

Waterhuishoudkundig structuurplan Monnikenberg

21 mei 2012

Waterhuishoudkundig structuurplan Monnikenberg

Verantwoording

Titel	Waterhuishoudkundig structuurplan Monnikenberg
Opdrachtgever	Tergooiziekenhuizen
Projectleider	Wilbert Peters
Auteur(s)	Bregt Huizenga en Gerhard Winters
Projectnummer	1205456
Aantal pagina's	40 (exclusief bijlagen)
Datum	21 mei 2012
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
afdeling Ruimtelijke Kwaliteit
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding.....	9
2 Huidige situatie.....	11
2.1 Huidige situatie	11
2.1.1 Maaiveldhoogte	11
2.1.2 Bodemopbouw	11
2.1.3 Waterhuishoudkundige uitgangspositie.....	11
2.1.4 Grondwatersituatie	12
2.1.5 Oppervlaktewater	18
2.2 Verhard oppervlak huidige situatie	19
2.3 Belangen masterplan Monnikenberg.....	19
3 Waterstructuur herstructurering Monnikenberg	21
3.1 Inrichting en verhard oppervlak in de toekomstige situatie	21
3.2 Doorlatendheid ondergrond.....	23
3.3 Hemelwaterafvoer	25
3.3.1 Bergingsopgave	25
3.3.2 Extreme situaties	25
3.3.3 Mogelijkheden hemelwaterafvoer	26
3.3.4 Waterkwaliteit	31
3.3.5 Keuze en consequenties	31
3.4 Droogweerafvoer	32
3.4.1 Uitgangspunten	32
3.4.2 Afvalwaterproductie	32
3.4.3 Vrijverval aansluitingen	33
3.4.4 Keuze en consequenties	36
3.5 Grondwatersituatie	37
3.5.1 Statistische analyse grondwaterdynamiek	37
3.5.2 Effect masterplan	37

Bijlage(n)

1. Maaiveldhoogten volgens de AHN
2. Boorprofielen NEN 5104
3. Tijdreeksanalyse grondwater Monnikenberg Hilversum

1 Inleiding

In het kader van het realiseren van een bovenregionaal zorgpark op de locatie Monnikenberg te Hilversum, dient het huidige gebied volledig te worden geherstructureerd. Het zorgpark, onderdeel uitmakende van het masterplan Monnikenberg, bestaat uit in totaal circa 181.000 m² zorg- en zorggerelateerde functies (inclusief 47.000 m² parkeerterrein en kantoorgebouwen). Omdat bij de uitvoer van dit masterplan de waterhuishoudkundige situatie wijzigt, is het noodzakelijk een waterstructuurplan op te stellen voor de toekomstige situatie. Deze rapportage gaat nader in op de waterstructuur en de hieraan gerelateerde aspecten.

1.1 Aanleiding

Voor het gebied Monnikenberg in Hilversum is een Masterplan ontwikkeld. Bij de uitvoering hiervan verandert de stedenbouwkundige en landschappelijke invulling van het gebied ingrijpend. De ingrepen bestaan onder andere uit het kappen van delen bos. De gekapte bomen zullen worden gecompenseerd met nieuwe aanplant van bomen. Daarnaast zal het westelijke deel van het plangebied intensiever worden bebouwd.

Door de intensievere bebouwing aan de westzijde van het plangebied zal de hoeveelheid dakverharding toenemen. Het aandeel van wegen zal afnemen doordat de parkeerfunctie vrijwel verdwijnt uit de openbare ruimte in het gebied. Voor de levering van koude en warmte wordt uitgegaan van WKO. In een eerder stadium is reeds een hydrologische effectenstudie uitgevoerd, waaruit blijkt dat tengevolge van het toepassen van WKO slechts een zeer geringe (orde grootte 1 cm) beïnvloeding van de grondwaterspiegel valt te verwachten.

Samenvattend kan worden gesteld dat de waterhuishoudkundige situatie binnen het plangebied ingrijpend zal wijzigen. Het watersysteem van de toekomstige situatie mag geen structurele verlaging of stijging van de grondwaterspiegel in het gebied veroorzaken. Om antwoord te geven op de waterhuishoudkundige vragen voor het masterplan Monnikenberg voorziet dit rapport in een beschrijving van de effecten op de waterhuishouding ten gevolge van de realisering van het masterplan Monnikenberg. Om het masterplan een planologisch juridische basis te geven is een bestemmingsplan in voorbereiding. Tevens wordt er een plan-MER geschreven.

Kenmerk R001-1205456BHX-ygl-V03-NL

2 Huidige situatie

In de huidige situatie kent het plangebied diverse functies. Het oostelijke gedeelte (tevens het grootste gedeelte) is in eigendom van het Goois Natuurreservaat en omvat onder andere het landgoed, villa Monnikenberg met het kloostercomplex en enkele dienstwoningen. De noordwestzijde van het gebied is in gebruik door Tergooiziekenhuizen, wat in de huidige vorm niet meer voldoet. Het ziekenhuis bestaat uit een verouderd complex welke is ontsloten via de Van Riebeeckweg. In de zuidwesthoek staan twee kantoorgebouwen (eigendom Stichting tot bijstand ziekenhuizen) en een ambulance uitrukpost. Het zuidelijke gebied is in eigendom van Merem, en kent een parkachtig karakter met oude lanen en diverse gebouwen. Ook deze bebouwing voldoet niet meer aan de huidige maatstaven.

2.1 Huidige situatie

2.1.1 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte van het gebied is bekend voor de huidige situatie. Globaal kent het gebied een maaiveldniveau van tussen de NAP +3,20 m en de NAP +4,10 m. Op dit moment is er vanuit gegaan dat dit maaiveldniveau voor de toekomstige situatie globaal intact blijft. Een meer gedetailleerd beeld van de maaiveldhoogten (gewonnen uit de AHN) is opgenomen in bijlage 1.

2.1.2 Bodemopbouw

De regionale bodemopbouw is afgeleid uit de Bodem- en Grondwaterkaart van Nederland en boorgegevens opgevraagd bij TNO-NITG. Daarnaast is met behulp van de boorprofielen voor het doorlatendheidsonderzoek de lokale bodemopbouw in beeld gebracht voor het plangebied.

Regionale bodemopbouw

Uit de Grondwaterkaart van Nederland blijkt dat ter plaatse van het plangebied sprake is van een gecombineerde eerste, tweede en derde watervoerende laag. Kenmerkend voor dit watervoerende pakket is een in dikte wisselend pakket dekzand welke is afgezet tijdens de laatste ijstijd. Lokaal komen er in het watervoerende pakket klei- en leemlagen voor.

2.1.3 Waterhuishoudkundige uitgangspositie

In het gebied Monnikenberg is wat de riolering betreft sprake van een gescheiden stelsel. Al het vuile water gaat naar het dwa riool van de gemeente Hilversum. Het hemelwater van het gebied is door middel van een gescheiden stelsel gekoppeld aan de vijver in de wijk Riebeeck. Op het moment dat de riolering het aanbod van hemelwater niet kan verwerken, treedt er een overstort in werking (middels een IT riool op het terrein van Tergooiziekenhuizen), welke loost op een infiltratievijver. Deze vijver staat in de huidige situatie geregeld droog.

Indien het waterpeil in de Van Riebeeck vijver te hoog wordt, zal water worden opgepompt naar de waterpartijen ten noorden van het plangebied.

De voorziening op het terrein van Tergooiziekenhuizen wordt dus niet (volledig) benut in de huidige situatie. Een deel van de huidige parkeerterreinen is uitgevoerd in grasbetonstenen. Dit water infiltreert dus rechtstreeks in de bodem. Het gebied staat waterhuishoudkundig gezien niet direct in verbinding met een oppervlaktewatersysteem.

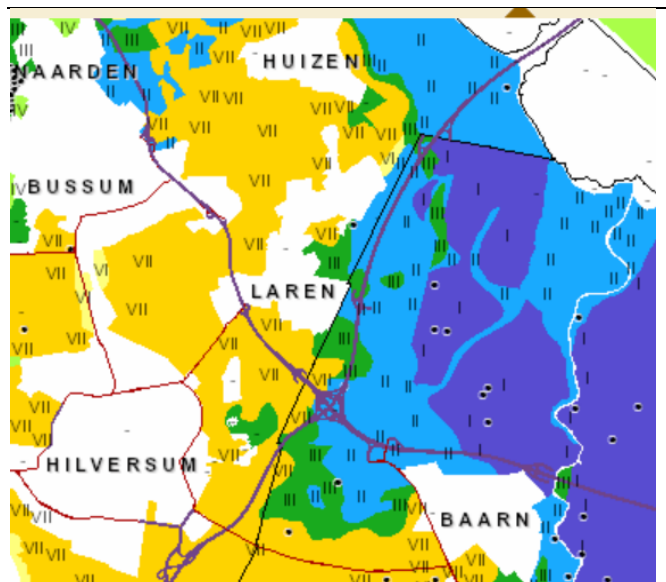
2.1.4 Grondwatersituatie

Grondwatertrappen

Uit de bodemkaart van Nederland blijkt dat er binnen het plangebied sprake is van grondwatertrap IV. In tabel 2.1 zijn de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) behorend bij deze grondwatertrap weergegeven.

Tabel 2.1 Grondwatertrappen binnen het plangebied

Trap	GHG (cm -mv)	GLG (cm -mv)
IV	80-140	>160



Figuur 2.1 Grondwatertrappen (<http://www.bodemdata.nl>)

Grondwaterstroming

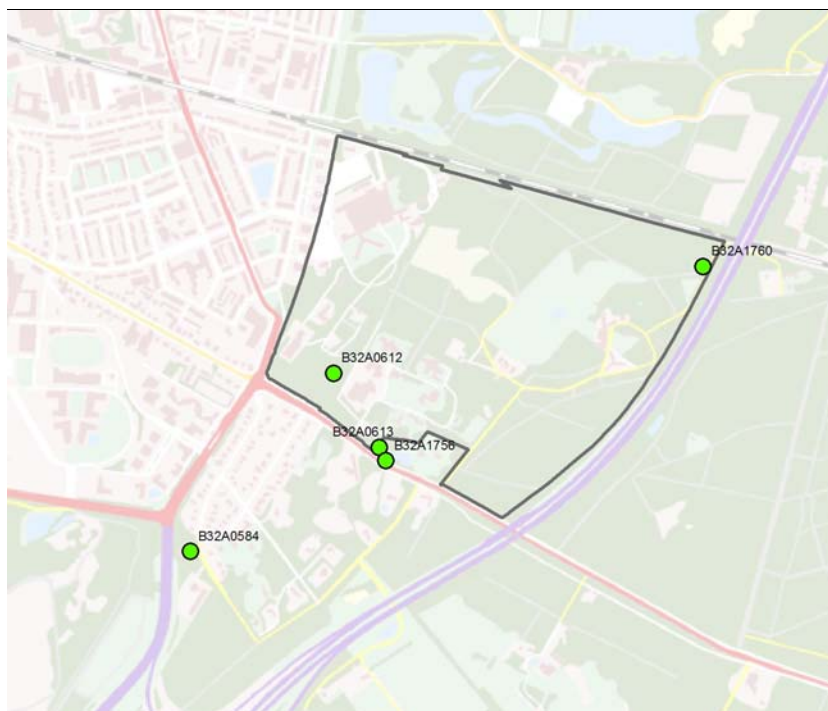
De grondwaterstroming is bekend uit stijghoogtemetingen van TNO afkomstig uit het DINOLoket. De richting is noordwestelijk.

Grondwaterstand

De gemiddelde grondwaterstand in het plangebied ligt rond de NAP +1,20 m. Naar verwachting zal de grondwaterstand door het stopzetten van de grondwaterwinningen niet stijgen (onderbouwd in bijlage 3 - tijdreeksanalyse). De eventuele stopzetting van de drinkwaterwinningen is een ontwikkeling die los staat van het masterplan Monnikenberg, maar kan voor de bomen in het gebied consequenties hebben. Dit effect is nader toegelicht in de analyse van de grondwaterstanden in bijlage 3.

Regionale grondwaterstanden (TNO)

Bij TNO-NITG zijn gegevens opgevraagd van peilbuizen in de omgeving van het plangebied. In de omgeving van het plangebied zijn vijf peilbuizen aangetroffen welke in beheer zijn van TNO. Drie daarvan hebben een bruikbare meetreeks voor bepaling van GHG en GLG. De geschiktheid van een meetreeks voor het vaststellen van de GHG en de GLG is afhankelijk van de lengte van de reeks.



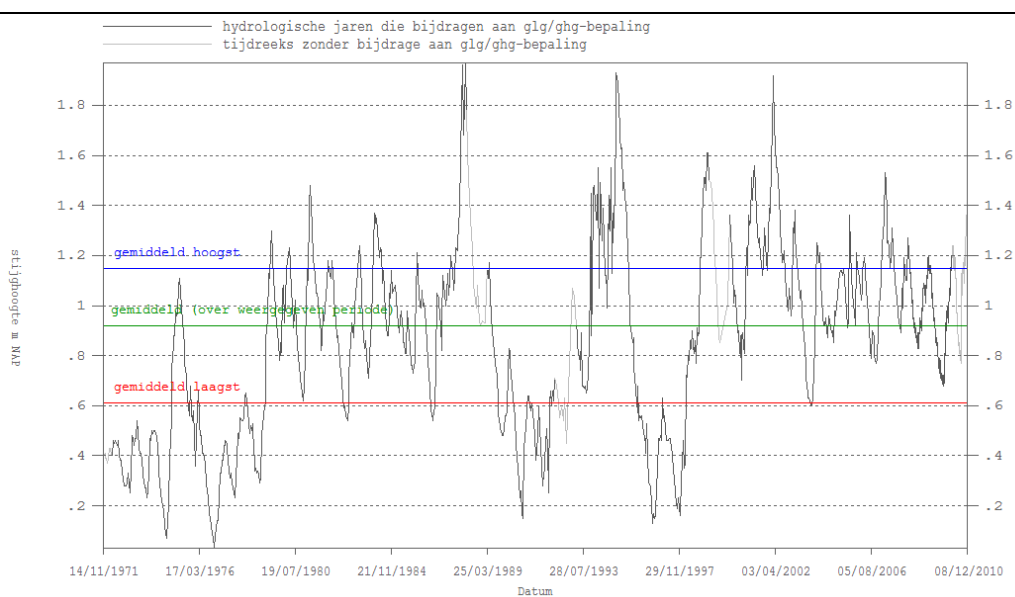
Figuur 2.2 Ligging TNO peilbuizen.

Aan de hand van de gegevens van deze peilbuizen zijn de gemiddelde grondwaterstand, de GHG en de GLG afgeleid. Hierbij is voor de drie peilbuizen uitgegaan van een meetperiode van 1966 tot 2010. Het resultaat is opgenomen in tabel 2.2.

Tabel 2.2 Regionale grondwatergegevens van nabij gelegen TNO peilbuizen

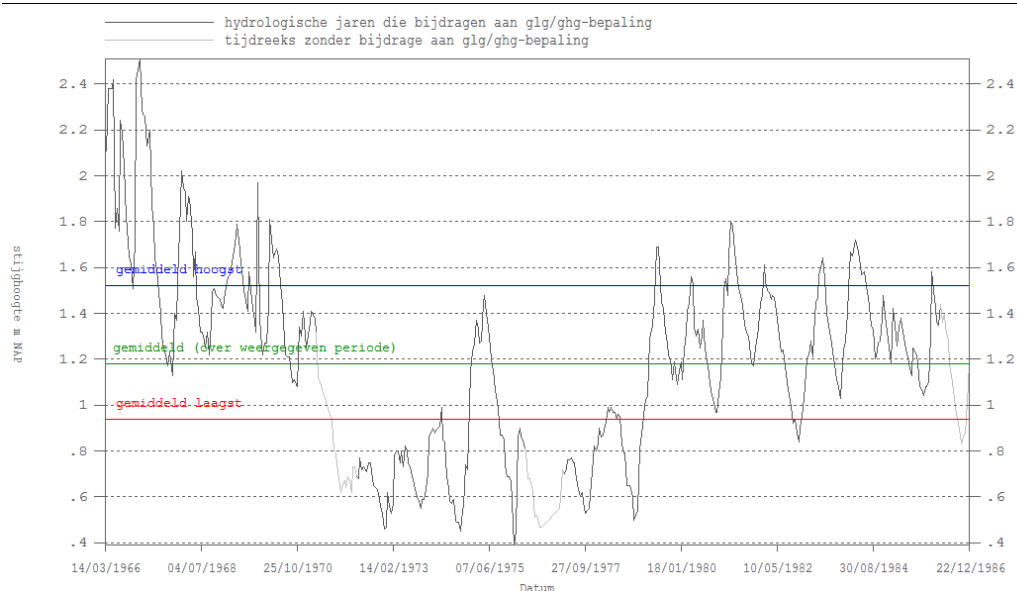
Peilbuis	Gem. grondwaterstand	GHG [m +NAP]	GLG [m +NAP]
B32A0584	0.92	1.15	0.61
B32A0612	1.18	1.52	0.94
B32A0613	1.05	1.37	0.72

De tijd- stijghoogtelijnen zijn onderstaande figuren weergegeven.

