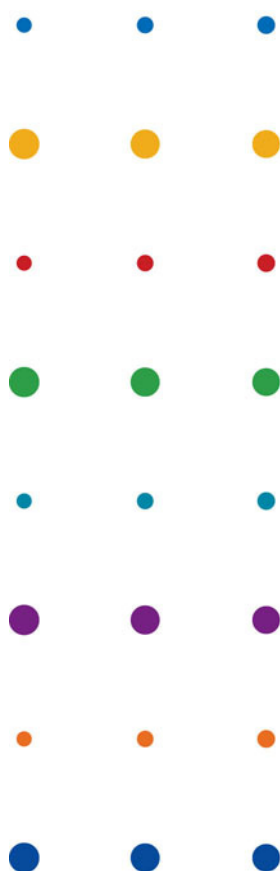


# MER verbetering bereikbaarheid Den Haag Grondwater



Deelrapport

Stadsgewest Haaglanden  
mei 2007



# MER verbetering bereikbaarheid Den Haag Grondwater

## Deelrapport

dossier : A7841-01.001

registratienummer: WN-ZH20070200

Stadsgewest Haaglanden  
mei 2007



<b>INHOUD</b>	<b>BLAD</b>
1 BELEID EN REGELGEVING	3
2 BEOORDELINGSASPECTEN EN CRITERIA	5
3 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING	7
3.1 Huidige situatie	7
3.2 Autonome ontwikkelingen	11
4 METHODE	15
5 EFFECTBESCHRIJVING TOEKOMSTIGE SITUATIE	17
6 LEEMTEN IN KENNIS EN LITERATUUR	27
6.1 Leemten in kennis onderdeel grondwater	27
6.2 Geraadpleegde literatuur	27
7 COLOFON	29

**DHV B.V.**

## 1 BELEID EN REGELGEVING

### **Alleen tunnelalternatieven beschouwd t.b.v. onderdeel grondwater**

Alleen alternatieven met een tunnel als maatregel om de bereikbaarheid van Den Haag te vergroten hebben effect op het grondwatersysteem. In voorliggend deelrapport wordt voor de verschillende tunneltracés nagegaan hoe groot deze effecten kunnen zijn en wat de potentiële consequentie is voor grondwatergerelateerde functies.

### **Integrale waterwet**

Het voorontwerp van de Waterwet[5] introduceert een gemeentelijke zorgplicht om overtollig hemel- en grondwater doelmatig te verwerken. Gemeenten worden daarbij het aanspreekpunt bij grondwaterproblemen in stedelijk gebied. De gemeente wordt verantwoordelijk voor het bestrijden van grondwateroverlast. Dit doet zij door ontwatering van openbaar gebied en door er voor te zorgen dat overtollig grondwater (bijvoorbeeld van particulieren) wordt ingezameld en afgevoerd. De Integrale Waterwet is nog niet van kracht. Er zijn ook nog geen wettelijke ontwateringsnormen beschikbaar.

### **Beleidsplan Groen, Water en Milieu**

In het waterdeel van het provinciaal beleidsplan Groen, Water en Milieu [7] zijn de hoofdpunten van het grondwaterbeleid opgenomen. Deze worden verder uitgewerkt in het Grondwaterbeheersplan [6].

### **Grondwaterbeheersplan 2001-2005**

De geldigheid van het grondwaterbeheersplan is verlengd. Het streven is om in 2007 een nieuw grondwaterbeheersplan te hebben. Voor het stedelijk gebied staat hierin als algemeen doel omschreven dat het van belang is ter bescherming van (houten) funderingen een vast grondwaterregime te voeren. Voor natuurgebieden is het algemene doel instandhouden en ontwikkelen. De grondwatersituatie moet daarbij passen en zonodig worden hersteld. Het is wenselijk om kwel te handhaven. Voor agrarisch gebied is het algemene doel dat de hoogte van het grondwater past bij het gebruik.

In de Haagse agglomeratie is aanvullend gesteld dat winnen van zoet grondwater is toegestaan als een hoge kwaliteit noodzakelijk is en een geschikt alternatief ontbreekt. Daar waar het winnen inbreuk maakt op dit beginsel, wordt in overleg met de onttrekker van grondwater nagegaan welke alternatieven er zijn. Het einddoel is beëindigen, terugdringen of herinrichten van de winning van grondwater. De grondwaterstand mag niet negatief worden beïnvloed door onttrekken van grondwater. Bij beslissingen over vergunningen betreft de provincie in de afweging dat schade van onevenredige omvang zoveel mogelijk moeten worden voorkomen. Het onttrekken van grondwater voor laagwaardige doelen mag geen nadelige gevolgen hebben voor andere bij het grondwaterbeheer betrokken belangen. In oktober 2006 heeft Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland een nieuw grondwaterbeheersplan vastgesteld. Het college heeft hierop ingesproken.

Bij de aanleg van tunnels moet de bouwconstructie of de waterhuishouding zodanig worden aangepast dat natuurlijke stroming zoveel mogelijk in stand blijft. Criterium is dat schade aan andere belangen moet worden voorkomen.

### **Europese kaderrichtlijn water (KRW)/grondwaterrichtlijn**

Op dit moment geldt de EU-Grondwaterrichtlijn uit 1980 [2]. Deze richtlijn heeft tot doel de verontreiniging van grondwater te voorkomen of te beperken. De Grondwaterrichtlijn schrijft maatregelen voor die gericht zijn op het bereiken en handhaven van een goede chemische toestand van het grondwater. Het Europees Parlement heeft op 12 december 2006 een nieuwe Grondwaterrichtlijn vastgesteld [3]. Hierin staat de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en kwalitatieve achteruitgang centraal. De nieuwe

**DHV B.V.**

Grondwaterrichtlijn is als het ware een aanvulling op de Kaderrichtlijn Water. De Grondwaterrichtlijn zal in Nederland vermoedelijk in 2009 van kracht worden. Uit de nieuwe Grondwaterrichtlijn volgt dat op de lange termijn de hoeveelheid zoet water niet mag zijn afgenomen door menselijk ingrijpen en de grondwaterkwaliteit niet mag verslechteren.



## 2 BEOORDELINGSASPECTEN EN CRITERIA

### Beoordeling aspect grondwater alleen voor toekomstige situatie

In de toekomstige situatie kan een tunnel een “barrière” voor grondwaterstroming vormen. Dit kan leiden tot grondwaterstandverhoging aan de stroomopwaartse zijde en grondwaterstandverlaging aan de stroomafwaartse zijde. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van de hoek die grondwaterstromingsrichting en tunnel met elkaar maken en de diepte van de tunnel ten opzichte van de dikte van het watervoerend pakket.

Bij aanleg van een tunnel kunnen ook grondwatereffecten optreden. De wijze van aanleg is nog niet bekend. Waarschijnlijk worden de bouwputten (voorzien van damwanden) in den natte ontgraven, waarna onderwater beton wordt gestort. Bij het leegpompen van de bouwkuip zal altijd een hoeveelheid lekwater door de damwanden komen, tenzij gebruik wordt gemaakt van waterdichte wanden zoals cement-bentoniet wanden. Als geen bijzondere maatregelen worden genomen kan het lekdebiet aanzienlijk zijn. De hoeveelheid lekwater kan beperkt worden door de damwandsloten te voorzien van slecht doorlatend materiaal zoals bitumen, bij plaatsing van de damwand slotverklikkers te gebruiken etc. Ook kunnen negatieve effecten worden voorkomen door het lekwater te herinfiltreren. Alle tracés lopen door stedelijk gebied waar de kans op schade aan bebouwing en infrastructuur door zettingen of bloot komen te liggen van houten paalkoppen groot is. Het is van belang om grondwaterstandverlagingen tijdens de aanleg van de tunnel tot een minimum te beperken teneinde schade te voorkomen (zie beleid hoofdstuk 1). In deze MER gaan wij er derhalve van uit dat tijdens de aanlegperiode al het mogelijke wordt gedaan om schade door grondwaterstandverlagingen te voorkomen en derhalve dat grondwatereffecten bij aanleg van de verschillende tunneltracés niet onderscheidend zijn.

### Beoordelingsaspecten en criteria

Verandering in de grondwaterstromingsrichting en de grondwaterstand zijn op zich geen beoordelingscriterium. Immers, een daling van de grondwaterstand kan in het ene geval negatief en in het andere geval positief uitpakken en er is geen regelgeving die voorschrijft hoeveel daling (of stijging) maximaal is toegestaan. Wel kunnen grondwaterstand gerelateerde functies of andere milieuaspecten effect ondervinden van grondwaterstandveranderingen. Relevante grondwatergerelateerde functies of milieuaspecten zijn:

#### - **Grondonttrekkingen**

Getoetst wordt of naburige grondwateronttrekkingen worden beïnvloed. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied ligt op circa 2 km afstand. Criteria zijn aantasting van de onttrekkingcapaciteit en verandering van het invloedsgebied van de bekende grondwateronttrekkingen. Aantasting van de capaciteit geldt alleen voor onttrekkingen in het freatisch pakket. Verandering van het invloedsgebied van de winning is vooral van belang voor een grondwatersanering of een koude-warmte opslagsysteem, die dan immers niet meer optimaal werkt.

