

- hoeveelheid afstromend regenwater ($\bar{V}$);
- ruimtebeslag (breedte x lengte) ($b \times l$);
- effectieve berging¹⁰ van de voorziening (n);
- de hoeveelheid water dat de voorziening (per m² bodemoppervlak) verlaat als gevolg van infiltratie (i).

$$h = \frac{V}{b \cdot l \cdot n + 2 \cdot b \cdot i + 2 \cdot l \cdot i}$$

Op deze manier is het mogelijk om voor ieder woonperceel, waar het totaal aan verhard oppervlak bekend is, de minimale afmetingen van de ondergrondse infiltratievoorziening vast te stellen. Wanneer bijvoorbeeld ter plaatse van het op pagina 20 genoemde fictieve perceel (met een verhard oppervlak van 300 m²) wordt gekozen voor een infiltratievoorziening met een bodemoppervlak van 20 m² en een effectieve berging van 0,9, dan bedraagt de minimale bergingshoogte van de voorziening op dit woonperceel circa 0,5 m.

Bij het ontwerp van het particuliere infiltratiesysteem zijn verder de volgende zaken van belang:

- in het plangebied wordt het schone regenwater geheel van het rioolstelsel afgekoppeld en op het eigen perceel gebufferd en in de bodem geïnfiltreerd. Het huishoudelijk afvalwater zal via een DWA-riool worden afgevoerd naar het gemeentelijk rioolstelsel in de Bergstraat / Runstraat. De hoogteligging van dit DWA-riool dient te worden afgestemd op de b.o.b.-hoogte van het bestaande rioolstelsel;
- in deze rapportage is een beschrijving gegeven van een mogelijke oplossingsrichting voor de afkoppeling van regenwater, namelijk een ondergronds infiltratiesysteem. Dit betekent niet

⁹ Ook maatregelen als het toepassen van vegetatiedaken in plaats van een regulier pannendak en het bovengronds bergen infiltreren van regenwater kunnen goed realiseerbaar zijn (en worden over het algemeen door het waterschap en de gemeente geprefereerd boven een ondergronds infiltratiesysteem). Aangezien de haalbaarheid van deze maatregelen echter afhankelijk is van locatiespecifieke omstandigheden (o.a. dakhelling en invulling buitenterrein), is in onderhavig waterhuishoudkundig plan gekozen voor een oplossingsrichting die in de meeste gevallen als goede optie kan worden beschouwd, namelijk het ondergronds infiltreren van regenwater.

¹⁰ De effectieve berging is de totale inhoud van het systeem verminderd met de voor regenwater verloren ruimtes (zoals productmateriaal en eventuele betonconstructies)

dat andere infiltratietechnieken, zoals een vegetatiedak en/of een oppervlakkig infiltratiesysteem, uitgesloten zijn. Afhankelijk van de constructie van de woning en de wensen van de toekomstig eigenaar kan eventueel een alternatief infiltratiesysteem worden uitgewerkt;

- de onderzijde van de infiltratievoorziening dient nog boven de GHG te liggen. Aangezien op dit moment nog geen exacte waarde voor de GHG is vastgesteld, wordt aangeraden de bodem van de voorziening in ieder geval niet dieper aan te leggen dan 1,0 m-mv (circa 15,5 m+NAP). Wanneer gekozen wordt voor een infiltratievoorziening met een hoogte van 50 cm, zal de gronddekking op deze voorziening ongeveer 50 cm bedragen;
- de afmetingen van het oppervlakkige aanvoerstelsel dienen te worden afgestemd op de hoeveelheid af te voeren regenwater, afkomstig van het dak en de voortuin;
- het afstromende regenwater wordt allereerst verzameld in een opvangput, die voorzien dient te zijn van een bladvang en een zand- en slibvang. Op deze wijze worden de reguliere onderhoudswerkzaamheden zoveel mogelijk op één plaats geconcentreerd (namelijk de opvangput);
- het plaatsen van een (olie- en benzine)afscheider tussen het aanvoerstelsel en de infiltratievoorziening wordt niet noodzakelijk geacht¹¹;
- de ondergrondse infiltratievoorziening wordt voorzien van een noodoverlaat met afvoerleiding die aansluiting heeft op het geplande DWA-riool¹². Op deze wijze wordt voorkomen dat zelfs tijdens extreem natte perioden sprake zal zijn van wateroverlast in de voortuin of op de inrit. Voorwaarde hierbij is dat de capaciteit van het DWA-riool voldoende is om deze vracht te kunnen verwerken. Om eventuele terugstroming van water vanuit het DWA-riool richting de infiltratievoorziening te verhinderen, dient de afvoerleiding te worden voorzien van een terugslagklep;
- om de bergingscapaciteit van de ondergrondse voorziening maximaal te benutten wordt voorgesteld de drempelhoogte van de noodoverlaat gelijk te stellen aan de bovenzijde van de voorziening;
- om een optimale werking van het infiltratiesysteem ook op lange termijn te waarborgen, dient regelmatig en op een juiste wijze onderhoud te worden gepleegd aan het systeem. Daarnaast is het van belang dat aan de voorziening (en daarbijbehorende aanvoerstelsel en opvangput) geen ingrepen worden verricht, zoals omleggen van aan- en afvoerleidingen en verplaatsing van bergingselementen. In dit geval is de terreineigenaar verantwoordelijk voor het functioneren van de voorziening. Deze dient dan ook in ieder geval vóór aankoop van de betreffende woning hiervan op de hoogte worden gesteld en te worden geïnformeerd over de mogelijkheden en beperkingen van dit systeem.

6.5 Overige opmerkingen en aandachtspunten

Tenslotte worden, aanvullend op het ontwerp van het hemelwatersysteem, nog enkele zaken vermeld die van belang zijn voor de gewenste woningbouwontwikkeling ter plaatse:

- de kosten voor de aanleg van het hier beschreven infiltratiesysteem zijn voor rekening van de initiatiefnemer. De infiltratievoorzieningen, die op de particuliere terreinen zullen worden aangelegd, worden uiteindelijk beheerd en onderhouden door de betreffende terreineigenaren. Het beheer en onderhoud van de openbare infiltratiegreppels is op dit moment nog onduidelijk. In principe worden bovengrondse voorzieningen onderhouden door

¹¹ Voorwaarde hierbij is wel dat voor de dakbedekking gebruik wordt gemaakt van niet-uitloogbare materialen, of van een coating die uitlozing van metalen tegengaat. Mocht toch gekozen worden voor het toepassen van uitloogbare materialen zonder coating, dan dient het dakwater door een zuiveringsvoorziening te worden geleid, alvorens het te lozen op de infiltratievoorziening.

¹² Wanneer voor de openbare infiltratievoorziening wordt gekozen voor de aanleg van een overloopconstructie, kan worden overwogen om de verschillende particuliere noodoverlaten op deze overloopconstructie aan te sluiten. Op deze wijze vindt de afvoer van schoon regenwater volledig gescheiden plaats van de vuilwaterafvoer.

het waterschap, tenzij de gemeente en het waterschap hier anders over beslissen.

Geadviseerd wordt hierover in een vroeg stadium duidelijkheid te verkrijgen;

- afhankelijk van de uiteindelijke diepteligging van het DWA-riool en de grondwaterstand tijdens de aanleg van dit rioolstelsel, zal tijdens de graafwerkzaamheden de grondwaterstand middels een bemaling kunstmatig moeten worden verlaagd. Ter bepaling van de bemalingsnoodzaak, het eventuele bemalingsdebiet en het totale waterbezwaar wordt geadviseerd een bemalingsadvies op te stellen.

7 Samenvatting (de waterparagraaf)

7.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de voornaamste zaken uit voorliggend waterhuishoudkundig plan nogmaals vermeld. De tekst kan worden opgevat als een opzet tot de uiteindelijke waterparagraaf, die onderdeel vormt van de ruimtelijke onderbouwing.

7.2 Voorstel waterparagraaf

7.2.1 Aanleiding en doel

Door het bureau Geofox-Lexmond bv is voor de geplande woningbouwontwikkeling een waterhuishoudkundig plan opgesteld, waarin de (on)mogelijkheden van het plangebied ten aanzien van de verwerking van regenwater zijn onderzocht. Gelet op het spoedeisende karakter van dit onderzoek is ervoor gekozen om de benodigde overleggen met de diverse betrokkenen telefonisch, dan wel elektronisch te voeren (onder meer op 16, 29 en 31 mei 2006).