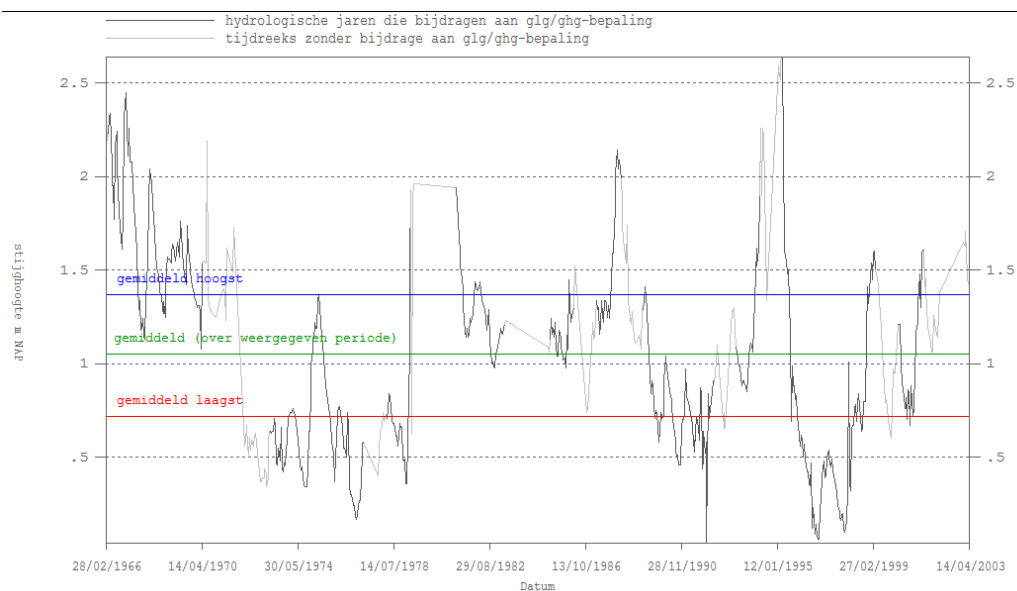


Figuur 2.3 Stijghoogte voor bepaling GLG en GHG peilbuis B32A0584

Kenmerk R001-1205456BHX-ygl-V03-NL

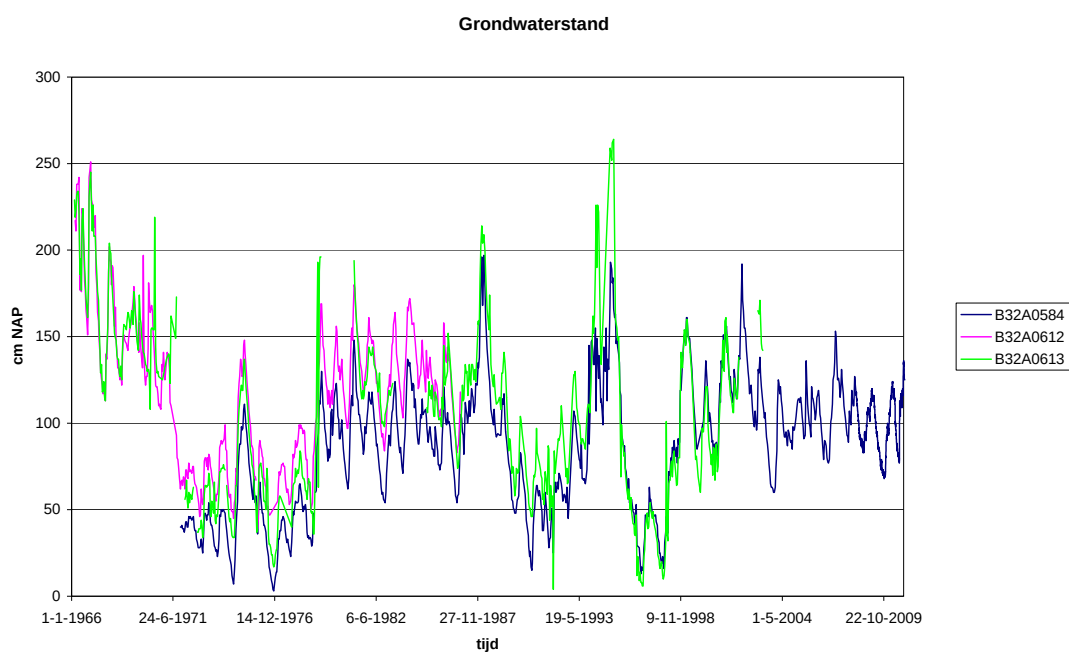


Figuur 2.4 Stijghoogte voor bepaling GLG en GHG peilbuis B32A0612



Figuur 2.5 Stijghoogte voor bepaling GLG en GHG peilbuis B32A0613

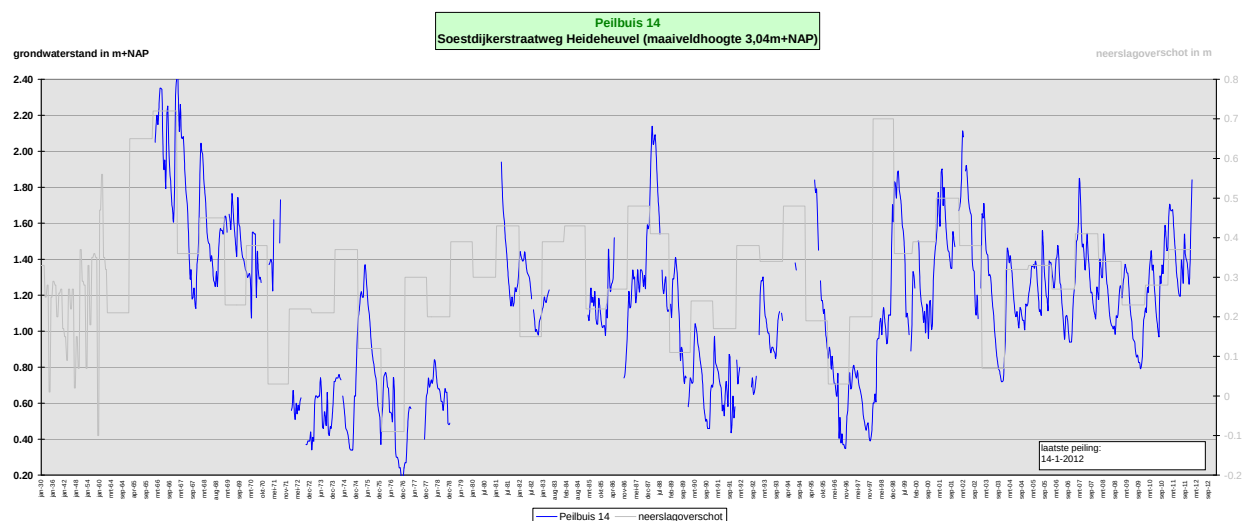
In figuren 2.4 tot en met 2.6 is duidelijk een aanzienlijke fluctuatie in de grondwaterstand te zien. De geregistreerde waarden variëren grofweg tussen minima van NAP +0,0 m en maxima van NAP +2,5 m. Niet het alleen het grote amplitude is opvallend in deze meetreeksen, ook de schommelingen over de tijd laten grote verschillen zien. Leggen we de stijghoogten van de peilbuizen over elkaar (Figuur 2.6) dan zien we tevens dat de pieken niet altijd op hetzelfde moment optreden.



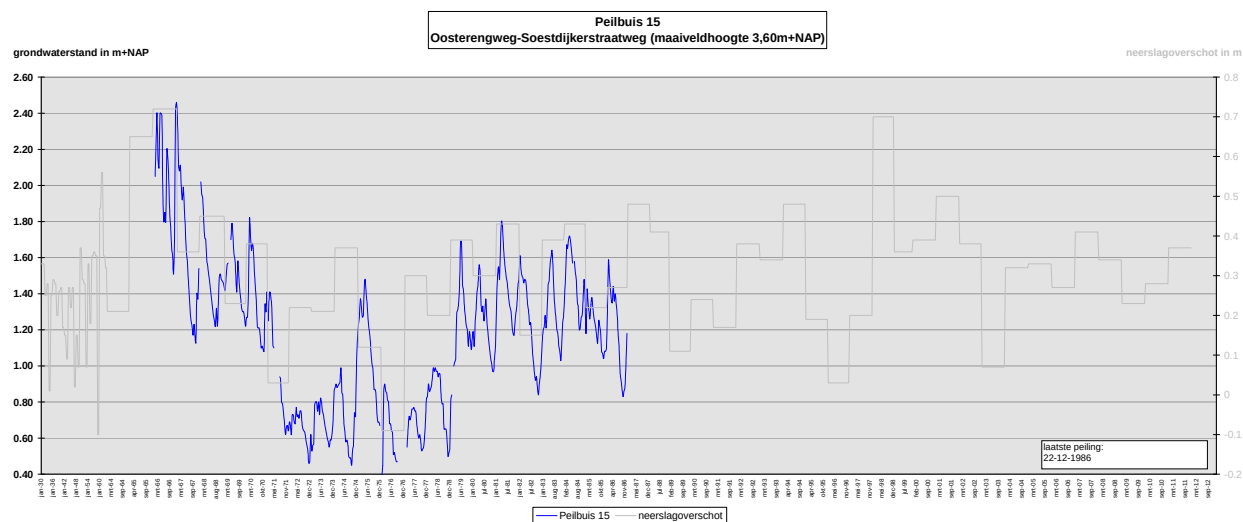
Figuur 2.6 Stijghoogte TNO peilbuizen tegen elkaar uitgezet

Twee reeksen zijn ingewonnen bij de gemeente Hilversum. In Figuur 2.6 en Figuur 2.7 zijn deze reeksen afgebeeld.

Kenmerk R001-1205456BHX-ygl-V03-NL



Figuur 2.6 Stijghoogte en neerslagoverschot voor peilbuis 14 (B32A1756) (bron: gemeente Hilversum)



Figuur 2.7 Stijghoogte en neerslagoverschot voor peilbuis 15 (B32A1760) (bron: gemeente Hilversum)

Een belangrijke conclusie met betrekking tot grondwater is dan ook dat de grote amplitudeverschillen, de grote tijdsvariatie en de onderlinge verschillen tussen de peilbuizen, een onregelmatige grondwaterstand laten zien. Deze onregelmatigheid heeft als consequentie dat een eventuele afwijking in de grondwaterstand niet direct een op een is toe te kennen aan bijvoorbeeld de ontwikkeling van het masterplan Monnikenberg. Concreet betekent dit als na realisatie van masterplan Monnikenberg een piek (of dal) in de grondwaterstand wordt geregistreerd, deze niet direct is toe te wijzen als zijnde een gevolg van de ontwikkelingen binnen de exploitatiegrenzen.

Deze conclusie vormt een belangrijk uitgangspunt bij de verdere inrichting van de waterstructuur voor het plangebied en het is dan ook noodzakelijk kritisch te kijken naar de mogelijke invloed die een bepaalde waterhuishoudkundige ingreep heeft op de grondwaterstand. Daadwerkelijk rekenen aan de invloed op de grondwaterstand heeft gezien de sterke fluctuaties van de grondwaterstand geen (directe) toegevoegde waarde.

2.1.5 Oppervlaktewater

Het plangebied Monnikenberg ligt in een gebied met een gescheiden afvoer van hemelwater en vuil water. In de huidige situatie ligt het gebied in het afvoergebied van het regenwatersysteem Vijver Laapersveld, Van Riebeeck, 't Ven, de Arenavijver en de vijvers Anna's Hoeve. Het regenwater afkomstig van het gebied Hilversum Oost dat wordt geloosd op dit systeem, wordt in de bodem geïnfiltreerd.

2.2 Verhard oppervlak huidige situatie

Om een nauwkeurig beeld te krijgen van het verharde oppervlak in de huidige situatie is in ArcGIS een analyse uitgevoerd. De berekende oppervlakken binnen de exploitatiegrenzen zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Oppervlak volgens de uitgevoerde GIS analyse

Type oppervlak	Oppervlak (m ²)	Oppervlak (ha)
Gesloten verharding	21.773	2,18
Open verharding	25.590	2,56
Vlakke daken	33.670	3,37
Onverhard	655.900	65,59
Totaal	736.933	73,7

Het totale aandeel verharding bedraagt circa 8,1 ha van het totale bruto oppervlak.

2.3 Belangen masterplan Monnikenberg

Aan de westzijde en zuidzijde van het plangebied liggen woongebieden, van Riebeeck Kwartier en West Indiëbuurt. Hier mag tengevolge van de planrealisatie in het gebied Monnikenberg geen sprake zijn van stijging van de grondwaterspiegel, laat staan van grondwateroverlast. Er worden niet alleen veel bomen gekapt er blijven ook veel bomen staan. En het is de bedoeling dat de omstandigheden voor deze bomen qua grondwatersituatie (zowel spiegel als dynamiek) er niet slechter op wordt. Sommige soorten zijn erg gevoelig voor veranderingen van de grondwaterstand.

Ook voor het oostelijk deel van het plangebied geldt dat de condities voor de natuur er qua grondwatersituatie er niet slechter op mogen worden. Dit geldt ook voor de op grotere afstand van het plangebied gelegen beschermde natuurgebieden (zogenaamde NB gebieden). In het advies over de reikwijdte en detailniveau van het MER vraagt de commissie voor de milieueffectrapportage aandacht voor de gevolgen van het kappen van bomen voor de grondwaterstand. Dit vanwege de vermindering van de verdamping. Het verband wordt vooral gelegd tussen het kappen van Douglasdennen (veel verdamping) en de grondwaterstand in de omgeving. De situatie met betrekking tot grondwater en de relatie met het kappen/herplanten van bomen (en vooral de Douglasdennen) is nader toegelicht in paragraaf 3.5.2.

3 Waterstructuur herstructurering Monnikenberg

Al in 2004 heeft de gemeente Hilversum haar visie gegeven over de inrichting van het gebied Monnikenberg. In deze toekomstvisie, getiteld: “Monnikenberg: regionaal gezondheidspark in het groen, Visie en Randvoorwaarden”, is aangegeven dat Hilversum een centrumfunctie vervult en dat de gemeente deze functie graag wil versterken.

Een onderdeel voor deze versterking van de centrumfunctie betreft het masterplan Monnikenberg, waarin de wens om de regionale medische functie verder te versterken is geconcretiseerd. Bij een nieuwe inrichting van een dergelijk groot gebied, vormt de waterstructuur een belangrijk aspect.

Dit hoofdstuk behandelt de belangrijkste uitgangspunten welke, aangevuld met berekeningen, resulteren in een waterstructuur voor het Monnikenberg van de toekomst.

3.1 Inrichting en verhard oppervlak in de toekomstige situatie

Het totale bruto oppervlak binnen de exploitatiegrens van het masterplan Monnikenberg bedraagt circa 73,7 ha. Binnen dit gebied is in de toekomstige situatie voornamelijk aan de westzijde bebouwing opgenomen. Het verhard oppervlak neemt in de toekomstige situatie aanzienlijk toe, voornamelijk aan de westzijde van het gebied. In de huidige situatie heeft het gebied voornamelijk een groene invulling.

