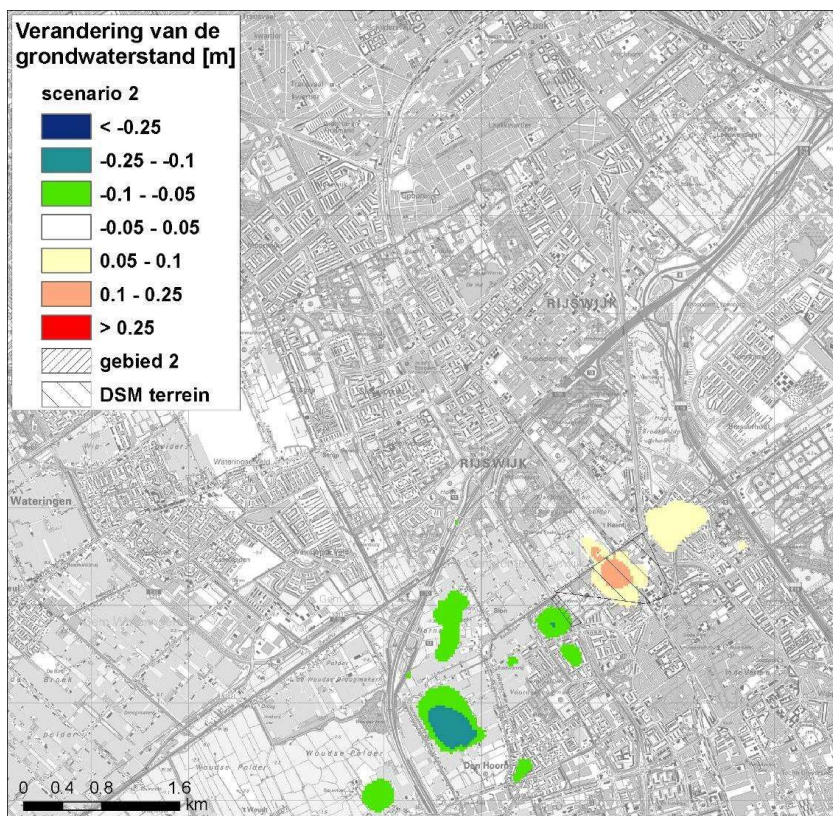


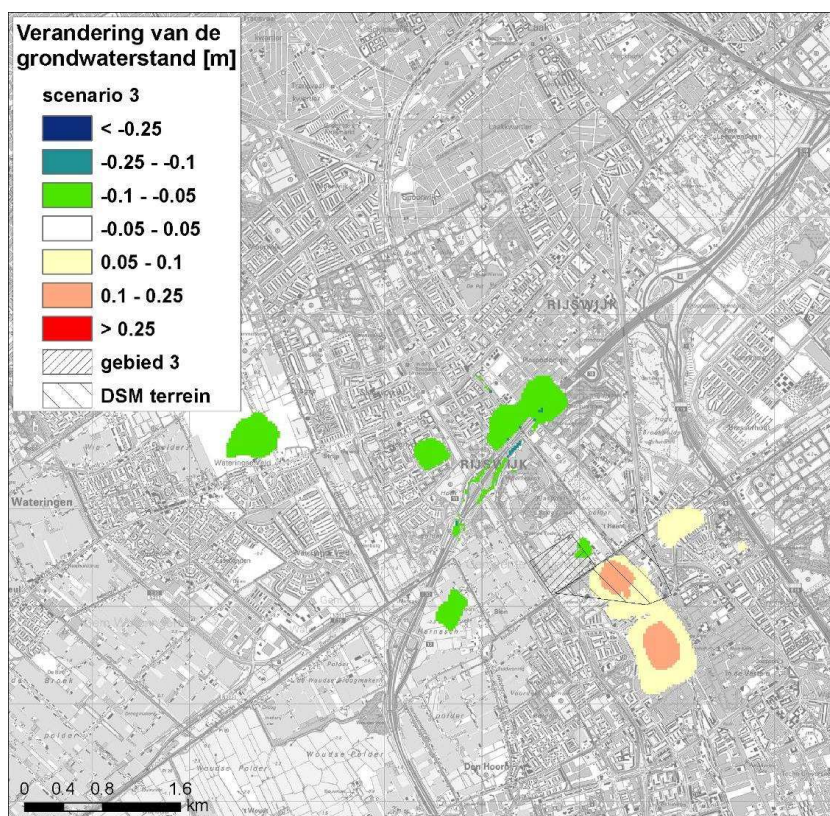
Figuur 3.1 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 1.



Figuur 3.2 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 2.

Scenario 3

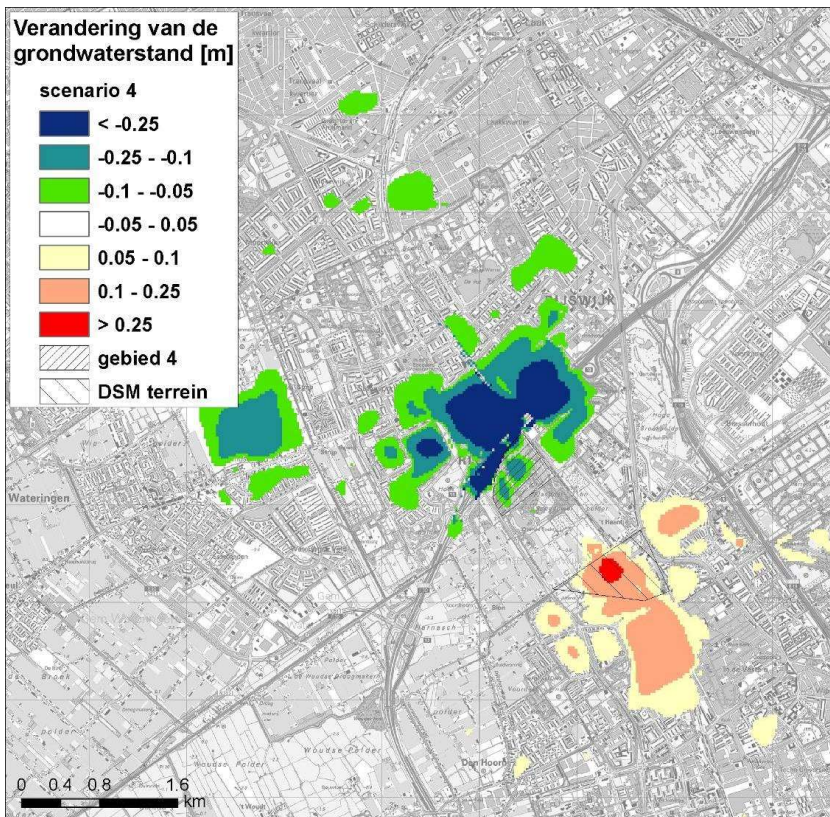
Figuur 3.3 geeft het effect van verplaatsing naar het noorden. Ten opzichte van de verplaatsing naar gebied 1 en 2 lijkt er minder sterke daling op te treden op minder locaties. De toename van de grondwaterstand in het centrum van Delft neemt wel toe in omvang en grootte.



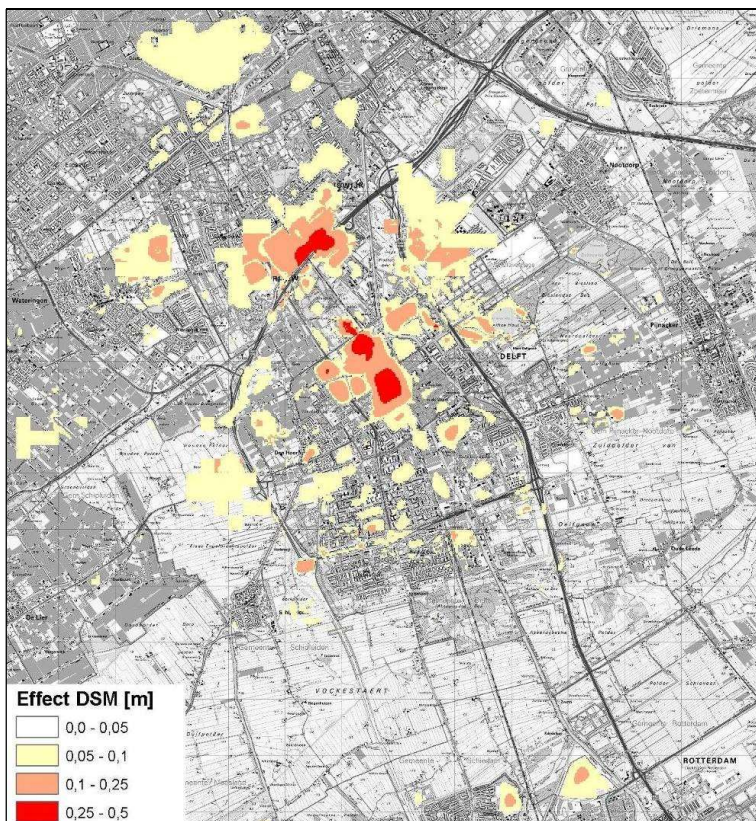
Figuur 3.3 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 3.

Scenario 4

De effecten voor verplaatsing naar locatie 4 zijn duidelijk het grootst (zie Figuur 3.4). Zowel in grootte van het effect als ruimtelijke uitbreiding is de invloed groter dan in de andere gebieden. Net als in de andere figuren is het invloedsgebied niet vloeiend aaneensluitend maar lijkt het uit samengestelde vlakken te bestaan. Dat patroon komt overeen met het patroon van oppervlaktewatersysteem. Ter plaatse van waterlopen zullen de effecten worden gedempt en nagenoeg nul zijn terwijl op grotere afstand tot een waterloop, in het midden van een perceel, een effect uit diepere lagen relatief het sterkst doorwerkt eventueel versterkt door een lagere deklaagweerstand.



Figuur 3.4 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 4.



Figuur 3.5 Effect op de freatische grondwaterstand bij sluiting van de winning (bron: Roelofsen e.a. 2008).

3.2 Gevolgen voor maatregel drainage

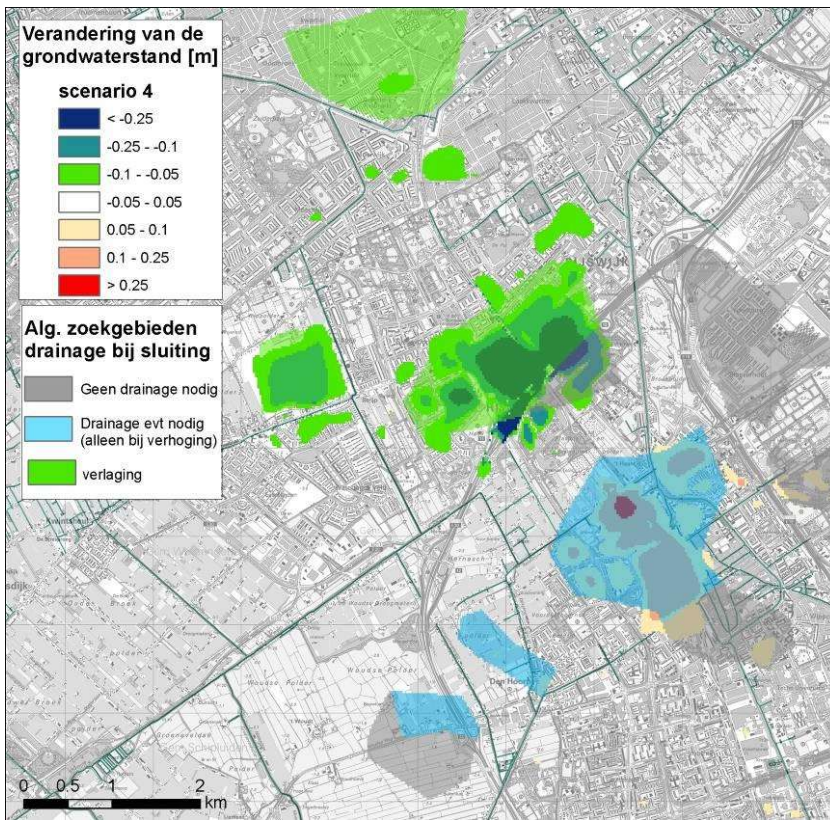
Op basis van de berekeningen met het grondwatermodel is bepaald waar de jaargemiddelde freatische grondwaterstand meer dan 5 cm omhoog zal gaan, de gele en rode gebieden in de figuren. Dit zijn de gebieden waar potentieel problemen kunnen gaan ontstaan als gevolg van reductie van de winning. Dit zoekgebied is in een eerdere workshop (Roelofsen e.a. 2008) verder teruggebracht tot alleen de stedelijke gebieden, de gebieden waar nog geen drainage ligt en waarbinnen drainage waarschijnlijk noodzakelijk is vanwege hoge grondwaterstand. Dit zijn de blauwe gebieden in Figuur 3.6).

Voor elk van de scenario's is het oppervlak bepaald dat mogelijk gedraineerd moet worden. Op basis daarvan is een schatting te maken van de kosten voor drainage waarbij wordt aan genomen dat drainage in stedelijk gebied EUR 215 per meter kost en een redelijke drainageafstand in stedelijk gebied 50 meter is (zie Roelofsen e.a. 2008). In Tabel 3.1 is naast elkaar gezet wat de gevolgen voor het thema drainage zijn voor de vier scenario's.

Tabel 3.1: Schatting benodigde hoeveelheid drainage.

	Oppervlak te draineren[ha]	km drainage	percentage t.o.v. drainage bij sluiting	Prijs [milj EUR]
locatie I	32	6	6%	1,4
Locatie II	48	10	9%	2,1
Locatie III	90	18	16%	3,9
Locatie IV	178	36	32%	7,7
Sluiting	550	110		24.0

Uit de tabel blijkt dat in alle gevallen te verwachten is dat de aanleg van extra drainage nodig is. Bij de scenario's 1 en 2 lijkt dat in vergelijking met volledige sluiting gering te zijn, minder dan 10 %. Bij verplaatsing naar locatie 3 verdubbelt de drainagebehoefte en ook van scenario 3 naar 4 is er sprake van een verdubbeling, zelfs tot 1/3 van de verwachte hoeveelheid bij volledige sluiting.



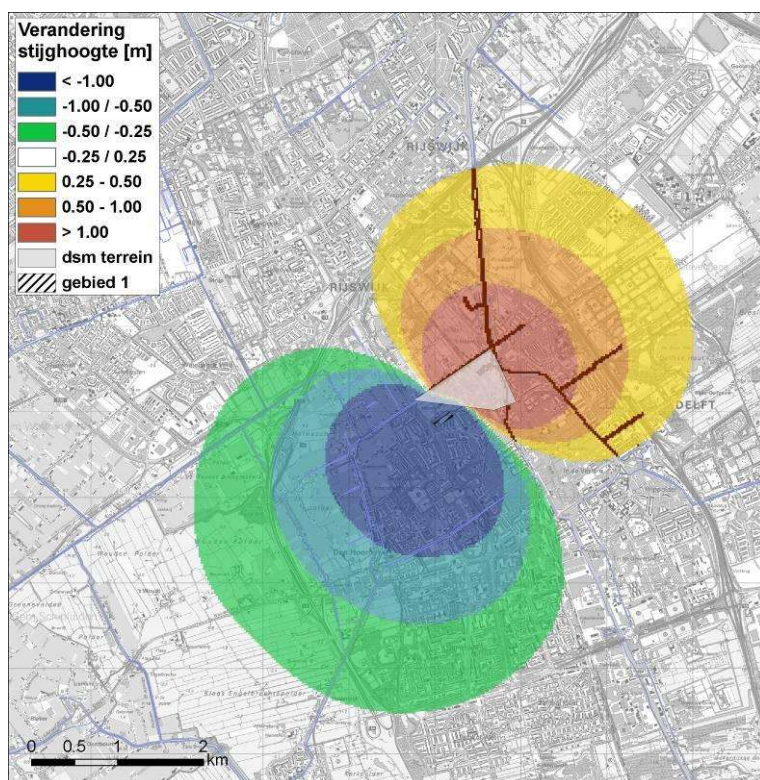
Figuur 3.6 Zoekgebieden waar drainage waarschijnlijk nodig is (achtergrond: effect voor scenario 4).

4 Effect op diepe stijghoogte: kadestabiliteit en stroming

4.1 Kadestabiliteit

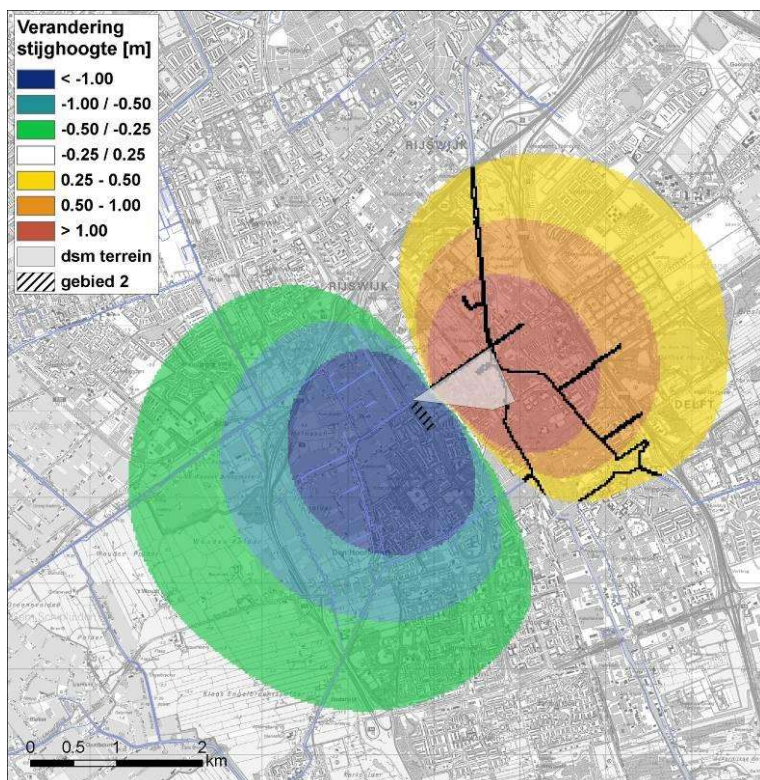
Door toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket kan de kadestabiliteit beneden een vastgestelde factor komen, waarbij de stabiliteit niet meer gegarandeerd kan worden. Dan is nader onderzoek noodzakelijk en mogelijk versterking van het betreffende kadedeel.