Het hier gepresenteerde waterhuishoudkundige stelsel is ontworpen aan de hand van het landelijke, regionale en lokale beleid ten aanzien van de waterhuishouding.

7.2.2 Huidige situatie plangebied

Algemene gegevens locatie

De betreffende ontwikkelingslocatie is ten zuidoosten van de woonkern Boekel gelegen en wordt globaal begrensd door de Nachtegaallaan (noordzijde), de Bergstraat / Runstraat (westzijde), de sloot Zandhoeksche Loop (zuidzijde) en de woonpercelen aan de Nachtegaallaan en Mezenlaan (oostzijde). Binnen de ontwikkelingslocatie zijn 2 deelgebieden te onderscheiden:

- het zuidelijke terreindeel (bruto oppervlak circa 4,7 ha) is op dit moment grotendeels onverhard en in gebruik als akkerland (maïs);
- een kleiner terreindeel (oppervlak circa 1,0 ha) betreft het voormalige MOB-complex van Defensie. Dit deelgebied is voor circa 50% verhard en bebouwd.

Aan de hand van hoogtegegevens van rioolputdeksels in de omliggende wegen is de maaiveldhoogte in het plangebied geschat op 15,8 – 16,5 m + NAP.

De gemeente Boekel is voornemens het plangebied te ontwikkelen tot woongebied. Op dit moment is nog geen definitief stedenbouwkundige invulling van het terrein beschikbaar. Een in maart 2006 uitgevoerde stedenbouwkundige verkenning beschrijft de bouw van circa 27 grondgebonden woningen en een toegangsweg. Aan de zuid- en oostzijde van het terrein is een brede groenstrook voorzien. De toename in verharding als gevolg van de geplande woningbouwontwikkeling wordt geschat op circa 23%. De toekomstige maaiveldhoogte in het plangebied is nog niet bekend en hangt af van de benodigde drooglegging en ontwateringsdiepte ter plaatse.

Riolering

Op het zuidelijke terreindeel is geen rioolstelsel aanwezig. Het regenwater dat op het (onverharde) bodemoppervlak valt wordt direct, dan wel indirect richting het oppervlaktewater afgevoerd. Aangezien op het noordelijke terreindeel (het voormalige MOB-complex) een gemengd rioolstelsel aanwezig is, komt het regenwater van de verharde terreindelen binnen het voormalig MOB-complex op dit moment nog samen met het vuilwater in het gemengde rioolstelsel terecht en wordt afgevoerd naar het gemengde riool in de Bergstraat / Runstraat en Nachtegaallaan. De binnen onderkant buis (b.o.b.) hoogte van het gemeentelijk riool in voornoemde straten varieert van 13,10 m+NAP ter plaatse van de Nachtegaallaan tot 13,21 m+NAP in de Bergstraat / Runstraat.

Oppervlaktewater

Direct ten zuiden van het plangebied bevindt zich de watergang Zandhoeksche Loop. Deze watergang voert haar water in westelijke richting af en mondt uiteindelijk uit in de rivier de Aa. Het waterpeil in de Zandhoeksche Loop wordt middels stuwen kunstmatig op een vast peil gehouden. Eén van de stuwen (code 245E) bevindt zich direct stroomopwaarts van het te beschouwen gebied. De drempelhoogte van deze stuw bedraagt 16,5 m+NAP. Het verschil in waterpeil tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse zijde van deze stuw is aanzienlijk. Van de stroomafwaartse zijde zijn helaas geen hoogtegegevens bekend, het waterpeil wordt geschat op (circa 15,0 m+NAP).

De noordelijke oever van de Zandhoeksche Loop (aan de planzijde) bleek ongeveer 0,5 m hoger te liggen dan de zuidelijke oever. De bodemdiepte is geschat op ongeveer 2,0 meter ten opzichte van het maaiveld (gezien vanaf de planzijde). Op 24 mei 2006 bedroeg het waterpeil in deze sloot circa 0,5 m. De kwaliteit van het water in de Zandhoeksche Loop is niet bekend. Het water in de watergang was ten tijde van de veldinspectie roodbruin van kleur. De oorzaak hiervan kan naar alle waarschijnlijkheid worden gezocht in de hoge concentratie aan neergeslagen ijzeroxiden.

Grondwater en bodemopbouw

Op ongeveer 1.000 m ten westen van het te beschouwen gebied bevindt zich een belangrijke geologische breuklijn (Peelrandbreuk) die globaal van zuidoost naar noordwest loopt. Door het verschil in samenstelling van de aardlagen aan weerszijden van de breuklijn stagneert de grondwaterstroming echter en vindt opstuwing van grondwater plaats (het zogenaamde *wijstverschijnsel*). Direct ten oosten van de breuk is de opstuwing het sterkst en is sprake van hoge grondwaterstanden. Aan de westzijde van de breuklijn vindt geen opstuwing plaats, zodat (hooggelegen) natte en (laaggelegen) droge gronden vlak naast elkaar voorkomen. Het opstuwende *wijstwater* heeft een specifieke waterkwaliteit. In het algemeen wordt *wijstwater* gekarakteriseerd als voedselarm, kalkarm water met onder andere een hoog gehalte aan ijzer, nikkel en sulfaat. Zodra dit water in contact komt met de (zuurstofrijke) buitenlucht, oxideert het opgeloste ijzer en ontstaat de voor *wijstwater* karakteristieke bruinrode kleur.

In de omgeving van het plangebied wordt de bodem (tot circa 15 m-mv) voornamelijk gevormd door de kaarteerbare eenheid *BE4* (Formatie van Beegden). Deze afzetting bestaat uit matig fijn tot matig grof, grindhoudend zand. Op basis van laboratoriumproeven en in het gebied uitgevoerde veldproeven is de doorlatendheid van de matig siltige, zandige bovengrond (tot circa 2,0 m-mv) vastgesteld op 2,0 tot > 10 m/dag. De zwak siltige, grof zandige ondergrond (2,0 – 3,0 m-mv) heeft een doorlatendheid variërend van 5,3 tot 14,0 m/dag.

Van de grondwaterstandsfluctuaties in de slecht doorlatende deklaag is slechts een zeer beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar. In de periode 1990 – 2006 is op drie verschillende tijdstippen in het gebied de grondwaterstand vastgesteld. Omdat de metingen geen eenduidig beeld geven van de grondwatersituatie, is het zeer lastig tot onmogelijk om voor het gebied (met name het zuidelijke deelgebied) een gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste

grondwaterstand te bepalen. Voor het noordelijke deelgebied is de verwachting dat de grondwaterstand fluctueert van ongeveer 1,5 tot 2,9 m-mv.

Overige aspecten

Het voormalige MOB-complex bevindt zich binnen het historisch groengebied *Boschberg / de Vliegberg*. Verder is voor het gehele plangebied een hoge tot middelhoge indicatieve archeologische waardering toegekend. Voor zover bekend komt de locatie en het aangrenzende terrein in de toekomst niet in aanmerking als regionaal waterbergingsgebied.

7.2.3 (On)mogelijkheden ten aanzien van afkoppeling van regenwater

Aangezien sprake is van een toename in verhard oppervlak, dient het hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard dak- en terreinoppervlak, binnen het plangebied te worden gebufferd en gefaseerd te worden afgevoerd uit het plangebied (met een maximum van 1,0 l/s/ha).

Omdat in het plangebied particuliere woningen zijn gepland (woonfunctie), wordt het terrein niet geschikt bevonden voor hergebruik van hemelwater. Het toepassen van vegetatiedaken wordt – afhankelijk van de dakhelling en de constructie van de diverse woningen – als een haalbare oplossingsrichting beschouwd voor het bufferen van regenwater. Het regenwater dat op een dergelijk dak valt wordt vertraagd afgevoerd en na verloop van tijd komt de berging weer volledig beschikbaar.

Gelet op de samenstelling van de boven- en ondergrond en de daaraan gerelateerde hoge waarden van de doorlatendheid, wordt het toepassen van oppervlakkige dan wel ondergrondse infiltratie goed haalbaar geacht. Het waterschap prefereert het oppervlakkig infiltreren boven de aanleg van ondergrondse infiltratievoorzieningen.¹³

Gezien de mogelijkheid tot het toepassen van (bovengrondse) infiltratie, wordt de aanleg van een bergingsvoorziening en het afvoeren van het regenwater naar elders niet wenselijk of noodzakelijk geacht.