#### - **Bebouwing**

Door grondwaterstandverlaging kan het maaiveld zetten en schade aan fundering en muren ontstaan. Ook kan dit houten paalkoppen aantasten. Bij grondwaterstandverhoging door opstuwung kan grondwateroverlast ontstaan. Toetsingscriterium voor wateroverlast is stijging van de grondwaterspiegel in bebouwd gebied boven 0.7 m-mv (een veel gebruikt doch niet wettelijk criterium voor overlast in huizen met kruipruimte). Er is niet getoetst op mogelijke overlast in kelders omdat het aan de eigenaar is om een kelder indien in gebruik als gebruiksruimte conform het Bouwbesluit waterdicht te maken. Bij schade door zettingen is getoetst hoeveel zetting kan ontstaan en of deze ontstaat in gebieden met bebouwing. Verder

wordt aangegeven of de mogelijkheid bestaat dat houten paalkoppen gedeeltelijk boven de grondwaterspiegel kunnen komen. Criterium is 0.1 m of meer grondwaterstandverlaging. Er is geen inventarisatie gemaakt van de aanwezigheid van houten paalkoppen en de diepte waarop deze zitten.

- **Oppervlaktewaterhuishouding**

De grondwaterstandveranderingen zijn dermate gering dat effecten op oppervlaktewaterpeilen niet van toepassing is. Dit aspect is verder niet onderscheidend en is derhalve weggelaten bij de beoordeling.

- **Natuur / stedelijk groen**

De verandering in ruimtebeslag van natuur en stedelijk groen wordt behandeld in het milieuaspect natuur. Bij het onderdeel grondwater wordt nagegaan in hoeverre grondwaterstandverlagingen voorkomen in natuur- en groengebieden. Deze zouden kunnen leiden tot verdroging.

In het interessegebied komen geen Habitatrichtlijngebieden voor of gebieden die anderszins onder de natuurbeschermingswet vallen. Wel komen gebieden voor die deel uitmaken van de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur en recreatiegebieden met stedelijk groen. Getoetst is of een grondwaterstandverlaging van 0.05 m of meer in de natuur- of groengebieden wordt verwacht.

- **Landbouw**

In de Hoge Broekpolder liggen een paar (kleine) weidegebieden. Hier loopt het tracé van de alternatieven Voorburgtunnel, Trekvliettunnel (naar Zonweg en Binckhorstlaan) en Mercuriustunnel doorheen of vlak langs. Nagegaan is in hoeverre grondwaterstandveranderingen invloed heeft op de opbrengstdepressie (methode Waterlood).

- **Archeologie**

Verlies van areaal archeologisch waardevol gebied doordat het wegtracé hier doorheen gaat komt aan de orde bij het aspect archeologie en cultuurhistorie. Door grondwaterstandveranderingen kunnen in de bodem aanwezige archeologische objecten van ijzer en hout aangetast worden. Een uitspraak over de kans op aantasting valt onder het onderdeel archeologie. De berekende grondwaterstandveranderingen zijn hiervoor input.

- **Grondwaterkwaliteit**

Verandering van de grondwaterstromingsrichting en/of –stroomsnelheid kan effect hebben op de verspreiding van ernstige grondwaterverontreinigingen. De verontreiniging kan zich sneller (of langzamer) gaan verplaatsen of een andere kant opstromen. Deze beoordeling maakt deel uit van het aspect “bodem”.

Aantasting van het zoet-zout grensvlak is theoretisch mogelijk wanneer sprake is van bemalingen. Dit is bij voorliggende beoordeling niet aan de orde. Verder geldt dat het zoet/brak grensvlak aanmerkelijk dieper ligt dan het invloedsgebied van de tunnels in de eindsituatie. Dit onderdeel is derhalve verder niet uitgewerkt (NB bij eventuele onttrekkingen in het kader van de aanleg van de tunnels is dit wel een belangrijk beoordelingsaspect).

### 3 HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

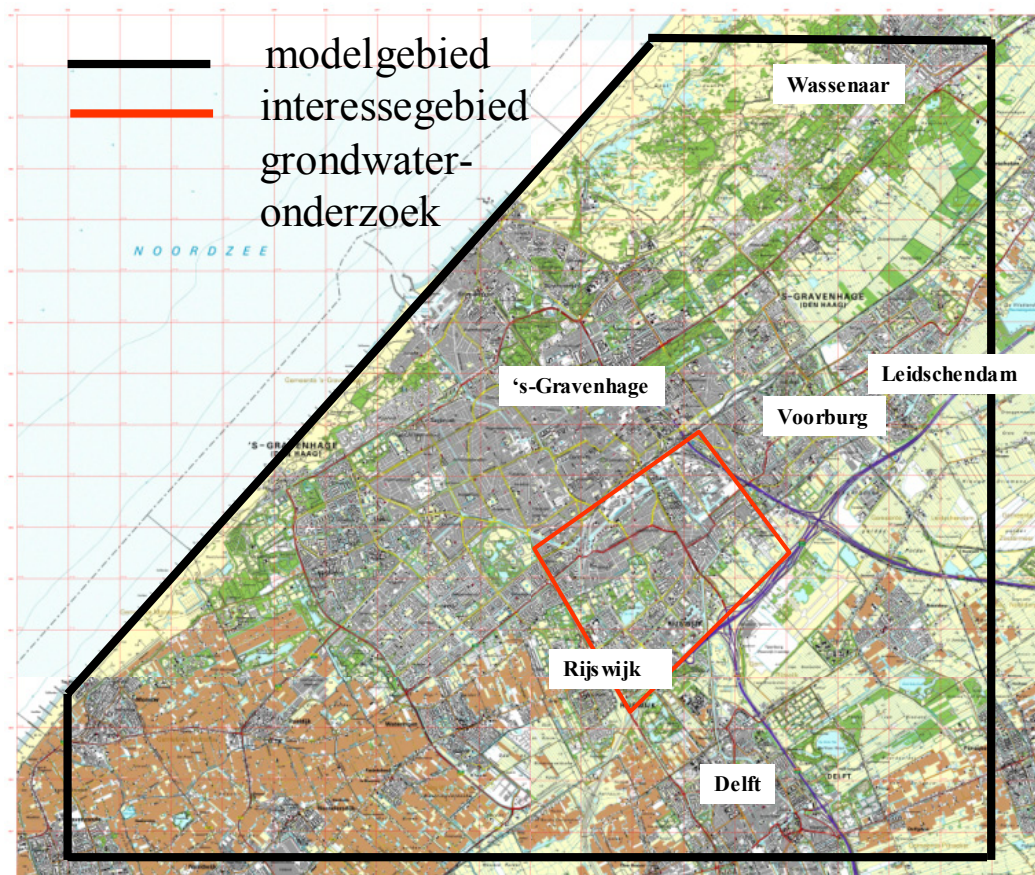
#### 3.1 Huidige situatie

##### Interessegebied grondwateronderzoek

De effecten op het grondwatersysteem worden bepaald door de locatie van de tunnels. De tunnels zijn 10-20 m diep en -op de boortunnel na- in de eindsituatie over de gehele diepte ondoorlatend voor grondwater. Hiermee worden de bovenste watervoerende lagen veelal geheel of grotendeels afgesloten. Door de aanwezigheid van een ondoorlatende barrière in de ondergrond zal het grondwater langs en onder de tunnel stromen. Het gevolg kan zijn grondwaterstandverhoging aan de stroomopwaartse zijde en grondwaterstandverlaging aan de stroomafwaartse zijde. Hoeveel dit is hangt af van bodemopbouw, tunneldiepte en huidige grondwaterstromingsrichting. Bij de beschrijving van de huidige situatie is uitgegaan van een ruime zone rondom de verschillende tracés (interessegebied, zie Afbeelding 1).

Voor de berekening van de effecten is gebruik gemaakt van het bestaande grondwatermodel van de gemeente Den Haag [11]. Het interessegebied ligt ruim binnen de grenzen van het modelgebied.

**Afbeelding 2: modelgebied en interessegebied grondwateronderzoek MER**



### Bodemopbouw

De ondergrond wordt gekarakteriseerd door een deklaag met daaronder twee goed doorlatende watervoerende pakketten. Binnen de deklaag worden twee verschillende watervoerende lagen onderscheiden, de jonge duin- en strandafzettingen en de oude duin- en strandafzettingen. De dikte van beide afzettingen varieert sterk, van enkele meters tot > 10 meter ter plaatse van de duinen. Tussen jonge en oude duinen zit het Hollandveen. Deze afzetting komt plaatselijk (strooksgewijs) voor, min of meer evenwijdig aan de kustlijn. De deklaag wordt aan de onderkant begrensd door het basisveen. In Tabel 4is de bodemopbouw in het interessegebied schematisch weergegeven.