Om vast te stellen hoeveel kilometer kade mogelijk wordt beïnvloed, is geanalyseerd hoe de stijghoogte in het watervoerend pakket toeneemt. Net als in voorgaande studie zijn drie kritische stijghoogteveranderingen beschouwd namelijk alle stijging boven 25, 50 en 100 centimeter. Per scenario is berekend hoeveel kilometer kade respectievelijk 25, 50 en 100 cm stijging ondervindt. De bijbehorende effectieve eenheidsprijs (lager dan herstelkosten) is door het Hoogheemraadschap gesteld op EUR 0,2 miljoen/km.

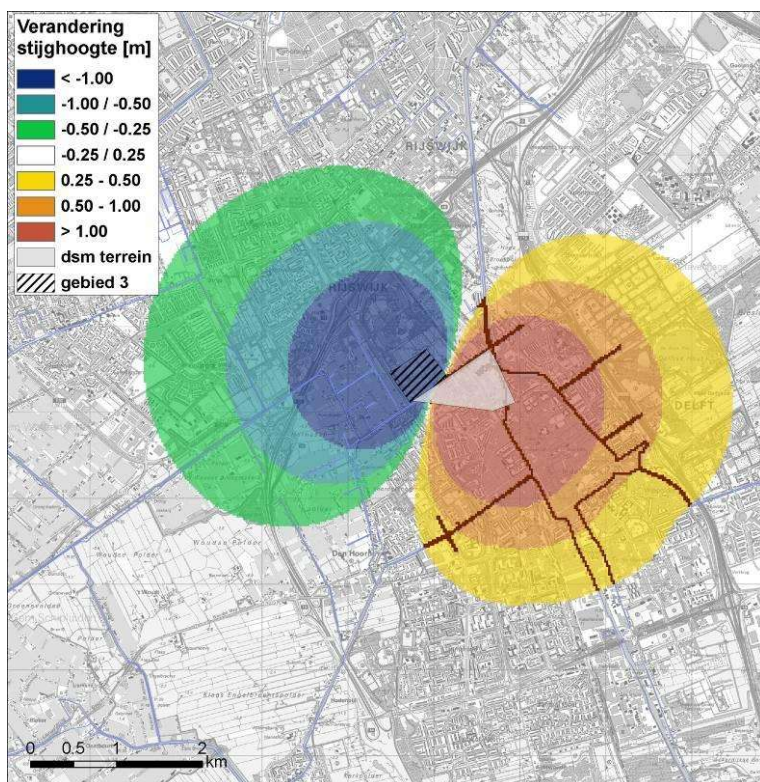


Figuur 4.1 Kritische kaden (zwart) met betrekking tot de stabiliteit binnen drie verschillende klassen van stijghoogteverandering voor gebied 1.

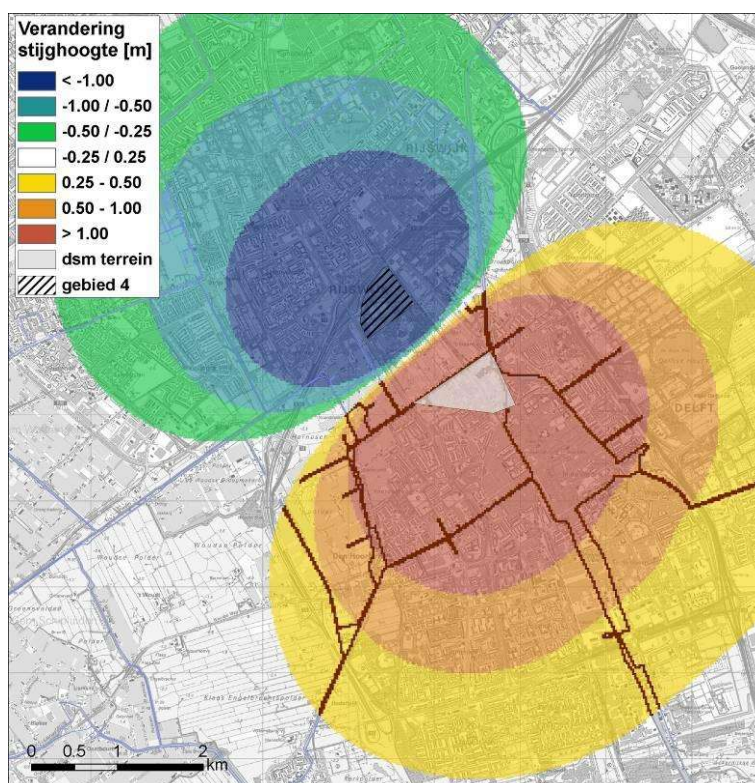
Figuur 4.1 tot en met Figuur 4.4 laten voor de 4 scenario's zien hoe bovenstaande uitwerkt. In zwart is dat deel van de kades weergegeven dat in deze situatie als kritisch is aangemerkt. De drie zones van kritische stijghoogteverandering zijn op de achtergrond in kleur weergegeven.



Figuur 4.2 Kritische kaden (zwart) met betrekking tot de stabiliteit binnen drie verschillende klassen van stijghoogteverandering voor gebied 2.



Figuur 4.3 Kritische kaden (zwart) met betrekking tot de stabiliteit binnen drie verschillende klassen van stijghoogteverandering voor gebied 3.



Figuur 4.4 Kritische kaden (zwart) met betrekking tot de stabiliteit binnen drie verschillende klassen van stijghoogteverandering voor gebied 4.

Tabel 4.1 vat voor de vier scenario's samen wat de effecten zijn en rekent die om naar kosten. De lengte is uitgedrukt in kilometers en de kosten in miljoenen euro. Het percentage in de 3^e kolom is de verhouding tot het aantal kilometer kade dat beïnvloed wordt bij volledige stopzetting. Dat betekent dus dat bij verplaatsing naar gebied 4 ongeveer 40% van het effect optreedt dat hoort bij volledige sluiting van de winning.

Tabel 4.1: Schatting aantal km kade met risico voor worden onderzocht en mogelijk hersteld.

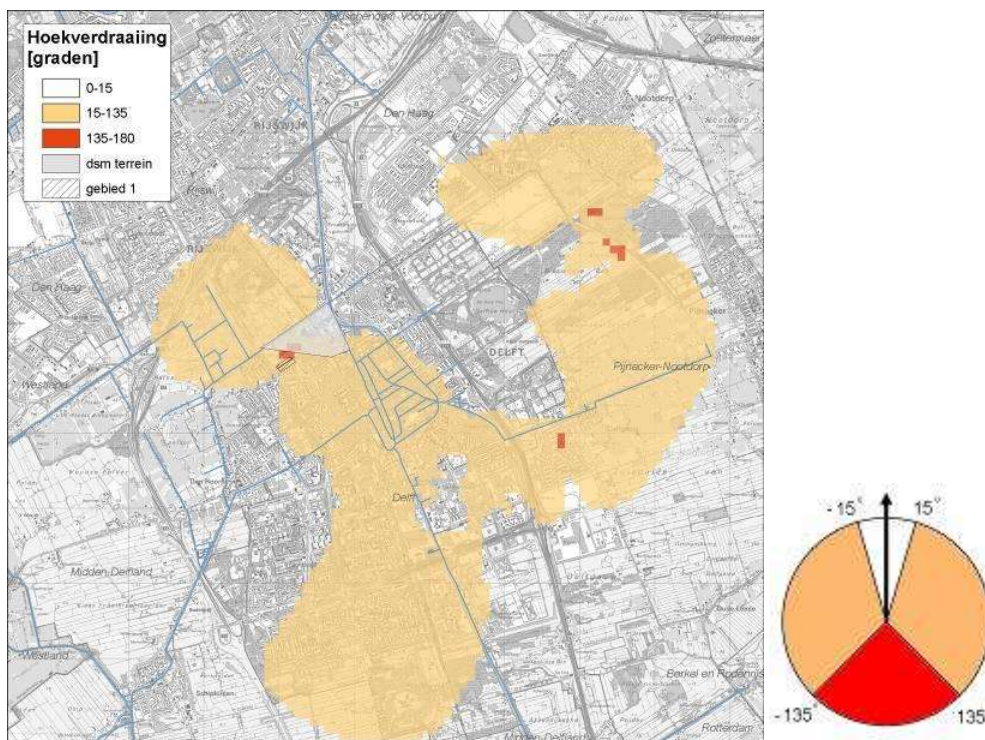
Scenario	25 cm toename			50 cm toename			1 m toename		
	Lengte	Kosten	%	Lengte	kosten	%	Lengte	kosten	%
scenario 1	15	3,1	8%	12	2,4	9%	8	1,7	13%
scenario 2	19	3,8	9%	14	2,9	11%	10	2,0	16%
scenario 3	23	4,5	11%	17	3,4	14%	10	2,0	15%
scenario 4	50	10,0	25%	35	7,1	28%	26	5,2	40%
sluiting	200	40		125	25		65	13	

Wat opvalt, is dat de uitkomsten van scenario 1 t/m 3 redelijk dicht bij elkaar liggen. Over de hele lijn zijn de effecten van verplaatsing naar locatie 4 groot. Daarbij is het aantal km kade ongeveer het dubbele in vergelijking met de overige scenario's en ook in vergelijking met het scenario 'winning-uit' zijn de effecten hoog, nog altijd 40% van de kades vormt een risico.

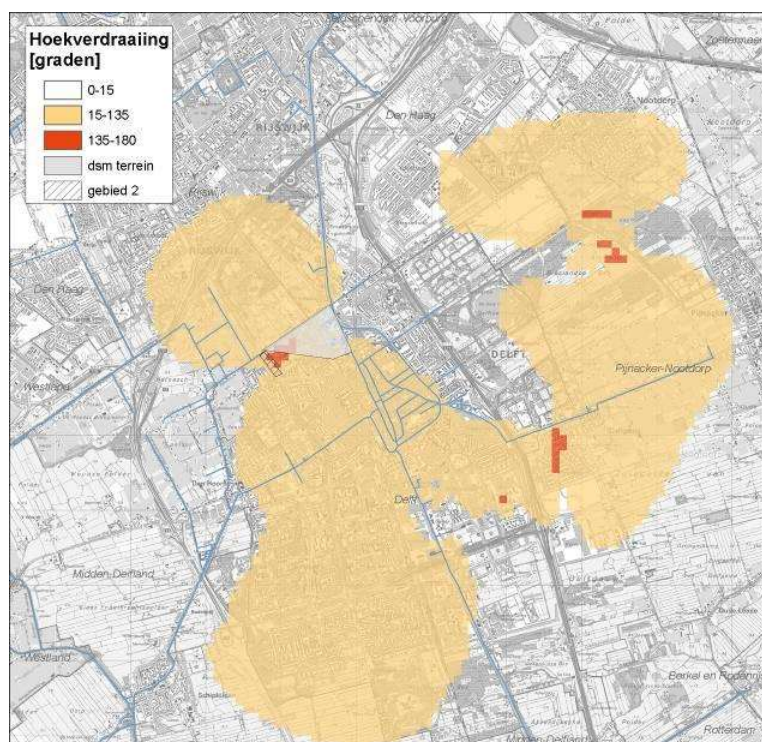
4.2 Stromingsrichting

Een verplaatsing van de winning heeft effect op de stromingsrichting in het eerste watervoerend pakket. Deze verandering kan mogelijk bestaande bodem- of grondwatersanering en bijbehorende monitoringnetwerken verstoren. Om die reden zijn de Figuur 4.5 t/m Figuur 4.8 toegevoegd. Daarin wordt aangegeven welke gebieden een richtingsverandering ondervinden bij verplaatsing van de winning naar de locatie vier, de locatie waarbij de grootste verandering wordt verwacht.

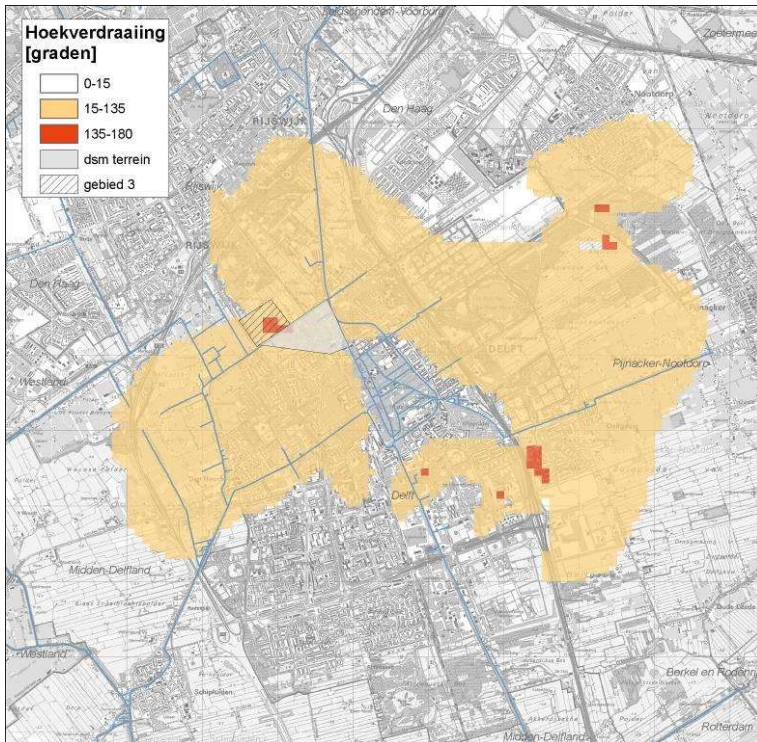
De informatie met betrekking tot de bodem- en grondwaterverontreinigingen in Delft is nog niet volledig bekend. Daarom wordt vooralsnog slechts het effect getoond zonder aan te geven waar de verontreinigingen zich bevinden en zonder vertaling naar een kostenpost.



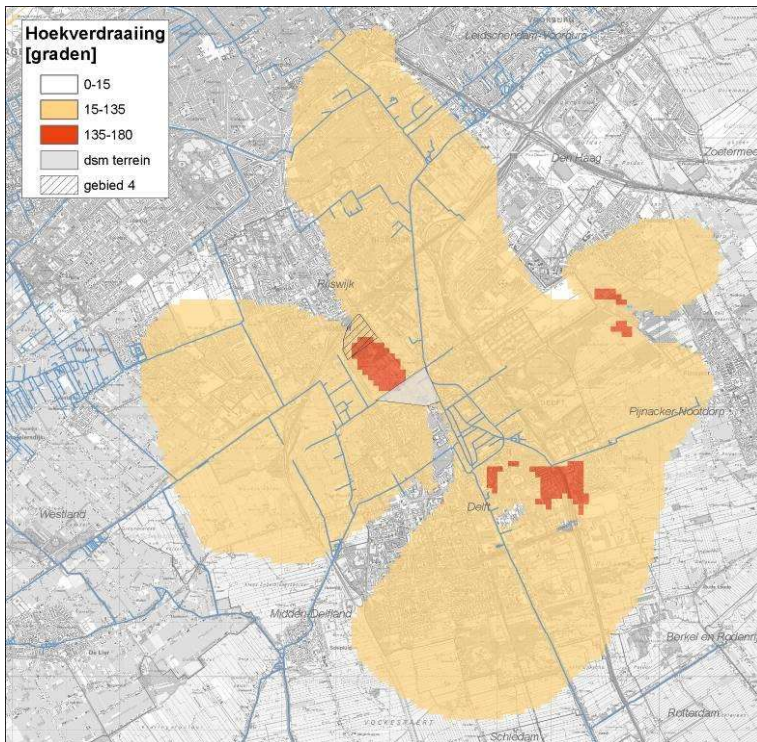
Figuur 4.5 Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van verplaatsing naar locatie 1.



Figuur 4.6 Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van verplaatsing naar locatie 2.



Figuur 4.7 Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van verplaatsing naar locatie 3.



Figuur 4.8 Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van verplaatsing naar locatie 4 [figuur bestrijkt een groter gebied dan voor scenario's 1 t/m 3!].