Omdat in de huidige situatie (voornamelijk onverhard landbouwgrond) het regenwater grotendeels in de bodem infiltreert, kan het toepassen van (lokale) infiltratievoorzieningen in het toekomstige woongebied worden beschouwd als de meest hydrologisch neutrale oplossingsrichting. De waterhuishouding ter plaatse (en daarmee het in het gebied aanwezige *wijstwater*) zal op deze wijze in zeer beperkte mate negatief worden beïnvloed. Wanneer de voorzieningen (en het aanwezige oppervlaktewater) natuurvriendelijk worden ingericht, wordt zelfs een positief effect verwacht op de waterhuishouding in het gebied.

7.2.4 Gewenste situatie plangebied

Het totaal aan verhard oppervlak zal toenemen tot ongeveer 18.000 m². Circa 6.000 m² hiervan betreft verharding op openbare terreindelen (de wegverhardingen en openbare parkeervoorzieningen). Het overige verhard oppervlak (circa 12.000 m²) is/komt in particulier

¹³ Opgemerkt wordt echter dat de grondwatersituatie in het beschouwde gebied nog onvoldoende inzichtelijk is, waardoor onder meer geen gemiddeld hoogste grondwaterstand kon worden vastgesteld. Om een gedegen uitspraak te doen over de grondwaterfluctuaties ter plaatse (en daarmee de mogelijkheden en beperkingen ten aanzien van infiltratie), zal een nader grondwateronderzoek moeten worden uitgevoerd, waarbij de grondwaterstand in een aantal peilbuizen gedurende een lange periode regelmatig (minimaal éénmaal per twee weken) wordt gemeten. Wanneer de peilbuizen buiten de toekomstige woonpercelen worden geplaatst, kunnen deze zelfs ná realisatie van de nieuwbouw worden gemonitord.

bezit en bestaat uit dakoppervlak (variërend van 100 tot 250 m² per woonperceel) en terreinverharding.

De gemeente Boekel stelt als eis dat het regenwater van openbare terreinverhardingen separaat wordt verwerkt van het regenwater, afkomstig van particuliere daken en terreinverhardingen. Het regenwater van laatstgenoemde verhardingen zal op het eigen terrein moeten worden opgevangen en worden verwerkt. Waar mogelijk dient het regenwater ter plaatse, bijvoorbeeld onder de oprit, in de bodem te worden geïnfiltreerd. Voor het verwerken van het regenwater, afkomstig van openbare terreinverhardingen (de openbare wegen en parkeervoorzieningen), wordt gestreefd naar een oppervlakkig infiltratiesysteem langs de wegen en eventueel verlaagde groenvoorzieningen aan de oost- en zuidzijde van het plangebied.

Afkoppeling van openbare terreinverhardingen

Met inachtneming van de lokale geohydrologische karakteristieken, de eisen van het waterschap en de gemeente en de gewenste invulling van het plangebied wordt voorgesteld het infiltreren van hemelwater – afkomstig van de openbare terreinverhardingen – in de bodem te laten geschieden middels (droogvallende) infiltratiegreppels. De (circa 4 m brede) groenstroken langs de toegangswegen zullen worden voorzien van ondiepe greppels met een bodembreedte van 0,5 m en een diepte van 0,2 m. Voor het talud van de greppels is een waarde aangehouden van 1:3. De minimaal benodigde lengte van deze infiltratiegreppels is afhankelijk van de te bergen hoeveelheid regenwater (257 m³), het maximale waterpeil in de greppels (bepaald op 0,2 m) en de hoeveelheid regenwater die ter plaatse in de bodem infiltreert (0,42 m³ per vierkante meter infiltrerend oppervlak).

Uitgaande van bovenstaande ontwerpgegevens wordt een minimale greppellengte berekend van ongeveer 735 m. De totale lengte van de groenstroken binnen het plangebied bedraagt circa 1.100 m. Een gedeelte van deze groenstroken (bijvoorbeeld ter plaatse van de opritten) zal niet beschikbaar zijn voor de aanleg van een infiltratiegreppel. Op deze plaatsen zal de greppel worden onderbroken.

Bij het ontwerp van de infiltratiegreppels zijn verder de volgende zaken van belang:

- in deze rapportage is een globale dimensionering van het infiltratiesysteem beschreven. Een meer gedetailleerd ontwerp zal in een later stadium worden uitgevoerd;
- langs de openbare weg ter plaatse van het voormalige MOB-complex is geen ruimte voorzien voor een infiltratiegreppel. Voorgesteld wordt het regenwater dat op dit weggedeelte valt oppervlakkig af te voeren naar het openbare groen ten oosten van het MOB-complex. Dit kan bijvoorbeeld middels een molgoot of een lijnafwatering;
- de verharding van de openbare weg (rijbaan, trottoir en parkeervoorzieningen) zal direct op de infiltratiegreppels worden aangesloten. De weg dient dan ook met een bolling te worden aangelegd, zodat al het regenwater tot afstroming komt en in de aangrenzende infiltratiegreppels wordt opgevangen;
- de infiltratiegreppels zullen plaatselijk worden onderbroken door bijvoorbeeld opritten van woonhuizen of kruispunten van wegen en zijn niet direct verbonden met het regionale oppervlaktewaterstelsel. Bij extreem hevige regenbuien (groter dan de hier gepresenteerde maatgevende regenbui) bestaat het risico dat de greppels het afstromende regenwater niet meer kunnen verwerken en tijdelijk sprake zal zijn van (regen)water op straat. Om wateroverlast op de woonpercelen te voorkomen, wordt geadviseerd het straatpeil (inclusief oprit) in zuidoostelijke richting (richting de groenstroken) af te laten lopen en de aangrenzende woonpercelen hoger aan te leggen dan de wegen. Wanneer geen "water op straat"-situatie wordt gedoogd, kan een overloopvoorziening tussen de openbare weg en de greppel uitkomst bieden. Door aansluiting van deze voorziening op de Zandhoeksche Loop, kan het overtollige regenwater direct worden afgevoerd naar het oppervlaktewater;
- gelet op de te verwachten lage verkeersintensiteit van de toegangswegen, wordt voor het afkoppelen van het regenwater het toepassen van een zuiveringsvoorziening niet

noodzakelijk geacht. Het regenwatersysteem kan direct op de infiltratiegreppels worden aangesloten.

Naast voornoemde infiltratievoorzieningen zullen ter plaatse van de groenvoorzieningen aan de zuid- en oostzijde van het plangebied waterhuishoudkundige maatregelen worden getroffen. Zo wordt in de uiterste zuidoosthoek een waterplas gerealiseerd die in verbinding staat met de Zandhoeksche Loop. Voorts zal de noordelijke oever van de Zandhoeksche Loop natuurvriendelijk worden ingericht. Aangezien deze (aanvullende) maatregelen leiden tot een verhoging van het percentage wateroppervlak in het gebied (realisatie waterplas) en tot een vermindering van de afvoer van het oppervlaktewater (natuurvriendelijke inrichting), zal de lokale waterhuishouding positief worden beïnvloed. Tevens wordt met toepassing van deze maatregelen een verbetering verwacht van het *wijstwater* in het gebied.

Afkoppeling van particuliere terreinverhardingen

Voorgesteld wordt om het hemelwater afkomstig van de particuliere verhardingen ter plekke in de bodem te infiltreren middels een *ondergrondse* infiltratievoorziening. Gezien de ligging van de verhardingen en van het DWA-riool (i.v.m. aansluiting noodoverlaat), komt de voortuin of inrit hiervoor het meest in aanmerking. Wanneer het regenwater dat op het dakoppervlak en de voortuin / inrit valt via een molgoot of lijnafwatering oppervlakkig richting een opvangput wordt geleid, zal het hemelwater lange tijd (tot aan de opvangput) voor de betreffende bewoner(s) zichtbaar gehouden worden. De opvangput dient te worden voorzien van een bladvang en een zand- en slibvang. Deze opvangput is op haar beurt middels een aanvoerbuis aangesloten op een ondergrondse infiltratievoorziening.

Omdat we in onderhavig nieuwbouwplan te maken hebben met diverse woningtypen, is voor de particuliere woonpercelen een eenheidsberekening uitgevoerd. Voor de particuliere woonpercelen is *per m² verharding* een minimale waterberging berekend van **43 liter**. Echter een aanzienlijk gedeelte van het geborgen regenwater (namelijk circa 0,42 m³ per vierkante meter infiltrerend oppervlak) zal tijdens de maatgevende regenbui in de bodem infiltreren. Afhankelijk van de grootte van het dak en voortuin / inrit kunnen de minimale afmetingen van een dergelijke infiltratievoorziening worden berekend. Voor een (fictief) woonperceel met een verhard oppervlak van 300 m² wordt voor de buffering van regenwater een infiltratievoorziening (met effectieve berging van 0,9) noodzakelijk geacht van (*b x l x h*) 4,5 m x 4,5 m x 0,5 m.