Binnen dit gebied hebben de verkennende schetsen van de inrichting van het plangebied uiteindelijk geleid tot het Masterplan Monnikenberg. Het voorlopige definitieve model in dit masterplan voorziet in een regionaal gezondheidspark en herstel van het landgoed. Het definitieve model dateert van november 2011 (Masterplan Monnikenberg, Gemeente Hilversum, 24 november 2011). In totaal bestaat het plan uit 134.000 m² zorggerelateerde functies en circa 47.000 m² parkeeroppervlak (1500 parkeerplaatsen) en kantoorgebouwen. Alle genoemde oppervlakken betreffen het bruto vloeroppervlak.

Hiernaast zullen in totaal circa 600 woningen worden gerealiseerd. Hiervan zijn minimaal 300 woningen gereserveerd voor het zorgwonen terrein van Tergooiziekenhuizen en circa 300 woningen voor de locaties Heideheuvel en Hugenholtz (landgoed wonen).

Om een nauwkeurig beeld te krijgen van het verharde oppervlak zoals dit is vastgelegd in het masterplan Monnikenberg is in ArcGIS een analyse uitgevoerd. De berekende oppervlakken binnen de exploitatiegrenzen zijn weergegeven in tabel 3.3.

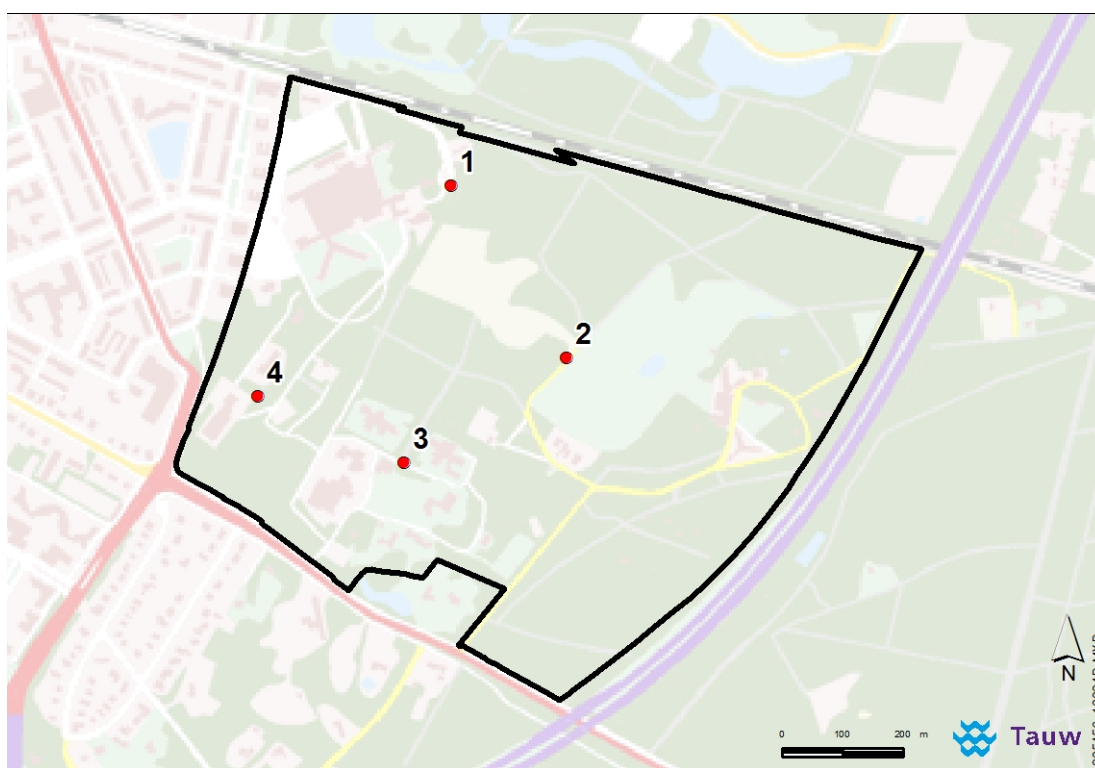
Tabel 3.3 Oppervlak volgens de uitgevoerde GIS analyse

Type oppervlak	Oppervlak (m ²)	Oppervlak (ha)
Gesloten verharding	23.470	2,35
Open verharding	33.580	3,36
Vlakke daken	55.830	5,58
Onverhard	623.790	62,38
Totaal	736.670	73,67

Het totale aandeel verharding bedraagt circa 11,3 ha van het totale bruto oppervlak. In de huidige situatie is het verharde oppervlak circa 8,1 ha. De ontwikkeling van het masterplan levert dus in totaal een verhardingstoename op van circa 3,2 ha.

3.2 Doorlatendheid ondergrond

Om een beter inzicht te krijgen in de doorlatendheid van de ondergrond, zeker in het kader van hemelwaterinfiltratie, zijn ten behoeve van dit waterstructuurplan een viertal boringen gezet verspreid over het plangebied. Van deze vier boringen zijn boorprofielen opgesteld volgens NEN 5104, en zijn op elke boorlocatie doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. De boorlocaties zijn weergegeven in figuur 3.1. De boorprofielen zijn opgenomen in bijlage 2.



Figuur 3.1 Boorlocaties doorlatendheidsmetingen Monnikenberg

Voor het bepalen van de horizontale doorlatendheid van de bodem in de onverzadigde zone (toplaag van de bodem) is gebruik gemaakt van de omgekeerde boorgatmethode. De methode is gebaseerd op het boren van een gat tot ongeveer 1 m- mv. Om de bodem in een voorverzadigde staat te krijgen is dit gat een aantal keren volledig gevuld met water. Tijdens de meting is het boorgat wederom gevuld met water waarna de leeglooptijd is gemeten. Op basis van deze leeglooptijden is de doorlatendheid van de bodem berekend. De resultaten van de doorlatendheidsmetingen zijn opgenomen in tabel 3.4.

Tabel 3.4 Doorlatendheidsmetingen in de onverzadigde zone

Locatie	Traject (m – mv)	Bodemsamenstelling ter hoogte van filter	K- waarde (m/dag)
1	0,00 – 0,40	Matig grof zand, zwak tot matig siltig, zwak humeus	> 5
	0,40 – 1,00	Fijn zand, matig siltig	
2	0,00 – 0,20	Matig grof zand, zwak humeus, zwak siltig	2 à 3
	0,20 – 1,00	Fijn zand, matig siltig	
3	0,00 – 0,20	Matig grof zand, zwak siltig, zwak humeus	1 à 2
	0,20 – 1,00	Fijn zand, matig siltig	
4	0,00 – 0,70	Matig grof zand, zwak tot matig siltig, zwak humeus	3 à 4
	0,70 – 1,00	Fijn zand, matig siltig	

De berekende doorlatendheid binnen het plangebied ligt op locaties 2 tot en met 4 in dezelfde orde grootte. Alleen op meetlocatie 1 is een aanzienlijk hogere doorlatendheid berekend (tot wel 10 m/dag). Op basis van de boorprofielen zoals opgenomen in tabel 3.4 is er geen duidelijke oorzaak voor deze afwijkende waarde. De bodemopbouw is over het plangebied redelijk uniform, met matig grof zand als toplaag en fijn zand daaronder.

De doorlatendheid van de ondergrond is sterk afhankelijk van de samenstelling van de bodem (korrelgrootte, lutumgehalte, organisch stof- gehalte etc.). Om de berekende onverzadigde doorlatendheid nader te bekijken is in tabel 3.5 een overzicht gepresenteerd van enkele theoretische waarden voor de verzadigde doorlatendheid.

Tabel 3.5 Verzadigde doorlatendheid (bron: Cultuurtechnisch Vademecum, tabel 3.2.6)

Grondsoort	Verzadigde doorlatendheid (m/dag)
Grof zand	11,2
Matig grof zand	3,0
Matig fijn zand	1,2
Fijn zand	0,5

Leggen we de berekende onverzadigde doorlatendheid naast de theoretische waarden voor de verzadigde doorlatendheid dan zien we dat voor matig fijn tot matig grof zand een theoretische bandbreedte aanwezig is tussen de 1,2 en 3,0 m/dag (verzadigd).

De infiltratievoorzieningen in het plangebied zullen echter boven de verzadigde zone worden aangelegd, wat betekent dat de onverzadigde doorlatendheid maatgevend is.

Gelet op de berekende waarden van tabel 3.4, is er in overleg met Bureau Ruimtewerk voor gekozen een gemiddelde doorlatendheid van 2 m/dag te hanteren voor infiltratieberekeningen binnen het plangebied Monnikenberg. Dit ligt tevens in lijn met de theoretische waarden uit het Cultuurtechnisch Vademecum.

3.3 Hemelwaterafvoer

Om het systeem zo veerkrachtig mogelijk te maken wordt er naar gestreefd om zoveel mogelijk de trits vasthouden, bergen en afvoeren te hanteren. Een belangrijk uitgangspunt bij de hemelwaterafvoer in de toekomstige situatie is dan ook dat het plangebied Monnikenberg in eerste instantie zelf verantwoordelijk is voor de verwerking van haar hemelwater. Dit betekent dat binnen de grenzen van de exploitatie ruimte moet worden gecreëerd om het aanbod aan hemelwater te kunnen verwerken.

Na berging van het hemelwater dient het water vervolgens te worden geïnfiltreerd in de bodem. Eventuele bergingsvijvers zullen worden meegenomen in de ruimtelijke inrichting.

Specifiek voor de gebruiksfunctie landgoed wonen is in dit waterstructuurplan geopteerd voor een oppervlakkige infiltratie van de oppervlakken behorende bij de landgoed woningen aan de oostzijde van het plangebied. Het hemelwater op deze locatie wordt afgevoerd naar het maaiveld waar het oppervlakkig kan infiltreren. De doorlatendheid van de ondergrond is hiervoor voldoende groot en hierdoor hoeven geen specifieke infiltratievoorzieningen te worden gerealiseerd op deze locatie. Het totale oppervlak behorende bij de functie landgoed wonen bedraagt circa 2,0 ha.

3.3.1 Bergingsopgave

Voor de resterende gebruiksfuncties (exclusief landgoed wonen) dient waterberging te worden gecreëerd. In de berekening is uitgegaan van een bruto oppervlak van 73,7 ha en een verhard oppervlak van 9,3 ha (exclusief landgoed wonen). Gaan we uit van een $T=10 +10 \%$ neerslaggebeurtenis (Buishand en Velds, buiduur van 4 uur) dan dient er voor circa 40 mm aan neerslag te worden geborgen en geïnfiltreerd binnen het plangebied.

Op basis van het verharde oppervlak van 9,3 ha betekent dit een bergingsopgave van circa 3.720 m³ ($9,3 \text{ ha} \times 40 \text{ mm} = 3.720 \text{ m}^3$) exclusief infiltratieverliezen. Nemen we de infiltratie mee en maken we gebruik van de huidige afvoerroute voor hemelwater dan kan de bergingsopgave aanzienlijk worden gereduceerd.

3.3.2 Extreme situaties

Omdat de bergingsopgave bepaald is met een specifieke neerslaggebeurtenis, is het mogelijk dat bij een extreme neerslaggebeurtenis de bergingsopgave op papier niet toereikend is. Om ook in deze situaties toch op een verantwoorde wijze om te gaan met het hemelwater dient het systeem een zekere mate van robuustheid te hebben. Belangrijke aandachtspunten waar hierbij aan

gedacht kan worden zijn bijvoorbeeld het licht verhogen van het vloerpeil van de gebouwen zodat ook op straat tijdelijk water geborgen kan worden bij extreme neerslag. Bij bijvoorbeeld een parkeerkelder dient er worden gezorgd voor voldoende hoog gelegen inrit zodat het water niet direct de parkeerkelder instroomt. De vloerpeilen en de definitieve inrichting van de infrastructuur binnen het plangebied dient bij een definitieve keuze voor het hemelwatersysteem op elkaar te worden afgestemd.

Het vergroten van de hemelwaterberging binnen het plangebied heeft voor extreme situaties weinig zin, daar extreme neerslaggebeurtenissen meestal van korte duur zijn (hoge intensiteit). Dit betekent dat er slechts kortstondig enige hinder van hemelwater kan worden ondervonden en dan na afloop van de extreme situatie het hemelwatersysteem al snel weer voldoende capaciteit heeft om het aanbod te kunnen verwerken.

Binnen dit kader valt ook de klimaatbestendigheid van het systeem. Door klimaatinvloeden zal de intensiteit en duur van extreme neerslaggebeurtenissen in de toekomst toenemen. Om daar nu reeds op vooruit te lopen is het belangrijk om bij de definitieve inrichting kritisch te kijken naar de vloerpeilen, beschikbare berging op straat en eventuele noodvoorzieningen. Belangrijk uitgangspunt is dat voor toekomstige ontwikkelingen de oplossing dient te worden gezocht op maaiveldniveau en niet in het vergroten van riolering. In het kader van dit waterstructuurplan is dit niet nader uitgewerkt.

3.3.3 Mogelijkheden hemelwaterafvoer

De groene structuur van het gebied zal gaan wijzigen, deels omdat water wordt toegevoegd vanwege de aanleg van waterbergingen.

Voor het verwerken van het aanbod aan hemelwater zijn meerdere mogelijkheden voorhanden. Grof gezegd kan worden gedacht aan Infiltratie & Transport (IT) riolering, infiltratieputten, infiltratie door middel van bodempassages, waterdoorlatende verharding, infiltratiekratten, bergingsvijvers en natuurlijk groene daken.

Groene daken

Er is in een vroeg stadium reeds aangegeven dat een groot deel van het dakoppervlak van het nieuw te bouwen ziekenhuis voorzien zal worden van mos sedum daken. Voordeel van dergelijke groene daken is dat dit de afvoer naar het grondwater vermindert en vertraagt. Dit is zeker interessant voor het (deels) opvangen van de consequenties van de grootschalige bomenkap in het plangebied.

Grof gezegd heeft een sedum dak, afhankelijk van de dikte, circa 25 tot 40 l/m² buffercapaciteit (bron: ZinCo dakbegroening). Kijken we naar het originele masterplan Monnikenberg dan is het

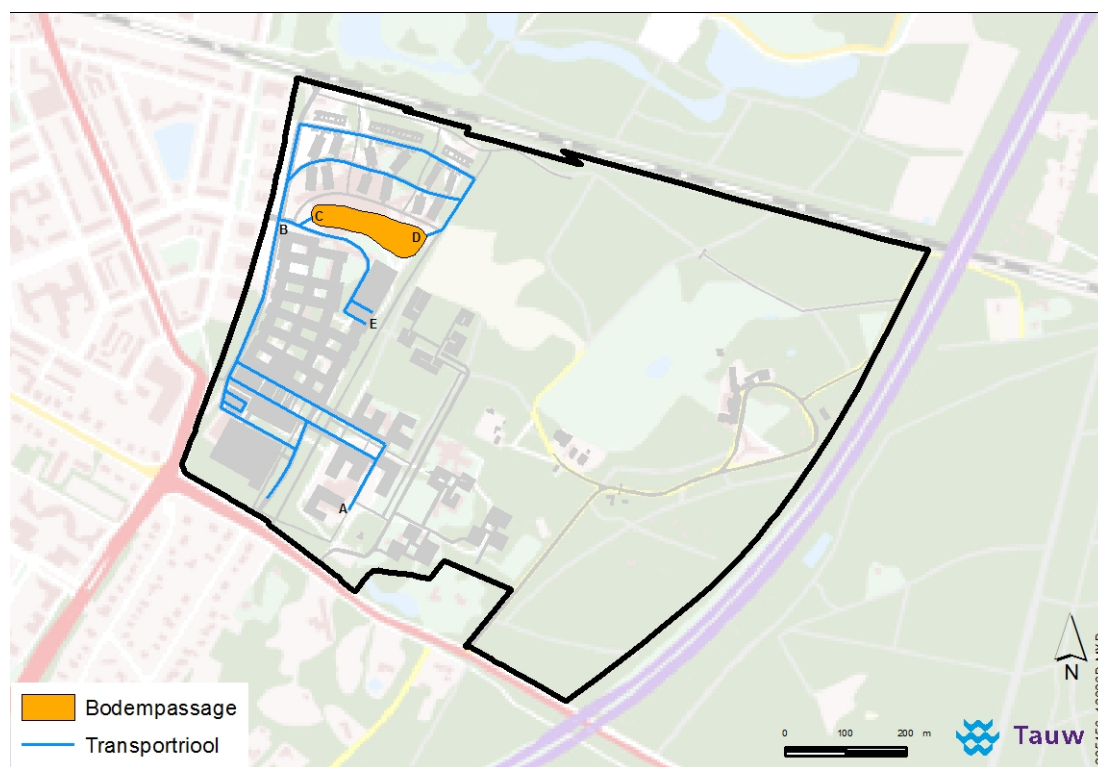
totale dakoppervlak dat is beoogd voor toepassing van sedum daken circa 16.730 m². In theorie zou er dus voor circa 420 tot 670 m³ aan buffervolume kunnen worden gerealiseerd door middel van groene daken.