5 Effect: bodembeweging en zetting

5.1 Gevolgen van verlaging van stijghoogte van grondwater

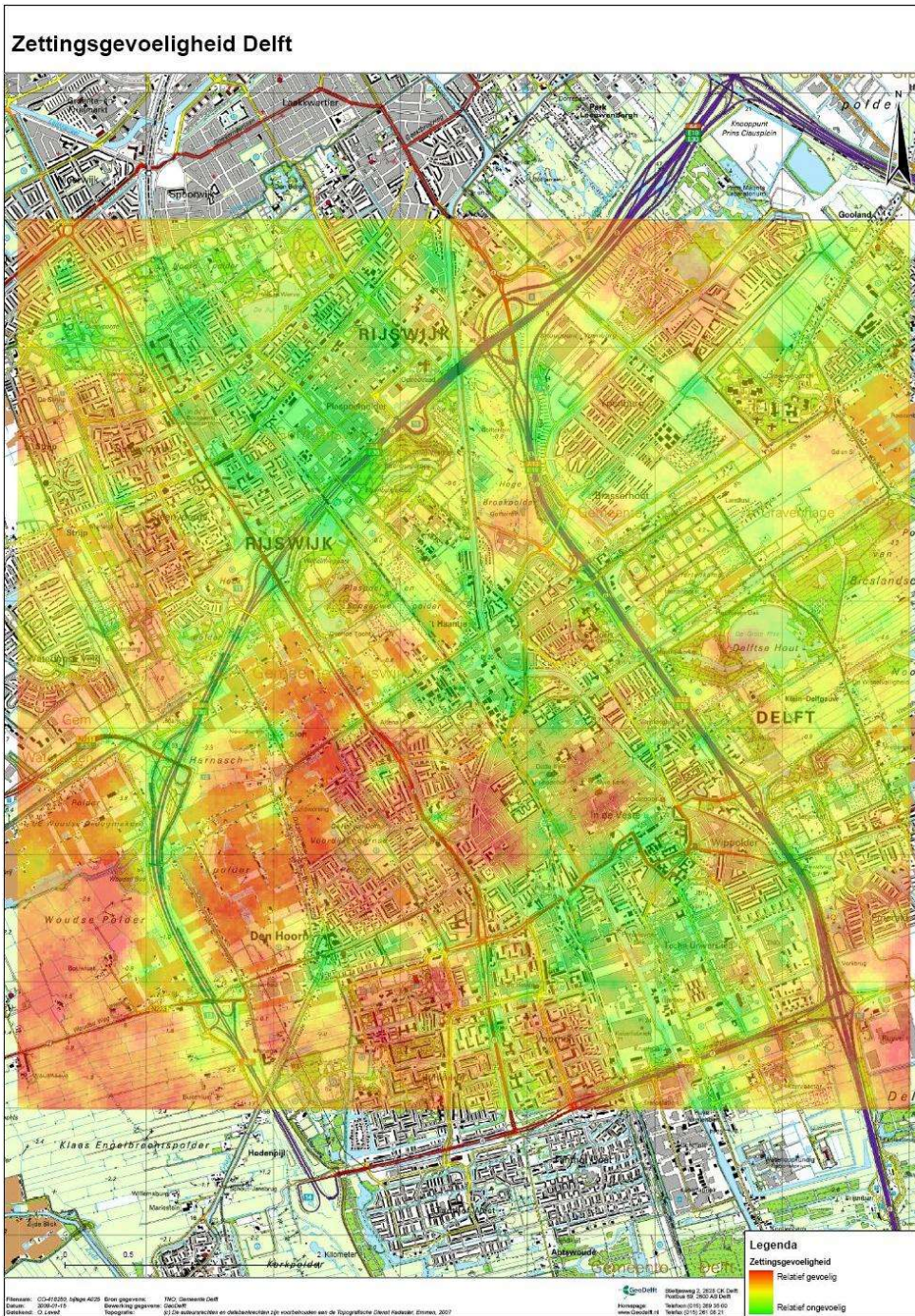
Als gevolg van het verplaatsen van de onttrekkingsbronnen zal het verlagingsspatroon rond het onttrekkingsveld zich in enige mate wijzigen. Dicht bij de nieuwe bronnen zal de stijghoogte verder worden verlaagd en bij de te verlaten bronnen zal de stijghoogte omhoog komen ten opzichte van de huidige situatie. Op grotere afstand zijn de veranderingen in het stijghoogtepatroon kleiner. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de effecten die de verandering van het stijghoogtepatroon kan hebben op zinking van maaiveld, bebouwing en infrastructuur. Deze effecten worden globaal ingeschat op basis van de lokale bodemopbouw (zettingsgevoeligheid) en de geotechnische kwetsbaarheid.

5.2 Beoordeling van zettingsgevoeligheid

Op basis van het ondergrondmodel is in het rapport 2008-U-R0960/A een overzicht gemaakt van de zettingsgevoeligheid van de bodem in de Delftse regio. Deze overzichtskaart is hierna herhaald als Figuur 5.1.

De beoordeling is op eenvoudige wijze gedaan door de dikte van de samendrukbare lagen bestaande uit veen en klei op te tellen. Zand wordt daarbij als nauwelijks samendrukbaar beschouwd. De veenlagen hebben in de optelling een grotere nadruk gekregen door de dikte van de veenlagen te vermenigvuldigen met een factor. De factor is afgeleid van de verhouding in samendrukbaarheid van veen en klei. Veen is gemiddeld 3 keer zo samendrukbaar genomen als klei.

Het terrein van DSM en voormalig Calvé nabij de Vliet is de minst zettingsgevoelige plek volgens Figuur 5.1. Daarop is ook te zien dat het gebied ten noordwesten iets meer gevoelig is voor zettingen. Aan westelijke kant van het DSM terrein (omgeving van de Provinciale weg, Kuiperswijk, Ministerswijk en Olofsbuurt en Westerkwartier) is de rode kleur in de figuur duidelijk te zien en is de situatie met betrekking tot het aspect zettingsgevoeligheid niet gunstig.



Figuur 5.1 Zettingsgevoeligheid van de ondergrond.

5.3 Kwetsbaarheid bebouwing en infrastructuur

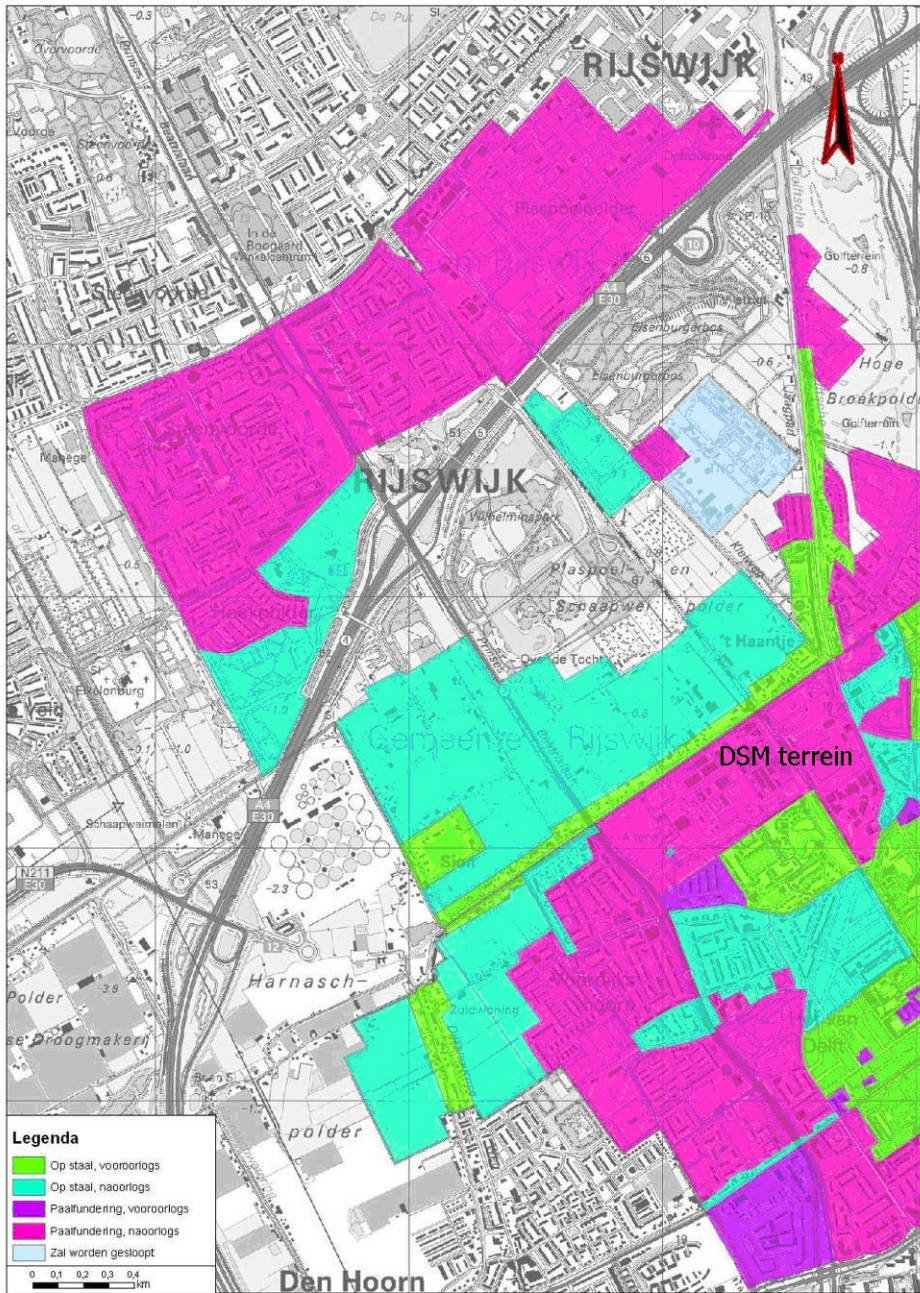
5.3.1 Kwetsbaarheid op basis van fundering en bouwtype

In 2007 is samen met de gemeente Delft een inventarisatie gemaakt naar de funderingstypen van panden binnen het belangrijkste invloedsgedebied van de onttrekking van DSM. De vervaardigde kaart is begin 2009 uitgebreid met informatie van de gemeente Rijswijk. Oudere bebouwing gefundeerd op staalfundering wordt beschouwd als een fundering die kwetsbaar is bij het optreden van verschildzettingen. Deze bebouwing komt zuidelijk van het DSM terrein voor in de Agnethaparkbuurt en Ministerswijk, in een belangrijk deel van het oude centrum en als lintbebouwing langs een deel van de Vliet. De kwetsbaarheid is hier zeker een belangrijk aspect omdat er vooral sprake is van grotere blokken met meerdere geschakelde woningen. Afwijkingen in zettingeigenschappen in de bodem of variërende belasting uit de bovenbouw kan in de mate van de zetting en de optredende verschillen doorwerken. Ook aan de Noordzijde van het DSM-terrein, langs 't Haantje, is op staal gefundeerde bebouwing aanwezig maar hier is meer sprake van vrijstaande panden die waarschijnlijk minder kwetsbaar zijn. Wel bevinden zich in de Rijswijkse Plaspoel- en Schaaapweipolder verschillende boerderijen (waarschijnlijk op staal gefundeerd) en een oude watertoren (mogelijk op palen gefundeerd) die als rijks- of gemeentelijk monument zijn aangeduid. Panden in de Kuiperswijk en in het deel van Rijswijk ten noorden van rijksweg A4 en in de wijk Vrijenban ten noorden van Delft zijn zeer waarschijnlijk op palen gefundeerd. Kassen en bedrijfsgebouwen noordelijk van 't Haantje kunnen kwetsbaar zijn voor maaiveldzakking. De gemeente Rijswijk heeft echter plannen om dit gebied als woningbouwlocatie te ontwikkelen. De TNO-locatie aan de Kleiweg zal op termijn voor het grootste deel worden geamoveerd, op het Primatencentrum na.

Andere effecten op bebouwing kunnen eventueel voortkomen uit grondwateroverlast of grondwateronderlast en opbarst- of opdrijfgevaar in kelders en ingravingen.

Door grondwateronderlast kan houten paalfundering worden aangetast. Door wateroverlast en een stijgende freatische grondwaterstand kan in kelders lekkage optreden.

Deze posten zijn niet uitgewerkt in het voorgaande hoofdonderzoek maar zijn als PM post opgenomen. Om die zelfde reden worden ze in dit vervolgonderzoek niet verder beschouwd.



Figuur 5.2 Verwachte funderingstypen in het beschouwde gebied.

5.3.2 Kwetsbaarheid van lijninfrastructuur

Ter plaatse van wegen en binnenterreinen kan door wijziging van de onttrekkingslocaties zakking van maaiveld optreden. De mate is afhankelijk van de zettingsgevoeligheid van de ondergrond zoals hiervoor besproken.

Door samendrukking van het holocene pakket kan zakking van wegconstructies optreden. Daardoor kan de drooglegging verminderen waarbij door lagere korrelspanning in de wegfundering meer vervorming (spoorvorming) en vorstschade kan ontstaan.

Of de aanwezige lijninfrastructuur (wegen en spoorwegen) kwetsbaar is, hangt voornamelijk af van het aanlegniveau. In het invloedsgebied zijn de verdiepte ligging van de A4 en de treintunnel te Rijswijk ondergronds aangelegd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een permanente drainage. In de eerdere rapportage is besproken dat een stijging van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerende pakket tot opbarstproblemen zou kunnen leiden. Bij verplaatsing van de onttrekkingen naar de noordkant kan echter een daling van de stijghoogte optreden. Daardoor kan de opwaartse kwel in de verdiepte polderconstructies afnemen. De opbrengst van de drainage neemt af. Bij droogvallen tijdens een bepaalde periode of voor een deel van het drainagesysteem zou verstopping van drains kunnen optreden. Dit effect wordt bij kleine veranderingen van de stijghoogte echter niet verwacht.

Zakking van de ondergrond kan ook leiden tot schade aan leidingen. Schades aan doorgaande leidingstrekkingen voor bijvoorbeeld water en gas treden niet snel op omdat deze gelast zijn. Er kunnen zich echter wel problemen voordoen als sprake is van verbindingen van leidingen met starre constructies (huisaansluitingen, pompkelders, grote leidingelementen op palen gefundeerd, overkluizingen e.d.).

Kwetsbare leidinginfrastructuur in Delft is in een eerder stadium al eens geïnventariseerd. De riolering in de wijk Voordijkshoorn en een collecteurriool door de Ministerswijk wordt door de gemeente Delft als kwetsbaar aangeduid.

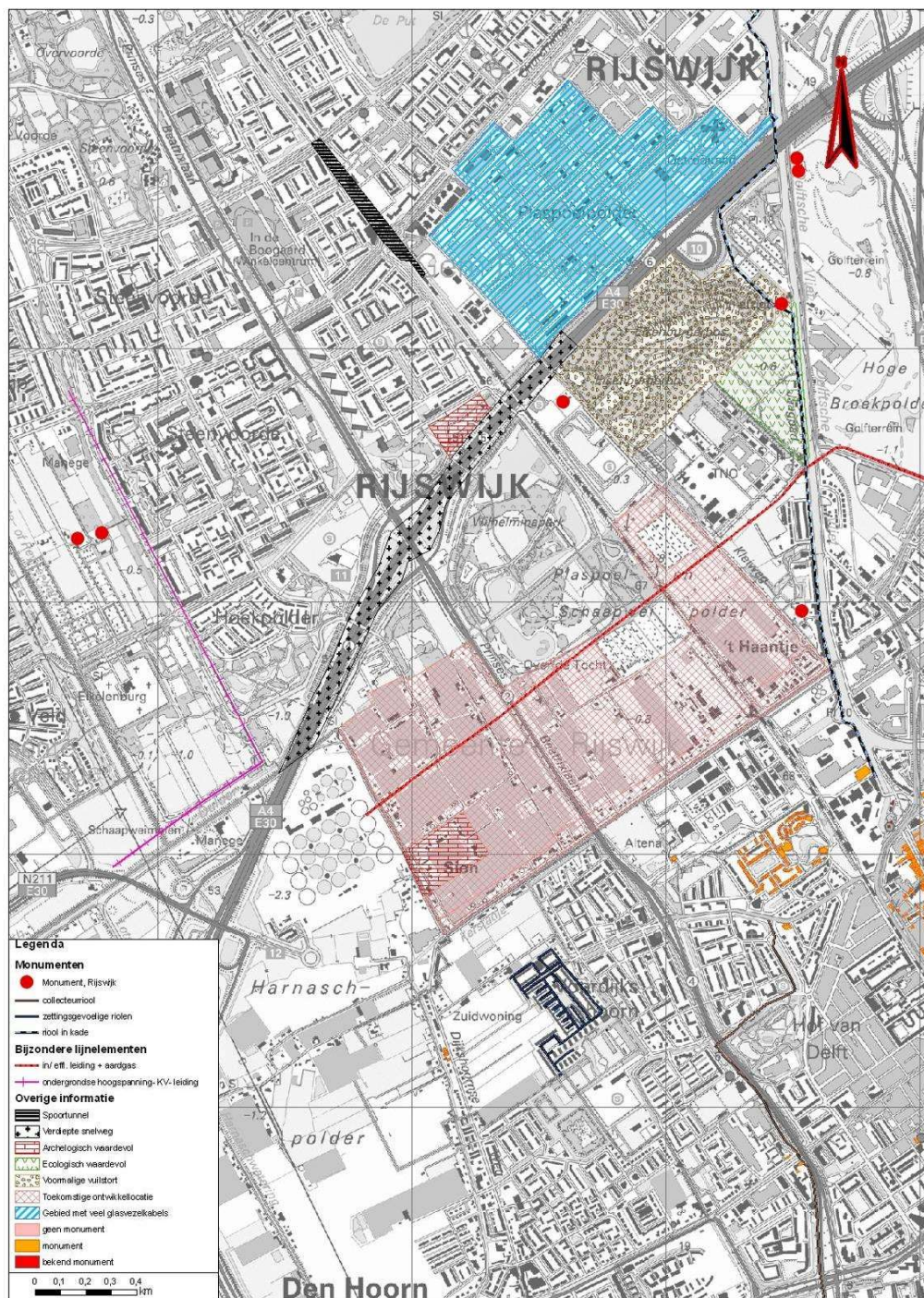
Voor scenario's 1 en 2 is van belang dat nabij de Ruys de Beerenbrouckstraat de riolering en een duiker die de Beatrixlaan kruisen, op staal is gefundeerd en uit losse betonbuizen bestaat met mof/spieverbindingen.

In de Schaapweipolder in Rijswijk liggen belangrijke influent- en effluentleidingen van de RWZI Harnaspolder en een hoofdgasleiding. Langs de Monseigneur Bekkerslaan ligt een ondergronds hoogspanningstracé.

5.3.3 Kwetsbaarheid overige aspecten

In het beschouwde gebied komen verder nog enkele archeologische vindplaatsen voor (Romeinse resten in Rijswijk, de voormalige buitenplaats te Sion).