Bij het ontwerp van het particuliere infiltratiesysteem zijn verder de volgende zaken van belang:

- in het plangebied wordt het schone regenwater geheel van het rioolstelsel afgekoppeld en op het eigen perceel gebufferd en in de bodem geïnfiltreerd. Het huishoudelijk afvalwater zal via een DWA-riool worden afgevoerd naar het gemeentelijk rioolstelsel in de Bergstraat / Runstraat. De hoogteligging van dit DWA-riool dient te worden afgestemd op de b.o.b.-hoogte van het bestaande rioolstelsel;
- in deze rapportage is een beschrijving gegeven van een mogelijke oplossingsrichting voor de afkoppeling van regenwater, namelijk een ondergronds infiltratiesysteem. Dit betekent niet dat andere infiltratietechnieken, zoals een vegetatiedak en/of een oppervlakkig infiltratiesysteem, uitgesloten zijn. Afhankelijk van de constructie van de woning en de wensen van de toekomstig eigenaar kan eventueel een alternatief infiltratiesysteem worden uitgewerkt;
- de onderzijde van de infiltratievoorziening dient nog boven de GHG te liggen. Aangezien op dit moment nog geen exacte waarde voor de GHG is vastgesteld, wordt aangeraden de bodem van de voorziening in ieder geval niet dieper aan te leggen dan 1,0 m-mv (circa 15,5 m + NAP). Wanneer gekozen wordt voor een infiltratievoorziening met een hoogte van 50 cm, zal de gronddekking op deze voorziening ongeveer 50 cm bedragen;
- de afmetingen van het oppervlakkige aanvoerstelsel dienen te worden afgestemd op de hoeveelheid af te voeren regenwater, afkomstig van het dak en de voortuin;

- het afstromende regenwater wordt allereerst verzameld in een opvangput, die voorzien dient te zijn van een bladvang en een zand- en slibvang. Op deze wijze worden de reguliere onderhoudswerkzaamheden zoveel mogelijk op één plaats geconcentreerd (namelijk de opvangput);
- het plaatsen van een (olie- en benzine)afscheider tussen het aanvoerstelsel en de infiltratievoorziening wordt niet noodzakelijk geacht¹⁴;
- de ondergrondse infiltratievoorziening wordt voorzien van een noodoverlaat met afvoerleiding die aansluiting heeft op het geplande DWA-riool. Op deze wijze wordt voorkomen dat zelfs tijdens extreem natte perioden sprake zal zijn van wateroverlast in de voortuin of op de inrit. Voorwaarde hierbij is dat de capaciteit van het DWA-riool voldoende is om deze vracht te kunnen verwerken. Om eventuele terugstroming van water vanuit het DWA-riool richting de infiltratievoorziening te verhinderen, dient de afvoerleiding te worden voorzien van een terugslagklep;
- om de bergingscapaciteit van de ondergrondse voorziening maximaal te benutten wordt voorgesteld de drempelhoogte van de noodoverlaat gelijk te stellen aan de bovenzijde van de voorziening;
- om een optimale werking van het infiltratiesysteem ook op lange termijn te waarborgen, dient regelmatig en op een juiste wijze onderhoud te worden gepleegd aan het systeem. Daarnaast is het van belang dat aan de voorziening (en daarbijbehorende aanvoerstelsel en opvangput) geen ingrepen worden verricht, zoals omleggen van aan- en afvoerleidingen en verplaatsing van bergingselementen. In dit geval is de terreineigenaar verantwoordelijk voor het functioneren van de voorziening. Deze dient dan ook in ieder geval vóór aankoop van de betreffende woning hiervan op de hoogte worden gesteld en te worden geïnformeerd over de mogelijkheden en beperkingen van dit systeem.

Overige relevante aspecten

Tenslotte worden, aanvullend op het ontwerp van het hemelwatersysteem, nog enkele zaken vermeld die van belang zijn voor de gewenste woningbouwontwikkeling ter plaatse:

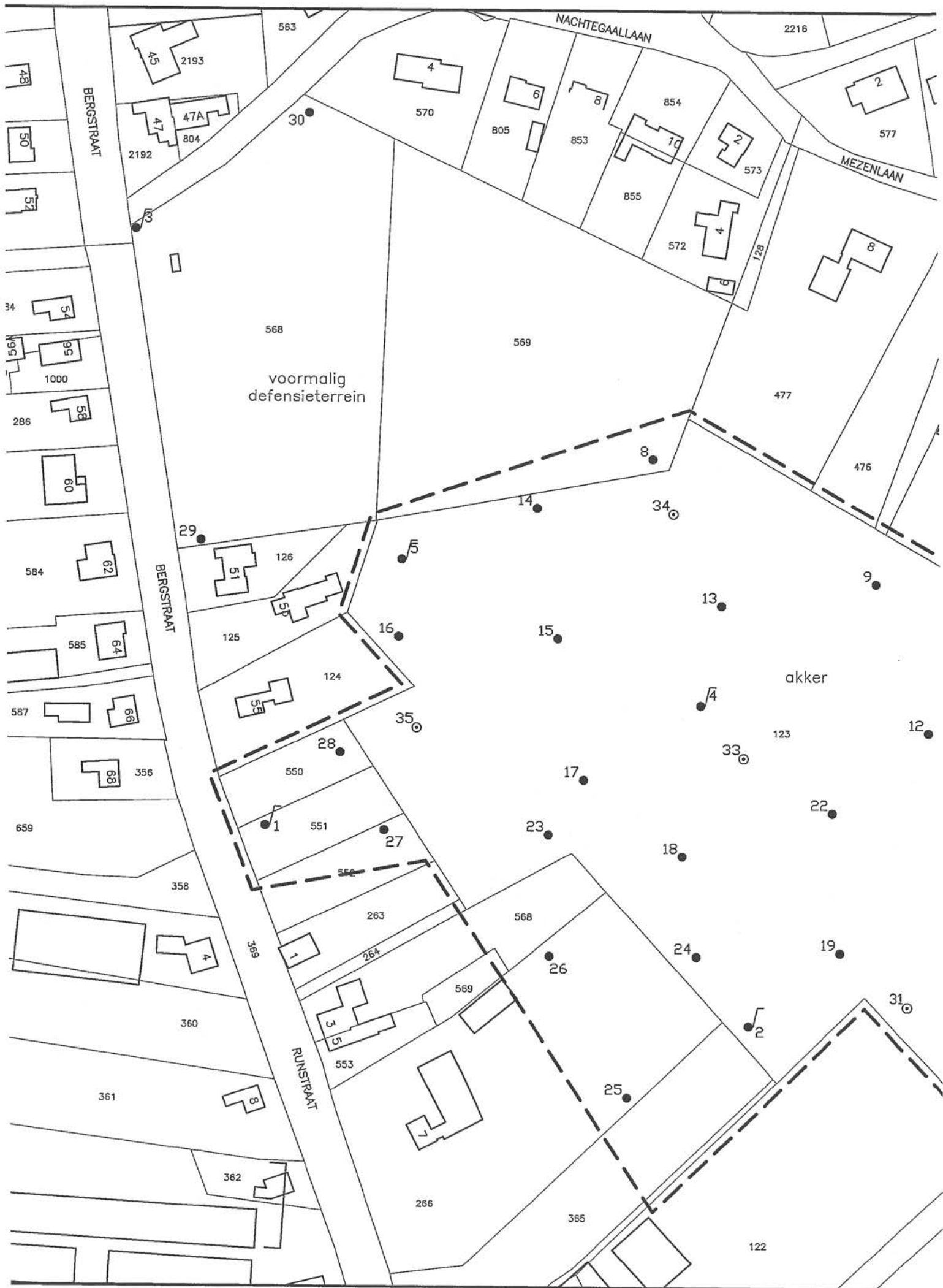
- de kosten voor de aanleg van het hier beschreven infiltratiesysteem zijn voor rekening van de initiatiefnemer (in dit geval de gemeente Boekel). De infiltratievoorzieningen, die op de particuliere terreinen zullen worden aangelegd, worden uiteindelijk beheerd en onderhouden door de betreffende terreineigenaren. Het beheer en onderhoud van de openbare infiltratiegreppels is op dit moment nog onduidelijk. In principe worden bovengrondse voorzieningen onderhouden door het waterschap, tenzij de gemeente en het waterschap hier anders over beslissen. Geadviseerd wordt hierover in een vroeg stadium duidelijkheid te verkrijgen;
- afhankelijk van de uiteindelijke diepteligging van het DWA-riool en de grondwaterstand tijdens de aanleg van dit rioolstelsel, zal tijdens de graafwerkzaamheden de grondwaterstand middels een bemaling kunstmatig moeten worden verlaagd. Ter bepaling van de bemalingsnoodzaak, het eventuele bemalingsdebiet en het totale waterbezwaar wordt geadviseerd een bemalingsadvies op te stellen.