Bodempassage

Voor het toepassen van een bodempassage zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Diepte van de bodempassage: maximaal 0,7 meter
- Waterschijf/bergende hoogte: maximaal 0,5 meter (beperkt in het kader van veiligheid)
- Onderhoudspad rondom: 4 meter
- De bodem van de voorzieningen minimaal op GHG- niveau,
- Talud: 1:3

Op de beoogde locatie kan maximaal circa 7.800 m² aan bergingsoppervlak worden gecreëerd tussen Tergooi en de zorgwoningen in het noordelijke deel van het plangebied. De beschikbare ruimte is globaal ingetekend in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Indicatieve ligging bodempassage en transportriool plangebied Monnikenberg

Gaan we er vanuit dat van deze 7.800 m² oppervlak circa 75% beschikbaar is voor infiltratie, dan kan er met een gemiddelde doorlatendheid van 2 m/dag circa 11.700 m³/dag worden geïnfilteerd. Hierbij dient te worden vermeld dat uit is gegaan van een continu beschikbare infiltratiecapaciteit.

Doordat de onverzadigde en verzadigde doorlatendheid vergelijkbare waarden laten zien zal bij een verzadiging van de ondergrond de doorlatendheid constant blijven. Wel zal bij hoge grondwaterstanden de infiltratiecapaciteit worden beïnvloed. Omgerekend naar een buiduur van 4 uur komt dit neer op circa 1.950 m³. In tabel 3.6 zijn de bergingsopgave en de infiltratiecapaciteit tegen elkaar uitgezet.

Tabel 3.6 Bergingsopgave en infiltratiecapaciteit

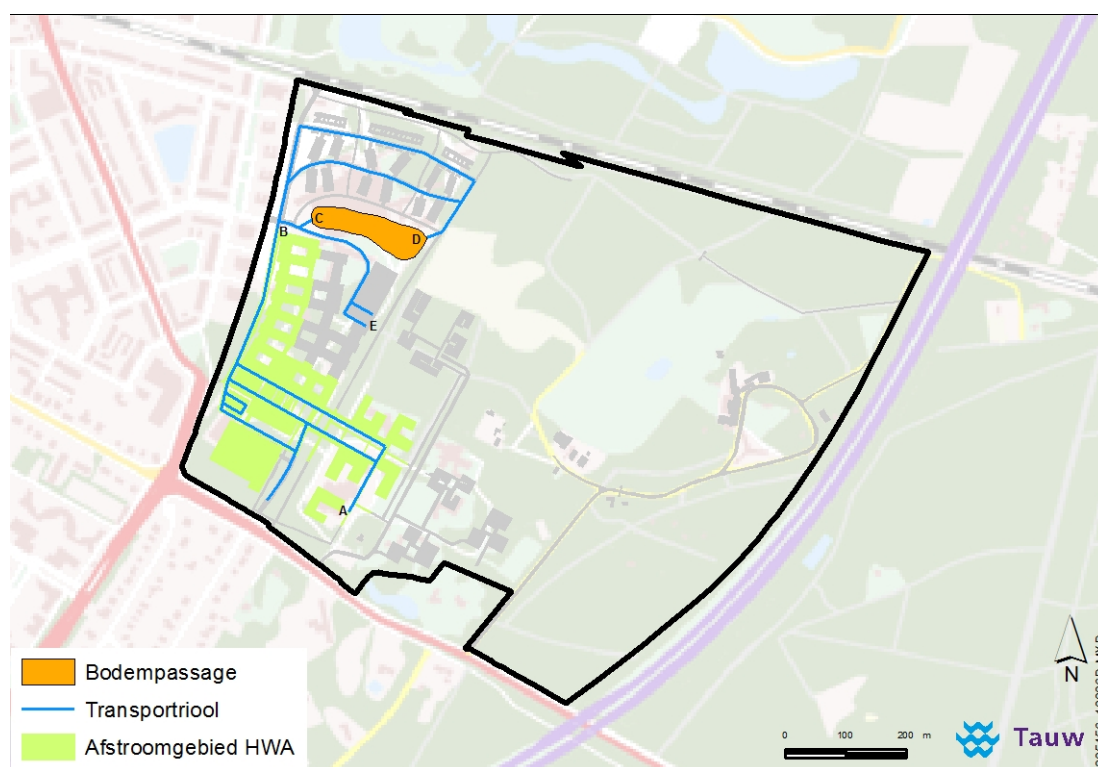
Eenheid	Waarde
K- waarde	2 m/dag
Bergingsopgave (excl. Infiltratie)	3.720 m ³
Infiltratiecapaciteit	1.950 m ³
Netto benodigde bergingscapaciteit	1.770 m ³

Nemen we de infiltratie mee dan geeft dit in theorie een maximale waterschijf van 0,30 m. Deze waarde is berekend op basis van een maatgevend oppervlak van 7.800 m² x 75% = 5.850 m². In werkelijkheid beschikken we ook nog over een talud van 1:3 wat de berekende peilstijging iets zal verlagen.

Een alternatief is om in plaats van een bodempassage een vijver te construeren met een waterdichte bodem. Tijdens neerslaggebeurtenissen zal deze vijver zich vullen tot een bepaald toelaatbaar niveau. Als dit niveau is bereikt laten we het water overstorten naar een serie gekoppelde infiltratieputten. Feitelijk maken we het water hiermee meer zichtbaar en zal alleen overstorting (en dus infiltratie) optreden bij extreme(re) neerslaggebeurtenissen. Deze optie is vooralsnog uitgesloten omdat de locatie van de voorziening (zoals weergegeven in figuur 3.2) een meervoudig ruimtegebruik zal kennen. In het kader hiervan is het niet wenselijk dat er permanent water in de voorziening staat.

Om het hemelwater in de bodempassage te krijgen is een stelsel aan hemelwater transportleidingen noodzakelijk. Het eerste uitgangspunt is dat de landgoed woningen aan de oostzijde het hemelwater oppervlakkig afvoeren en dus geen koppeling krijgen met de bodempassage in het noordwesten van het plangebied.

Voor het resterende deel van het plangebied is de dimensionering van de transportleidingen afhankelijk van de transportafstand en het gewenste veiligheidsniveau (maatgevende neerslaggebeurtenis). In dit waterstructuurplan is uitgegaan van een dimensionering op basis van de uitgangspunten zoals benoemd in de Leidraad Riolering. De voorgestelde transportroute voor de hemelwaterafvoer naar de bodempassage is weergegeven in figuur 3.2. De maximale transportafstand bedraagt circa 700 m (vanaf A naar uitstroom C). Voor deze route is geschat dat circa 4,7 ha verharding aangesloten is op de transportleiding. Dit gebied is indicatief weergegeven in figuur 3.3.



Figuur 3.3 Transportroute ABC en maatgevend oppervlak (indicatief)

Voor de transportleiding is vooral de hydraulische afvoercapaciteit maatgevend. Om een indicatieve diameter te geven is uitgegaan van een maatgevende hydraulische neerslaggebeurtenis van $T = 2$ (20 mm in 1 uur) volgens de Leidraad Riolerings. Met een maatgevend verhang van 1:500 en een diameter van 700 mm is de leiding maximaal gevuld voor deze gebeurtenis. Willen we enige hoofdruimte dan adviseren wij bij de uitstroom in de bodempassage een diameter van 800 mm toe te passen. Bovenstrooms in het systeem kan dit teruglopen naar minimaal 315 mm.

Verspreiden we buffercapaciteit over het plangebied dan kan de maximale benodigde leidingdiameter aanzienlijk worden gereduceerd. Alternatieve bergingslocaties dienen nader te worden onderzocht en uitgewerkt in het rioleringsplan.

IT- riolering

Voor het leggen van IT- riolering wordt in eerste instantie de toekomstige wegstructuur gehanteerd. De totaal beschikbare lengte van de aan te leggen IT- riolering bedraagt circa 2.800 m¹. Hierbij zijn alleen de hoofdwegen meegenomen.

Bij een IT leiding met een diameter van 600 mm kan over deze lengte een berging worden gecreëerd van circa 800 m³.

Tabel 3.7 Berging bij toepassing IT-riool

	k = 2 m/dag
Mogelijke lengte	2.800 meter
Diameter buis	600 mm (aannee)
Infiltratie via IT- riool	7.900 m ³ /d
Berging	800 m ³ (ex. infiltratie)

Hierbij is het uitgangspunt gehanteerd dat 75 % van het buisoppervlak bijdraagt aan de infiltratie van hemelwater (bij een volledig gevulde leiding).

De GHG bevindt zich naar verwachting op circa NAP +1,50 m. Bij een gronddekking van 1,20 m boven de aan te brengen buizen, een gemiddeld maaiveldniveau van rond de NAP +3,80 en een buisdiameter van 600 mm betekent dit een bok van NAP +2,0 m (ex. wanddikte) voor de IT riolering. Op basis van deze uitgangspunten kan het zijn dat bij hoge grondwaterstanden de buis gedeeltelijk gevuld is met grondwater. Hierdoor neemt de beschikbare berging in het stelsel af. In dit geval kan de berging in het IT- stelsel dan ook niet meegerekend worden in de benodigde waterberging.

Een alternatieve oplossing voor het toepassen van IT- riolering is het aanleggen van een IT ringleiding rondom bijvoorbeeld de kantoorcomplexen aan de zuidzijde van het gebied. Door deze met een overstortconstructie in verbinding te stellen met de transportleidingen kan er maximaal gebruik worden gemaakt van infiltratie en toch een hoog veiligheidsniveau worden gegarandeerd. Indien in een IT ringleiding systeem aanvullende berging kan worden gecreëerd, kunnen de diameters van de transportleidingen mogelijk een maat kleiner worden gedimensioneerd. De nadere uitwerking van een dergelijk systeem volgt in het rioleringsplan.

Aansluiten op de bestaande riolering

Het hemelwater van het gebied is in de huidige situatie door middel van een gescheiden stelsel gekoppeld aan de vijver in de wijk Van Riebeeck. Als voor de toekomstige situatie gebruik kan worden gemaakt van dit bestaande gescheiden stelsel dan zal een deel van het hemelwater worden afgevoerd uit het gebied. Bij uitbreiding dient de situatie niet te verslechteren wat concreet betekent dat er niet meer hemelwater mag worden afgevoerd dan in de huidige situatie. De mogelijkheid om in de toekomstige situatie gebruik te maken van de bestaande riolering is nog niet verder onderzocht en hiermee is vooralsnog geen rekening gehouden in de berekende bergingsopgave.

3.3.4 Waterkwaliteit

Bij het ontwerpen van hemelwatervoorzieningen voor het plangebied Monnikenberg is het van belang de koppeling te leggen tussen de kwaliteit van het infiltrerende hemelwater en de invloed hiervan op het grondwater. Grondwaterverontreiniging kan worden voorkomen door het gebruik van niet- uitlogende bouwmaterialen (dus geen zinken dakgoten en dakkapellen), geen gebruik te maken van bestrijdingsmiddelen, geen auto's wassen enzovoorts. Het onderdeel waterkwaliteit dient bij de definitieve keuze van het type hemelwatervoorziening nader te worden uitgewerkt.

3.3.5 Keuze en consequenties

Om de vereiste berging te kunnen creëren, is een bodempassage een voor de hand liggende keuze. Vanuit de gemeente Hilversum en Tergooiziekenhuizen, is aangegeven dat IT- riolering vanuit beheerorgaan niet de voorkeur heeft. IT- riolering biedt echter wel mogelijkheden als ringleiding om bijvoorbeeld de kantoorcomplexen aan de zuidzijde van het plangebied. Met een bodempassage als hoofdvoorziening is het voordeel dat het systeem eenvoudig blijft en goed te onderhouden is. De landgoed woningen aan de oostzijde van het terrein zijn in het ontwerp niet voorzien van een infiltratievoorziening. Door het water oppervlakkig af te voeren (de infiltratiecapaciteit is hiervoor ruim voldoende) zijn dure oplossingen niet noodzakelijk.

Doordat het ziekenhuis, Merem, de kantoorgebouwen en de zorgwoningen hogere eisen stellen aan de hemelwaterafvoer is in het ontwerp hiervoor wel een afvoeroute en infiltratiemogelijkheid opgenomen. Hoe de bodempassage uitgevoerd gaat worden dient te worden afgestemd met de betrokken partijen..

3.4 Droogweerafvoer

De droogweerafvoer (dwa) die binnen het plangebied vrijkomt dient te worden aangesloten op de bestaande riolering van de gemeente Hilversum. Uiteindelijk zal de dwa worden afgevoerd naar de rioolwaterzuivering.

3.4.1 Uitgangspunten

In het waterhuishoudingsplan dienen voor het ontwerp van het dwa- stelsel de volgende randvoorwaarden aangehouden te worden:

- Dwa aanbieden aan de voorzijde van de woningen/kantoren en bedrijven
- Droogweerafvoer voor bedrijventerreinen: 0,5 m³/h·ha bruto oppervlak
- Minimale gronddekking: 1,0 m
- Maximale putafstand: 80 m
- Minimale diameter riolen: PVC ø250 mm
- Maximale vulling: 50% bij piekdebiet
- Toe te passen leidingverhang (indien mogelijk)
 - Eerste 150 m 1:250 (4 ‰), minimaal (1:300)
 - Daarna 100 m 1:300 (3 ‰), minimaal (1:500)
 - Overige 1:500 (2 ‰), minimaal (1:500)
- Minimale uitwendige afstand tussen kruisende riolen en duikers: 0,20 m; anders een drukverdelende constructie toepassen
- Het dwa- riool krijgt geen noodoverlaat

3.4.2 Afvalwaterproductie

De totale afvalwaterproductie binnen het plangebied is opgesplitst naar gebruiker.

Voor *Tergooiziekenhuizen* is de afvalwaterproductie geschat op basis van het drinkwaterverbruik. Naar verwachting is het volume afvalwater nagenoeg gelijk aan de totale drinkwaterafname. De gemiddelde afname op jaarbasis bedraagt circa 57.000 m³. Het jaar 2010 was met een afname van circa 63.000 m³ aanzienlijk hoger. De bestaande riolering kan dit aanbod echter zonder problemen verwerken. De piekafvoer van Tergooiziekenhuizen ligt rond de 20 m³/uur. Dit debiet is ongeveer equivalent aan 1.670 inwoners bij een gemiddelde dwa productie van 12 l/h per inwoner.

Ook voor *Merem Behandelcentra* is de afvalwaterproductie over de laatste jaren geschat op basis van de drinkwaterafname. Gemiddeld is de afname circa 8.000 m³/jaar. Ook hier zijn geen problemen geconstateerd met betrekking tot de capaciteit van de vuilwaterriolering. De piekafvoer van Merem is teruggerekend naar circa 2,5 m³/h.

Aan de noordwestzijde van het plangebied is in het masterplan ruimte gereserveerd voor het realiseren van *300 zorgwoningen van Tergooiziekenhuizen*.