Daarnaast moet melding worden gemaakt van een ecologisch waardevol landschap langs het Jaagpad, een voormalig vuilstort bij het Elsenburgerbos, het Wilhelminapark en enkele sportlocaties.



Figuur 5.3 Overige gebiedsinformatie (monumenten, archeologie, hoofdleidingen, infrastructuur).

5.4 Berekeningen met het bodemdalingsmodel

De berekende stijghoogten uit het grondwaterstromingsmodel zijn de input voor het bodemdalingsmodel om de zetting van de lagen en de zakkings van maaiveld te bepalen. De wijziging van de grondwaterstijghoogten en de berekende zettingscontouren zijn in beeld gebracht in Figuur 5.4 tot en met Figuur 5.7.

Daaruit kan worden afgelezen op welke posities de stijghoogte bij herinrichting volgens de verschillende scenario's zal stijgen en waar zal dalen.

De bodemdaling of -rijzing als gevolg van de beëindiging van de oude onttrekking op DSM-terrein en de verplaatsing naar een nieuwe plek hangt af van de mate van verandering van de stijghoogte. Het moment van beëindiging van de onttrekkingen op de oude locaties op het DSM-terrein is in de berekeningen van de bodemdaling als nulmoment genomen.

De maaiveldzakking is berekend als een primair deel en een secundair deel die het gevolg zijn van wijzigende grondwaterspanning in de grondlagen, en een deel als gevolg van oxidatie. De snelheid waarmee de primaire zakking optreedt, is afhankelijk van het proces van consolidatie waarbij poriewater uit de slappe lagen stroomt en het porievolume afneemt. Daarnaast zal organisch materiaal als gevolg van verlaging van de ondiepe grondwaterstand droog vallen en gaan oxideren.

De primaire zakkingen ten gevolge van de wijziging van de onttrekking treden redelijk snel op (volgens de modelberekeningen voor het grootste deel binnen een jaar tijd).

5.5 Resultaten zakkingsberekeningen voor de scenario's

De resultaten zijn opgenomen in de volgende figuren. De figuren tonen lijnen van gelijke zakking van maaiveld (negatieve waarden in [m]). Het donkerste deel heeft de grootste zakking. Rijzing (toenemende hoogte van maaiveld) is met een positieve waarde aangegeven.

De isolijnen van 0,02 en 0,04 m zijn in de figuren uitgelicht en vervolgens de zakkingscontouren per 0,10 m. De 0,10 m isolijn wordt gezien als grenslijn van een gebied waarbinnen aan panden op staalfundering lichte tot matige schade kan ontstaan.

In de figuren zijn de voorkomende funderingstypen (staal- of paalfundering) in gearceerde vlakken aangegeven.

5.5.1 Scenario 1

De maximale zakking door de verplaatsing van de onttrekking bedraagt meer dan 0,25 m en het zwaartepunt van de depressie bevindt zich nabij de kruising van de Ruys de Beerenbrouckstraat met de Beatrixlaan. De diepste trog van de depressie is echter zeer lokaal.

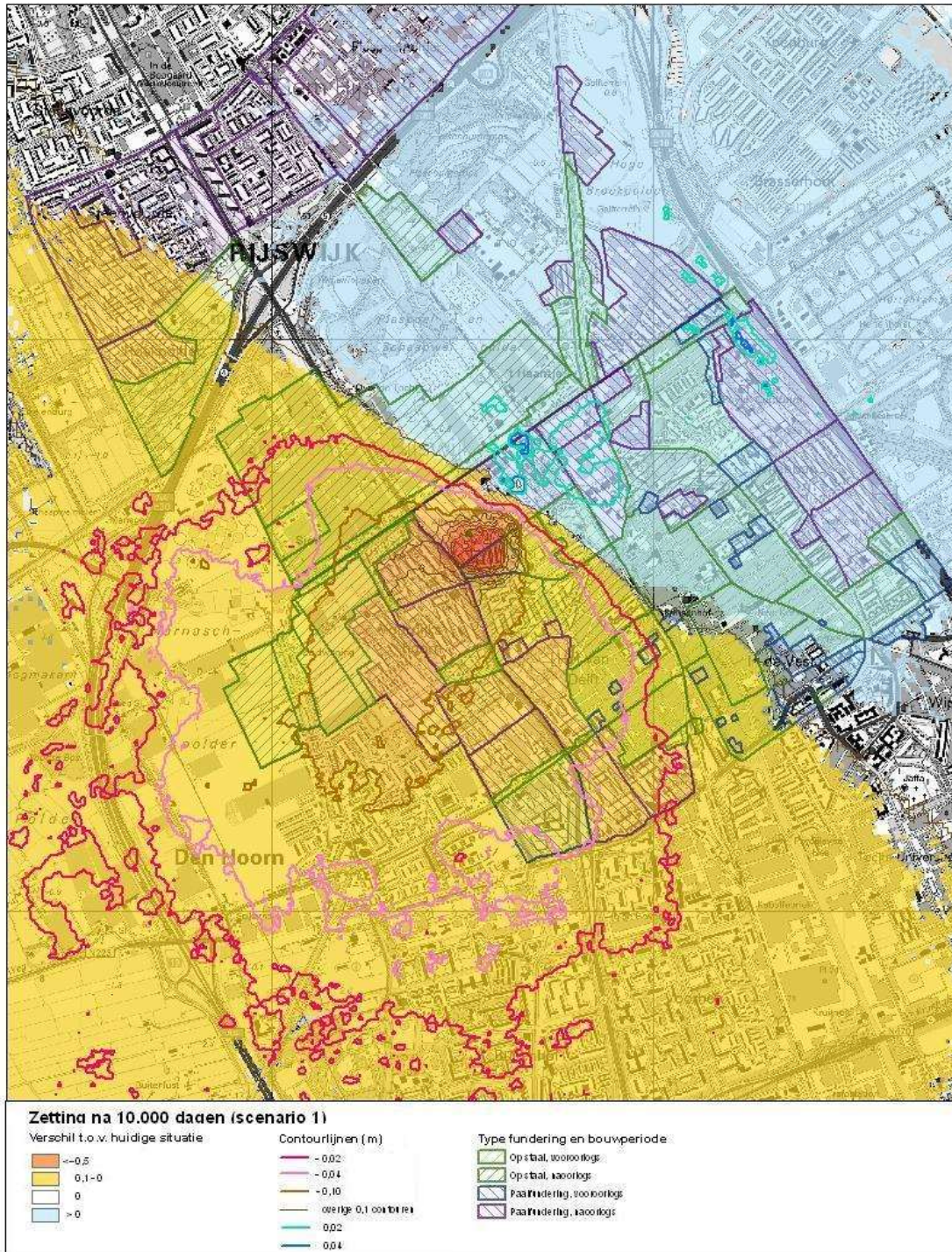
Panden in Voordijkshoorn (Kuiperswijk Noord) zijn volgens de inventarisatie vooral op palen gefundeerd. Schade aan deze panden wordt nauwelijks verwacht. Wel dient voor dit gebied te worden nagegaan wat het effect zal zijn op huisaansluitingen ten gevolge van maaiveldzakking en zakkende leidingen. Er komen panden voor uit de zestiger jaren waar deze aansluitingen mogelijk verouderd zijn.

De zakking in de Agnethaparkbuurt die over het algemeen als het meest kwetsbaar en monumentaal wordt beoordeeld, is bij alle onderzochte scenario's bijzonder gering. Dat is positief.

De Ministerswijk West waar ook het grootste deel van de panden op staal zijn gefundeerd, ligt bij scenario 1 op de rand van de zakkingsdepressie met extra maaiveldzakkingen van 0,04 tot 0,12 m als gevolg van de verplaatsing van de putten volgens dit scenario. De daarbij te verwachten gebouwvervormingen door verschilzakking en hoekverdraaiing kunnen lichte tot zelfs matige schade tot gevolg hebben.

Ook in het buitengebied van Delft langs Sion en 't Haantje zullen panden nadelige effecten ondervinden. Deze panden zijn echter vrijstaand en mogelijk daardoor iets minder kwetsbaar. De invloed van scenario 1 is vrij groot en strekt zich uit tot aan Den Hoorn toe.

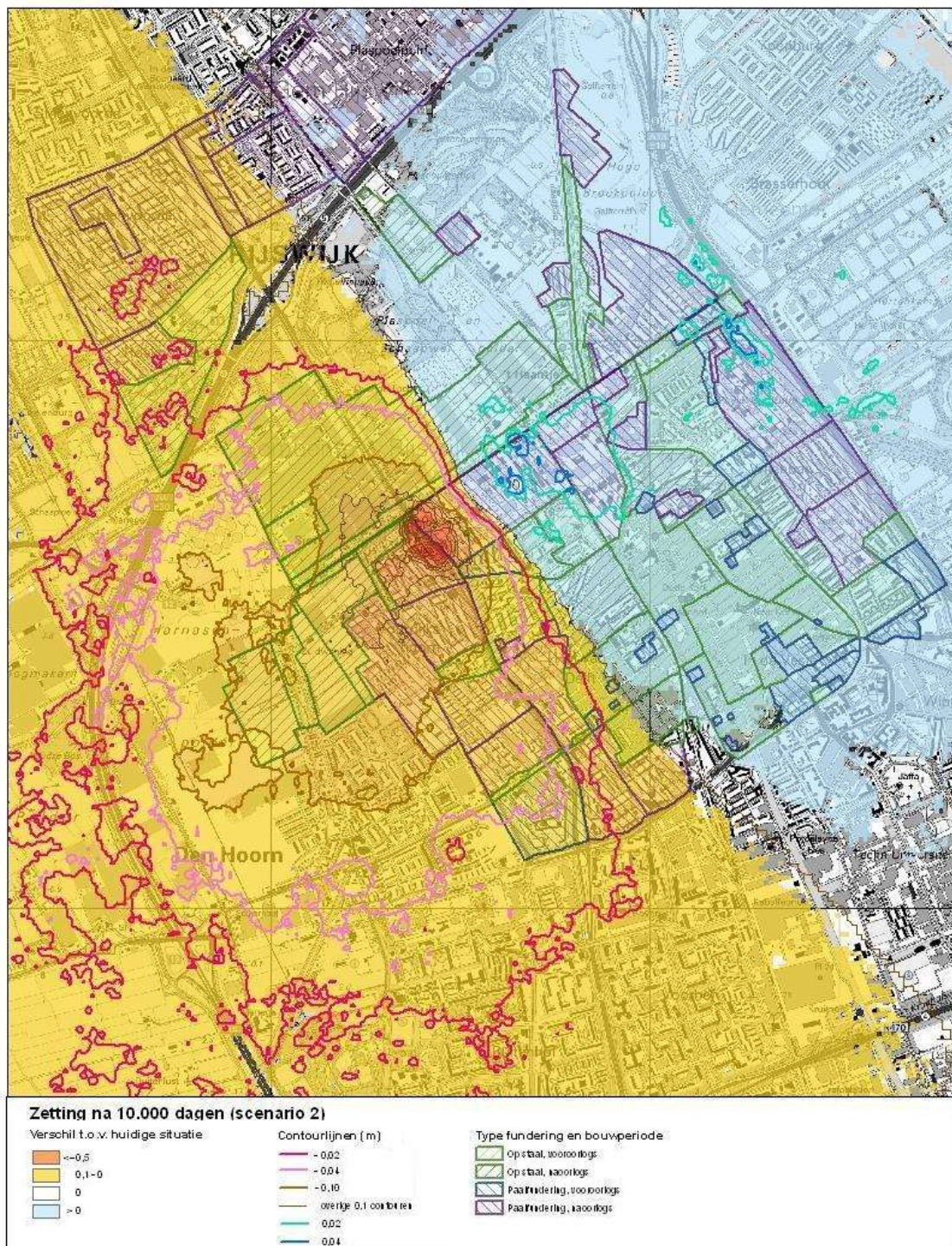
De infrastructuur die kans op schade heeft, betreft mogelijk leidingen nabij de Beatrixlaan en de fundering van de verkeersbrug bij 't Haantje. Van deze constructies dienen gegevens te worden opgezocht indien dit scenario verder wordt uitgewerkt.



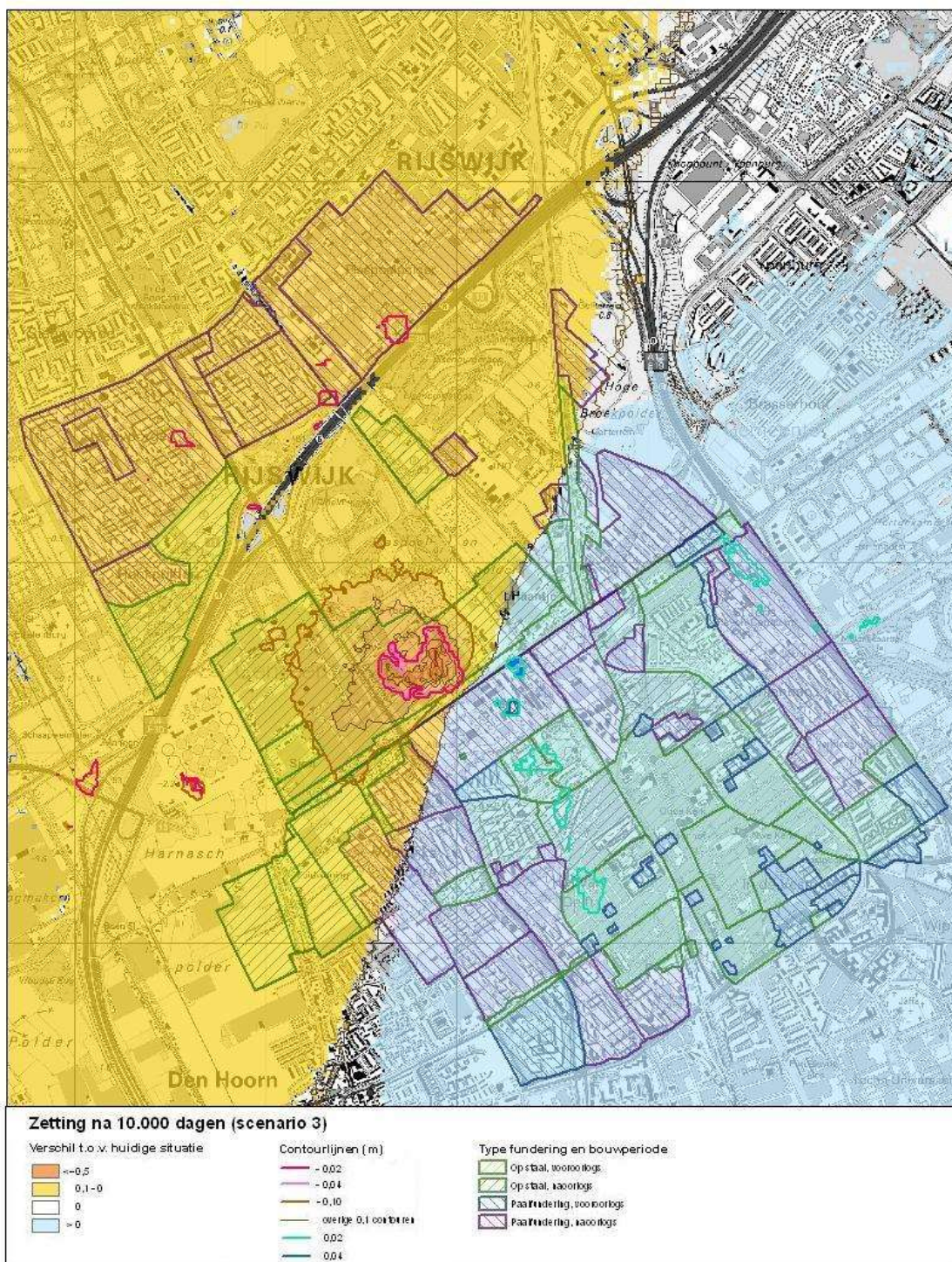
Figuur 5.4 Stijghoogteverandering en zetting scenario 1.

5.5.2 Scenario 2

De effecten van dit scenario zijn vergelijkbaar met de effecten voor scenario 1, zij het dat het zwaartepunt van de invloed zich iets verder in westelijk richting bevindt. Dat houdt in dat het aantal panden dat wordt beïnvloed in de ministerswijk West kleiner is. Daarentegen geldt dat de zakking ter plaatse van 't Haantje wel aanzienlijk groter wordt (meer dan 0,2 m). Het aantal panden dat hier schade van zal krijgen is echter beperkt.



Figuur 5.5 Stijfhoogteverandering en zetting scenario 2.



Figuur 5.6 Stijfhoogteverandering en zetting scenario 3.

5.5.3 Scenario 3

De effecten van dit scenario beperken zich voornamelijk tot Sion en de weinige bebouwing in de Schapweipolder tussen Rijswijk en Delft. Daarmee wordt met dit scenario een herplaatsing van de putten gevonden met zeer overzienbare nadelige risico's. Er is sprake van een klein aantal panden. Deze panden zijn mogelijk wel op staal gefundeerd en zullen door verschilvervormingen schade kunnen ondervinden. De verwachte hoekverdraaiing die

door ongelijkmatige zakking kan ontstaan is naar schatting 1:1000 tot maximaal 1:300. Volgens bestaande beoordelingskaders betekent dit dat in het eerste geval de zakking verwaarloosbaar is met zeer lichte scheurvorming en bij grotere hoekverdraaiing in de voorkomende panden een lichte schade kan worden veroorzaakt (scheurvorming in metselwerk, klemmende kozijnen). In het gebied voorkomende monumenten en archeologische vindplaatsen liggen aan de rand van het invloedsgebied en worden derhalve niet geschaad.