**Tabel 1: schematisatie bodemopbouw interessegebied**

Dikte (m)	Pakket nr *	Geohydrologische schematisatie	Omschrijving	Parameters
3-15	1	Freatisch pakket	Matig grof tot fijn zand Jonge duin- en strandafzettingen; afzetting van Duinkerke	k=5m/d, c=10-1500 dagen
0-3	2	Scheidende laag binnen deklaag	Veen en klei Hollandveen; afzetting van Duinkerke en Calais.	c=10-10000 dagen
1-10	3, 4	Ondiep watervoerend pakket binnen deklaag	(Matig) grof tot fijn (soms lemig) zand Oude Duin- en strandafzettingen; afzetting van Calais	k=< 1 – 8 m.d
1-10	5	Basisveen	Klei en compact veen Afzetting van Calais	c=0-2000 dagen
ca. 40	6	Eerste watervoerend pakket	Matig fijn tot zeer grof zand Formaties van Kreftenheye, Urk en Veghel	k=25 m/d
10 à 20	7	Eerste scheidende laag	Klei, fijn zand Formatie van Kedichem en Tegelen	c=5000 dagen
ca. 40	8	Tweede watervoerend pakket	Fijn tot matig grof zand Formatie van Maasluis	k=20 m/d

\* nummering zoals gehanteerd in het grondwatermodel van de gemeente Den Haag [10, 11]

### Landgebruik

Het maaiveld in het interessegebied varieert van NAP+0m tot NAP+1m. Het grootste deel van het interessegebied is bebouwd (woon- en bedrijfsfunctie met stadsgroen). Tevens komen gebieden voor die behoren tot de Provinciale Ecologische Hoofdstructuur [8] of een recreatieve functie hebben. Tussen de Westvlietweg en de A4 liggen kleine agrarische gebieden (grasland).

### **Oppervlaktewater**

In het interessegebied bevinden zich diverse watergangen die gekruist worden bij aanleg van de verschillende tracés. Dit zijn de Haagvliet/Trekvliet met havens ter plaatse van de Binckhorst, Trekvliet/Zuidvliet en Delftse Vliet (verlengde van de Zuidvliet). Het peil in deze watergangen is gelijk aan Boezempeil (NAP-0.4 m). In het gebied tussen Trekvliet en A4 is het polderpeil van NAP-1.5 [10].

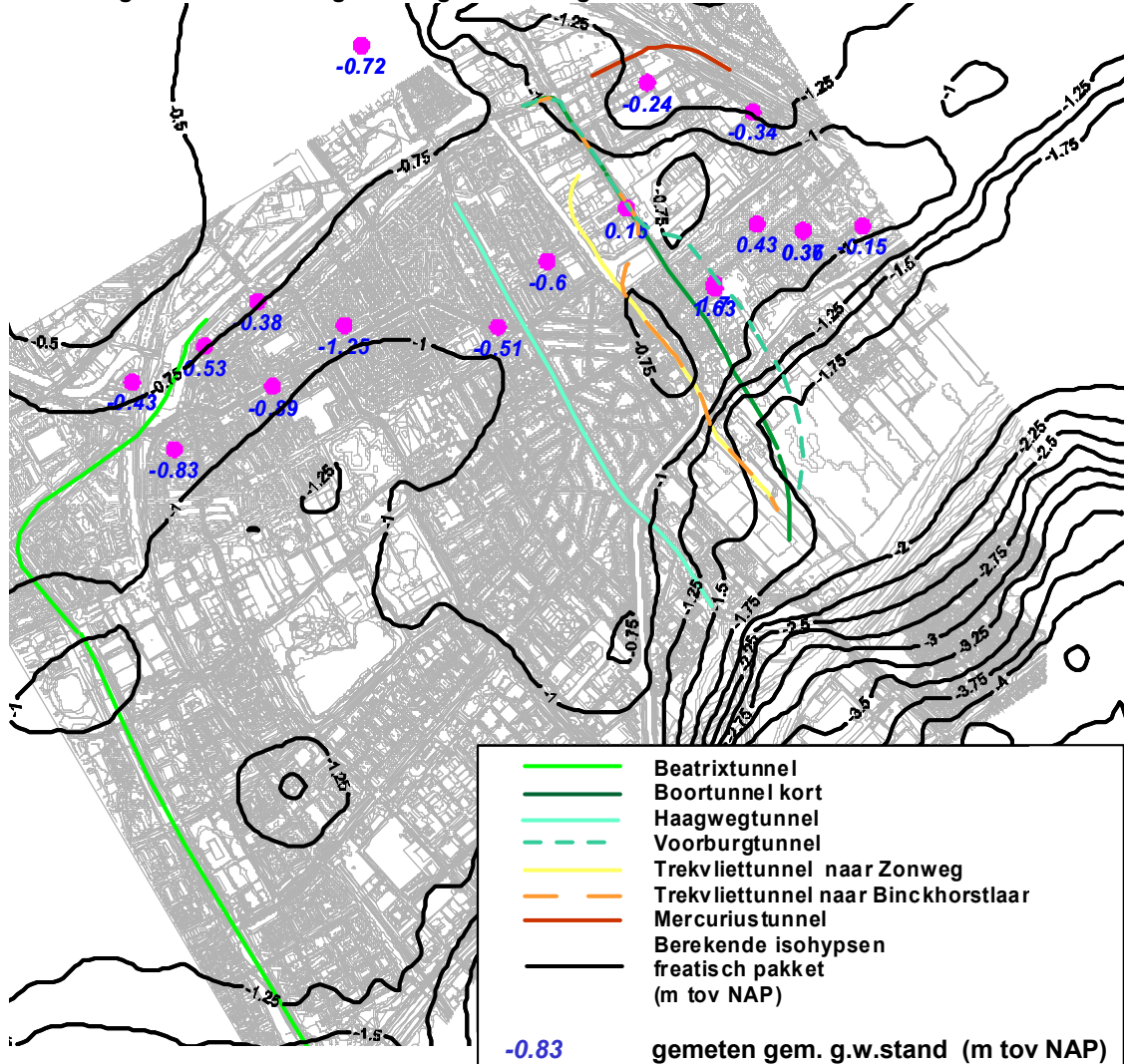
### **Grondwaterstanden en stijghoogten**

In de geohydrologie wordt zowel van grondwaterstand en grondwaterspiegel als van stijghoogte gesproken. Onder een grondwaterspiegel wordt het scheidingsvlak tussen verzadigde en onverzadigde zone verstaan. In geohydrologische termen betekent dit dat de absolute waterdruk gelijk is aan de atmosferische druk. De grondwaterstand is de hoogte van de grondwaterspiegel ten opzichte van een referentiepunt. Indien zich boven een verzadigde watervoerende laag een slecht doorlatende waterverzadigde laag bevindt, spreekt men niet van grondwaterstand maar van stijghoogte. Het is mogelijk dat de stijghoogte boven de top van de watervoerende laag uitkomt.

Grondwaterstanden zijn bekend uit metingen (langjarig gemiddelden [12] ) en modelberekeningen. De modelberekeningen zijn uitgevoerd in het kader van "systeemgericht grondwaterbeheer" in de gemeente 's-Gravenhage. De berekende grondwaterstanden en stijghoogten zijn mede gebruikt bij de beschrijving van de huidige situatie van het grondwatersysteem en met dit model zijn de geohydrologische effecten op het grondwatersysteem bepaald van de verschillende tunnelvarianten. Opzet en ijking van het model staat beschreven in het rapport "Grondwatermodellering Den Haag [10].

In Afbeelding 3 zijn berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden weergegeven. De gemeten grondwaterstanden zijn afkomstig van de gemeente Leidschendam-Voorburg en de gemeente Den Haag [14]. De in Afbeelding 3 opgenomen waarden zijn langjarige gemiddelden over de gehele meetreeks. Peilbuizen met een meetreeks die korter is dan 5 jaar dan wel waarin minder dan 12 metingen per jaar zijn verricht, zijn niet meegenomen. Algemeen geldt dat het freatisch grondwater in zuidoostelijk richting stroomt. Lokaal wijkt de stromingsrichting af door ondergrondse constructies zoals damwanden, variaties in het doorlaatvermogen van de jonge duinafzettingen, variaties in maaiveldhoogte, het al dan niet aanwezig zijn van Hollandveen en de aanwezigheid van oppervlaktewater. Zo stroomt het ondiepe grondwater ten noorden van de Binckhorst in noordelijke richting en ter hoogte van de Trekvliet in oostelijke richting.

Afbeelding 3: Berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstanden



De berekende grondwaterstand ter plaatse van de tracés varieert van NAP-0.6 m in de Noord Polderbuurt tot NAP+1.7m in Voorburg. Berekende en gemeten grondwaterstanden in Den Haag komen ongeveer overeen, echter de berekende grondwaterstanden in Voorburg zijn te laag ten opzichte van de gemeten waarden. In het zuidelijk deel van het interessegebied ontbreken langjarige grondwaterstandmetingen.

In het eerste watervoerend pakket onder het basisveen is eveneens sprake van zuidoostelijke grondwaterstromingsrichting. De stijghoogten in het interessegebied in dit pakket variëren van NAP-0.5 tot NAP-2.5 m [10].

#### Grondwaterstandfluctuaties

Grondwaterstanden zijn, van nature, onderhevig aan fluctuaties. Uit de beschikbare meetreeksen uit het onderzoeksgebied blijkt dat het verschil tussen de gemiddeld laagste en gemiddeld hoogste grondwaterstanden voor de verschillende meetpunten tussen de 0.2 m en 0.5 m bedraagt.

### Grondwateronttrekkingen

In Den Haag wordt op diverse plaatsen grondwater onttrokken. In het duingebied ten noorden (gemeente Wassenaar) op ca. 8 km afstand en ten westen (gemeente Monster) op circa 10 km afstand van het interessegebied wordt drinkwater gewonnen door de NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland. De onttrekkingen is uit het ondiepe pakket (jonge- en oude duinafzettingen). Deze winningen worden niet beïnvloed door de ingrepen. In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van alle onttrekkingen in en nabij het interessegebied (gegevens 2003 [10]). Het voornemen bestaat de onttrekking van DSM Gist op termijn te sluiten. Hierop wordt teruggekomen in de autonome ontwikkelingen.