Met een gemiddelde afvalwaterproductie van 12 l/h per inwoner en een gemiddelde woningbezetting van 2,5 inwoner per woning, is het maximale debiet te herleiden naar circa 9 m³/h (12 l/h.inw x 2,5 inw./woning x 300 = 9.000 l/h ofwel 9,0 m³/h).

De oostzijde van het plangebied is gereserveerd voor landgoed woningen. In totaal circa 300 woning zullen hier worden gerealiseerd. Net als bij de 300 zorgwoningen aan de noordwestzijde van het gebied, bedraagt de maximale droogweerafvoer circa 9 m³/h op basis van een gemiddelde afvalwaterproductie van 12 l/h per inwoner een gemiddelde woningbezetting van 2,5 inwoner per woning.

Als laatste bevinden zich aan de zuidzijde van het plangebied kantoor- en zorggebouwen. Omdat hiervan de totale afvalwaterproductie niet eenvoudig te schatten is, is ook hiervoor een maximale droogweerafvoer van 9 m³/h gehanteerd.

3.4.3 Vrijverval aansluitingen

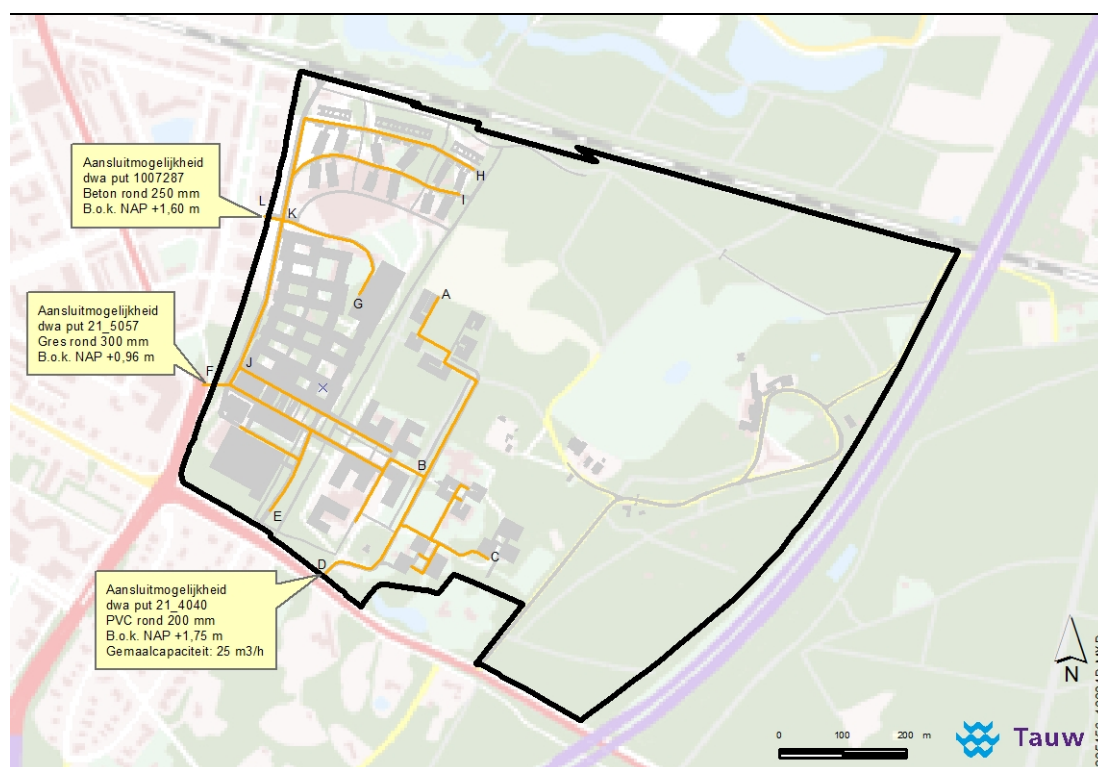
Vanuit het oogpunt van betrouwbaarheid is het wenselijk zo weinig mogelijk gemalen toe te passen, wat betekent dat indien mogelijk onder vrijverval wordt aangesloten op de bestaande aansluitpunten. De mogelijkheden per aansluitpunt zijn hieronder nader toegelicht.

Voor het realiseren van vrijverval aansluitingen op de bestaande riolering is het gebied in een aantal hoofdstromen ingedeeld. Bij het analyseren van mogelijk dwa routes is een gemiddeld maaiveldniveau gehanteerd van NAP +4,0 m. De hoofdstromen zijn ingedeeld op basis van gebruikstype (tabel 3.8):

Tabel 3.8 Maximale dwa per gebruiksfunctie

Gebruiker	Afvoerroute	Piek dwa (m ³ /h)	Leidingdiameter (mm)	Max. vulling (%)
Tergooiziekenhuizen en Merem	Van Riebeeckweg of Oostereind	23	250	36
Zorgwonen	Van Riebeeckweg	9,0	250	22
Landgoedwonen	Soestdijkerstraatweg of Oostereind	9,0	250	22
Kantoor- en zorggebouwen	Oostereind	9,0	250	22

In figuur 3.4 is een overzicht gegeven van de mogelijke dwa afvoerroutes voor het plangebied Monnikenberg. De genoemde letters komen terug in de uiteenzetting hieronder voor het vaststellen van de dwa mogelijkheden per gebruiksfunctie:



Figuur 3.4 DWA structuur en potentiële aansluitpunten plangebied Monnikenberg

Tergooizekenhuizen en Merem:

Voor Tergooizekenhuizen en Merem zijn twee afvoerroutes mogelijk.

- **Via de Van Riebeeckweg (afvoerroute L):** voor het aansluiten van de droogweerafvoer van Tergooizekenhuizen en Merem op de bestaande riolering in de Van Riebeeckweg is een aansluithoogte van NAP +1,60 m maatgevend. Onder de gehanteerde uitgangspunten van paragraaf 3.5.1. kan circa 360 m leiding worden gelegd om onder vrijverval en minimaal dek aan te sluiten. De maximale afstand voor het aansluiten van Tergooi en Merem bedraagt circa 250 m. Dit valt ruim binnen de gestelde grenzen, waardoor een vrijverval aansluiting mogelijk is. De maximale vulling blijft met 36% ruim binnen de gestelde marges
- **Via de kruising Oostereind/Oosterengweg (afvoerroute F):** de maatgevende diepteligging voor deze afvoerroute bedraagt NAP +0,96 m. Door deze relatief diepliggende leidingen is het aansluiten van Tergooi en Merem onder de uitgangspunten van paragraaf 3.5.1. geen probleem. De maximaal benodigde lengte bedraagt circa 500 m. Onder maatgevend verhang geeft dit een bovenstroomse b.o.k. van circa NAP +2,40 m. Dit valt binnen de marges.

Zorgwoningen Tergooi (afvoerroute L)

De 300 geplande zorgwoningen in het noordwesten van het plangebied zijn voor het onder vrijverval aansluiten van de dwa riolering, afhankelijk van een aansluiting op de Van Riebeeckweg. Doordat de afstand tussen het aansluitpunt in de Van Riebeeckweg en de locatie van de zorgwoningen maximaal 495 meter is, is het niet mogelijk te voldoen aan de gestelde eisen van paragraaf 3.3.1. Willen we de zorgwoningen toch onder vrijverval aansluiten op de Van Riebeeckweg dan dient het systeem grotendeels onder een verhang van 1:500 te worden aangelegd (de eerste 150 m kunnen worden aangelegd onder 1:300 verhang). Dit is mogelijk, maar heeft wel tot gevolg dat de maximale stroomsnelheid in de leiding wordt gereduceerd. De maximale vulling van de leiding bedraagt circa 22%. Het alternatief is te kiezen voor een gemaal bij de aansluiting op de Van Riebeeckweg.

Landgoed wonen

Voor de landgoed woningen zijn twee mogelijke dwa afvoerroutes beschikbaar:

- **Via de Soestdijkerstraatweg (afvoerroute D):** Voor het aansluiten van de 300 landgoed woning aan de oostzijde van het plangebied is aansluiten op de Soestdijkerstraatweg de meest voor de hand liggende keuze. Om onder vrijverval aan te sluiten op de bestaande riolering dient een aansluithoogte van circa NAP +1,81 m te worden gehanteerd. Hierbij sluit de nieuwe riolering aan bij het bestaande gemaal in de Soestdijkerstraatweg. Om de woningen centraal in het plangebied te kunnen aansluiten is een dwa leiding van circa 465 meter noodzakelijk. Onder de gestelde uitgangspunten van paragraaf 3.5.1 is een aansluiting niet mogelijk. Leggen we de leiding geheel onder een verhang van 1:500 dan is aansluiten wel mogelijk.
Een dergelijk verhang heeft echter wel een negatief effect op de stroomsnelheid in de leiding. Indien dit niet gewenst is dient voor aansluiting op de Soestdijkerstraatweg een gemaal te worden geïnstalleerd.
- **Via de kruising Oostereind/Oosterengweg (afvoerroute F):** Een alternatief is om de landgoed woningen aan te sluiten op een dwa leiding in de zorgboulevard. Door hier een koppeling te maken, kan de droogweerafvoer worden afgevoerd naar de kruising Oostereind/Oosterengweg. Door de diepere ligging van dit riool, kan het dwa systeem voor de landgoed woningen dieper worden gelegd wat gunstig is voor het verhang in de leiding en de dekking op de buis.

Kantoor- en zorggebouwen (afvoerroute F)

Om de kantoor- en zorggebouwen aan de zuidwestzijde aan te sluiten op de bestaande riolering is een aansluiting mogelijk op het Oostereind. Hiervoor kunnen in de zorgboulevard dwa leidingen worden gelegd om de kantoor- en zorggebouwen te koppelen aan de bestaande riolering. De dwa leiding in het Oostereind heeft een aansluithoogte van circa NAP +0,96 m. Door deze relatief

diepe ligging, is een vrijerval aansluiting op deze locatie geen probleem en kan worden voldaan aan de uitgangspunten van paragraaf 3.5.1.

3.4.4 Keuze en consequenties

Op basis van bovenstaande afwegingen geeft een aansluiting op put 21_5057 (Oostereind/Oosterengweg) de beste mogelijkheden voor het aansluiten van de dwa strengen binnen het plangebied. Vanwege de diepe ligging van deze streng is een grote afstand te bestrijken wat betekent dat het aantal dwa aansluitingen op de omliggende riolering kan worden beperkt. Door zowel Tergooi, Merem, de kantoor- en zorggebouwen (zorgboulevard) en de landgoed woningen aan de oostzijde van het terrein qua droogweerafvoer te ontsluiten via het Oostereind, kan voldoende dekking op de buis worden gegarandeerd en is voldoende afschot in de leiding te realiseren.

Op basis van de ingeschatte maximale dwa per gebruiksfunctie heeft een leidingdiameter van 250 mm voldoende hydraulische afvoercapaciteit om het aanbod aan vuilwater te verwerken. De maximale vulling bij een verhang van 1:500 en een piekafvoer van 20 m³/uur bedraagt circa 33%. De maximale toelaatbare vulling zoals is vastgelegd in de uitgangspunten bedraagt 50%. De diameter van 250 mm is dus voldoende groot gedimensioneerd. Een kleinere diameter is vanuit beheeroogpunt niet wenselijk. Bij deze maximale piekafvoer is de opstuwingshoogte in de leiding minimaal. Over 500 m bedraagt de berekende opstuwingshoogte in de leiding circa 5 cm.

De daadwerkelijke keuze voor de aansluiting van de dwa stromen is afhankelijk van het aantal aansluitpunten en de maximale toelaatbare piekafvoer per aansluitpunt. In het rioleringsplan dient hiervoor een keuze te worden gemaakt in overleg met de gemeente Hilversum.

3.5 Grondwatersituatie

3.5.1 Statistische analyse grondwaterdynamiek

Om een goed beeld te krijgen van de grondwaterdynamiek binnen het plangebied is een statistische analyse uitgevoerd op basis van de beschikbare grondwater gegevens van nabij het plangebied gelegen peilbuizen. De resultaten van dit statistische onderzoek zijn integraal opgenomen in bijlage 3 van dit rapport. Onderstaand is de conclusie opgenomen van de statistische analyse.

Grondwaterdynamiek

De grondwaterstanden worden op de planlocatie vooral bepaald door neerslag en dan met ongeveer een jaar vertraging. Meer kort cyclische hydrologische processen bepalen dan de korte termijn variatie. Die laat zich met de tijdreeks analyse nog niet goed benoemen. Bepalend voor de ontwikkelingen de komende jaren zijn de neerslaghoeveelheden van de afgelopen jaren. De relatief droge jaren zullen daarom tot een gelijkblijvende of dalende gemiddelde grondwaterstand leiden. De korte termijn pieken kunnen echter wel sterk blijven variëren. De hydrologische benadering laat zien dat een marge van -0,5 tot + 0,5 meter op de langjarige trend te verwachten is.

Drinkwaterwinningen in relatie tot grondwaterdynamiek Monnikenberg

Rondom het plangebied zijn er verschillende locaties waar drinkwater wordt gewonnen. Daarnaast is er één interceptiewinning (Laren), waarvan het water op de meren ten noorden van de planlocatie geloosd wordt. Met behulp van een statistische benadering is aangetoond dat er geen verband is tussen de drinkwaterwinningen in de omgeving en de grondwaterstanden in het plangebied.

3.5.2 Effect masterplan

In de huidige praktijk wordt binnen het plangebied veel hemelwater geïnfiltreerd. De schatting is dat dit bij benadering 100% is of zelfs meer door aanvoer van buiten het plangebied. De doorlatendheid is groot, zodat de grondwateraanvulling maximaal is. Dit proces verklaart ook de snelle reactie van het grondwater op neerslaggebeurtenissen in Hilversum. De gemeentelijke watersystemen in het bebouwde gebied zijn hier ook volledig op afgestemd. In de plansituatie blijft die infiltratie van hemelwater gehandhaafd.

Voor het huidige bomenbestand binnen het plangebied en directe omgeving zijn er door verschillende mogelijke effecten als gevolg van veranderingen in de waterhuishouding geen verslechterende omstandigheden te verwachten. Er zijn nu ook geen problemen met het bomenbestand bekend die het gevolg zijn van de waterhuishouding.

Aanplant van nieuwe bomen vraagt wel zorg en aandacht. Als de nieuwe aanplant gedaan wordt in relatief droge periodes, dan kan het zijn dat de wortelgroei na één of meerdere seizoenen zich schikt in die droge omstandigheden en dat een volgende natte periode voor problemen zorgt.

De waterhuishouding op het terrein zal door verschuiving van bebouwde en verharde oppervlakken veranderen. De huidige ligging van de infiltratievoorzieningen zal herzien worden, zodanig dat de hemelwaterafvoer binnen veilige grenzen van wateroverlast plaats kan vinden. Dat betekent dat er enerzijds lokaal periodiek grotere fluctuaties in het grondwater te verwachten zijn en anderzijds op de plaatsen van vervallen infiltratievoorzieningen juist kleinere variaties zullen optreden. Doordat de bodempassage (zoals benoemd in deze rapportage) ongeveer op dezelfde plek ligt als waar in de huidige situatie wordt geïnfiltreerd, verwachten we dat dit effect beperkt is.

Per saldo zal er in het plangebied evenveel neerslag geïnfiltreerd worden als in de huidige situatie. Voor de omgeving is dat een belangrijk gegeven. De invloed van de verschuivende “verstedelijking” binnen het plangebied zal niet meer dan geringe kwantitatieve effecten naar buiten kunnen uitstralen. Rekening houdend met de grote natuurlijke variaties die er nu al zijn, zijn meetbare effecten, ook in de oostelijk gelegen EHS, niet waarschijnlijk.

De Commissie voor de M.e.r. vraagt specifiek om aandacht voor effecten van wijzigingen in de bosopstand ten aanzien van grondwater. Deze veranderingen zouden volgens de Commissie in theorie gevolgen kunnen hebben voor de waterhuishouding in het aangrenzende natuurgebied (specifiek voor de bestaande loofbomen).