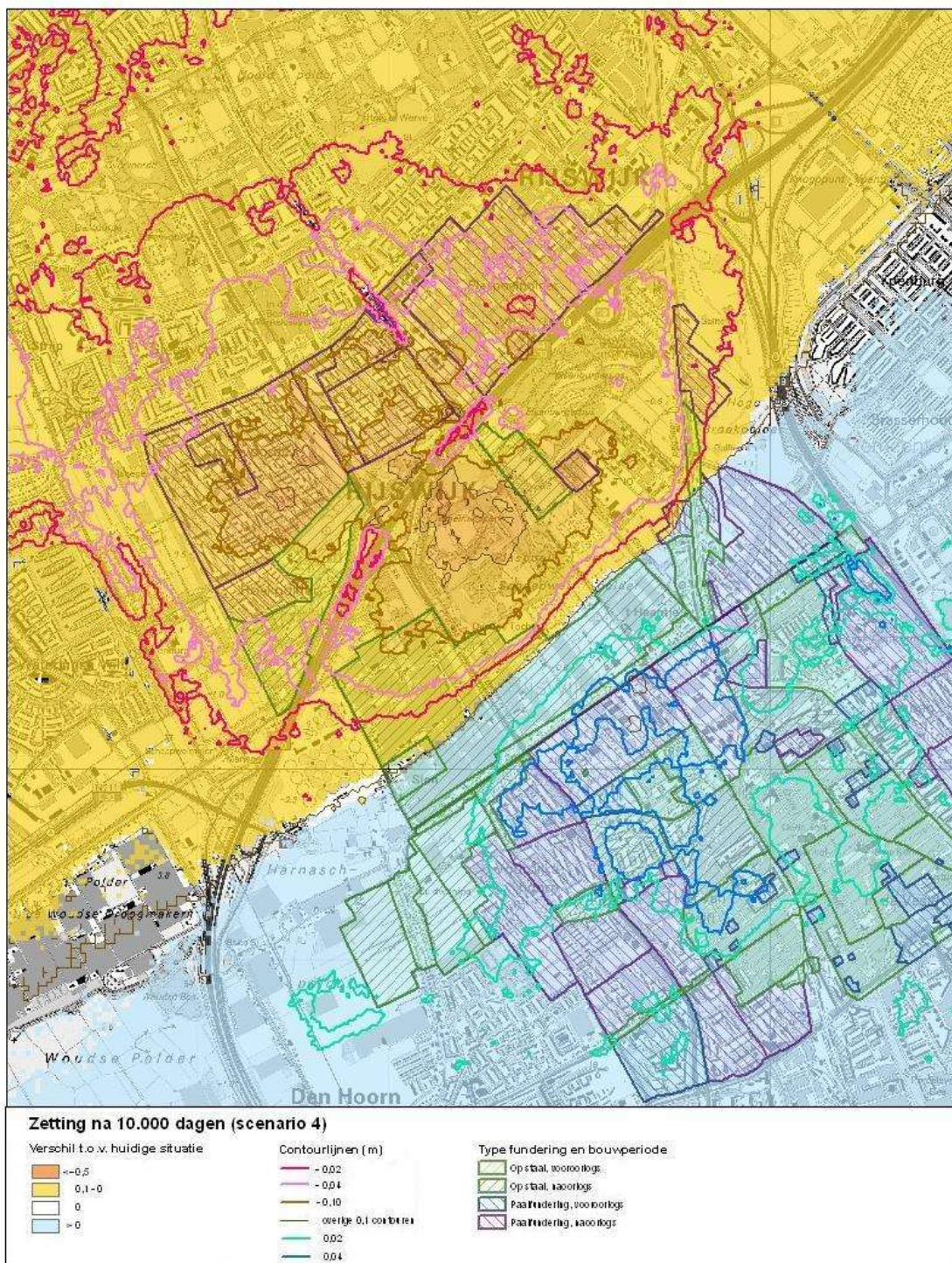
Andere constructies die in het betreffende gebied zakking zullen ondervinden en waar ook wel schade kan optreden, zijn kassen en bedrijfshallen. Deze objecten zijn waarschijnlijk op slieten (korte houten paaltjes) gefundeerd en zakken mee met maaiveld. Reparaties van voorkomende schades in die constructies zijn naar ons idee redelijk eenvoudig uitvoerbaar.

In verband met het voornemen om rond 2015 in dit gebied langs 't Haantje een planlocatie te ontwikkelen, zullen de meeste kassen en bedrijfshallen over enkele jaren worden gesloopt. De gemeente Rijswijk gaat er van uit dat geen restricties aan het terreingebruik ontstaan die voortkomen uit herplaatsing van de DSM-onttrekkingen. De planologische inpassing bij herplaatsing van bronnen volgens scenario 3 zou dus bijzondere aandacht moeten krijgen.

5.5.4 Scenario 4

Aangezien de locatie van herplaatsing volgens dit scenario meer naar het noorden ligt waar de effecten van de oude onttrekking van DSM vanouds in relatieve zin kleiner waren, zullen de effecten van de wijziging op veroorzaakte maaiveldzakking relatief sterk zijn. De grootste zakking wordt verwacht in de Schaapweipolder Noord waar zich alleen een recreatiegebied bevindt. In Rijswijk wordt een tamelijk groot gebied beïnvloed, begrensd door de Sir Winston Churchilllaan, Monseigneur Bekkerslaan en Lange Kleiweg (inclusief het industrieterrein van TNO). Nagenoeg alle panden in dit gebied zijn gebouwd in de zeventiger jaren zodat verwacht mag worden dat fundering op betonnen palen is toegepast en de bebouwing weinig kwetsbaar is. De meeste gebouwen op het TNO-terrein zullen over een aantal jaren worden gesloopt.

De maaiveldzakking in het bebouwde gebied van Rijswijk is maximaal 0,15 m. Bij de aansluitingen van leidingen aan panden die zijn gefundeerd op palen, kan er schade ontstaan. Bij doorzetting van dit scenario is het aan te bevelen om de toestand van huisaansluitingen nader te evalueren.



Figuur 5.7 Stijghoogteverandering en zetting scenario 4.

Er wordt opgemerkt dat de zakking ter plaatse van de spoorverbinding Delft-Rijswijk aanzienlijk is (tot 0,20 m). Waarschijnlijk zijn hier ook wisselsystemen in het spoortraject aanwezig die niet eenvoudig op hoogte te stellen zijn. Bij de rijksweg is de zakking maximaal 0,10 m. Bij Rijkswaterstaat moet nagegaan worden of dit effect heeft op de vlakheid en drooglegging van de weg.

Ter plaatse van de verdiepte ligging van de Rijksweg A4 wordt de stijghoogte bij het beschouwde scenario ongeveer 6 m extra verlaagd. Dat kan nadelig zijn voor de drainage die in de verdiepte ligging is aangebracht. De optredende kwel zal teruglopen en mogelijk vallen de drains droog, voor een periode of voor een deel van het drainagesysteem. Daardoor kan drainverstopping op gaan treden.

Dit zelfde zou kunnen gelden voor de polderconstructie in de spoortunnel te Rijswijk waar de stijghoogte nog 4 tot 6 m extra wordt verlaagd door de uitvoering van dit scenario.

5.6 Totale geotechnische beoordeling

In de hierna volgende tabel wordt een samenvatting gegeven van de hiervoor beschreven globale beoordeling van de geotechnische effecten van de scenario's voor herplaatsing van de onttrekkingsputten van DSM. Per scenario zijn de negatieve effecten gescoord op een schaal van 0 tot -3. Op die manier is een gevoel te krijgen van de onderlinge verschillen, zonder een gedetailleerde weegfactor per effect te willen toevoegen.

Tabel 5.1: Globale beoordeling van de geotechnische effecten

Geotechnisch effect	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
<i>panden op staal</i>	-3	-2	-1	0
<i>omvang maaiveldzakking</i>	-2	-2	-1	-2
<i>leidinginfra</i>	-2	-2	-1	-2
<i>Wegen</i>	-2	-2	-1	-2
<i>Spoor</i>	0	0	0	-2
<i>Kaden</i>	-1	-1	0	0
Totale beoordeling	-10	-9	-4	-8

5.7 Overwegingen en aanbevelingen geotechniek

Volgens de globale beschouwing van de effecten vanuit geotechnisch oogpunt waarbij te verwachten schade is geïnventariseerd, komt naar voren dat scenario 3 de voorkeur verdient. Binnen het invloedsgebied van scenario 3 komt het geringste aantal kwetsbare objecten voor.

Scenario's 1 en 2 kennen de meeste negatieve gevolgen.

Scenario's 3 en 4 hebben effecten buiten de grenzen van de gemeente Delft maar wel in het gebied van buurgemeente Rijswijk.

Gezien de relatief gunstige situatie van de zettingsgevoeligheid rond het DSM-terrein zou het er vanuit geotechnisch oogpunt voor pleiten om niet de volledige onttrekking over te zetten naar een nieuwe locatie maar een deel waar mogelijk te handhaven op het DSM-terrein of over te plaatsen naar andere posities in de directe omgeving van het DSM-terrein (bijvoorbeeld het nu gesloopte Calvé-terrein).

Bij uitwerking van scenario 3 dient rekening te worden gehouden met de consequenties van de keuze voor putlocaties voor toekomstige planontwikkeling door de Gemeente Rijswijk.

Bij de uitwerking van scenario's (en zeker wat betreft scenario 3) kan worden nagegaan wat de gebruiksmogelijkheden zijn van het te onttrekken grondwater bij gefaseerde afbouw van de onttrekkingen. Wellicht behoort geleidelijke ombouw naar een warmte koude opslagsysteem tot de mogelijkheden, zeker daar waar sprake is van nieuwe planontwikkeling. Bij verplaatsing en geleidelijke afbouw van onttrekkingen dienen de effecten op de grondwaterstand, maaiveld- en gebouwzakking door monitoring met een spoedig in te richten meetnet te worden gecontroleerd.

6 Indicatie pompcapaciteit

6.1 Probleemstelling

Onderzocht wordt wat de consequenties zijn van het verplaatsen van de huidige grondwaterwinning op het DSM terrein naar een alternatieve locatie. In totaal zijn er vier alternatieve locaties. In dit deelonderzoek wordt bekeken in hoeverre een grondwaterwinning van vergelijkbare omvang (1200 m³/uur) ingericht kan worden op de alternatieve locaties. En hoe de duurzaamheid van de aan te leggen bronnen verhoogd kan worden.

6.2 Huidige situatie

Op dit moment is de gemiddelde stijghoogte in het watervoerend pakket waaruit de waterwinning plaatsvindt circa 15 meter –NAP (mogelijk dieper). De filterstelling van de bestaande filters (deel van de grondwaterput waaruit feitelijk het water onttrokken wordt) loopt veelal van circa 24 tot 40 meter –NAP. Tijdens grondwateronttrekking daalt de grondwaterspiegel ter plaatse van de putten. Deze daling verschilt per put. De capaciteit van de bestaande putten varieert van 12 -115 m³ per uur (Colibri 2009).

6.3 Omvang alternatieve locaties

De alternatieve terreinen waarnaar de huidige waterwinning zou kunnen worden verplaatst zijn allen kleiner dan het huidige DSM terrein. In tabel Tabel 6.1 is weergegeven (bij benadering) wat het verschil is in oppervlakte tussen de nieuwe locatie en de huidige omvang van de winlocatie.

Tabel 6.1: Oppervlakten pomplocaties

	Oppervlakte	
	m ²	percentage t.o.v. DSM terrein
terrein 1	14000	4%
terrein 1a	8550	2%
terrein 1	22550	6%
terrein 2	31750	9%
terrein 2a	9575	3%
terrein 2	41325	11%
terrein 3	219225	60%
terrein 4	291175	79%
DSM	366500	

De oppervlakte van het terrein is relevant omdat de afstand tussen de boorputten invloed heeft op de capaciteit en de mogelijke terugloop van de capaciteit van de individuele onttrekkingsputten.

Het concentreren van de totale grondwateronttrekking op een kleiner terrein heeft invloed op de vorm en omvang van het invloedsgebied van de onttrekking (de onttrekkingskegel).

6.4 Duurzaamheid

Met duurzaamheid wordt hier het verloop van de opbrengst per put in de tijd bedoeld en het vergroten van de maximale gebruikperiode van een bron.

In het algemeen loopt de capaciteit van een put in de loop der jaren terug. Deze terugloop varieert van enkele procenten tot bijna 100 procent in bijzondere situaties. Zoals blijkt uit het onderzoek van Colibri is de terugloop van de capaciteit van de bronnen op het DSM terrein aanzienlijk, hiervoor zijn meerdere mogelijke oorzaken te identificeren.

De putten op het DSM terrein staan circa 30-120 meter uit elkaar de capaciteit van de bronnen varieert van 12-115 m³/uur. Door het dichtbij elkaar plaatsen wordt de capaciteit van individuele putten lager als deze binnen het invloedsgebied van een andere onttrekkingsput staat, de toename van de totale capaciteit van de bronnen (bij het bijplaatsen van nieuwe putten) zal niet lineair zijn indien de bronnen binnen elkaars invloedsgebied staan. Deze verschillen in (terugloop) van capaciteit zijn grotendeels te verklaren door verschillen in inrichting van de filters (diameter, perforatie, filter lengte) maar daarnaast ook door de onderlinge afstand van de putten tot elkaar.

6.5 Geologie

Het grondwater wordt momenteel vooral onttrokken uit de afzettingen welke behoren tot de Kreftenheye formatie. In dit gebied is dit het meest geschikte pakket voor een grote grondwateronttrekking.

In de beschikbare boorgegevens in de DINO database, aangevuld met de boringen van het DSM terrein, zijn geen aanwijzingen te vinden voor grote horizontale trends in de doorlatendheid van het Kreftenheye pakket. Het aantal beschikbare boorgegevens op de alternatieve locaties is veel kleiner dan die op het DSM terrein. Waardoor lokale verschillen niet goed in kaart zijn te brengen. De samenstelling van het watervoerende pakket in het gebied is volgens de boorbeschrijvingen relatief homogeen. Hierdoor wordt niet verwacht dat dit een reden kan zijn voor verschillen in opbrengst per onttrekkingsput. In het algemeen kan gesteld worden dat de variatie in samenstelling van het zandpakket in de Kreftenheye formatie in dit gebied niet groot zal zijn. De bodemopbouw van de vier alternatieve locaties is dus onderling vergelijkbaar, alleen het onderste laagpakket van de Kreftenheye formatie lijkt naar het noordwesten toe fijner te worden. De totale dikte van dit pakket neemt naar het noordwesten toe.

6.6 Inrichten putten

Bij het inrichten van nieuwe filters zal rekeningen gehouden moeten worden met het geplande langjarige gebruik en de relatief kleine onderlinge afstand tussen de putten.

De bovenkant van de formatie van Kreftenheye kan in dit gebied siltig, fijn ontwikkeld zijn. Een deel van de bestaande filters is ook in dit traject aangebracht. Dit kan een verklaring zijn voor de verzanding van een aantal van de filters wat uit de technische audit blijkt (Colibri, 2009). Wanneer water uit een grondwaterput wordt onttrokken in een pakket van redelijk homogene samenstelling komt naar verhouding het grootste deel van het water uit het ondiepste deel van filtertraject. Dat houdt in dit gebied in dat er vooral water onttrokken wordt uit het fijnere deel van het watervoerende pakket. Deze fijnere laag is wel geschikt voor waterlevering maar bij langjarige, grote onttrekking (wellicht met grote pieken) bestaat het risico op het aantrekken van zand/slib. Dit in combinatie met een lage stijghoogte een afpompings van circa 4 meter (wellicht bij piekbelasting groter) en het ijzerhoudende karakter van het grondwater (Colibri) zou een deel van de filters bij een grotere onttrekking (piek) droog kunnen komen te staan. Dit in combinatie met het ijzerhoudende karakter van het grondwater (Colibri 2009) zou kunnen leiden tot het verstopping (door roestvorming) van de filters.

Bovenstaande kan de oorzaak zijn van een verminderde duurzame waterlevering van de bronnen.

Bij het inrichten van nieuwe putten stellen wij voor de fijnere trajecten niet te voorzien van een filter. De basis van dit traject varieert van 25 tot 30 m –NAP. Dit betekent dat het filtertraject wat korter wordt dan op het DSM terrein. Omdat het onderste deel van de Kreftenheye formatie in dit gebied grover is hoeft dit geen grote invloed te hebben op de totale productie van de filters.

De filterstelling van nieuw aan te leggen bronnen moet per bron worden bepaald op basis van boringen. Bij het vaststellen van de juiste filterinrichting is het essentieel om geohydrologische expertise te betrekken. Bij de filterstelling zal zoveel mogelijk het fijnere deel van de Kreftenheye formatie vermeden moeten worden. Voor een deel van de boringen is het aan te bevelen boorgatmetingen uit te voeren. Met deze metingen kan het aandeel fijne fracties in de ondergrond in kaart gebracht worden, dit is belangrijke informatie voor het correct afstellen van filters.

De omstorting rond de filters moet niet dikker zijn dan 10-15 centimeter en het filtergrind dient te worden afgestemd op het aanwezige sediment (evenals de grootte van de sleuven in de filterbuizen).

Bij het inrichten van nieuwe putten kan gebruik gemaakt worden van PVC filters. Overschakelen naar (dure) RVS filters is niet nodig. Er namelijk geen sprake van bepaalde typen vervuiling en ook hebben PVC filters het voordeel dat bij plaatsing in het veld de filterlengte op de geologie kan worden afgestemd.

Een duurzame productie van 35 m³/uur per put moet in deze situatie mogelijk zijn. Bij een vraag van 1200 m³/uur betekent dit dat 35-40 putten afdoende moeten zijn om aan de grondwatervraag te voldoen. Deze richtgetallen zijn berekend met behulp van enkele vuistregels, aannames en ervaring; en geen exacte modellering.