**Tabel 2: grondwateronttrekkingen in en nabij interessegebied (gegevens 2003)**

X-coördinaat	Y-coördinaat	Onttrekking (mil. m <sup>3</sup> /jaar)	Pakket nr	Naam
> 100.000 m <sup>3</sup> /jaar				
83000	448000	12.47	6	DSM Gist, Delft
82300	455500	0.27	6	Den Haag
81800	455100	0.75	6	Stadhuis Den Haag
82800	455100	0.20	6	Paleis van Justitie Den Haag
81800	455200	0.58	6	KWO, Eneco Energie Den Haag
82250	450225	0.12	6	TH Rijswijk
81700	454700	0.22	6	Grote Markstraat Den Haag
< 100.000 m <sup>3</sup> /jaar				
79650	454450	0.053	6	
80050	454950	0.037	6	
80550	454450	0.098	6	
81350	455150	0.027	6	
83050	454950	0.097	6	
83250	455150	0.0058	6	
83550	453550	0.018	6	
83150	454950	0.012	3	
82750	454150	0.027	3	
81750	450750	0.099	3	

## 3.2 Autonome ontwikkelingen

### DSM Gist

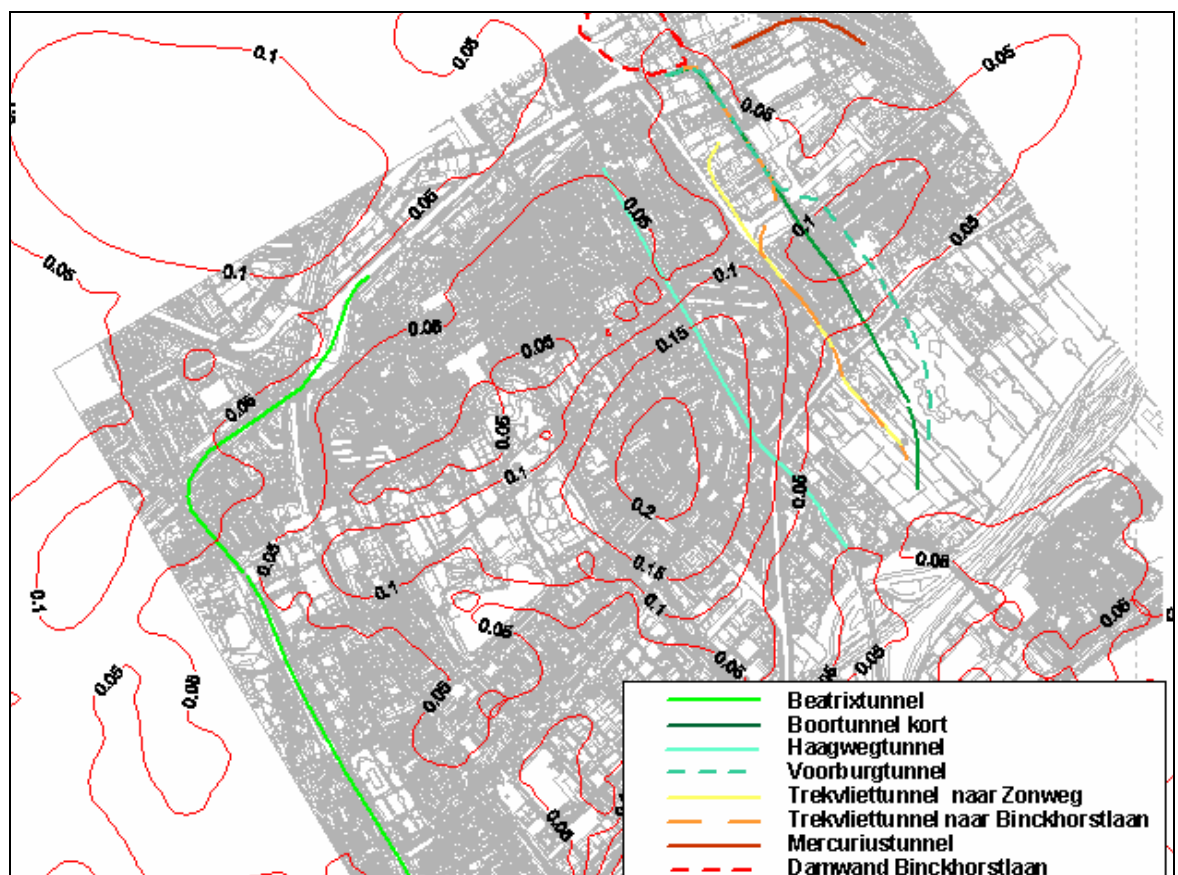
Een belangrijke autonome ontwikkeling is het voornemen de grondwateronttrekking van DSM Gist op termijn te sluiten. Wanneer dit gebeurt en in welke mate (geheel of gedeeltelijk) is nog niet duidelijk. Inmiddels is door Delft Cluster een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen van vermindering of stopzetting van de grondwaterwinning door DSM Gist. In dit onderzoek zijn drie alternatieven verkend:

- a) nuttig hergebruik van de winning;
- b) optimale reductie van de winning;
- c) sluiten van de winning.

Met het oog op maatschappelijk kosten scoort het eerste alternatief het best en sluiting van de winning het slechts. Vervolgonderzoek moet uitsluitsel geven over kansrijke subalternatieven [1]. Een eventuele sluiting van de winning zal in een groot gebied invloed hebben op de grondwaterstand. In Afbeelding 4 is

de (stationair) berekende grondwaterstandverhoging nabij de tunneltracés weergegeven bij volledige sluiting van de onttrekking. De grondwaterstand kan hier 0.05 tot 0.2 m stijgen. Omdat nog niet bekend is in welke mate de onttrekking wordt afgebouwd, is sluiting als autonome ontwikkeling niet meegenomen in de berekeningen. Wel wordt hier kwalitatief aan gerefereerd bij de bespreking van de resultaten.

**Afbeelding 4: berekend effect (m) op de grondwaterstand bij sluiting van de onttrekking DSM Gist**

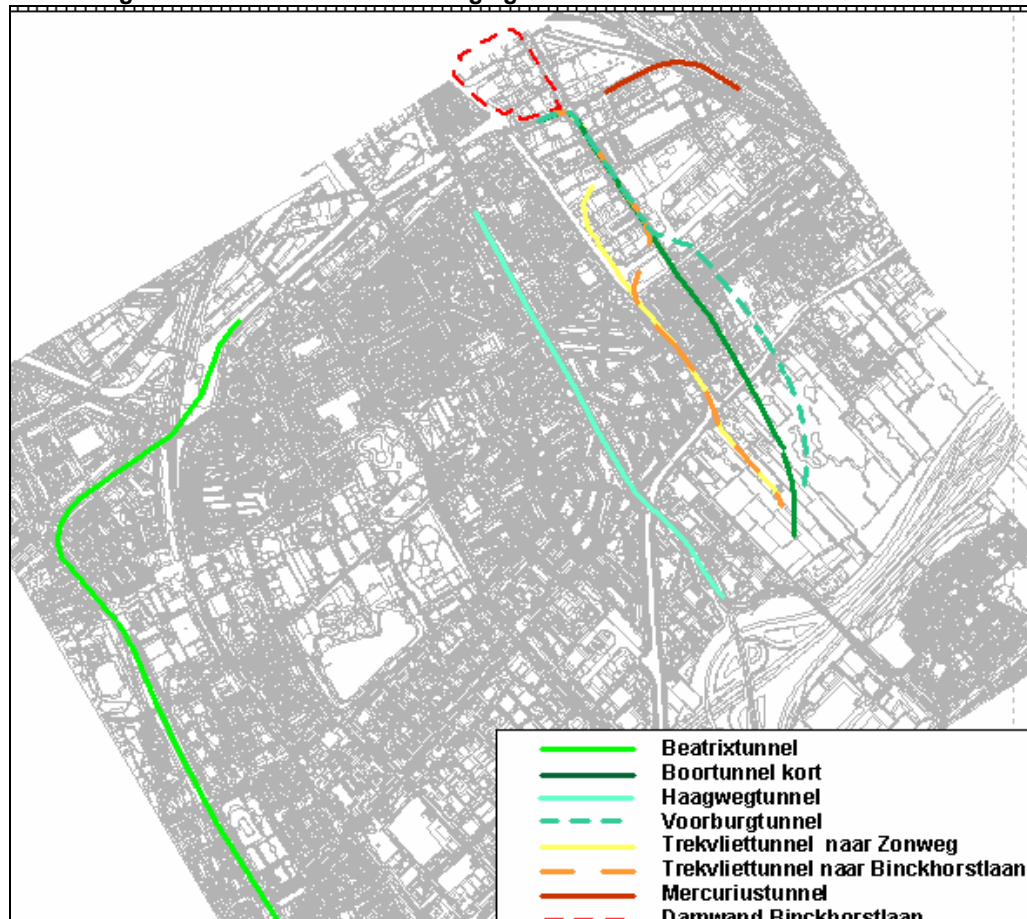


#### Sanering voormalige gasfabriek de Binckhorst

Ten noorden van de Boortunnel en de Trekviertunnel met aansluiting op Binckhorstlaan bevindt zich het voormalige gasfabrieksterrein de Binckhorst. Dit terrein is sterk verontreinigd (zie deelrapport 8- Bodem). Daarvan is 14 hectare geïsoleerd met een damwand (zie Afbeelding 5). Noordelijk van de isolatie bevindt zich een even grote pluim grondwaterverontreiniging die binnenkort zal worden gesaneerd (cyanide, minerale olie, PAK en vluchtige aromatische koolwaterstoffen). Hoe de grondwatersanering wordt aangepakt buiten de damwand is nog niet bekend. Het voornemen is binnen de damwand een grondwateronttrekking te installeren van circa 75 m<sup>3</sup>/dag. De damwand rond het Binckhorststerrein en de onttrekking is als autonome ontwikkeling meegenomen bij de berekeningen.