Er wordt in het plan een areaal van circa 1 ha Douglasdennen vervangen door jonge aanplant in andere soorten. Dit resulteert in een netto afname van de verdamping. Dit effect is het sterkst in de beginfase en neemt daarna af tot vrijwel nul wanneer de jonge aanplant volgroeid is. In een bosgebied van ruim 50 ha is een aandeel van 1 ha verhoudingsgewijs klein. De netto toename van de grondwateraanvulling is daarom in absolute zin erg klein.

De ondergrond bestaat uit zeer goed doorlatend zand zonder horizontale verstoringen. Dit is in het bodemkundig- en archeologisch onderzoek vastgesteld en bevestigd door recente doorlatendheidsmetingen. De reikwijdte van een grotere grondwateraanvulling is daardoor erg klein.

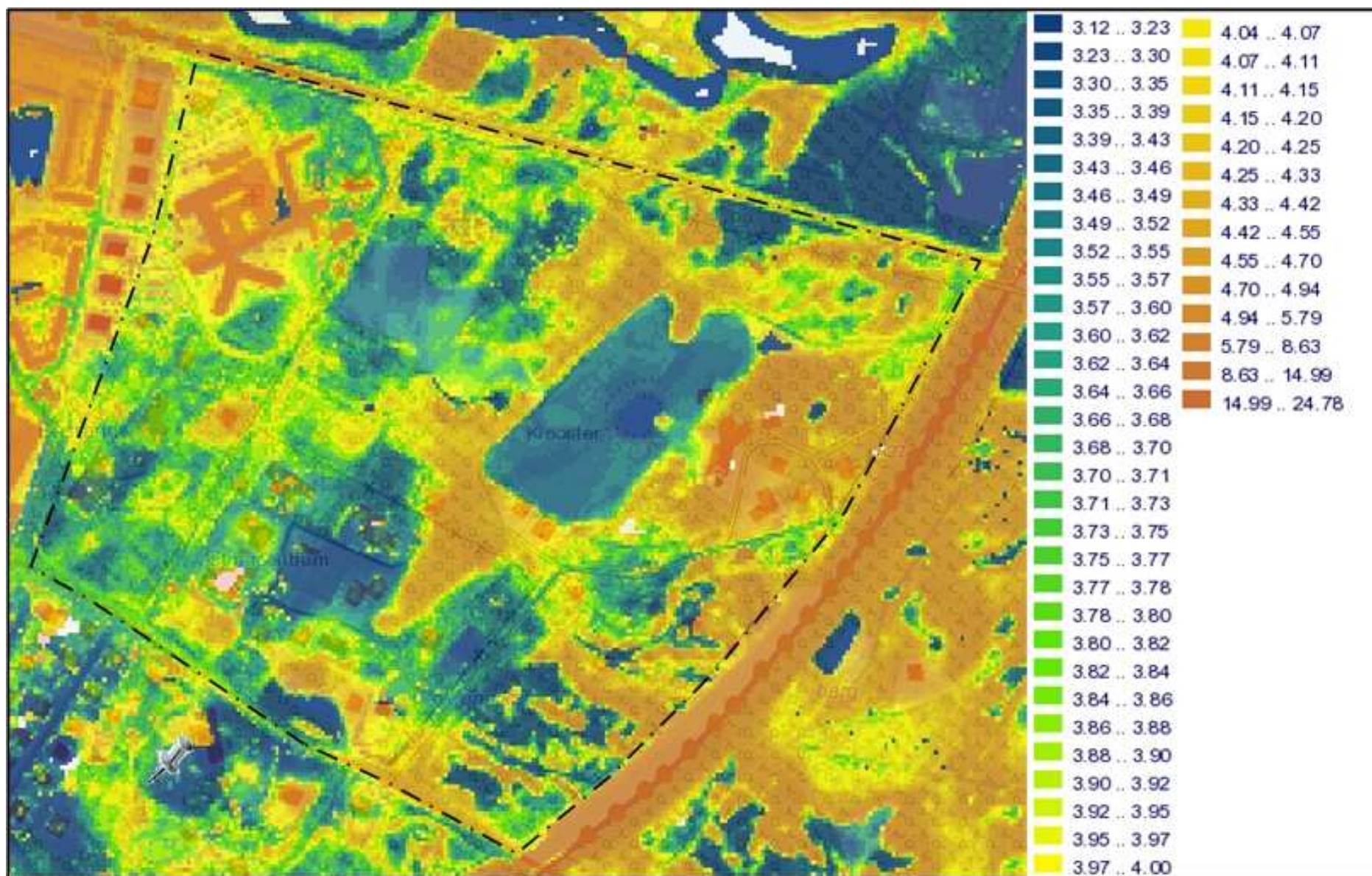
Ter vergelijking, er wordt op locatie een WKO installatie gebouwd met een onttrekkingsput en een infiltratieput. Met een maximaal debiet van $750 \text{ m}^3/\text{h}$ ligt het effect op de grondwaterstanden in de orde grootte van centimeters.

De veranderingen door verdampingsverschillen zijn aanzienlijk kleiner en dus verwaarloosbaar klein. Het maandgemiddelde voor de verdamping is 57 mm per maand voor donker naaldhout (*Jansen A (Kiwa), Oltshoorn, A (Alterra), Nederlands Bosbouw tijdschrift 2003*). Als dit wordt vervangen door de minst verdampende categorie bomen, dan daalt de verdamping tot 38 mm per maand. Het nettoverschil is een schatting voor de extra grondwateraanvulling en is dan voor 1 ha circa $6,4 \text{ m}^3/\text{dag}$ ($0,27 \text{ m}^3/\text{h}$). Zou de bodem waterdicht zijn, dan is dat een waterschijf van 23,4 cm op die hectare na een heel kalenderjaar. Als de bodem een KD-waarde heeft van $3500 \text{ m}^2/\text{d}$ is het effect ter plaatse van het bosperceel $<0.1 \text{ mm}$. Als de bovenste 10 meter van de bodem een lagere KD heeft van bijvoorbeeld $500 \text{ m}^2/\text{d}$ (dit staat gelijk aan een zandlaag met een K-waarde $5 \text{ m}/\text{d}$ en een dikte van 10 meter) is het effect ongeveer 1 mm stijging. Op enige afstand van het plangebied is er geen significante stijging te verwachten.

Bijlage

1

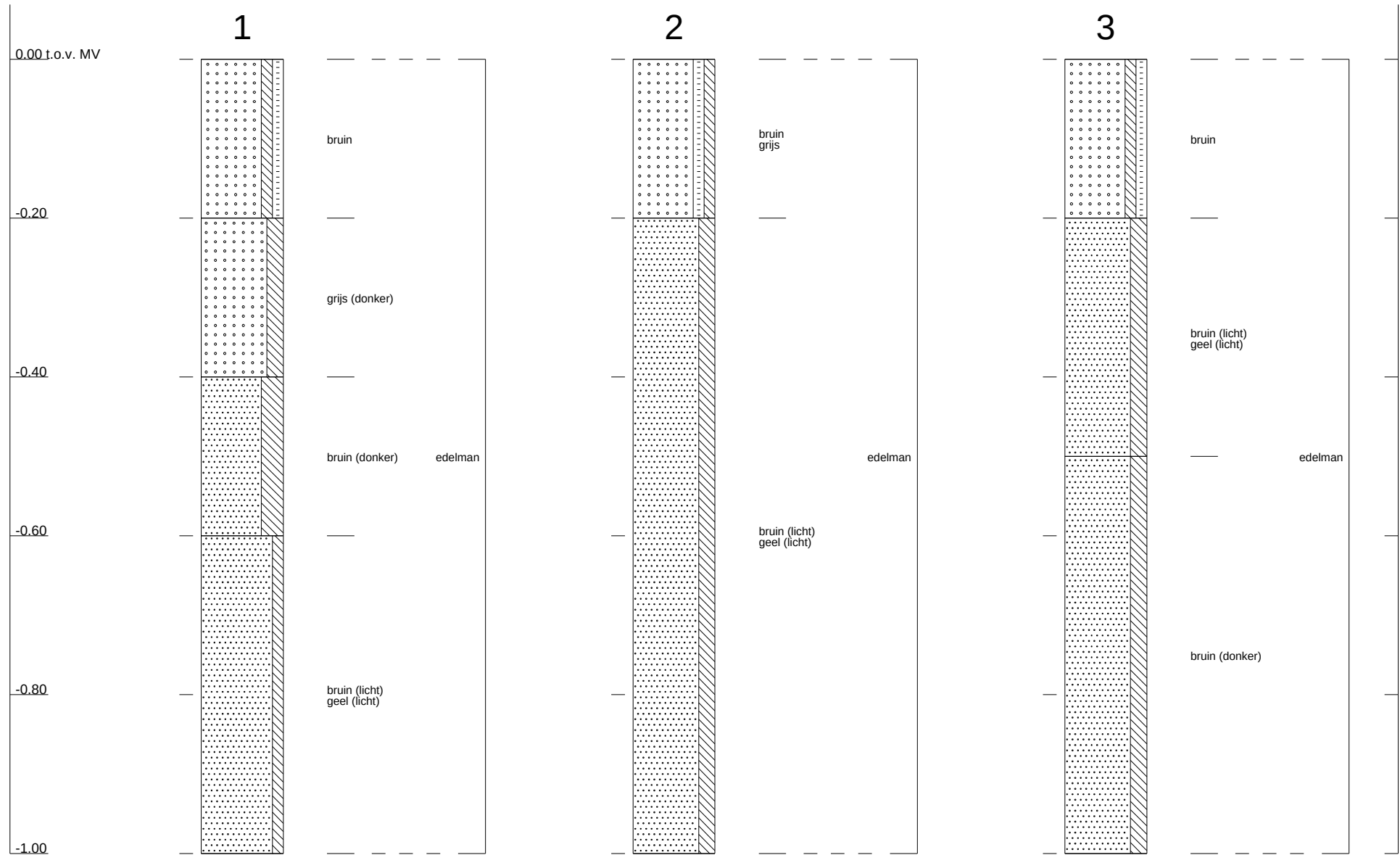
Maaiveldhoogten volgens de AHN

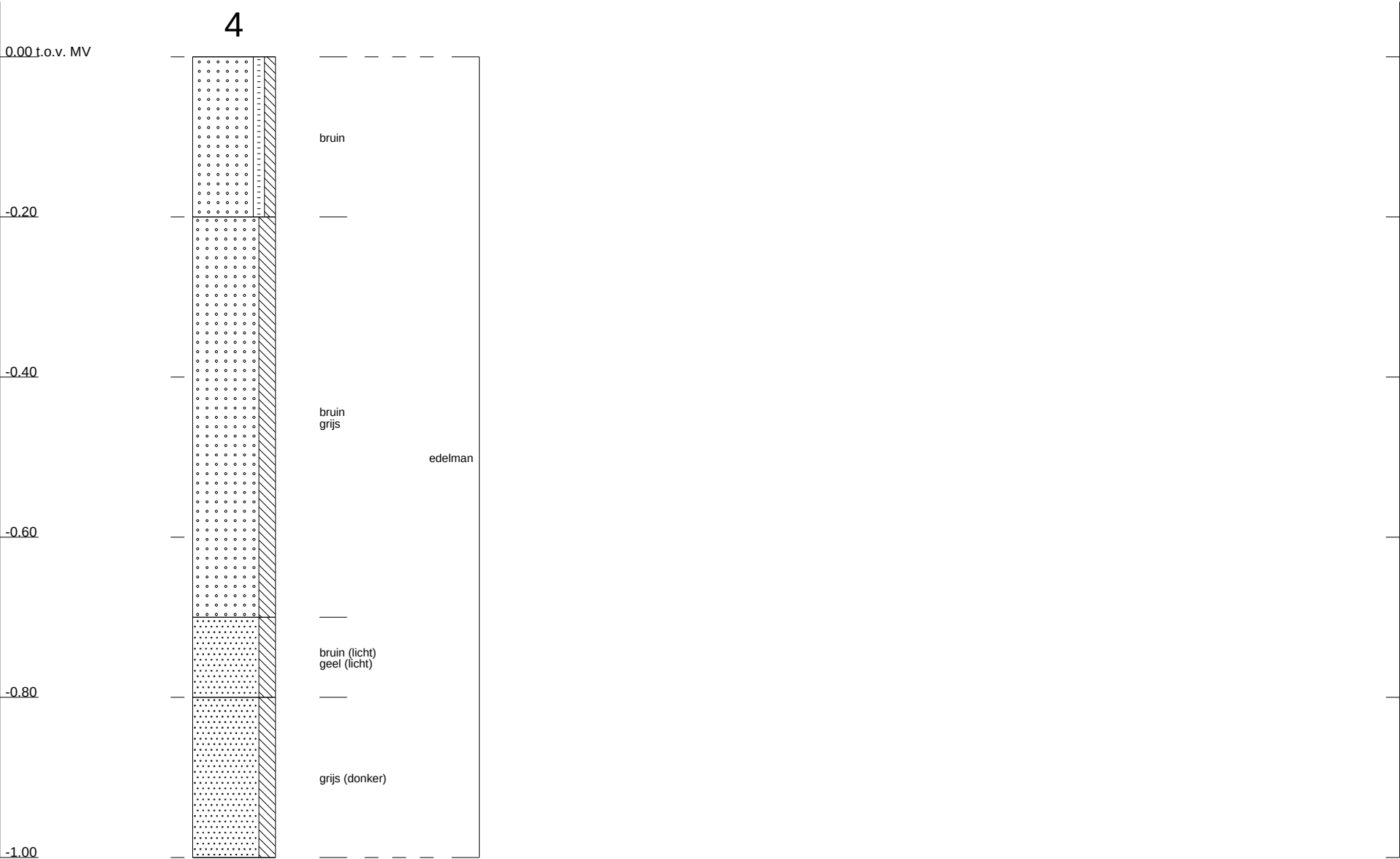


Bijlage

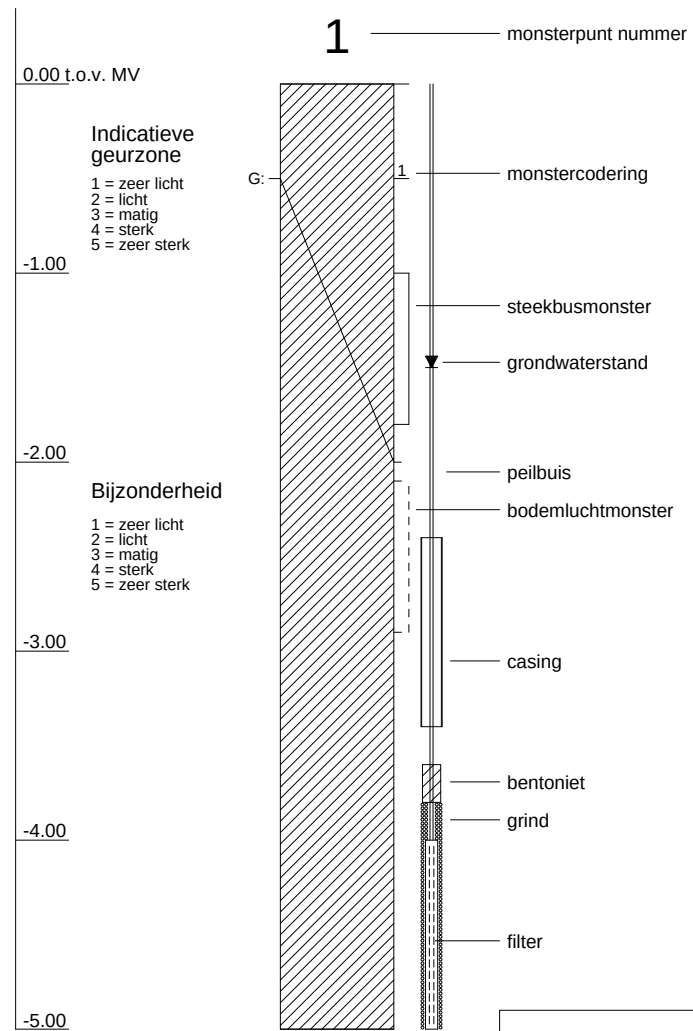
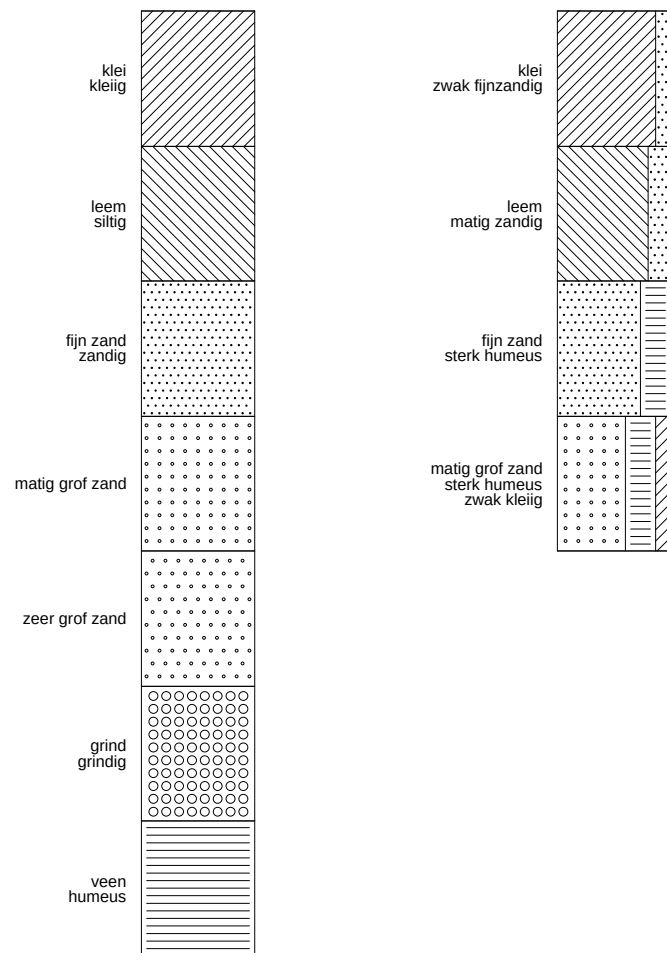
2