¹⁴ Voorwaarde hierbij is wel dat voor de dakbedekking gebruik wordt gemaakt van niet-uitloogbare materialen, of van een coating die uitlozing van metalen tegengaat. Mocht toch gekozen worden voor het toepassen van uitloogbare materialen zonder coating, dan dient het dakwater door een zuiveringsvoorziening te worden geleid, alvorens het te lozen op de infiltratievoorziening.



Bijlage 1: Situatietekeningen







Legenda

- onderzoekslocatie
- ♪ peilbuis
- boring
- ⊙ omgekeerde boorgatmethode

Omschrijving:
Situatieschets met boorlocaties

Bj
1

Project:
De Run
te Boekel
Opdrachtgever:
Croonen Adviseurs

Projectnummer:
20061162/WWIJ

Tekenaar:	Schaal:	Formaat:	Datum:	Accoord:	Revisie:
WWER	1:1500	A3	31 mei 2006		...



Geofox-
Lexmond



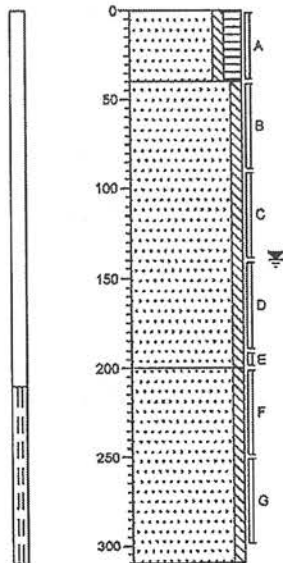
vestiging TI
Pogatuswa
Postbus 221
5001 CE TI
(013) 458 2
(013) 455 3
www.geofox
info@geofox



Bijlage 2: Boorbeschrijvingen

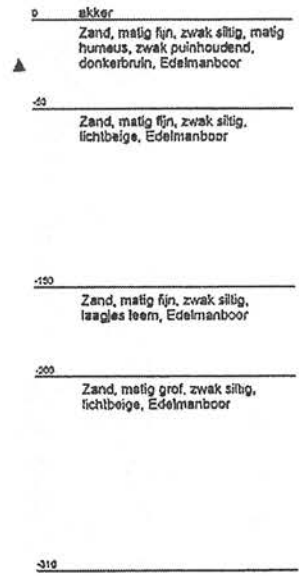
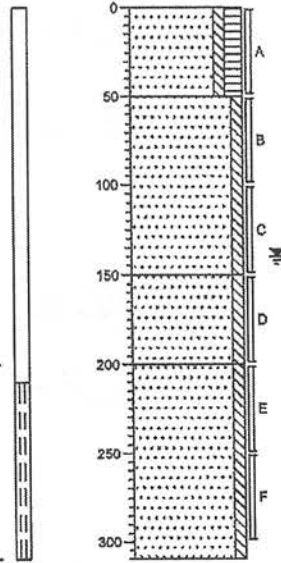
Boring: 1

Datum: 24-05-2006



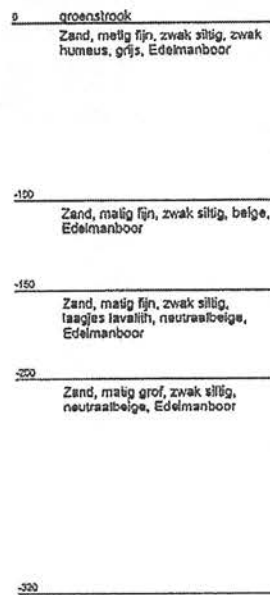
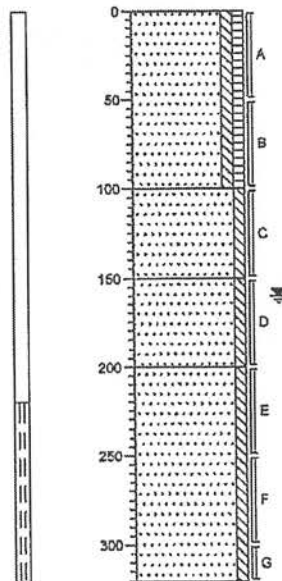
Boring: 2

Datum: 24-05-2006



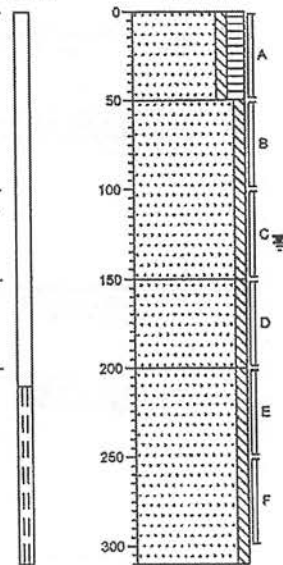
Boring: 3

Datum: 24-05-2006



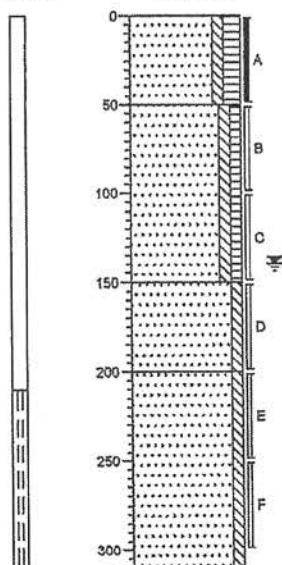
Boring: 4

Datum: 24-05-2006



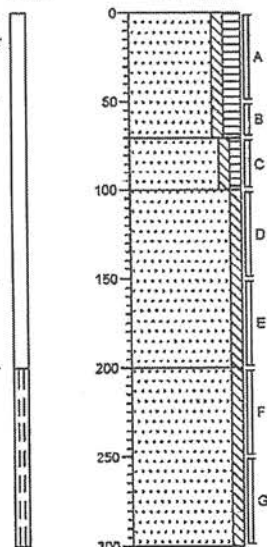
Boring: 5

Datum: 24-05-2006



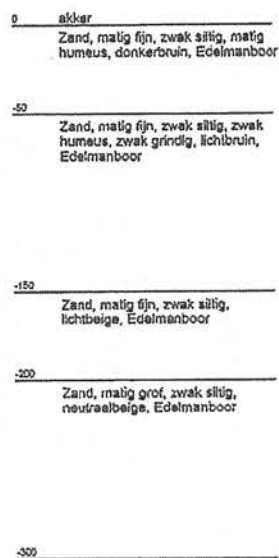
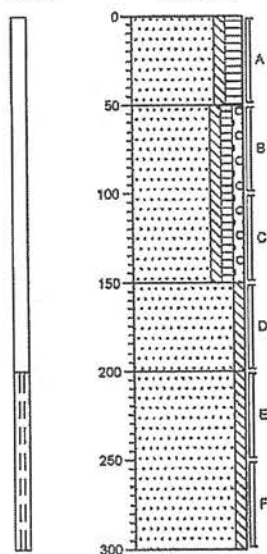
Boring: 6

Datum: 24-05-2006



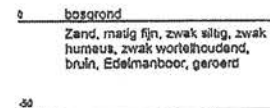
Boring: 7

Datum: 24-05-2006



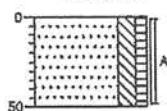
Boring: 8

Datum: 24-05-2006



Boring: 9

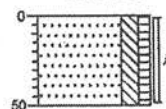
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
50

Boring: 10

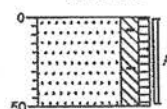
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
50

Boring: 11

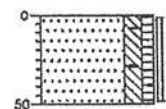
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen baksteen, zwart, Edelmanboor, geroerd
50

Boring: 12

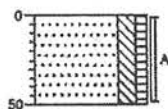
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen baksteen, sporen plastic, zwart, Edelmanboor, geroerd
50