**Afbeelding 5: locatie damwand voormalige gasfabriek Binckhorstlaan**



### **Zeespiegelstijging en klimaatverandering**

Andere autonome ontwikkelingen zijn stijging van de zeespiegel en klimaatverandering. Het niveau van het zeewater is – zeker in de omgeving van Den Haag - van invloed op de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket beïnvloedt op zijn beurt de grondwaterstand van het freatisch water. Afhankelijk van de ontwerpduur houdt Rijkswaterstaat rekening met een zeespiegelstijging van 20-85 cm/eeuw [4] . Bij de hydrologische berekeningen is deze autonome ontwikkelingen buiten beschouwing gebleven. Wel wordt hier kwalitatief aan gerefereerd bij de bespreking van de resultaten.

**DHV B.V.**

## 4 METHODE

### Grondwatermodel gemeente Den Haag

De effecten van de verschillende tunneltracés op het grondwatersysteem zijn berekend met een door de gemeente Den Haag beschikbaar gesteld gecalibreerd grondwatermodel. Voor nadere informatie over opzet en calibratie van het model wordt verwezen naar het rapport Grondwatermodellering Den Haag [10]. Het model beslaat een gebied van circa 210 km<sup>2</sup>. Het interessegebied voor deze MER ligt in zijn geheel in het modelgebied.

In het model is de damwand van de saneringslocatie Binckhorst met een weerstand van 200 dagen opgenomen. De onttrekking binnen de damwand ( laag 3) bedraagt 75 m<sup>3</sup>/dag.

De tunnels zijn niet overal even diep. Hiermee is rekening gehouden bij de berekening. In **Tabel 3** is een overzicht gegeven van de gehanteerde dieptes en de door de tunnel afgesloten watervoerende lagen. De tunnels zijn als volledig ondoorlatend in het model opgenomen.

**Tabel 3: gehanteerde tunneldieptes**

Alternatief	Diepte tunnel (m-mv)	Insnijding in pakketten
Beatrixtunnel (B)	10 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen)
Boortunnel (BTK, BTL, NBT, TBT) ingang Mercuriusweg	10-16 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen) à 1-5 (t/m basisveen)
ingang Ypenburg tunnel	16 m-mv 18-20 m-mv	1-5 (t/m basisveen) 4,5 (oude duinafzettingen tot en met basisveen); circa 9 m dekking boven tunnel
Trekvliettunnel aansluiting Zonweg (T2) ingang Mercuriusweg tunnel + ingang Ypenburg	10 m-mv 14 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen) 1-4 à 5 (tot of net in basisveen)
Trekvliettunnel aansluiting Binckhostlaan (T3), bocht Mercuriusweg tunnel + ingang Ypenburg	10 m-mv 14 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen) 1-4 à 5 (tot of net in basisveen)
Voorburgtunnel (V2) ingang Mercuriusweg onderdoorgang haven tunnel tussen haven en zuidvliet onderdoorgang Zuidvliet ingang Ypenburg	10 m-mv 14 m-mv 10 m-mv 14 m-mv 14 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen) 1-5 (t/m basisveen) 1-3 (tot in de oude duinafzettingen) 1-5 (t/m basisveen) 1-4 (top basisveen)
Haagwegtunnel (H) ingangen + tunnel onderdoorgang Delftse Vliet	10 m-mv 14 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen) 1-4 (top basisveen)
Mercuriustunnel (M)	10 m-mv	1-3 (tot in de oude duinafzettingen)

DHV B.V.

## 5 EFFECTBESCHRIJVING TOEKOMSTIGE SITUATIE

### Grondwaterstandveranderingen

Er is een modelberekening gemaakt voor de korte boortunnel. Voor de lange boortunnel (BTL), de noordelijke boortunnel (NBT) en de Trekvliet Boortunnel (TBT) zijn geen separate modelberekeningen uitgevoerd. De effecten op het grondwatersysteem lijken sterk op die van de korte boortunnel. Zo zal bijvoorbeeld voor alle 3 bovengenoemde boortunnels de grondwaterstandverlaging en –verhoging langs de zuidelijke ingang bij knooppunt Ypenburg van vergelijkbare grootte zijn als bij de korte boortunnel maar iets zuidelijker optreden. Op basis van de modelresultaten voor de korte boortunnel en een deskundigenoordeel zijn voor de boortunnelvarianten BTL, TBT en NBT de gevolgen op grondwaterafhankelijke functies afgeleid.

Voor alle overige tunneltracés is berekend wat de verandering in de grondwaterstand is in de eindsituatie. De effecten zijn over het algemeen beperkt. In Tabel 4 is een samenvatting opgenomen. Grondwaterstandverhogingen bedragen 0.05 tot 0.2 m en treden op aan de westzijde van de tunnels, daar waar de grondwaterstromingsrichting loodrecht of bijna loodrecht op de tunnel staat. Dit betekent dat niet langs het gehele traject verhogingen optreden, alleen lokaal. De grondwaterstandverlagingen zijn van dezelfde orde grootte of minder en treden op aan de oostzijde van de tunnels. Ook hier geldt dat de verlagingen lokaal zijn en niet langs het gehele traject.

De berekende grondwaterstandveranderingen voor de verschillende varianten vallen binnen de natuurlijke fluctuatie van de grondwaterstanden. Dit betekent echter niet dat er geen effecten optreden, omdat de gemiddelde grondwaterstanden en de gemiddelde hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden meebewegen met de door een ondergrondse constructie veroorzaakte verandering van de grondwaterstand.

De beide Trekvliettunnels hebben relatief het grootste effect. Het effect van de Mercuriustunnel op de grondwaterstand is verwaarloosbaar. Het effect van de verschillende boortunneltracés is eveneens verwaarloosbaar (boven de boortunnel is nog circa 9 m dekking), er treden echter wel verhogingen en verlagingen op ter hoogte van de ingangen waar de verschillende watervoerende lagen over de gehele diepte worden afgesloten.

Tabel 4: samenvatting grondwaterstandveranderingen

Alternatief	Grondwaterstandverhoging (westzijde)	Grondwaterstandverlaging (oostzijde)
Beatrixtunnel (B)	Lokaal tot 0.20 m	Lokaal tot 0.10 m
Korte boortunnel (BTK)	Ingangen tot 0.20 m	Ingangen tot 0.15 m
Lange boortunnel (BTL)	Ingangen tot 0.20 m *	Ingangen tot 0.15 m *
Trekvllet boortunnel (TBT)	Ingangen tot 0.20 m *	Ingangen tot 0.15 m *
Noordelijke boortunnel (NBT)	Ingangen tot 0.20 m *	Ingangen tot 0.15 m *
Trekvlletunnel aansluiting Zonweg (T2)	Lokaal tot 0.20 m	Lokaal tot 0.15 m
Trekvlletunnel aansluiting Binckhostlaan (T3)	Lokaal tot 0.15 m	Lokaal tot 0.15 m
Voorburgtunnel (V2)	Lokaal tot 0.20 m	Lokaal tot 0.15 m
Haagwegtunnel (H)	Lokaal tot 0.15 m	Lokaal tot 0.05 m
Mercuriustunnel (M)	< 0.05 m	< 0.05 m

\* grondwaterstandeffecten noordelijke ingang (Bickhostlaan en Neherkade) zijn gelijk aan die van de korte boortunnel, grondwaterstandeffecten ter hoogte van de zuidelijke ingang aan de Ypenburgzijde zijn even groot doch treden zuidelijker op.

### Grondwateronttrekkingen

Geen van de in Tabel 2 vermelde onttrekkingen valt binnen de contouren met 0.05 m grondwaterstandverandering of stijghoogteverandering in het pakket waaruit wordt onttrokken.

### Bebouwing-grondwateroverlast

#### Methodie

Maatgevend voor optreden van grondwateroverlast is de stijging van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG). Met het grondwatermodel zijn gemiddelde grondwaterstanden berekend voor zowel de huidige situatie als na aanleg van een alternatief. Uit de beschikbare langjarige peilbuisgegevens is berekend wat de gemeten afwijking is tussen GHG en de gemiddelde grondwaterstand in het interessegebied. Deze bedraagt gemiddeld circa 0.2 m. Op grond hiervan is aangenomen dat de berekende GHG zowel in de huidige als de toekomstige situatie in het gehele interessegebied 0.2 m hoger is dan de berekende gemiddelde grondwaterstand.