Boorprofielen NEN 5104





Legenda boorprofielen



Bijlage

3

Tijdreeksanalyse grondwater Monnikenberg Hilversum

Uitgangssituatie

De grondwaterhuishouding van Hilversum is vrij ingewikkeld. Er zijn verschillende grote drinkwaterwinningen, er zijn diepe grondwaterverontreinigingen en er is vrijwel geen oppervlaktewater. Er staan veel peilbuizen in en rond Hilversum waar de grondwaterstand gemeten wordt. Door de grote variatie in grondwaterstanden is het moeilijk zicht te krijgen op de maatgevende situatie voor het ontwerp van de waterhuishouding.

Om wel goede inschattingen te kunnen maken van de gemiddelde en maximale grondwaterstanden waarmee gerekend moet worden in het waterhuishoudkundig ontwerp van het plan Monnikenberg, is een analyse van een lange meetreeks zo dicht mogelijk bij het plangebied gedaan.

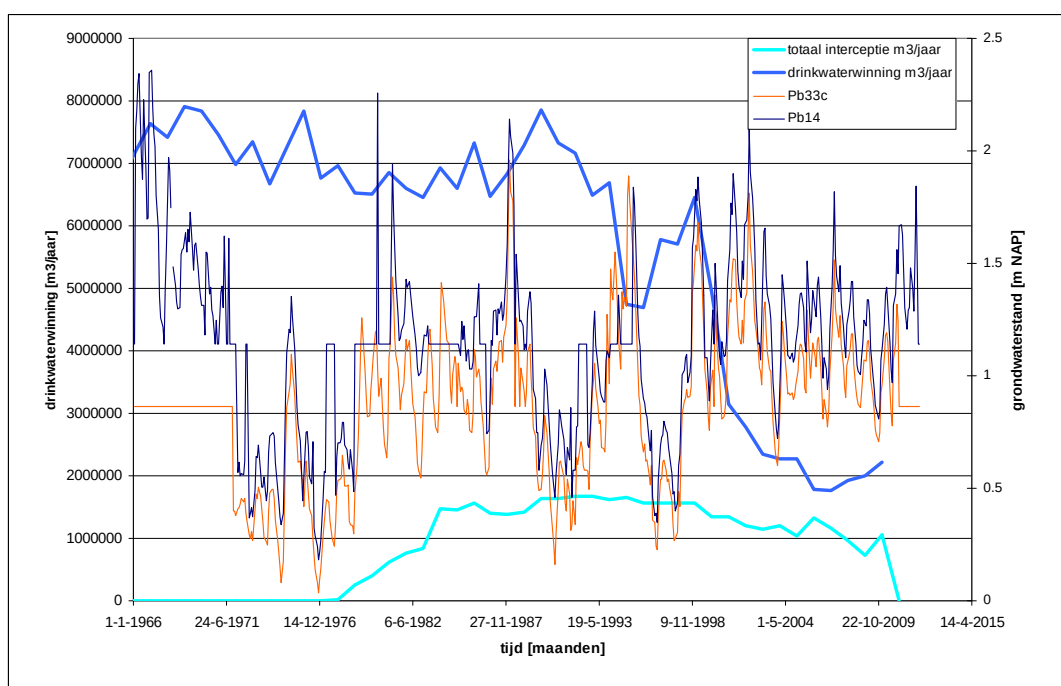
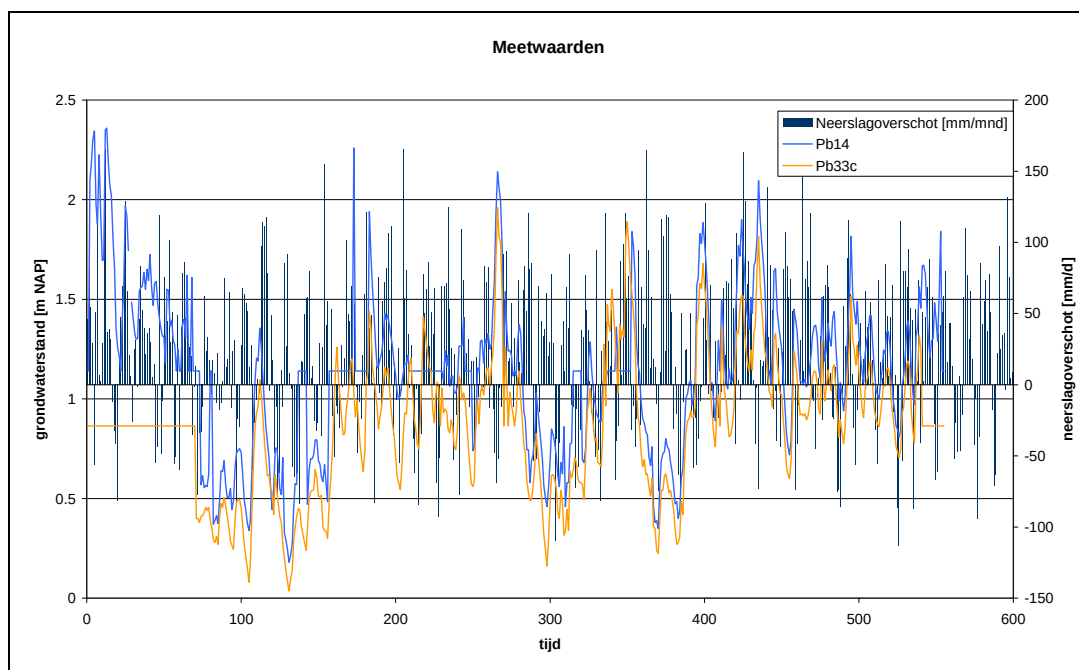
Recent (december 2011) is door Icastat een statische analyse uitgevoerd van alle peilbuizen in Hilversum. Hiervoor is een statistisch model opgezet waarmee lastige / complexe tijdreeksen die niet eenvoudig te interpreteren zijn, beschreven worden. De werkwijze die achter de statistische modellering zit kan nader uitgewerkt worden voor de planlocatie. Voordeel daarvan is dat de kennisleemte in de variatie van de grondwaterstanden en ontwerpuitgangspunten ingevuld wordt met een geaccepteerde methode. De gemeente Hilversum heeft de meetdata van grondwaterstanden en drinkwaterwinningen ter beschikking gesteld. Meteorologische informatie is van de KNMI database gehaald.

Werkwijze

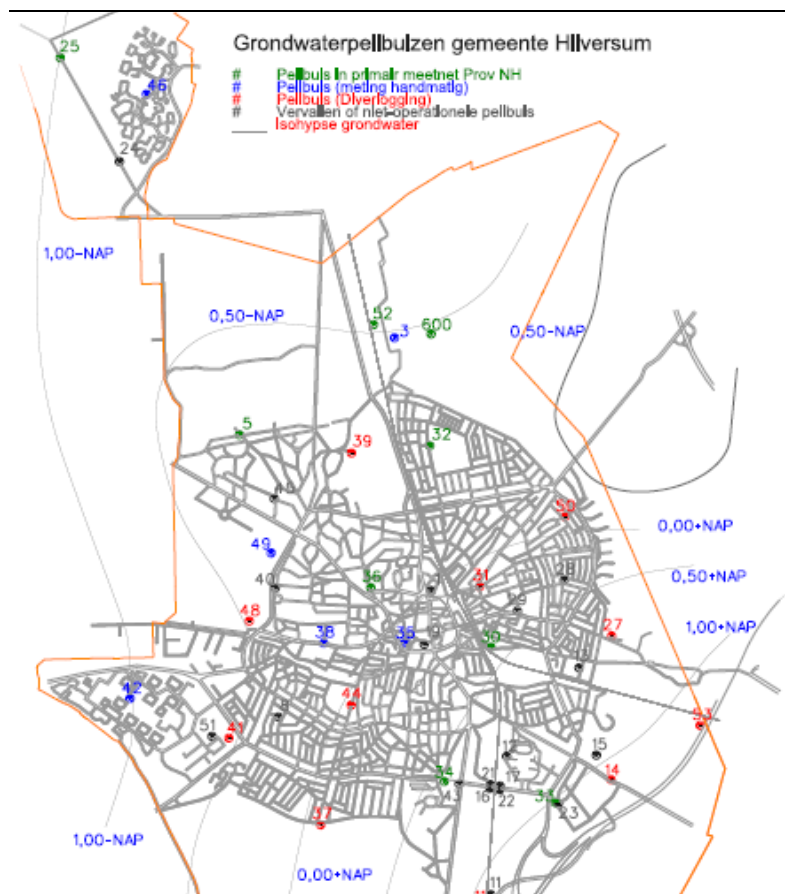
De volgende werkwijze is gevolgd:

- Selectie meetpunten
- Tijdreeksen grondwaterstanden, drinkwaterwinning en meteorologie omzetten naar maandcijfers
- Analyse autocorrelaties
- Doorrekenen ARIMA
- Geohydrologische analyse
- Doorrekenen alternatief model

Peilbuis 14 en peilbuis 33 zijn geselecteerd voor uitwerking vanwege de korte afstand ten opzichte van het plangebied en de lengte van de meetreeks. De metingen starten in 1966 en lopen door tot heden. Wel zitten in beide reeksen hiaten. Meteorologische gegevens van De Bilt zijn gebruikt. De dagwaarden voor neerslag en potentiële verdamping zijn omgerekend naar maandsommen van het neerslagoverschot. Dat is gelijk aan de tijdschaal die Icastat heeft gebruikt. De meetwaarden voor grondwaterstand en neerslagoverschot zijn in onderstaande figuur weergegeven.



De ligging van de peilbuizen is in volgende figuur afgebeeld.



Een grondwatermeetreeks voldoet aan een aantal wetmatigheden:

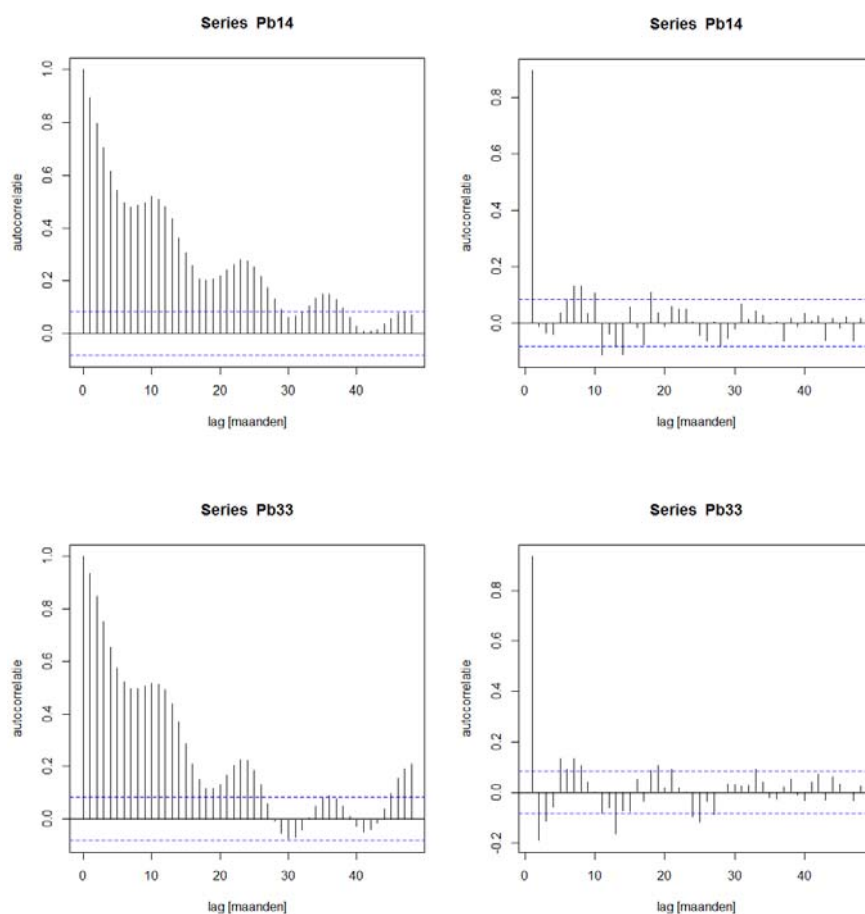
- elke grondwaterstand is bepaald door de grondwaterstand die aan het moment van meten voorafging plus de verandering door bijvoorbeeld neerslag en verdamping
- de snelheid van reageren op meteorologische veranderingen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de diepte van de grondwaterstand beneden maaiveld. Bij ondiepe grondwaterstanden is de reactietijd vrijwel direct, bij diepe grondwaterstanden kan die jaren zijn

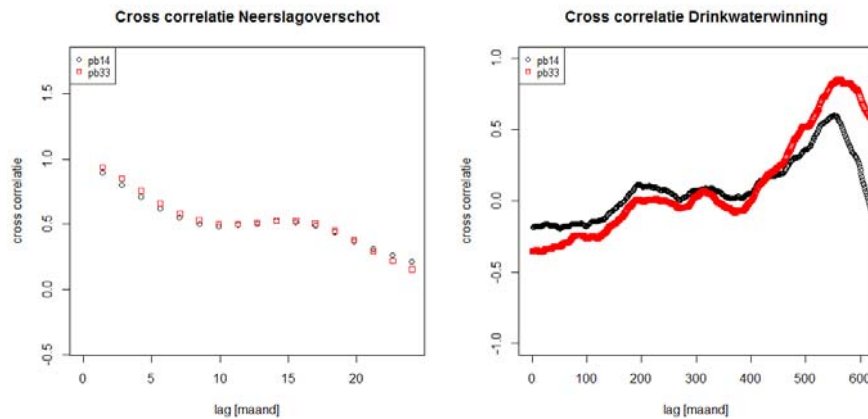
Een methode om dergelijke wetmatigheden te kwantificeren is het bepalen van autocorrelaties. De autocorrelatie geeft weer in hoeverre metingen uit het verleden (aangeduid met "lag") invloed hebben op de gemeten waarde. In onderstaande figuren zijn de autocorrelaties en de cross correlaties afgebeeld.

De beide peilbuizen verschillen nauwelijks in de uitkomsten. In de autocorrelatiegrafiek is te zien dat met een afstand in de tijd van circa 15 maanden er vrijwel geen autocorrelatie meer is. De grafiek begint hoog, wat aangeeft dat er op korte tijdschalen een grote mate van afhankelijkheid tussen de metingen is.