In de situatie dat filters verzanden (zoals het geval is op het huidige DSM terrein) is het verstandig om de diameter van de filters niet te groot te maken (tot circa 15 cm), het is in deze setting verstandiger kleine putten te plaatsen dan grotere putten te plaatsen. Bij een grote watervraag wordt in het algemeen gebruik gemaakt van grotere diameters filters; dit bevelen wij niet aan. Het regenereren van groter diameters filters is vaak minder efficiënt en technisch gezien moeilijker. Bovendien heeft bij het wegvallen de productie van een enkele kleine bron minder gevolgen dan het wegvallen van een grote bron. Het risico wordt hiermee beter verdeeld.

6.7 Dimensioneren totale puttenveld

De concentratie van putten op de betreffende terreinen houdt in dat de putten binnen elkaars invloed gebied staan (onttrekkingskegel). Dit is ook de situatie op het huidige DSM terrein. Voor het optimaal functioneren van een bron is dit niet ideaal.

Logischerwijs geldt hoe kleiner de onderlinge afstand tussen de putten des te groter de onderlinge beïnvloeding van de putten onderling is.

De concentratie van de putten op een kleiner terrein heeft gevolgen voor de omvang en de vorm van de totale ontrekkingskegel.

Tabel 6.2: Bepaling afstand tussen putten op scenario locaties

Locatie	35 putten			40 putten		
	Beschikbare ruimte per put			Beschikbare ruimte per put		
	m ² per put	straal (m)	diameter (m)	M ² per put	straal (m)	diameter (m)
terrein 1	400	11	23	350	11	21
terrein 1a	244	9	18	213	8	16
terrein 1 (totaal)	644	14	29	563	13	27
terrein 2	907	17	34	793	16	32
terrein 2a	273	9	19	239	9	17
terrein 2 (totaal)	1180	19	39	1033	18	36
terrein 3	6263	45	89	5480	42	84
terrein 4	8319	51	103	7279	48	96
DSM	10471	58	115	9162	54	108

Tabel 6.2 geeft voor de verschillende terreinen een indicatie van de beschikbare oppervlakte per put. De straal en de diameter geven de ruimte (cirkel) die voor elke put beschikbaar is. Het invloedsgebied van een individuele put wordt bij de voorgestelde onttrekking geschat op 100-150 meter (diameter).

De straal per put is voor de gebieden 1 en 2 het kleinst, 13 tot 20 meter. Deze dichtheid is uitgerekend voor het watervoerend pakket. Aan maaiveld is die ruimte niet beschikbaar o.a. omdat er wegen door het gebied lopen (gebied 2) en op de DSM terrein niet geboord kan worden. Er zal dus op grote schaal schuin moeten worden geboord waardoor putten aan maaiveld dicht bij elkaar zullen staan.

6.8 Schuine putten

Indien de b-locatie niet gebruikt kan worden om verticale ontrekkingsputten in te richten dan wordt locatie 1 te klein en valt deze af. Het inrichten van niet verticale ontrekkingsputten wordt niet aanbevolen omdat hier weinig ervaring mee is en de duurzaamheid niet gegarandeerd kan worden. Er wordt wel horizontale grondwateronttrekking gedaan in de vorm van drainage maar daar wordt niet hard gepompt alleen passief afgepompt (water stroomt zelf toe). Er worden momenteel experimenten gedaan met horizontale grondwateronttrekking maar de duurzaamheid van deze installaties is nog niet bekend.

6.9 Conclusies

Qua oppervlakte is terrein 4 het meest geschikt. Het nadeel van dit terrein is dat het onderste deel van de Kreftenheye formatie (ten opzichte van de andere gebieden) fijner lijkt te zijn. Dit is nadelig voor het rendement van de individuele bronnen en de totale capaciteit. Een voordeel is dat het totale Kreftenheye pakket in dit gebied dikker is dan op de overige locatie, echter de extra meters Kreftenheye in dit gebied bestaan vooral uit fijnere zanden (aan de top) en zijn dus minder geschikt voor waterwinning.

In principe moet het mogelijk zijn om alle alternatieve locaties (niet op de deellocales) de benodigde grondwaterwinning te laten plaatsvinden, de exacte gevolgen kunnen echter alleen worden vastgesteld nadat een exact ontwerp en model van de nieuwe winning is gemaakt. Er zullen verschillen zijn met de huidige winning. Locaties één en twee zijn erg klein, wellicht te klein. Locatie 1 valt zelfs af wanneer er niet verticaal geboord mag worden op deellocaatie 1a.

Minimaal 35-40 nieuwe putten zullen moeten worden ingericht om de 1200 m³ per uur te kunnen leveren waarbij rekening moet worden gehouden met een afnemende capaciteit met de jaren. Bij een juiste inrichting van het puttenveld zal deze capaciteitsafname geringer zijn dan in het Colibri rapport wordt vermeld (op basis van de putten op het DSM terrein).

De nieuwe putten zullen met de nodige kennis en aandacht moeten worden ingericht, beter meer kleine putten dan enkele grote putten. Bij een eventuele uitbesteding van de aanleg van de putten moet worden gericht op kwaliteit in plaats van alleen prijs.

Dit onderzoek is een kwalitatieve studie. Een definitief ontwerp van het puttenveld is noodzakelijk om de gevolgen en de exacte mogelijkheden in kaart te brengen.

Colibri heeft gegevens op een rij gezet van de capaciteit van de huidige en afgeschreven putten. Een verdere analyse daarvan geeft mogelijk antwoord op de vraag wat de gevolgen zijn van het op kleine onderlinge afstand plaatsen van grondwaterputten op de duurzaamheid (van de onttrekking) per put.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Grondwateroverlast en Kadestabiliteit

Uit paragraaf 3.2 is op te maken dat op het punt van grondwateroverlast de drainagebehoefte ongeveer verdubbelt van scenario 2 naar scenario 3 en van scenario 3 scenario 4. In bedragen uitgedrukt gaat het om ongeveer 2 miljoen EURO in scenario 2, 4 miljoen voor scenario 3 en 8 miljoen in scenario 4. Duidelijk is ook te zien dat de drainagebehoefte tussen scenario's 1 en 4 steeds meer in de buurt komen van de drainagebehoefte van volledige sluiting, tot 40% bij scenario 4. Dit heeft uiteraard te maken te maken met de steeds groter wordende afstand van de gebieden tot de huidige winlocatie.

Paragraaf 4.1 laat zien wat het effect van verplaatsing op de kadestabiliteit is. Wanneer de kades in de meest gevoelige categorie liggen (gevoeligheidsklasse 25 cm) blijkt 15-25 km kade risicovol te zijn voor de scenario's 1, 2 en 3. Scenario 4 geeft een duidelijk groter effect en komt op 50 km risicovolle kade, dat is ongeveer ¼ deel ten opzichte van de situatie dat de winning volledig wordt gesloten.

Ook voor de andere gevoeligheidsklassen (50 en 100 cm) geldt dat de effecten van scenario's 1 t/m 3 dicht bij elkaar in de buurt liggen, 8 – 17 km risicovolle kade. Wat opvalt is dat scenario 4 in alle categorieën 2 keer zo veel effect heeft dan de andere scenario's. In de gevoeligheidsklasse 1 meter loopt het effect voor scenario 4 zelfs op tot 26 km, ongeveer 40% van de lengte die risico loopt in de situatie dat de winning sluit.

7.2 Geotechnische effecten

Volgens de beschouwing van de effecten vanuit geotechnisch oogpunt waarbij te verwachten schade is geïnventariseerd, komt naar voren dat scenario 3 de voorkeur verdient. Binnen het invloedsgebied van scenario 3 komt het geringste aantal kwetsbare objecten voor. De scenario's 1 en 2 kennen relatief gezien de meeste negatieve gevolgen. Scenario's 3 en 4 hebben effecten buiten de grenzen van de gemeente Delft maar wel in het gebied van buurgemeente Rijswijk.

Gezien de relatief gunstige situatie van de zettingsgevoeligheid rond het DSM-terrein zou het er vanuit geotechnisch oogpunt voor pleiten om niet de volledige onttrekking over te zetten naar een nieuwe locatie maar een deel waar mogelijk te handhaven op het DSM-terrein of over te plaatsen naar andere posities in de directe omgeving van het DSM-terrein (bijvoorbeeld het nu gesloopte Calvé-terrein).

7.3 Pompcapaciteiten

Qua oppervlakte is locatie 4 het meest geschikt, gevolgd door locatie 3. Het watervoerend pakket ter plaatse van locatie 4 is dikker dan op de andere locaties maar het onderste deel van de formatie lijkt fijner te zijn wat juist nadelig is voor de het rendement van de bronnen. Locaties 1 en 2 zijn erg klein, wellicht te klein. Locatie 1 valt af als niet vertikaal kan worden geboord op locatie 1a.

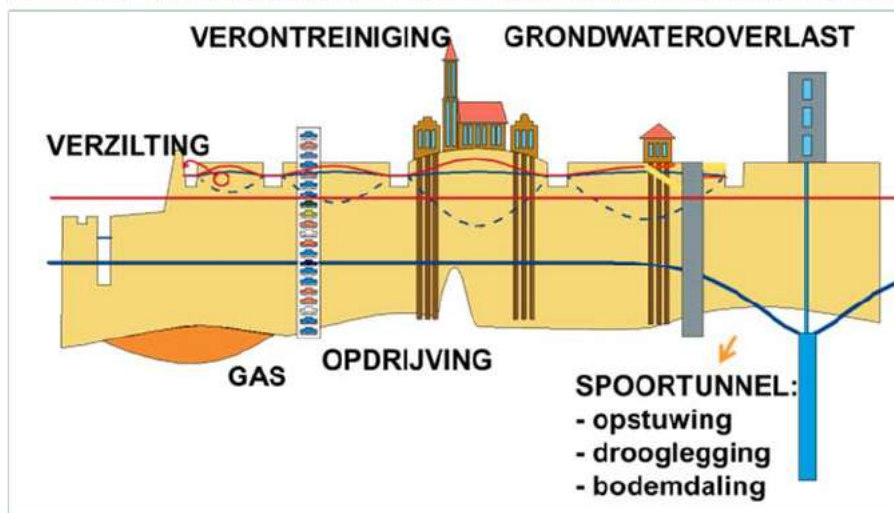
In principe moet het mogelijk zijn om op alle alternatieve locaties (niet op de deellocaties) de benodigde grondwaterwinning te laten plaatsvinden, de exacte gevolgen kunnen echter alleen worden vastgesteld nadat een meer detail ontwerp van de nieuwe winning is gemaakt.

Er zullen minimaal 35-40 nieuwe putten moeten worden ingericht die bij juiste inrichting van het puttenveld een geringer capaciteitsafname kunnen hebben dan de huidige winning. Dat

vergt kennis van, en aandacht voor een goede kwaliteit bij de inrichting van het puttenveld, een onderdeel waar zeker aandacht voor moet zijn bij een eventuele uitbesteding van de aanleg.

8 Referenties

- Roelofsen, Frans e.a. (2008). Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht), Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft – Hoofdrapport. Deltares Rapport, J2008-U-R0960/A.
- Colibri (maart 2009). Deskstudie technische audit Norton-koelwatersysteem DSM. Rapport HHD/DSM 01



Grondwateronttrekking Delft-Noord nulmeting dec 2013



Grondwateronttrekking Delft-Noord nulmeting dec 2013

Voor:

GR Beheer Grondwaterwateronttrekking Delft Noord
Postbus 3061
2601 DB DELFT

Nelen & Schuurmans

Postbus 1219
3500 BE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl

Projectgegevens

Dossier : P0042

Datum : 17 juni 2014

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Samenvatting

Op de locatie van DSM in Delft Noord vindt sinds 1916 een grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is sinds 2009 eigendom van de Gemeenschappelijke Regeling Beheer Grondwateronttrekking Delft Noord (GR).

De GR is voornemens vanaf 2017 de huidige onttrekking van circa 1200 m³ per uur zover mogelijk gefaseerd af te bouwen. Het abrupt stoppen van de onttrekking kan leiden tot het stijgen van de grondwaterstanden in de regio en het zwellen van de ondergrond, met ongewenste effecten op gebouwen, constructies, waterkeringen en infrastructuur. Om dergelijke ongewenste situaties en mogelijke schade te voorkomen is besloten om het afbouwen van de grondwateronttrekking zeer geleidelijk (in stappen van een jaarlijkse reductie van orde 50-100 m³/uur) te laten verlopen. Het is nog niet duidelijk in welke mate en in welk tempo de onttrekking kan worden afgebouwd, maar wel is duidelijk dat dit proces zeker 10 jaar gaat duren.

Voor dit afbouwen is een afdoende monitoring gewenst, waarmee de huidige situatie kan worden vastgelegd en de gevolgen van een afname van de grondwateronttrekking kunnen worden waargenomen, vastgelegd en beoordeeld. Hiertoe worden door de gemeenten, het Hoogheemraadschap van Delfland, de provincie Zuid-Holland en de GR sinds enige jaren gegevens verzameld. Voorliggende rapportage beschrijft deze tot nu toe verzamelde monitoringsresultaten. Het doel van de rapportage is inzicht te geven in de situatie tot en met december 2013 en een doorzicht te geven naar de op korte en lange termijn te verwachten veranderingen.

Deze rapportage wordt beschouwd als de 'nul-situatie' voorafgaand aan de voorgenomen reductie. De 'nul-situatie' is geen momentopname, maar bestrijkt een langere periode waardoor ook variaties in de tijd naar voren komen. Voor het bevoegd gezag is het van belang dat de 'nul-situatie' geldt vóór het uitplaatsen van de putten naar buiten het DSM terrein en vóór de voorgenomen reductie van de onttrekking.



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel 3	
1.3	Aanpak op hoofdlijnen.....	3
2	De onttrokken debieten	4
2.1	Algemeen	4
2.2	De afgelopen jaren.....	4
2.3	De komende jaren.....	5
3	Stijghoogtes in het 1^e watervoerend pakket	6
3.1	Algemeen	6
3.2	De afgelopen jaren.....	7
3.2.1	Isohypsens	7
3.2.2	Peilbuis eerste watervoerend pakket nabij de onttrekking.....	7
3.2.3	Raai noordwest-zuidoost.....	9
3.3	De komende jaren.....	10
4	Freatische grondwaterstanden	11
4.1	Algemeen	11
4.2	De afgelopen jaren.....	11
4.2.1	Peilbuis freatisch grondwater nabij de onttrekking.....	11
4.2.2	De ontwateringsdiepte bij alle peilbuizen.....	13
4.2.3	Stijghoogteverschil 1 ^e wvp en freatische grondwaterstand.....	14
4.3	De komende jaren.....	14
5	Verandering in maaiveldhoogte	16
5.1	Algemeen	16
5.2	De afgelopen jaren.....	16
5.2.1	Verandering in maaiveldhoogte met zettingsbouten.....	16
5.2.2	Verandering in maaiveldhoogte met INSAR metingen	19
5.3	De komende jaren.....	22
6	Deformatie van gebouwen	23
6.1	Algemeen	23
6.2	Monumenten.....	23
6.3	Deformatie overige bebouwing	27
7	Oppervlaktewaterkwaliteit.....	29
7.1	Algemeen	29
7.2	De afgelopen jaren.....	29
7.3	De komende jaren.....	32
8	Stabiliteit van boezemkaden	33
9	Conclusie en aanbeveling	34
	Referenties	35
I.	Monitoring vanuit de vergunning	36
II.	Koppels van peilbuizen	37
III.	Raai noordwest-zuidoost.....	38



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op de locatie van DSM in Delft Noord vindt sinds 1916 een grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is sinds 2009 eigendom van de Gemeenschappelijke Regeling Beheer Grondwateronttrekking Delft Noord (GR). De missie van de GR omvat onder andere het:

- › beheren van de grondwateronttrekking om schade te voorkomen;
- › zover mogelijk haalbaar afbouwen van de onttrekking; en
- › het verdelen van kosten over belanghebbenden.

De huidige onttrekking is circa 1200 m³ per uur. De GR is voornemens deze onttrekking, vanaf 2017 zover mogelijk, gefaseerd af te bouwen. Voor dit afbouwen is een monitoring opgezet, waarmee de huidige situatie kan worden vastgelegd en straks de gevolgen van de reductie kunnen worden waargenomen, vastgelegd en beoordeeld.

1.2 Doel

Voorliggende rapportage beschrijft het resultaat van de monitoring tot en met december 2013. Met als doel inzicht te geven in de huidige situatie. Dit inzicht is nodig om de reductie straks zodanig door te kunnen voeren, dat overlast voor de omgeving kan worden beperkt.

1.3 Aanpak op hooflijnen

Voorliggend rapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 tot en met 8 worden achtereenvolgens de onttrokken debieten, de stijghoogtes in het eerste watervoerend pakket, de freatische grondwaterstanden, de verandering in maaiveldhoogte, deformatie van gebouwen, de oppervlaktewaterwaterkwaliteit en de stabiliteit van boezemkaden besproken. Voor elk hoofdstuk zijn de beschikbare metingen verzameld, vastgelegd en beoordeeld. Daarnaast is voor elke onderwerp - waar mogelijk - uitgewerkt hoe een en ander naar verwachting zal veranderen op basis van de huidige inzichten als vanaf 2017 de onttrekking geleidelijk zal worden afgebouwd. En als laatste bevat hoofdstuk 9 de conclusies en aanbevelingen.