Voor bepaling van grondwateroverlast is vervolgens nagegaan of de berekende GHG ten opzichte van maaiveld in de toekomstige situatie hoger komt dan 0.7 m-mv. In deze gevallen kan wateroverlast in kruipruimtes ontstaan dan wel bestaande overlast verergeren. Overigens is grondwateroverlast subjectief en zeer persoonsafhankelijk.

#### Beoordeling

Bij 4 alternatieven (Haagwegtunnel, beide Trekvlletunnels en de Beatrixtunnel) bestaat de kans dat lokaal in bebouwde gebieden de GHG boven de 0.7 m-mv komt of vaker de drempelwaarde overschrijdt dan momenteel het geval is. In Afbeelding 6 zijn de verschillende gebieden aangegeven:

Gebied A, noordelijke deel van Hoornwijk (overwegend groen gebied);

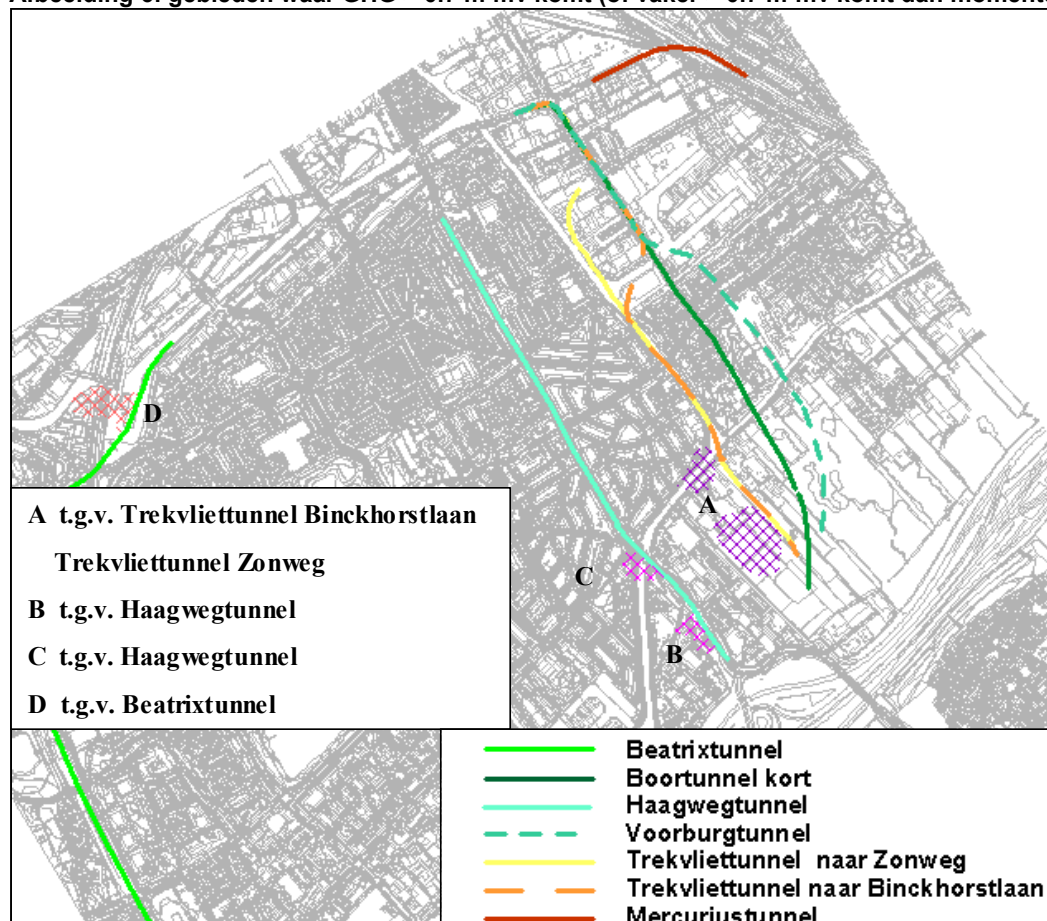
Gebied B, noordoostelijk deel van wijk Broekpolder, nabij Einsteinlaan, Madame Curielaan;

Gebied C, oostelijke en westelijke zijde van Delftse Vliet ten zuiden van Haagweg/Hoornbruglaan;

Gebied D, ten noorden van station Den Haag Moerwijk en ten zuiden van het Laakkanaal/de Laakhaven.

In alle gearceerde gebieden komt bebouwing voor en bestaat de kans op (extra) wateroverlast. Dit effect komt bovenop eventuele extra stijging door (gedeeltelijke) sluiting van de DSM Gist onttrekking en de op lange termijn verwachte zeepsiegelstijging (zie 3.2. Autonome ontwikkelingen).

**Afbeelding 6: gebieden waar GHG > 0.7 m-mv komt (of vaker > 0.7 m-mv komt dan momenteel)**



## Bebouwing-zettingen

### Methode

Maatgevend voor zettingen is verlaging van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). De model-GLG is op dezelfde wijze bepaald als de model-GHG (zie onderdeel "bebouwing grondwateroverlast").

Als de grondwaterstand daalt dan komt een deel van de grond dat eerst onder water lag boven water te liggen. Dat deel grond ondervindt geen opwaartse kracht meer van het water en drukt daardoor meer op de ondergrond dan voorheen. Deze verhoogde druk –verhoging van de effectieve spanningen in de ondergrond- kan in het algemeen zetting van de ondergrond veroorzaken indien die ondergrond samendrukbaar is. Samendrukbare grondsoorten zijn bijvoorbeeld veen, klei en leem. Zand is nagenoeg onsamendrukbaar, een daling van een grondwaterspiegel zal in zand niet tot belangrijke zettingen leiden. Zand dat op een samendrukbare laag ligt kan zakken ten gevolge van de samendrukking van de onderliggende lagen, niet omdat het zand zelf samendrukbaar is.

### Beoordeling

Uit de uit het TNO-DINO archief afkomstige boorbeschrijvingen blijkt dat in het interessegebied samendrukbare lagen kunnen voorkomen met een dikte van 0-10 m. Op basis van geschatte samendrukkingeigenschappen van de ondergrond leren geotechnische berekeningen dat de zettingen niet veel meer kunnen zijn dan 0-6 cm. Deze zettingen treden op na lange tijd (30 jaar of meer) en zijn zodanig laag dat ze op de grens liggen van de geotechnische rekennauwkeurigheden die behaald kunnen worden. Hieruit volgt dat zettingschade door grondwaterstandverlaging gering tot nihil is.

Een grondwaterstandverlaging van 0.10 à 0.15 m ten opzichte van de GLG kan naar verwachting ook geheel of gedeeltelijk gecompenseerd worden door vermindering van de DSM Gist onttrekking (zie paragraaf 0 Autonome ontwikkelingen).

### **Bebouwing-houten paalkoppen**

#### Methode

Maatgevend voor aantasting van houten paalkoppen is verlaging van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). De model-GLG is op dezelfde wijze bepaald als de model-GHG (zie onderdeel "grondwateroverlast").

Theoretisch gezien is het mogelijk dat door verlaging van de GLG houten paalkoppen gedeeltelijk droog komen te liggen terwijl dat nu nog niet het geval is. Er is geen inventarisatie gemaakt van de locatie en diepte van houten paalkoppen. Dat gaat voor het niveau van een MER te ver. Beoordeeld is of sprake is van 0.1 m of meer grondwaterstandverlaging (gelijk gesteld aan de GLG verlaging) in bebouwd gebied. In deze gebieden bestaat een kans op aantasting van houten paalkoppen. Het is niet gezegd dat zich in deze gebieden ook houten paalkoppen bevinden en dat de daling van de GLG zodanig is dat ze gedeeltelijk in de onverzadigde zone komen te liggen.

### Beoordeling

In



Afbeelding 7 is weergegeven in welke gebieden mogelijk paalrot zou kunnen optreden:

Gebied A, wijk Binckhorst ten noordoosten van de Binckhorstlaan, noordwestelijk van Binckhorsthaven;

Gebied B, ten noordoosten van de Haagse Trekvliet, nabij Park Arentsburg;