Boring: 13

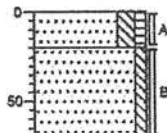
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
-50

Boring: 14

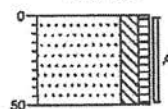
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
-20
Zand, matig fijn, zwak siltig, sporen roest, licht beigebruin, Edelmanboor, geroerd
-50

Boring: 15

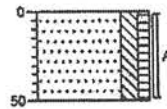
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
-50

Boring: 16

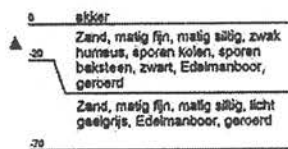
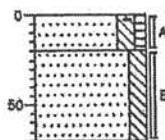
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
-50

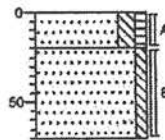
Boring: 17

Datum: 24-05-2006



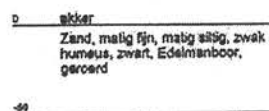
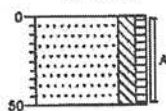
Boring: 18

Datum: 24-05-2006



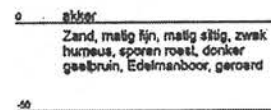
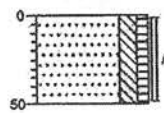
Boring: 19

Datum: 24-05-2006



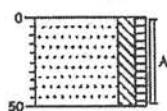
Boring: 20

Datum: 24-05-2006



Boring: 21

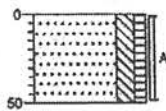
Datum: 24-05-2008



0 akker
Zand, matig fijn, matig slijg, zwak
humeus, zwak wortelhoudend,
zwart, Edelmanboor, geroerd
-50

Boring: 22

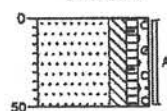
Datum: 24-05-2008



0 akker
Zand, matig fijn, matig slijg, zwak
humeus, zwart, Edelmanboor,
geroerd
-50

Boring: 23

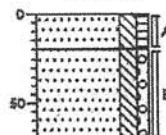
Datum: 24-05-2008



0 akker
Zand, matig fijn, matig slijg, zwak
humeus, zwak grindig, sporen
baksteen, zwart, Edelmanboor,
geroerd
-50

Boring: 24

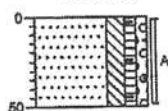
Datum: 24-05-2008



0 akker
Zand, matig fijn, matig slijg, zwak
humeus, zwart, Edelmanboor,
geroerd
-30
Zand, matig fijn, matig slijg, zwak
grindig, zwak puinhoudend, bruin,
Edelmanboor, geroerd
-70

Boring: 25

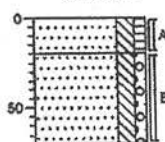
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwak grindig, sporen baksteen, zwart, Edelmanboor, geroerd
-50

Boring: 27

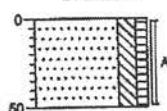
Datum: 24-05-2006



0 akker
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwart, Edelmanboor, geroerd
-20
Zand, matig grof, matig siltig, zwak grindig, beige, Edelmanboor, geroerd
-70

Boring: 28

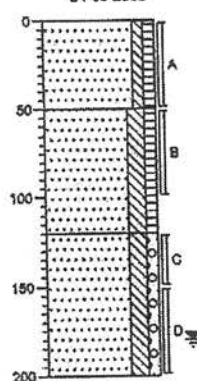
Datum: 24-05-2006



0 weiland
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen kolën, zwart, Edelmanboor
-50

Boring: 29

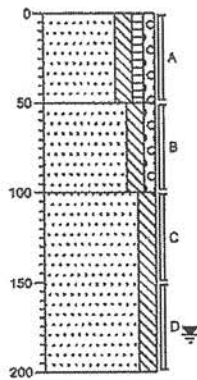
Datum: 24-05-2006



0 bosgrond
Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, bruin, Edelmanboor, geroerd
-80
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, donker bruinbruin, Edelmanboor, geroerd
-120
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, licht beige, Edelmanboor, ongeroerd
-200

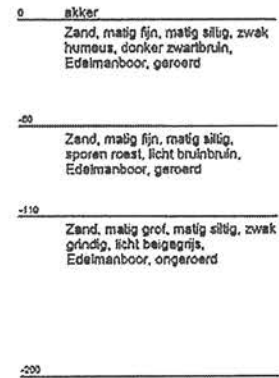
Boring: 30

Datum: 24-05-2006



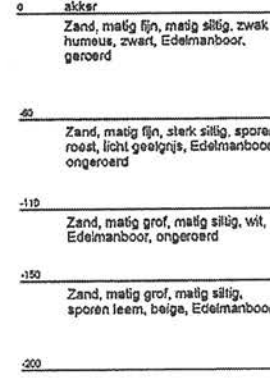
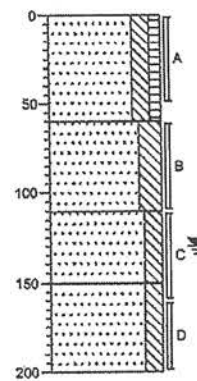
Boring: 31

Datum: 24-05-2006



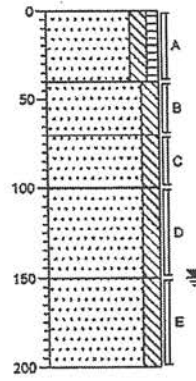
Boring: 32

Datum: 24-05-2006



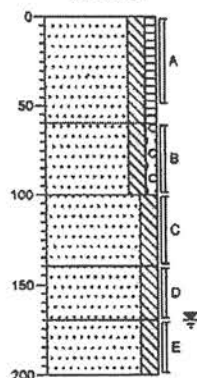
Boring: 33

Datum: 24-05-2006



Boring: 34

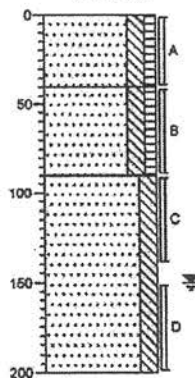
Datum: 24-05-2008



0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, donker zwartbruin, Edelmanboor, geroerd
-50	
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindsig, licht geelbruin, Edelmanboor, geroerd
-100	
	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen leem, licht grijsgeel, Edelmanboor, ongeroerd
-140	
	Zand, matig grof, matig siltig, sporen leem, bruin, Edelmanboor
-170	
	Zand, matig grof, matig siltig, sporen leem, beige, Edelmanboor
-200	

Boring: 35

Datum: 24-05-2008



0	akker
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, matig wortelhoudend, donker zwartbruin, Edelmanboor, geroerd
-50	
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen roest, donker geelbruin, Edelmanboor, geroerd
-100	
	Zand, matig grof, matig siltig, sporen leem, bruin, Edelmanboor, ongeroerd
-200	



Bijlage 3: Toelichting bodemonderzoek

Algemeen

In deze bijlage zijn de technische handelingen die worden verricht bij milieukundig bodem-onderzoek in het algemeen, beschreven en toegelicht. De veldwerkzaamheden worden uitgevoerd conform een intern kwaliteitssysteem dat voldoet aan de ISO-9001 en de VCA** normen (VeiligheidsChecklistAannemers). Dit kwaliteitssysteem is gebaseerd op de voorschriften die zijn opgenomen of waarnaar wordt verwezen in de volgende documenten van het ministerie van VROM: de "NEN 5740, Bodem. Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek" (NNI, oktober 1999; ICS 13.080.01), het "Protocol voor het nader onderzoek deel 1 naar de aard en concentratie van verontreinigde stoffen en de omvang van bodemverontreiniging" (SDU uitgeverij Den Haag 1994; ISBN 90-12-08083-5), en de "Richtlijn nader onderzoek deel 1" (SDU uitgeverij Den Haag 1995; ISBN 90-12-08232-3). Het laboratoriumonderzoek is conform de normen uit de NEN 5740 of volgens gelijkwaardige methoden uitgevoerd.

Boorwerkzaamheden en bemonstering

Grond

Meestal worden boringen handmatig verricht met een zogenaamde edelmanboor. In andere gevallen wordt gebruik gemaakt van een guts, een zuigerboor of een pulsboor. In beton- of asfaltverhardingen worden met een diamantboor gaten geboord om de onderliggende bodem te kunnen bereiken. Regelmatig komt het voor dat losse verhardingsmaterialen zijn aangebracht (met name puin). Om die reden moeten boringen soms (gedeeltelijk) worden uitgevoerd met een puinboor, een slagbuts, een ramguts of een mechanische boorstelling.