2 De onttrokken debieten

2.1 Algemeen

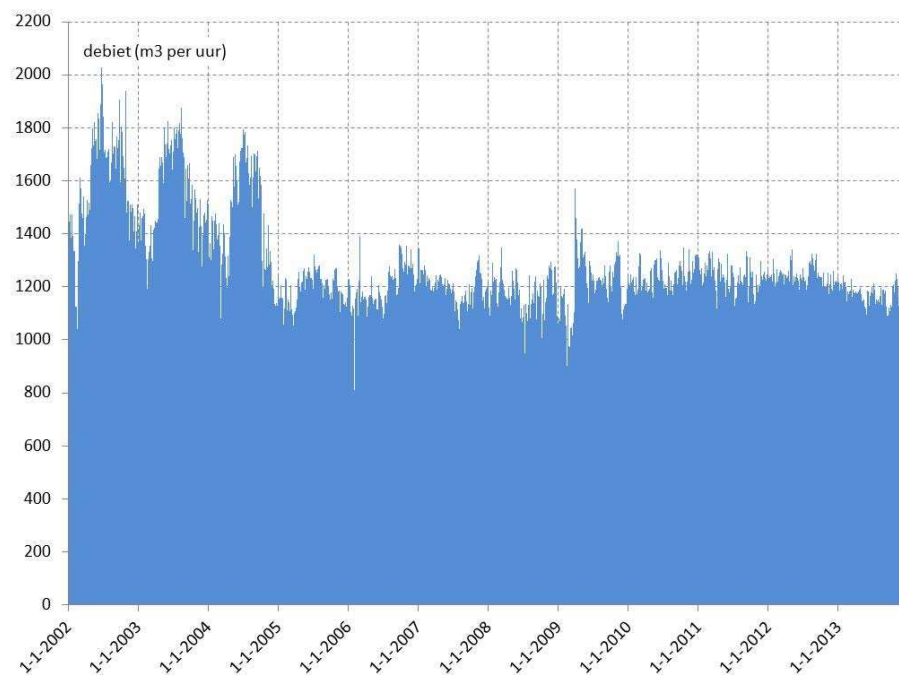
De onttrekking op het terrein van DSM Pharmaceuticals Netherlands B.V. bestond ooit uit 43 pompputten verspreid over het terrein, met ieder een maximale opbrengst van 60 m³ per uur. De technische staat van een groot aantal van deze pompputten is zodanig slecht dat ze niet meer allemaal functioneren.

Van de nog werkende pompputten zijn er continu een aantal gelijktijdig in bedrijf om het gewenste debiet te leveren, waarbij de overige nog werkende putten als reserve dienen. Alle pompen zijn aangesloten op een centraal distributiesysteem, waarna het water via een persleiding wordt afgevoerd naar de AWZI Houtrust in Den Haag.

Opgemerkt wordt dat momenteel een nieuw puttenveld buiten het DSM terrein wordt aangelegd. Hiermee kan de GR zelf het beheer voeren over de onttrekking. De eerste uitgeplaatste putten zijn vanaf 2014 in gebruik genomen en daarom niet relevant voor de monitoring 'nul-situatie' tot en met december 2013.

2.2 De afgelopen jaren

Een overzicht van de afgelopen jaren onttrokken debieten is weergegeven in Figuur 2-1. Van 2002 tot en met 2004 gebruikte DSM het onttrokken water als koelwater voor haar processen. In deze periode was er in de zomer meer water nodig dan in de winter, waardoor in die periode een seizoensfluctuatie zichtbaar is met uitschieters naar 2000 m³ per uur. Vanaf 2005 is de behoefte aan koelwater niet langer nodig en is de onttrekking - zonder verschil tussen zomer en winterdebiet - gehandhaafd op circa 1200 m³ per uur.



Figuur 2-1 onttrokken debieten tussen 2002 en 2013



Wanneer op de data wordt ingezoomd, wordt duidelijk dat er tussen de dagen nog een aanzienlijke fluctuatie mogelijk is. In Tabel 2-1 is een overzicht van de debieten en onttrokken volumes per jaar gegeven. Grosso modo werd de afgelopen jaren elk jaar iets meer dan 10 miljoen m³ onttrokken, waarbij het debiet varieerde tussen de 1100 m³ en 1300 m³ per uur. Dit werd veroorzaakt door de slechte technische staat van de installatie.

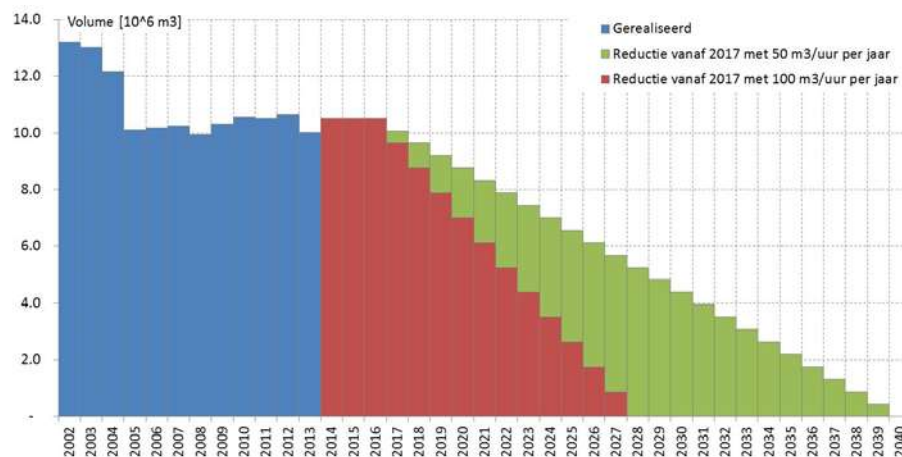
Tabel 2-1 De onttrokken debieten en volumes van 2002 tot 2013

Jaar	maximum [m ³ /uur]	minimum [m ³ /uur]	gemiddeld [m ³ /uur]	volume [10 ⁶ m ³]	beheerder
2002	2 028	594	1 507	13.2	DSM
2003	1 875	1 093	1 486	13.0	DSM
2004	1 796	875	1 387	12.2	DSM
2005	1 321	-	1 155	10.1	GR
2006	1 392	343	1 161	10.2	GR
2007	1 347	926	1 170	10.3	GR
2008	1 348	857	1 133	10.0	GR
2009	1 572	694	1 178	10.3	GR
2010	1 347	946	1 205	10.6	GR
2011	1 336	963	1 198	10.5	GR
2012	1 341	343	1 211	10.6	GR
2013	1 250	830	1 145	10.0	GR

2.3 De komende jaren

De GR is voornemens vanaf 2017 de huidige onttrekking zover mogelijk gefaseerd af te bouwen. Dit omdat het abrupt stoppen van de onttrekking kan leiden tot het stijgen van de grondwaterstanden in de regio en het zwellen van de ondergrond, met ongewenste effecten op gebouwen, constructies, waterkeringen en infrastructuur.

Om dergelijke ongewenste situaties en mogelijke schade te voorkomen is besloten om het afbouwen van de grondwateronttrekking zeer geleidelijk te laten verlopen. Het is nog niet duidelijk in welke mate en in welk tempo de onttrekking kan worden afgebouwd, maar wel is duidelijk dat dit proces zeker 10 jaar gaat duren. In Figuur 2-2 zijn twee scenario's geschetst, waarbij het onttrokken debiet van 1200 m³ per uur elk jaar in stappen van 50 m³ en in stappen van 100 m³ per uur wordt afgebouwd. In het eerste geval – elk jaar 50 m³ per uur - duurt het afbouwen tot en met 2039. In het tweede geval - elk jaar 100 m³ per uur – duurt het afbouwen tot en met 2027. Uiteraard moet uit de praktijk blijken met welke stappen en tot welk niveau het huidige debiet kan worden afgebouwd.



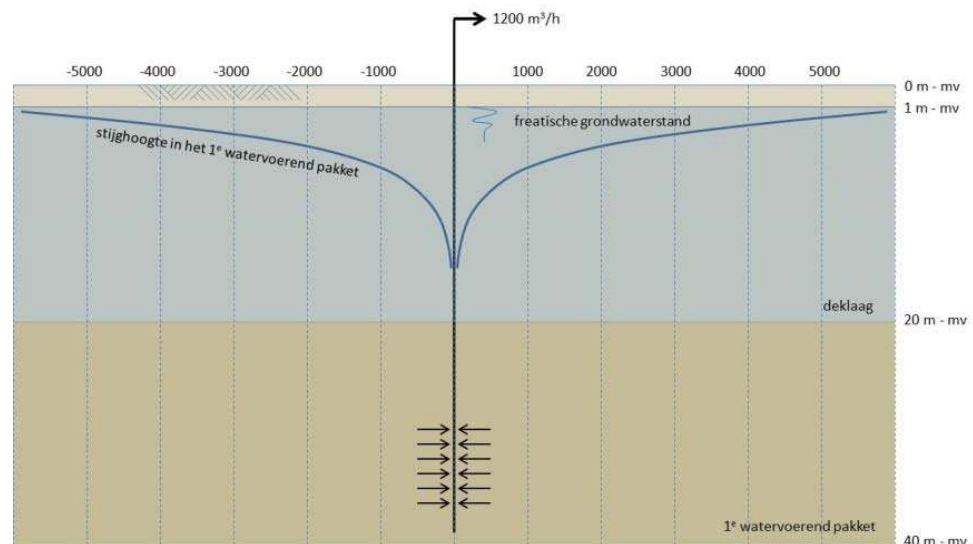
Figuur 2-2 Onttrokken debieten tussen 2002 en 2013.



3 Stijghoogtes in het 1^e watervoerend pakket

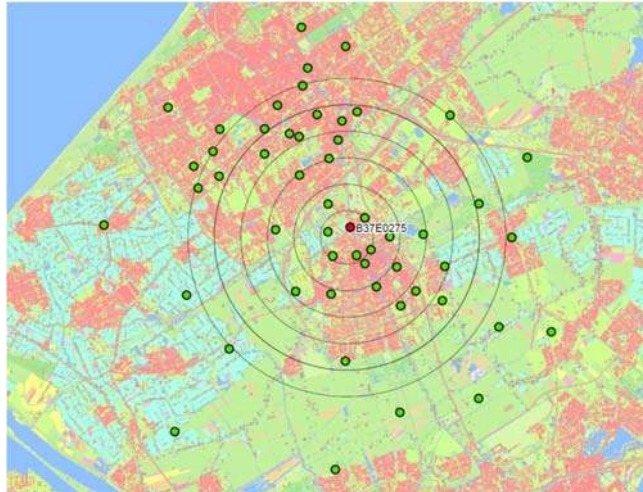
3.1 Algemeen

Door de onttrekking wordt een onttrekkingskegel getrokken in de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket. Deze laag bevindt zich tussen -20 en -40 meter beneden maaiveld en heeft een kD -waarde tussen de 1000 tot 1700 m^2/d . De kD -waarde is een maat voor de transmissiviteit van een watervoerende laag. In Figuur 3-1 is de huidige situatie schematisch weergegeven. De freatische grondwaterstand bevindt zich op ongeveer 1 meter min maaiveld. Terwijl de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket nabij het puttenveld tot wel circa 10 meter min maaiveld zakt.



Figuur 3-1 Schematische weergave van onttrekkingskegel.

Deze stijghoogte op een willekeurige locatie is afhankelijk van de afstand tot de onttrekking. Om de stijghoogtes in het eerste watervoerend pakket te kunnen monitoren beschikt de provincie Zuid-Holland over een netwerk van 54 peilbuizen (Zie Figuur 3-2). Dit meetnet is niet ingesteld voor de onttrekking, maar wel te gebruiken door de GR.

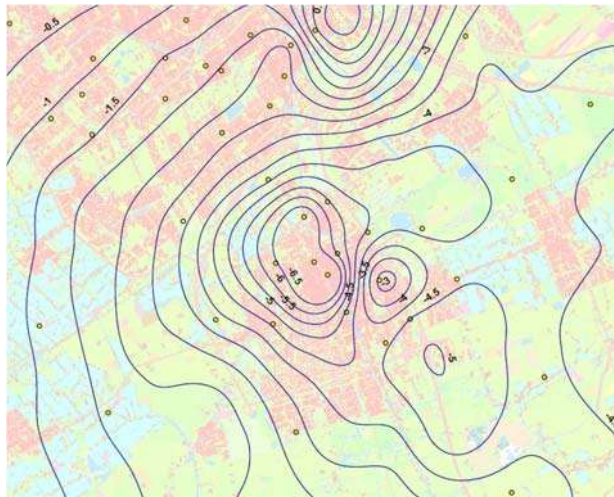


Figuur 3-2 Peilbuizen van de provincie Zuid-Holland in het eerste watervoerend pakket. De cirkels bevinden zich op 1 tot 6 km van de onttrekking.

3.2 De afgelopen jaren

3.2.1 Isohypsens

Met de metingen van 31 december 2013 zijn isohypsens voor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket geïnterpoleerd (Zie Figuur 3-3). Ondanks het beperkte aantal peilbuizen is duidelijk dat in het noorden en westen de stijghoogte vrij snel oploopt t.o.v. het oosten. Terwijl in het oosten de stijghoogte rond de -4.5 mNAP blijft hangen. Dit wordt veroorzaakt door de verschillende diepe polders, waarvan het maaiveld rond de -4 mNAP ligt.



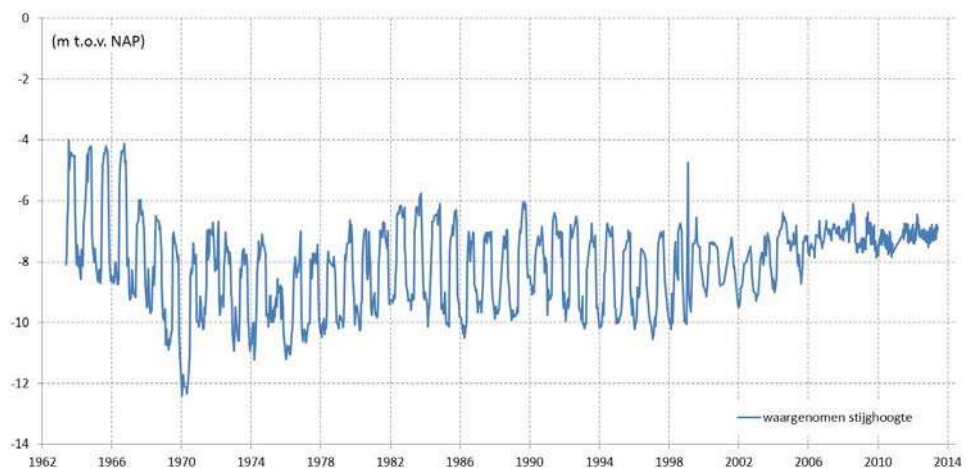
Figuur 3-3 Isohypsens van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (interpolatie techniek spline, weight = 0.0, points = 5, cell size = 100m)

3.2.2 Peilbuis eerste watervoerend pakket nabij de onttrekking

Een van de peilbuizen die het dichtst bij de onttrekking staat is peilbuis met het TNO-NITG nummer B37E0275 (Zie Figuur 3-4). Deze peilbuis staat op hemelsbreed 100 meter van de rand van het DSM terrein. Door deze korte afstand geeft deze een goed beeld van de variatie in stijghoogte nabij de onttrekking. De vanaf 1963 waargenomen stijghoogtes staan in Figuur 3-5.



Figuur 3-4 Locatie van peilbuis B37E0275 aan het Jaagpad in Rijswijk.



Figuur 3-5 Waargenomen stijghoogtes in peilbuis B37E0275

De stijghoogte vertoont vóór 2004 een seizoenfluctuatie als gevolg van een wisselende onttrekking voor koelwater. De scherpe piek in 1999 is het gevolg van het melasse incident op 27 juli 1999. Waarbij door het bezwijken van een tank met Melasse op het DSM-terrein een transformatorhuis werd verwoest en de productie stil kwam te liggen. Tevens vielen alle Norton pompen van de grondwateronttrekking uit. Hierdoor steeg de grondwaterstand in een periode van twee weken om en nabij 4 meter.

De gegevens werden tot 2009 handmatig één keer in de twee weken ingewonnen. Sinds 2009 worden de waterstanden met een automatische drukopnemers verzameld. De meest betrouwbare data zijn echter vanaf na 1 januari 2012. In Tabel 3-1 zijn de minimum, gemiddelde en maximum waterstand van de afgelopen jaren. De waterstand fluctueert rond de -7.0 mNAP.

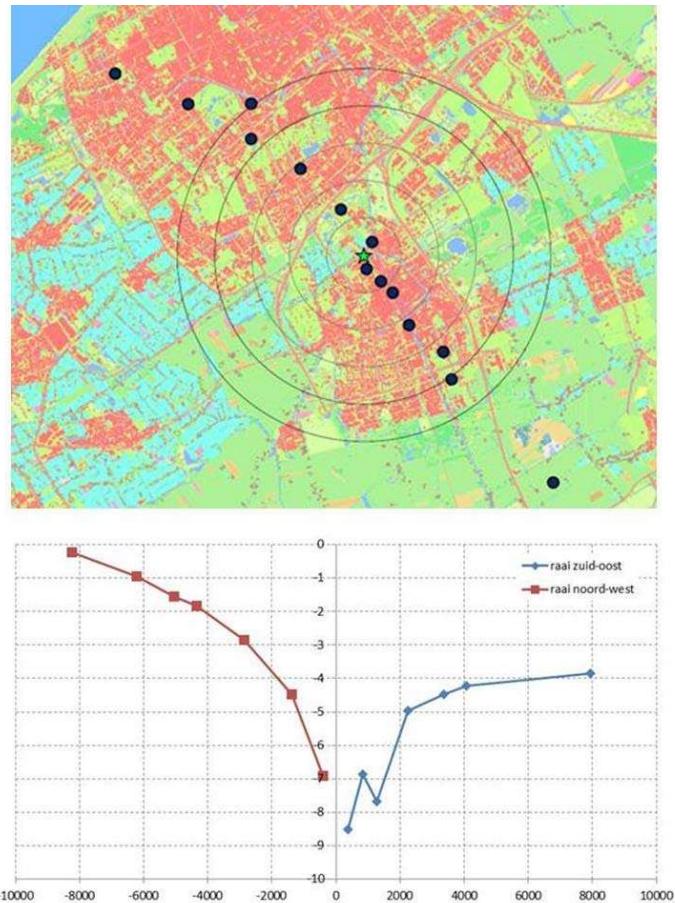
Tabel 3-1 Minimum, gemiddelde en maximum waterstand van peilbuis B37E0275

jaar	maximum (mNAP)	gemiddelde (mNAP)	minimum (mNAP)
2012	-6.44	-7.05	-7.41
2013	-6.78	-7.15	-7.52



3.2.3 Raai noordwest-zuidoost

In Figuur 3-6 zijn de gemiddelde waterstanden in het eerste watervoerend pakket van december 2013 in een raai van noordwest naar zuidoost uitgezet. De peilbuizen die hiervoor gebruikt zijn staan in Bijlage 2. De raai is niet symmetrisch doordat in het zuidoosten de raai de Zuidpolder van Delfgauw (maaiveld op -2 meter) en polder Schieveen (maaiveld op -5 meter) kruist.