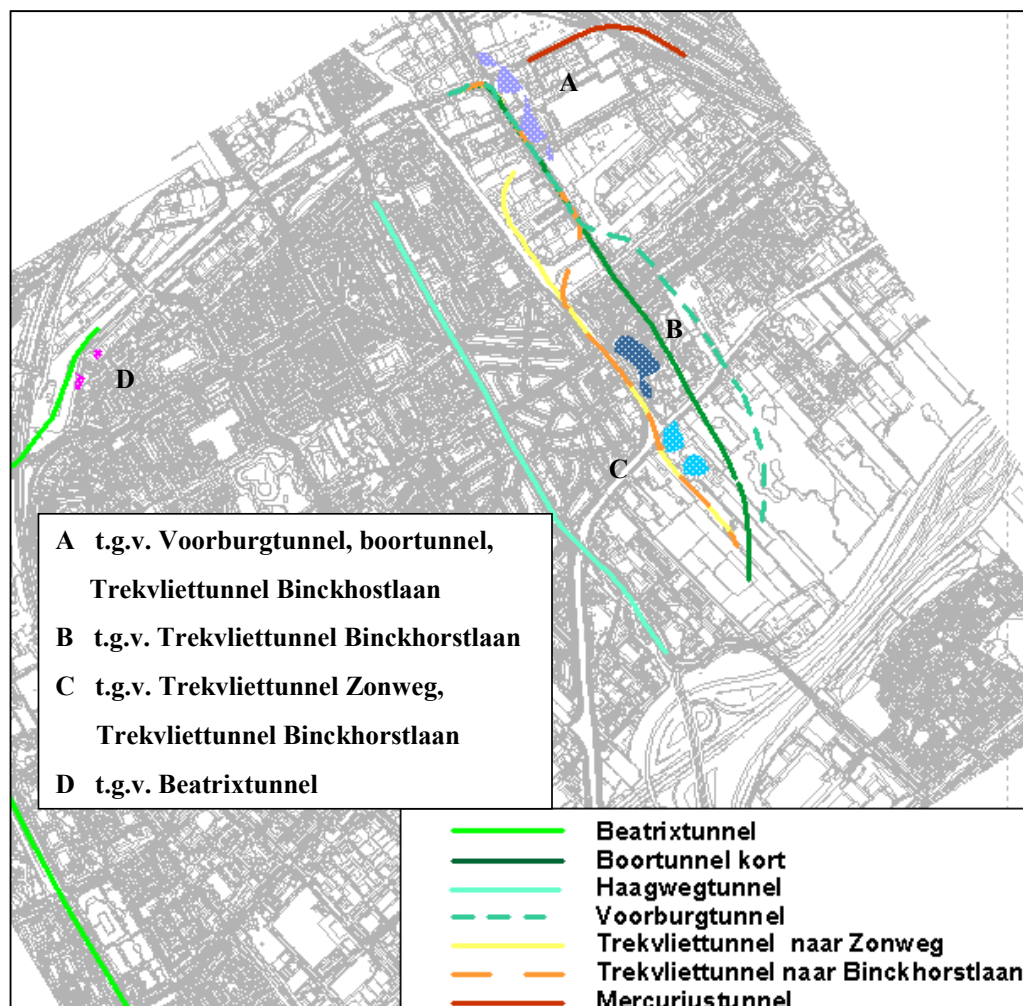
Gebied C, noordelijk deel van wijk Hoornwijk;

Gebied D, oostelijke oever van het zuidelijke deel van de Laakhaven

De mogelijke paalrot geldt voor alle boortunnelalternatieven (BTK, BTL, TBT en NBT, allen langs de Binckhorstlaan/Neherkade), beide Trekvliettunnels, Voorburgtunnel en Beatrixtunnel. De grondwaterstandverlagingen zijn echter gering, dat wil zeggen dat de kans op aantasting niet groot is.

Bij staking van de DSM Gist onttrekking, zal de grondwaterstandverlaging door het gekozen tunnelalternatief grotendeels of zelfs geheel worden gecompenseerd. De beoordeling is gebaseerd op een situatie zonder sluiting van de DSM Gist onttrekking.

Afbeelding 7: kans op aantasting houten paalkoppen



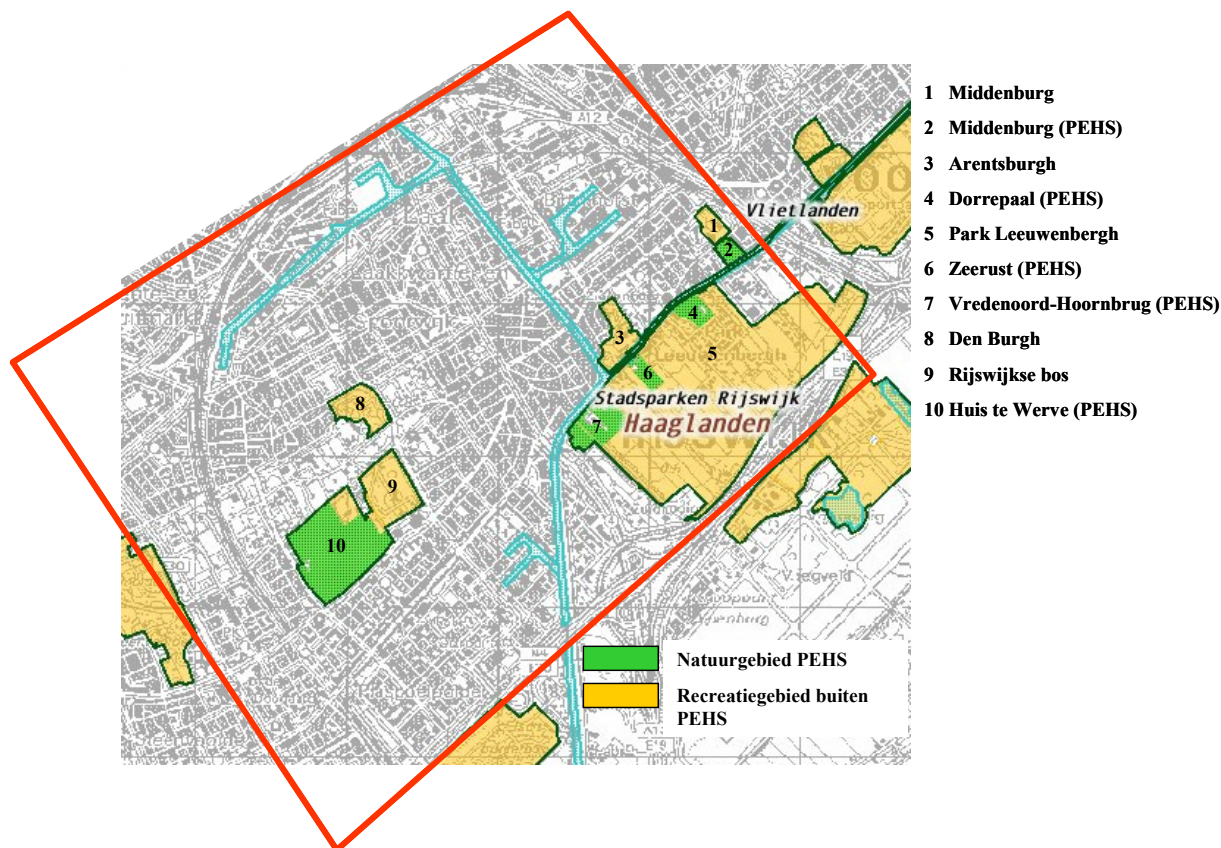
### Natuur / stedelijk groen

#### Methode

Zowel grondwaterstandverhoging als grondwaterstandverlaging kan leiden tot schade aan vegetatie. Omdat de huidige grondwaterstand over het algemeen orde grootte 1 tot 2 m-mv staat, zal verdroging door grondwaterstandverlaging eerder een rol spelen dan vernatting door grondwaterstandverhoging. Naast een berekende grondwaterstandverandering is ook kennis nodig van het type vegetatie en de samenstelling van de bodem om een uitspraak te kunnen over daadwerkelijke significante effecten. Voor deze MER wordt volstaan met een potentie voor schade op basis van de aanwezigheid van natuurgebieden behorende tot de PEHS en recreatiegebieden binnen de contouren met 0.05 m grondwaterstandverlaging of meer. In

Afbeelding 8 is aangegeven om welke gebieden het gaat. De gevolgen van de verschillende tracés voor de natuur zijn verder uitgewerkt in deelrapport ecologie.

**Afbeelding 8: locatie PEHS-natuurgebieden en recreatiegebieden binnen interessegebied**



#### Beoordeling

In Tabel 5 is een samenvatting gegeven van de resultaten. De effecten zijn over het algemeen zeer gering. De grootste verlagingen (tot 0.15 m) treden op bij beide Trekvliettunnels.

**Tabel 5: aanwezigheid openbaar groengebieden binnen 0.05 m grondwaterstandverlagingcontour**

Alternatief	Grondwaterstandverlagingen in natuurgebied/recreatiegebied
Beatrixtunnel (B)	geen
Boortunnels (BTK, BTL, TBT, NBT)	geen
Trevkliettunnel aansluiting Zonweg (T2)	tot 0.10 m verlaging in Zeerust (PEHS) tot 0.15 m in Park Leeuwenbergh tot 0.10 m verlaging in Arentsburgh
Trevkliettunnel aansluiting Binckhorstlaan (T3)	tot 0.10 m verlaging in Zeerust (PEHS) tot 0.15 m in Park Leeuwenbergh tot 0.10 m verlaging in Arentsburgh
Voorburgtunnel (V2)	tot 0.05 m in Park Leeuwenbergh
Haagwegtunnel (H)	geen
Mercuriustunnel (M)	geen

## Landbouw

### Methode

In Hoornwijck ten zuidwesten van het golfterrein van de Leidschendamse Golfvereniging Leeuwenberg (ten westen van de A4) ligt een klein landbouwgebied van circa 15 ha. Alleen de Trekvliettunnels veroorzaken grondwaterstandveranderingen (maximaal 0.15 m verlaging en 0.1 m verhoging) in dit gebied.