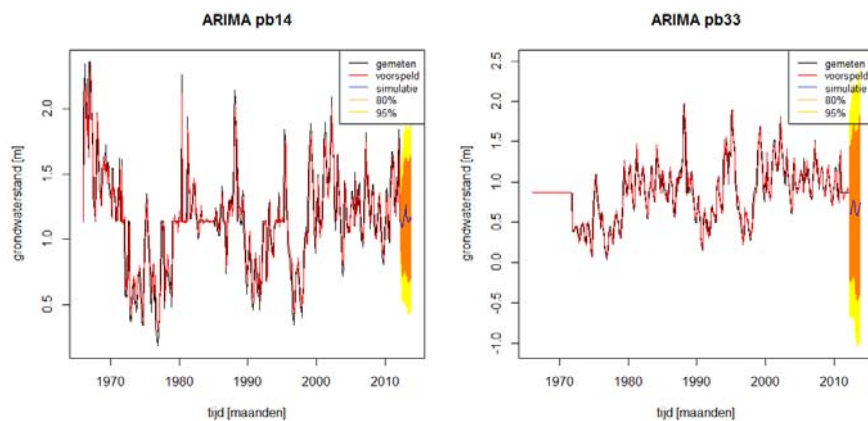
De partiële autocorrelatie is als het ware een leeshulp bij de autocorrelatie. Als de autocorrelatie niet 0 is, dan is de datareeks 1^e orde serieel gecorreleerd. Als de autocorrelatie geleidelijk afneemt met toename van de lag, dan volgt de data een lage orde autoregressieproces. Valt de autocorrelatie na een paar lags snel terug naar 0, dan volgt de data een lage orde moving average proces. De moving average is het gemiddelde van een stukje van de reeks, telkens 1 meting opgeschoven. De partiële autocorrelatie meet de autocorrelatie van elementen die k lags uit elkaar liggen, na verwijderen van de autocorrelatie in de tussenliggende lags. Als het patroon van autocorrelatie overeenkomt met een orde kleiner dan k, dan is de partiële autocorrelatiecoëfficiënt bij benadering gelijk aan 0.

De cross correlatie geeft weer of twee verschillende tijdreeksen in de tijd afhankelijkheid vertonen. Tussen neerslag en grondwaterstand is dat zeker het geval. Tot 10 a 15 maanden is er een sterke tot redelijke afhankelijkheid, die daarna snel afneemt. Voor grondwaterstanden en drinkwaterwinning samen is voor de beide beschouwde reeksen geen verband zichtbaar, eerder het tegendeel.





Nu kan met de gevonden informatie over de tijdreeksen een zogenaamd ARIMA (autoregressive integrated moving average) model gemaakt worden. In de grafieken is de gemeten (zwart) reeks afgebeeld met de berekende reeks (rood). Dat past op het oog goed bij elkaar. De histogrammen van de voorspellingsfouten laten ook een normale verdeling zien, wat aangeeft dat de fouten willekeurig en normaal verdeeld zijn. De blauwe lijn is de voorspelling voor de toekomst. Het oranje vlak het 80% betrouwbaarheidsgebied en het gele vlak het 95% betrouwbaarheidsgebied.

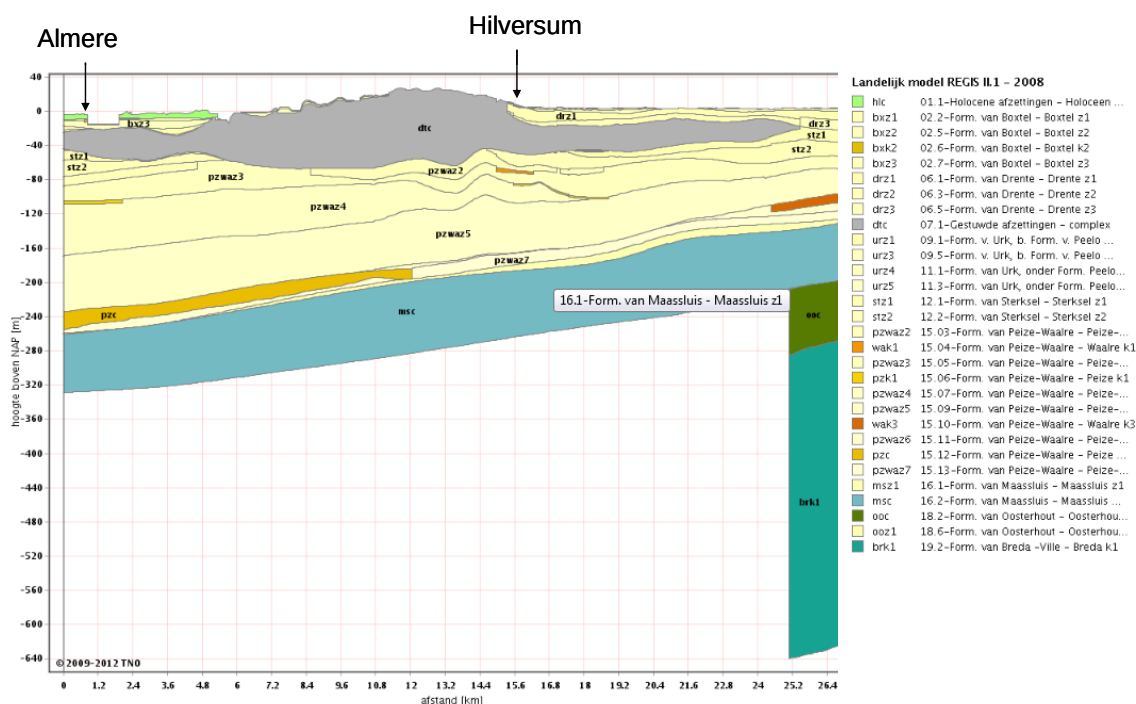


Hydrologische benadering

Een ARIMA model is een black box benadering. Dat is jammer, want het is daardoor erg lastig om te snappen wat er hydrologisch gebeurt. De black box kan met zo weinig afhankelijke variabelen ook open. De reeksen vanuit hydrologische principes benaderen in plaats van alleen statistische kan dus ook.

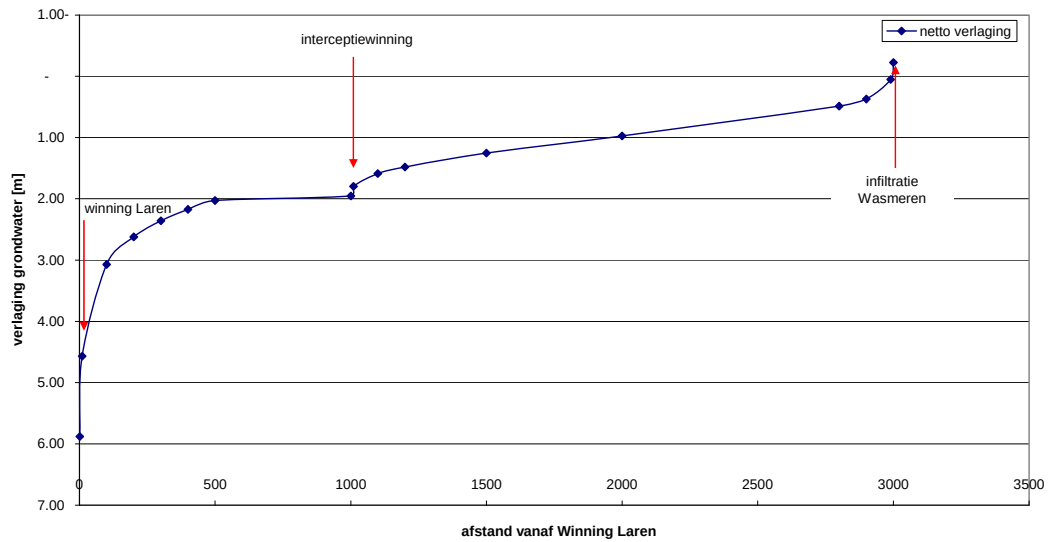
Drinkwaterwinning

De invloed van drinkwaterwinning is een bijzondere op de planlocatie. Er zijn verschillende winningen met winhoeveelheden die op de afstand tot de planlocatie invloed hebben. Nu zij er ook twee interceptiewinning (Laren en Westerveld) waarvan het water op de meren ten noorden van de planlocatie geloosd wordt. De details over de werking en periode staan in het Icastat rapport (Icastat 2011). De winning zitten in de dikke zandlaag tussen 0 en -200 meter NAP. Een dwarsdoorsnede (Dinoloket NITG TNO) is in onderstaande figuur weergegeven.



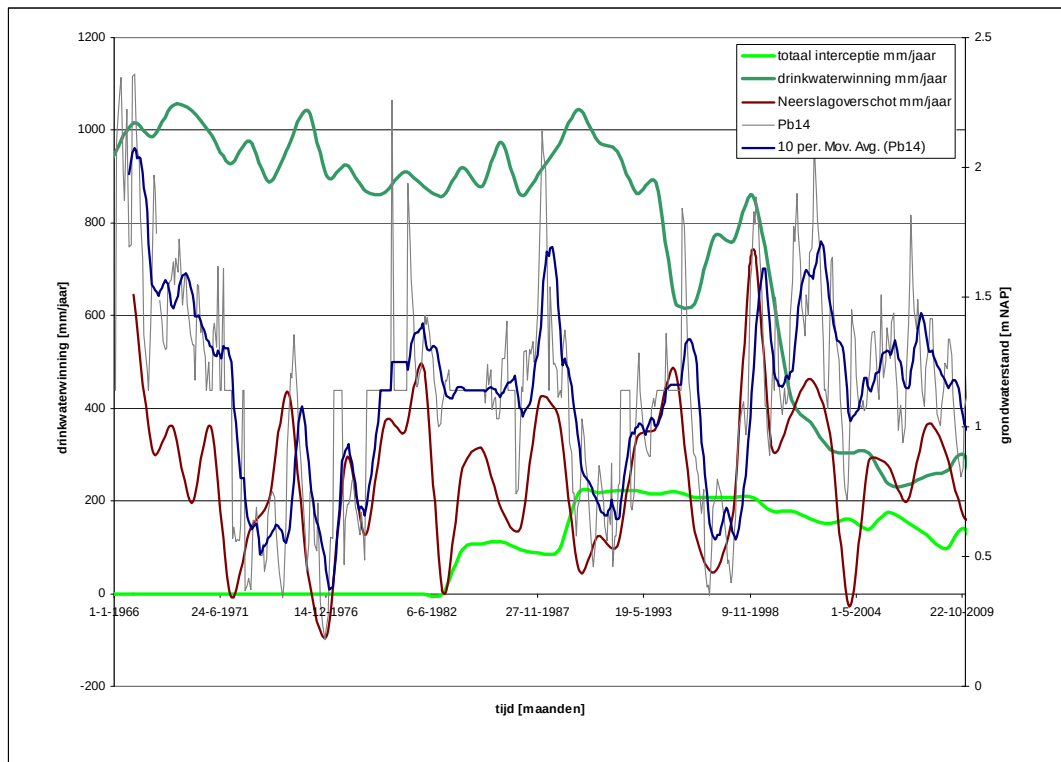
Met behulp van de analytische benadering met de formule van Theis, de winhoeveelheden en de KD-waarde van 4700 m²/d uit het Dinoloket, kan berekend worden wat de netto invloed op de planlocatie is. In de grafiek is het resultaat van twee onttrekkingen en één grondwateraanvulling op de grondwaterstand te zien als functie van de afstand. De optelsom (superpositiebeginsel) van de verlagingen van twee onttrekkingen en de grondwateraanvulling door lozing op de meren en vijvers is netto geen verlaging ter hoogte van het plangebied. Dat verklaard waarom er tussen de reeksen van peilbuis 14 en peilbuis 33 geen enkel verband met de drinkwaterwinning is te zien.

Verlaging versus afstand

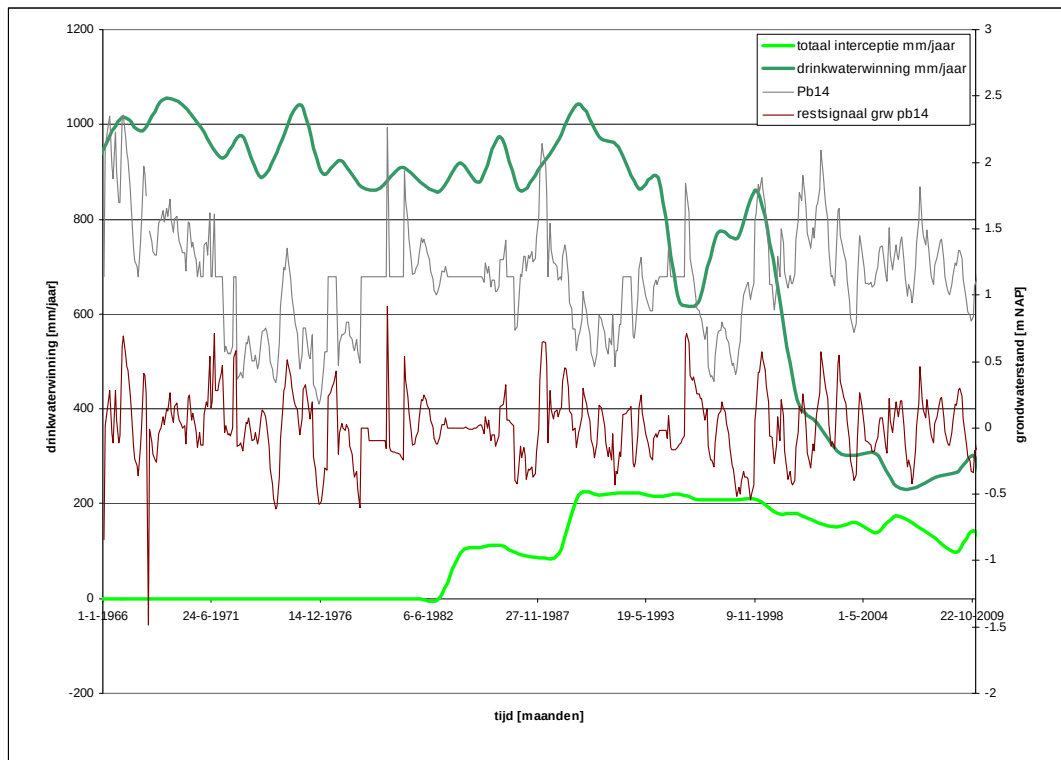


Neerslagoverschot

Kijken we naar het neerslagoverschot dan zien we dat een moving average met een vertraging van 1 jaar goed samenvalt met de variatie in grondwaterstanden.



Als de vertraagde neerslag wordt afgetrokken van de grondwaterstanden, blijft er een restant variatie over die niet door de vertraagde neerslag verklaard wordt. Dit is in onderstaande grafiek aangegeven als “restsignaal”. Het restsignaal kent geen systematische trend die wijst op een verband met de in de loop van de jaren afgenomen drinkwaterwinningshoeveelheden. Waarschijnlijk zijn korte tijdschaal variaties in neerslag en verdamping de verklarende reeks voor deze variatie. De variatie beweegt zich tussen -0,5 en 0,5 meter, wat een stuk kleiner is dan de marge die het ARIMA model weergeeft.



Conclusies

De grondwaterstanden worden op de planlocatie vooral bepaald door neerslag en dan met ongeveer een jaar vertraging. Meer kort cyclische hydrologische processen bepalen dan de korte termijn variatie. Die laat zich met de tijdreeks analyse nog niet goed benoemen. Bepalend voor de ontwikkelingen de komende jaren zijn de neerslaghoeveelheden van de afgelopen jaren. De relatief droge jaren zullen daarom tot een gelijkblijvende of dalende gemiddelde grondwaterstand leiden. De korte termijn pieken kunnen echter wel sterk blijven variëren. Het ARIMA model geeft daarvoor een veel grotere marge dan de hydrologische benadering. De hydrologische benadering laat zien dat een marge van -0,5 tot + 0,5 meter op de langjarige trend te verwachten is.