De grondmonsters worden ter plaatse gekoeld bewaard in afgesloten glazen potten met een kunststof schroefdeksel.

Grondwater

In een boorgat kan een peilbuis worden geplaatst om grondwatermonsters te nemen. Peilbuizen zijn kunststof buizen die over een lengte van (meestal) een meter zijn geperforeerd. Het geperforeerde gedeelte (filter) wordt voorzien van een filterkous, om inspoeling van fijn bodemmateriaal te voorkomen. Afhankelijk van het onderzoeksdoel is het filter of onder het grondwaterniveau of snijdend met de grondwaterspiegel geplaatst. De peilbuis wordt direct na plaatsing afgepompt.

Voor het verkrijgen van een representatief grondwatermonster wordt de peilbuis afgepompt, direct na plaatsing en voorafgaand aan de monsternamende plaats. Monsternamende plaats vindt plaats na minimaal een week standtijd. Voor het afpompen en bemonsteren van het grondwater wordt gebruik gemaakt van een slangenpomp. Per peilbuis wordt met een schoon stuk (siliconen)slang bemonsterd om contaminatie uit te sluiten. De grondwatermonsters worden gekoeld bewaard in luchtdicht afgesloten glazen flessen met kunststof schroefdop.

Zintuiglijk onderzoek

In het veld worden grond en grondwater zintuiglijk onderzocht. Het zintuiglijk onderzoek is te splitsen in:

- Lithologisch onderzoek, waarbij de opgeboorde grondsoorten worden geclassificeerd.
- Onderzoek naar verontreiniging, waarbij zintuiglijk waarneembare afwijkingen in of aan het bodemmateriaal worden beschreven¹⁾.

¹⁾ Bij olieproducten wordt gebruik gemaakt van de 'oliepan-methode'. Daarbij wordt de grond verkruid in een schaal met water. Het verschijnen van een oliefilm op het water is een teken dat er olieachtige stoffen in de grond aanwezig kunnen zijn. Eventueel worden PID-metingen uitgevoerd (alleen als specifiek in rapport vermeld). Met behulp van de PID-meter kan de hoeveelheid ioniseerbare vluchtige bestanddelen in de opgeboorde grond worden bepaald.

Mede op basis van de resultaten van het zintuiglijk onderzoek wordt beslist welke monsters op welke chemische stoffen worden geanalyseerd.

Stromingsrichting grondwater en doorlaatbaarheid van de bodem

Via een waterpassing kan de lokale stromingsrichting van het grondwater worden bepaald. Met de gegevens van een waterpassing kan een inschatting worden gemaakt van het verspreidingspatroon van een verontreiniging in het grondwater.

Bij een waterpassing wordt het grondwaterpeil in meerdere peilbuizen bepaald ten opzichte van een vast punt op het terrein. Hieruit volgt of er sprake is van een eenduidige grondwaterstromingsrichting, en hoe sterk deze stroming is.

Via een zogenaamde doorlaatbaarheidstest kan de waterdoorlaatbaarheid van de grond onder de grondwaterspiegel worden vastgesteld. Bepaald wordt hoe snel een boorgat weer wordt gevuld met toestromend grondwater, nadat het gat is leeggepompt. Het resultaat van de test geeft, samen met de algemene geohydrologische informatie over de onderzoekslocatie een indicatie van de hoeveelheid grondwater die zal toestromen bij ontgraving van een verontreiniging of bij een grondwatersanering.

Chemisch onderzoek

Indien bij het zintuiglijk onderzoek in overeenkomende bodemlagen uit verschillende boringen geen afwijkingen worden aangetroffen, mogen mengmonsters worden samengesteld van maximaal tien monsters. Voor chemische analyse op mengmonsters wordt gekozen om zoveel mogelijk informatie te verkrijgen tegen relatief beperkte analysekosten. Het risico hierbij is dat in het mengmonster een verontreiniging wordt aangetroffen, waarbij niet duidelijk is of alle monsters in dezelfde mate zijn verontreinigd, ofwel dat één of enkele monsters relatief sterk zijn verontreinigd. Indien een dergelijke situatie optreedt, dan worden in principe de individuele monsters waaruit dat mengmonster was samengesteld, geanalyseerd op de betreffende stof. Op die manier wordt vastgesteld hoe de verontreiniging is verdeeld over de monsters.

Indien er sprake is van een onverdacht terrein worden minimaal twee grondmengmonsters en minimaal één grondwatermonster geanalyseerd op een breed pakket aan stoffen. Deze stoffen zijn opgenomen in de zogeheten NEN-pakketten voor grond en grondwater. Indien er sprake is van aandachtspunten waarbij bekend is om welke verontreinigende stoffen het gaat, worden de betreffende monsters onderzocht op de relevante stoffen. In het algemeen worden monsters die tijdens het zintuiglijk onderzoek als afwijkend zijn beoordeeld, niet gemengd. Wel wordt met mengmonsters gewerkt indien een homogene afwijkende laag wordt aangetroffen, bijvoorbeeld een puinhoudende verhardingslaag. Grondwatermonsters worden in principe nooit gemengd.

Voor het chemisch onderzoek worden de grond- en grondwatermonsters aangeleverd bij een onafhankelijk, door de Raad voor Accreditatie erkend laboratorium (Sterlab). Op de kopieën van de certificaten in bijlage 3 is te zien door welk laboratorium de analyses in dit onderzoek zijn verricht.

Afkortingen en begrippen

m-gws meter beneden de grondwaterspiegel
m-mv meter beneden maaiveld

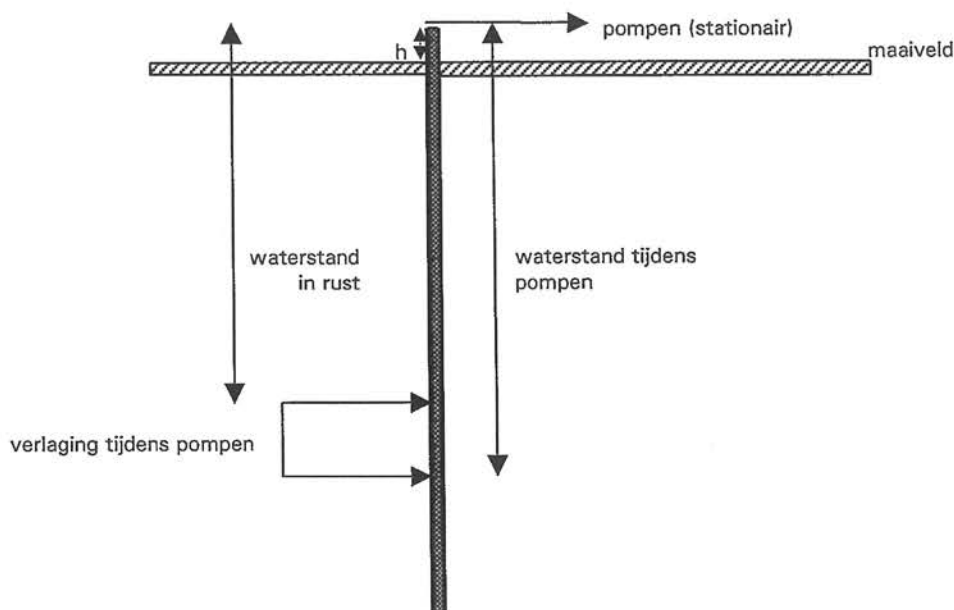
NEN 5740:

Nederlandse Norm 5740, ICS 13.080.01, oktober 1999. Door het Nederlands Normalisatie-instituut opgestelde richtlijnen voor het uitvoeren van een verkennend bodemonderzoek. In de NEN 5740 wordt verwezen naar door het Nederlands Normalisatie-instituut opgestelde richtlijnen voor de technische uitvoering van werkzaamheden in het veld en in het laboratorium.

Bijlage 4: Analysecertificaten korrelgrootteverdeling

Bijlage 5: Toelichting constant-debiet pompproef

Bij goed doorlatende bodems is een constant-debiet pompproef een methode om de doorlatendheid te bepalen. Tijdens deze proef wordt met een pomp een constant debiet uit een filterbuis onttrokken over een bepaalde periode. Het debiet dat wordt afgenomen wordt per tijdsinterval gemeten (l/min). Daarnaast wordt de verlaging van de waterstand in de buis gemeten. Des te kleiner de verlaging van de waterstand in de buis, des te beter de toestroom naar de peilbuis. Deze toestroom is afhankelijk van de doorlatendheid. Door dit verband kan een uitspraak gedaan worden over de verzadigde doorlatendheid van de bodem op deze locatie.