Landbouwschade wordt uitgedrukt als verandering van opbrengstdepressie (in %) door een ingreep ten opzichte van een referentiesituatie. De referentiesituatie is de meest optimale situatie. Dit houdt in dat in de huidige situatie ook al sprake kan zijn van een opbrengstdepressie. De opbrengstdepressie kan per jaar verschillen, immers het ene jaar is natter dan het andere. Het verschil in opbrengstdepressie tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie is een maat voor mogelijke schade of een mogelijke verbetering. Niet elke grondwaterstandverandering resulteert in een verslechtering. De berekeningen worden uitgevoerd met behulp van de zogenaamde HELP-tabellen [13]. In deze HELP-tabellen is, afhankelijk van het bodemtype en gewas, aangegeven wat de relatie is tussen landbouwopbrengstdepressie en de grondwaterkarakteristieken GHG en GLG. De verandering in de opbrengstdepressie (ofwel landbouwschade) wordt uitgedrukt in %. Over het algemeen wordt een schade van minder dan 5% als niet significant beschouwd. De met het grondwatermodel berekende GHG is 0.7-1.2 m-mv, de GLG is 1.1-1.6 m-mv. Uit de bodemkaart [9] blijkt een veel hogere GHG en GLG. In de Hoge broekpolder is sprake van grondwatertrap III\*. Dit betekent een GHG van 0.25-0.4 m-mv en een GLG van 0.8-1.2 m-mv. Als "worst case" is uitgegaan van de waarden zoals afgeleid uit de Bodemkaart.

Berekend is wat het effect is op de range aan opbrengstdepressie zal zijn bij toename van de GHG en GLG met 0.1 m respectievelijk afname van de GHG en GLG met 0.15 m.

### Beoordeling

Voor beide Trekvliettunnels geldt het volgende.

- De opbrengstdepressie door grondwaterstandverlaging zal met minder dan 5% toenemen. In hetzelfde gebied is in natte periodes sprake van een afname van de opbrengstdepressie ook orde grootte 5% of minder. Beide effecten kunnen als niet significant worden beschouwd.
- De toename van de opbrengstdepressie in de zone waar de grondwaterstand 0.15 m stijgt is maximaal 10-20%. Dit geldt voor een klein gebied van orde grootte 200x50m. Bij een grondwaterstandstijging van 0.5-0.1 m is de toename in opbrengstdepressie maximaal 10%. De afname van opbrengstdepressie in de zomer door stijging van de grondwaterstand is in beide gevallen minimaal (circa 1%). Netto is derhalve sprake van een licht negatief effect.

Voor de overige alternatieven is landbouwschade niet van toepassing.

### **Samenvatting beoordeling aspect grondwater**

In Tabel 6 is de beoordeling van het aspect grondwater samengevat. Hierbij is de volgende score aangehouden:

- 0 geen effect
- licht negatief effect
- matig negatief effect
- sterk negatief effect

Bij de onderwerpen Bebouwing en Natuur is een relatieve rangschikking gemaakt van de verschillende alternatieven op basis van het oppervlak "potentieel aangetast gebied". Bij de beoordeling van het onderwerp "natuur/groen" is een grondwaterstandverlaging in een gebied dat behoort tot de Provinciale

Ecologische Hoofdstructuur negatiever beoordeeld dan een grondwaterstandverlaging in een recreatiegebied. Bij de beoordeling is het mogelijk effect van de autonome ontwikkelingen “gedeeltelijke sluiting DSM Gist onttrekking” en “zeespiegelrijzing en klimaatsverandering” niet meegenomen omdat dit voor alle varianten in gelijke mate geldt dan wel niet bekend is in welke mate dit een rol gaat spelen. Stijgen van de grondwaterstand door beide autonome ontwikkelingen komt wel bovenop het effect van grondwaterstandverhoging door een tunnel.

Tabel 6 Uit Tabel 6 blijkt dat beide Trekvliet alternatieven wat betreft het aspect grondwater het slechtst scoren en de Mercuriustunnel het best.

**Tabel 6: beoordeling aspect grondwater**

Alternatief/Variant	Grondwater-onttrekkingen	Bebouwing			Natuur/groen	Landbouw		TOTAAL
		zettingen	g.w. overlast	aantasten paalkoppen		vernatting	verdroging	
Beatrixtunnel (B)	0	0	-	0/-	0	0	0	0/-
Boortunnels (BTL, BTL, NBT, TBT)	0	0	0	-	0	0	0	0/-
Trekvieltunnel Zonweg (T2)	0	0	-	-	-	-	0	-
Trekvieltunnel Binckhorstlaan (T3)	0	0	-	-	-	-	0	-
Voorburgtunnel (V2)	0	0	0	-	0/-	0	0	0/-
Haagwegtunnel (H)	0	0	-	0	0	0	0	0/-
Mercuriustunnel (M)	0	0	0	0	0	0	0	0

Bij grondwaterstandverhogingen geldt dat deze relatief eenvoudig te mitigeren is d.m.v. drainage. Een grondwaterstandverlaging is niet eenvoudig te mitigeren. Echter onder invloed van autonome ontwikkelingen (gehele of gedeeltelijke sluiting van de DSM Gist onttrekking, zeespiegelrijzing) zal de grondwaterstand in de toekomst zeer waarschijnlijk stijgen. Dit compenseert (deels) de verwachte grondwaterstandverlaging bij aanleg van één van de tunnel alternatieven.

Bij de modelberekeningen is voor de maaiveldhoogte gebruik gemaakt van geïnterpoleerde waarden van meetpunten verdeeld over Den Haag. De werkelijke grondwaterstanden beneden maaiveld kunnen best een paar cm tot dm afwijken, waardoor bij een studie met nauwkeuriger maaiveldhoogte het patroon met wel of geen mogelijke overlast kan verschuiven.

**DHV B.V.**

## 6 LEEMTEN IN KENNIS EN LITERATUUR

### 6.1 Leemten in kennis onderdeel grondwater

Het gebruikt grondwatermodel is gekijkt aan de hand van bestaande peilbuizen. In het interessegebied komen zeer weinig peilbuizen met langjarige meetgegevens voor. Het is mogelijk dat het grondwatermodel in dit gebied minder nauwkeurig is bij gebrek aan gegevens.

Er zijn alleen stationaire berekeningen gemaakt met het bestaande model. Hieruit volgen gemiddelde grondwaterstanden. Voor de beoordeling van de aspecten bebouwing, natuur en landbouw zijn juist de GHG en GLG van belang. In deze studie is het gemeten verschil tussen GHG/GLG en gemiddelde grondwaterstand geëxtrapoleerd naar de berekende GHG/GLG waarden. Het is ook mogelijk de GHG en GLG uit niet-stationaire berekeningen te halen. De totale effecten zijn echter niet zodanig groot dat dit in dit kader noodzakelijk werd geacht.

Vooralsnog is alleen nagegaan waar een theoretische mogelijkheid bestaat voor aantasting van houten paalkoppen dan wel verdroging van natuur. Of er ook daadwerkelijk negatieve effecten zullen optreden hangt onder andere af van diepte en voorkomen van houten palen enerzijds en type vegetatie alsmede lokale geohydrologische omstandigheden anderzijds. Dit is niet verder uitgewerkt in deze studie omdat de totale effecten gering zijn.

Het effect van de stopzetting van de DSM winning strekt zich over een groot gebied uit. De resulterende grondwaterstandverhoging zal de grondwaterstandverlagingen aan de oostzijde van de tunnel geheel of gedeeltelijk opheffen, maar de grondwaterstandverhogingen aan de westzijde versterken. Het eventuele cumulatieve effect is niet in kaart gebracht.

### 6.2 Geraadpleegde literatuur

Bij uitwerking van het onderdeel grondwater zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

1. Delft Cluster; Quickscan DSM-spoorzone: Verkenning van duurzame oplossingsrichtingen voor het waterbeheer in Delft en omgeving; september 2005
2. Europese Unie; Grondwaterrichtlijn 80/68/EEG; 17 december 1979
3. Europese Unie; Grondwaterrichtlijn 2006/118/EG; 12 december 2006
4. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat; 3<sup>e</sup> Kustnota - Traditie, Trends en Toekomst, december 2000
5. Ministerie Verkeer en Waterstaat; Voorontwerp waterwet; juli 2005
6. Provincie Zuid-Holland; Grondwaterbeheersplan 2001-2005; maart 2001
7. Provincie Zuid-Holland; Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006-2010, augustus 2006
8. Provincie Zuid-Holland; kaart ecologische hoofdstructuur;  
[http://www.zuidholland.nl/index/overzicht\\_alle\\_themas/thema\\_bodem\\_landelijkgebied/content\\_natuur/content\\_kaarten.htm](http://www.zuidholland.nl/index/overzicht_alle_themas/thema_bodem_landelijkgebied/content_natuur/content_kaarten.htm)
9. Stiboka; bodemkaart blad 30O/30W ; 1982
10. Tauw; Grondwatermodellering Den Haag; 15 november 2005; kenmerk 4358876
11. Tauw; grondwatermodel gemeente Den Haag (versie jan. 2006)
12. TNO-DINO archief
13. Waterlood instrumentarium (STOWA, 2003)
14. [www.grondwaterindenhaag.nl](http://www.grondwaterindenhaag.nl)

**DHV B.V.**



## 7 COLOFON

---

Opdrachtgever	: Stadsgewest Haaglanden
Project	: MER verbetering bereikbaarheid Den Haag
Dossier	: A7841-01.001
Omvang rapport	: 29 pagina's
Auteur	: Jacqueline Flink
Bijdrage	: Wienus v.d. Scheur
Projectleider	: Gerrit Jan Schraa
Projectmanager	: Bart Humblet
Datum	: mei 2007
Naam/Paraaf	:

---