De k-waarde kan met de volgende formule worden berekend:

$$k = \frac{Q * 100}{2\pi * L * \Delta h} * \ln \frac{L}{0,5 * D}$$

k	= doorlatendheid	(cm/s)
Q	= debiet	(l/min)
L	= filterlengte	(cm)
Δh	= verlaging tijdens pompen	(cm)
D	= diameter peilbuis	(cm)

Bijlage 6: Toelichting analytische bepaling doorlatendheid

De korrelgrootteverdeling van een bepaalde bodemlaag heeft een directe relatie met de verzadigde doorlatendheid van deze laag. Ieder type bodem vertoont namelijk een vrij specifieke korrelgrootteverdeling en sortering.

Een eerste benadering van de doorlatendheid kan worden verkregen door te werken met een globale boorbeschrijving. Een meer nauwkeurige schatting verkrijgt men door gebruik te maken van korrelgrootte-analyses. Er zijn verschillende empirische vergelijkingen opgesteld die de relatie tussen de verzadigde doorlatendheid en de korrelgrootteverdeling beschrijven. In voornoemd onderzoek zijn zes van deze empirische vergelijkingen meegenomen, welke zijn:

- vergelijking van Hazen;
- vergelijking van Krumbein en Monk;
- vergelijking van Kozeny-Carmen;
- vergelijking van Beyer;
- vergelijking van Harleman;
- vergelijking van Seelheim.

De uiteindelijke waarde voor de doorlatendheid wordt verkregen door middeling van de berekeningsresultaten.

Hieronder zijn drie van de zes vergelijkingen nader beschreven.

Een van de oudste empirische vergelijkingen werd opgesteld door Hazen in 1911:

$$k = C \cdot d_{10}^2$$

Waarin:

k = de verzadigde doorlatendheid van de betreffende bodemlaag (mm/s);

C = een verhoudingsgetal, dat varieert van 10 tot 15 ((mm·s)⁻¹);

d_{10} = de korrelgrootte, waarbij 10% van de deeltjes fijner en 90% grover is (mm).

Beyer geeft de volgende relatie weer tussen de korrelgrootteverdeling en de doorlatendheid:

$$k = C_b \cdot d_{10}^2$$

Waarin:

C_b = een maat voor ongelijkheid en de pakking van de zandlaag ((mms)⁻¹);

Kozeny-Carmen stelde een empirische vergelijking op, waarin tevens de invloed van de capillaire krachten op de doorlatendheid is opgenomen:

$$k = \frac{d_{10}^2 \cdot \rho_w \cdot g \cdot n^3}{270 \cdot \eta \cdot (1-n)^2}$$

Waarin:

ρ_w = dichtheid van water (kg/m³);

g = versnelling van de zwaartekracht (m/s²);

η = dynamische viscositeit (Pa·s);

n = porositeit (—).



Bijlage 7: Foto's

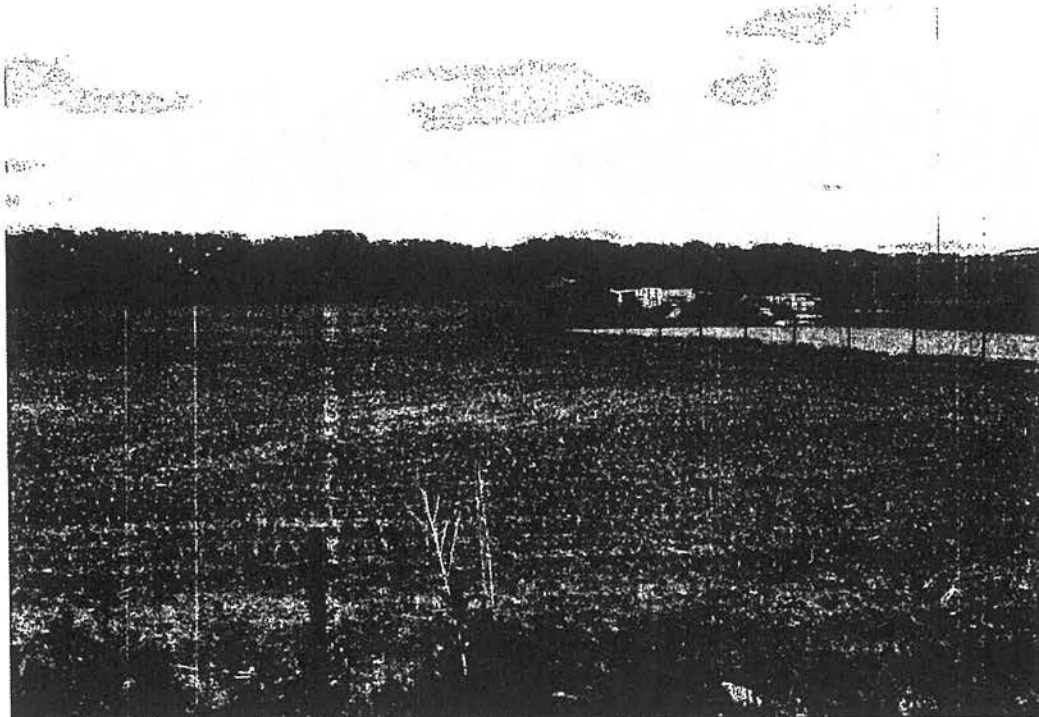


foto 1: Overzicht zuidelijk deel plangebied (in mei 2006 in gebruik als maïsveld)

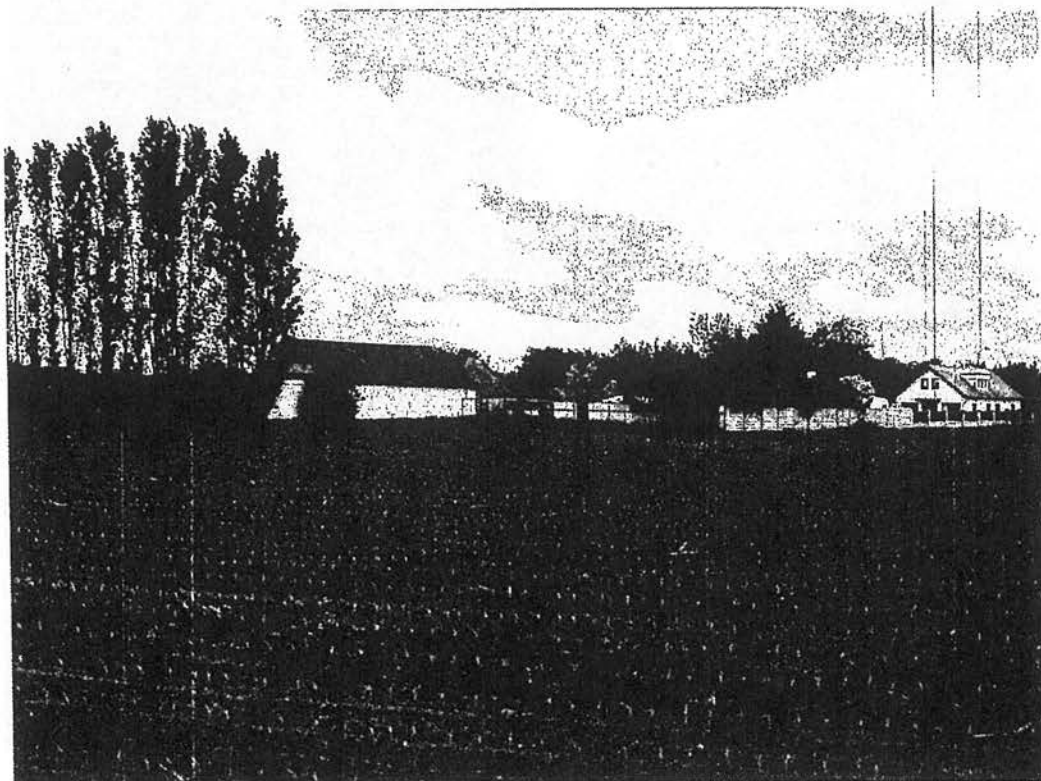


foto 2: Uitzicht op de woonpercelen aan de Runstraat



foto 3: de sloot Zandhoeksche Loop aan de zuidzijde van het plangebied



foto 4: handmatige stuw (code 245E) in de zuidoosthoek van het plangebied