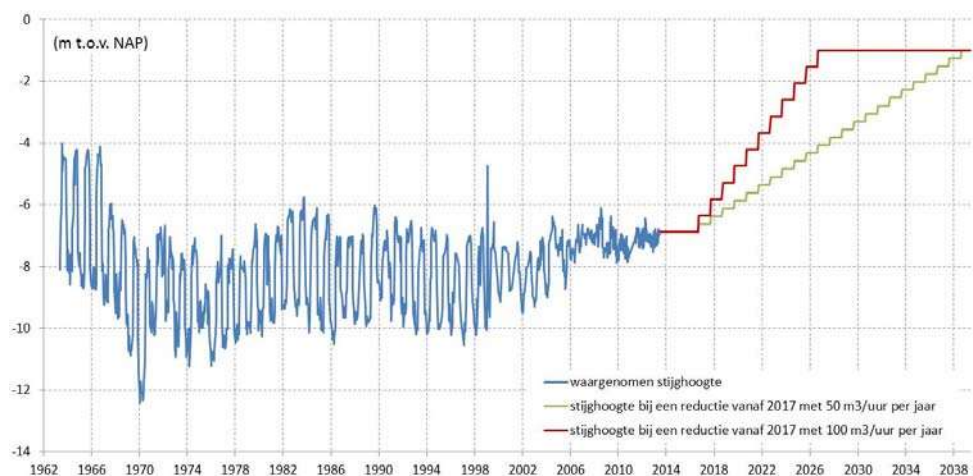
Figuur 3-6 Raai van noordwest naar zuidoost over het eerste watervoerend pakket



3.3 De komende jaren

Wanneer de winning langzaam wordt gereduceerd zal de stijghoogte gaan stijgen. De onttrekkingskegel uit Figuur 3-3 en Figuur 3-6 rond Delft-Noord en Rijswijk zal hierdoor dan geleidelijk verdwijnen.

Voor de stijghoogte in peilbuis B37E0275 zijn in Figuur 3-7 twee scenario's opgenomen overeenkomstig paragraaf 2.3. Wanneer elk jaar de onttrekking met een stapjes van 50 m³/uur wordt gereduceerd, stijgt per stap de stijghoogte met circa 25 cm. Indien elk jaar de onttrekking met een stapjes van 100 m³/uur wordt gereduceerd, stijgt per stap de stijghoogte met circa 50 cm. Voor de overige peilbuizen geldt iets soortgelijks afhankelijk van de huidige stijghoogte en de afstand tot de onttrekking en de freatische grondwaterstand op die locatie.



Figuur 3-7 Stijghoogtes in peilbuis B37E0275 en 2 afbouwscenario's

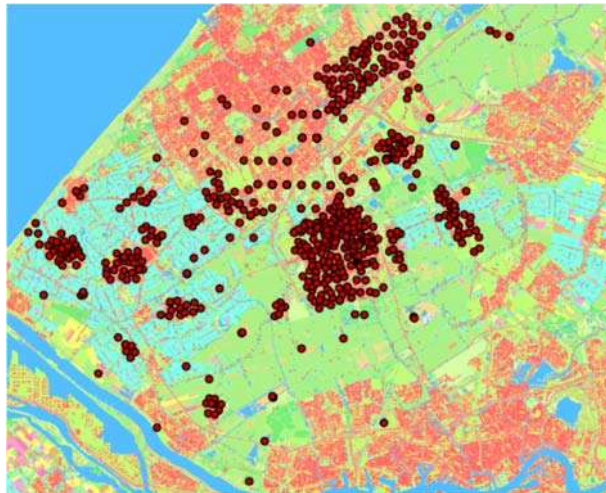


4 Freatische grondwaterstanden

4.1 Algemeen

De onttrekking in het eerste watervoerend pakket krijgt zijn water via wegzijging uit de bovenliggende deklaag. Verwacht wordt dat bij het reduceren van de onttrekking en wegvallen van deze wegzijging het regiem waarbinnen de freatische grondwaterstanden gaat fluctueren iets zal verschuiven ten opzichte van de huidige situatie. In verdroogde gebieden wordt het minder droog en in nu al natte gebieden wordt het natter. De mate waarin dit gebeurt en of dit tot een onacceptabele situatie of schade leidt hangt af van de lokale situatie.

Om te monitoren of en hoe de grondwaterstanden veranderen is door de gemeenten Rijswijk, Westland, Leidschendam-Voorburg, Midden-Delfland, Pijnacker-Nootdorp, Den Haag en Delft in de afgelopen jaren een grondwatermeetnet aangebracht. Daarnaast heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een aantal peilbuizen in het buitengebied. In totaal zijn er circa 700 peilbuizen waarin elk uur met behulp van grondwater dataloggers (divers) de grondwaterstand wordt gemeten (Zie Figuur 4-1)

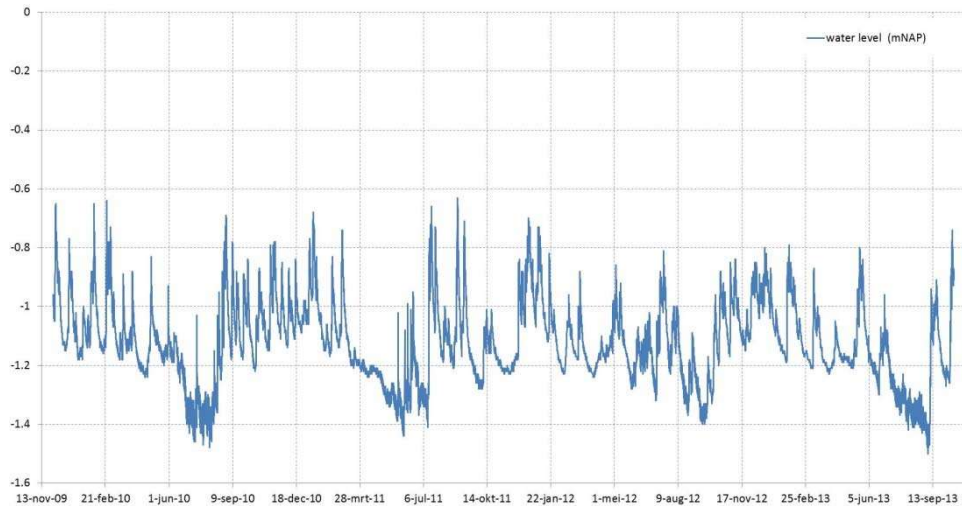


Figuur 4-1 Peilbuizen in het freatische grondwater

4.2 De afgelopen jaren

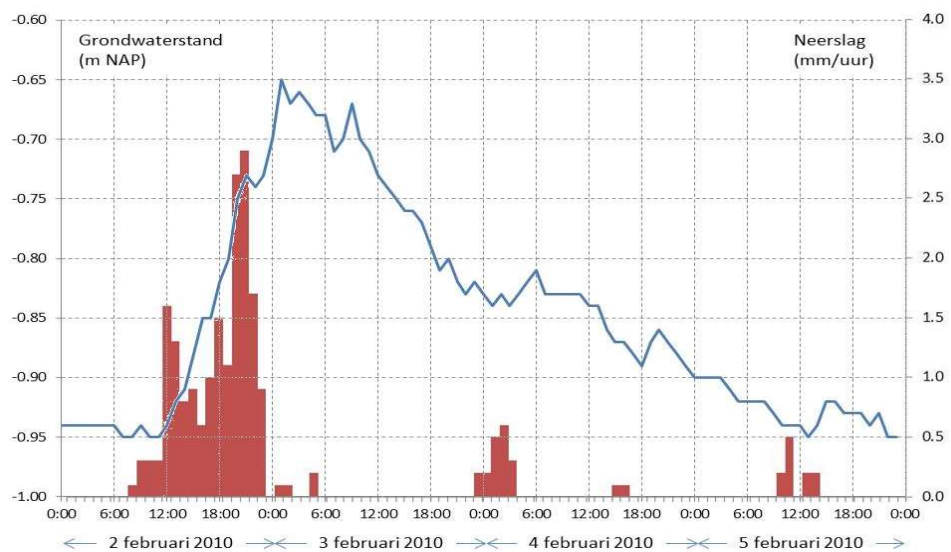
4.2.1 Peilbuis freatisch grondwater nabij de onttrekking

Een van de peilbuizen die dicht op de onttrekking staat is peilbuis P1.13 van de gemeente Rijswijk aan de Prinses Beatrixlaan. De afgelopen jaren waargenomen waterstanden staan in Figuur 4-2. Afhankelijk van het seizoen varieerde de waterstand tussen -0.63 mNAP en de laagste -1.50 mNAP. De gemiddelde grondwaterstand lag op -1.12 mNAP.



Figuur 4-2 Freatische grondwaterstanden in peilbuis rijwijk 1.14 van 1 dec 2009 tot 16 okt 2013

In Figuur 4-3 is ingezoomd op de neerslag 2 tot 5 februari 2010. Op 2 februari viel 18 mm neerslag. Wat opvalt is dat de grondwaterstand vrij snel mee stijgt. Ongeveer 2 uur na de bui is de hoogste waterstand gemeten. Vervolgens is de grondwaterstand in 2½ dag - met nagenoeg geen neerslag - weer terug op zijn oude niveau. Wat dit voorbeeld laat zien is dat de huidige meetfrequentie waarin ieder uur wordt gemeten zinvol is.



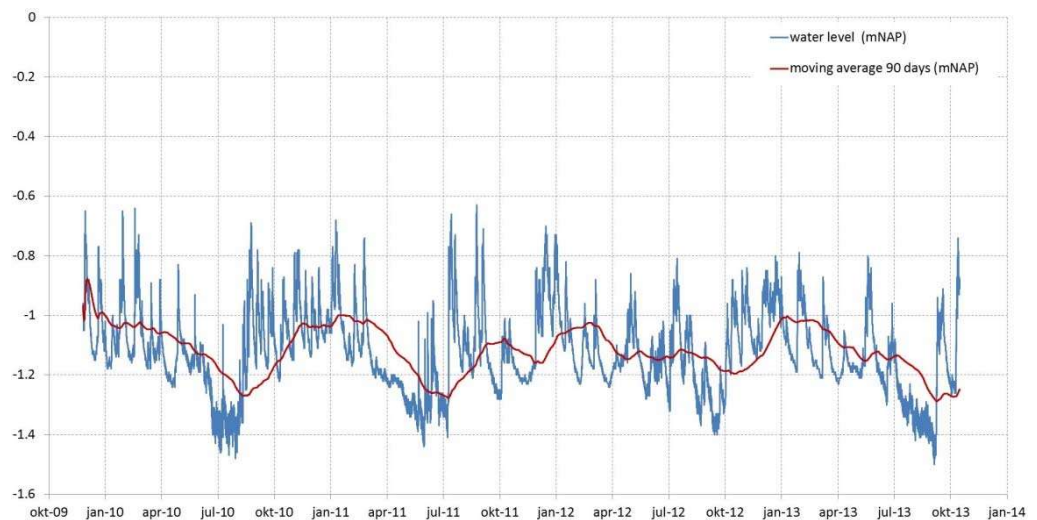
Figuur 4-3 Grondwaterstand en neerslag op 2 februari 2010.

Het dynamische karakter van de grondwaterstand maakt het lastig om de verschillende jaren vóór en na de start van de reductie van de grondwateronttrekking met elkaar te vergelijken. De maximum grondwaterstand per jaar is geen goede maat, omdat hierdoor een jaar met toevallig één extreme neerslaggebeurtenis maakt dat het lijkt alsof het hele jaar de grondwaterstand is gestegen. De gemiddelde grondwaterstand is ook niet handig, omdat hiermee de pieken uit de winter en de dalen uit de zomer tegen elkaar worden ingewisseld.

Daarom wordt, om de verschillende jaren met elkaar te vergelijken, per peilbuis eerst een Moving Average van 90 dagen bepaald en vervolgens hiervan per hydrologisch jaar het maximum. Dit levert voor 2010/2011 -1.00 mNAP op, voor 2011/2012 een grondwaterstand van -1.02 en als laatste voor 2012/2012 weer -1.00 mNAP. Dit is elk jaar



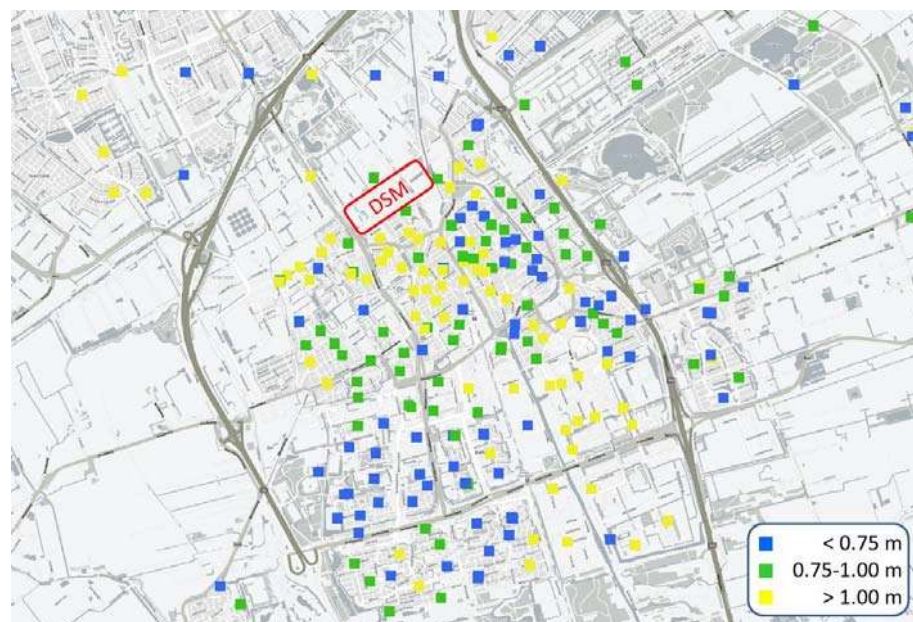
ongeveer de zelfde grondwaterstand t.o.v. m NAP. Echter, wanneer door de reductie van de onttrekking de grondwaterstand systematisch hoger wordt, zullen deze maxima vanzelf verschuiven.



Figuur 4-4 Grondwaterstanden van peilbuis 1.14 met een moving average van 90 dagen

4.2.2 De ontwateringsdiepte bij alle peilbuizen

Met de hoogste moving average van 90 dagen per peilbuis is vervolgens voor 2012/2013 bepaald wat de resterende ontwateringsdiepte is (Zie Figuur 4-7). Ten zuiden van het DSM terrein is de ontwateringsdiepte nagenoeg overal meer dan 1 meter. In de wijken Centrum, Buitenhof en Tanthof-Oost zijn een groot aantal peilbuizen met een de ontwateringsdiepte minder dan 0.75 meter.

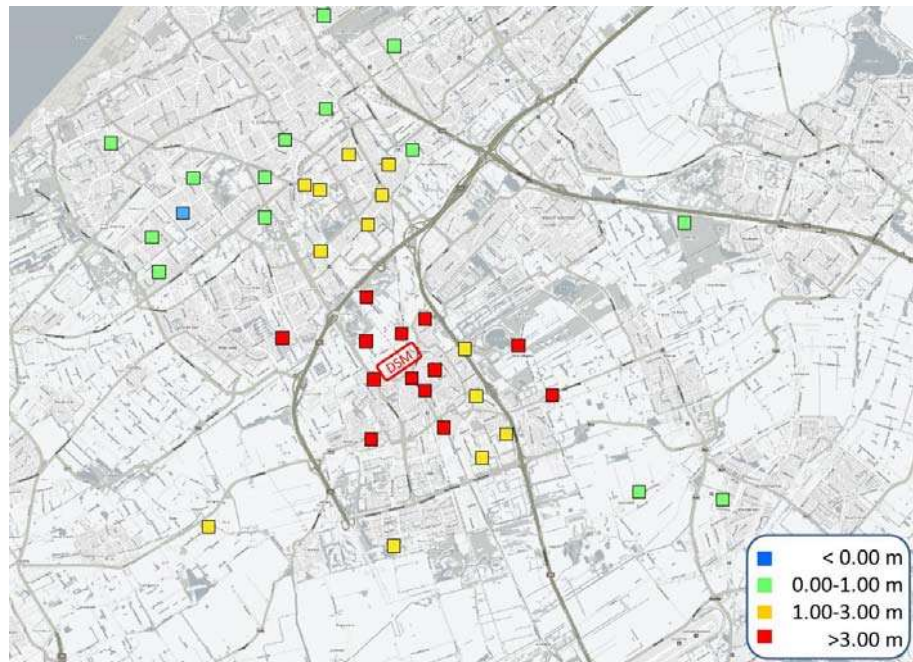


Figuur 4-5 Drooglegging bij alle peilbuizen waar de freatische grondwaterstand gemeten wordt



4.2.3 Stijghoogteverschil 1^e wvp en freatische grondwaterstand

Of op een locatie van kwel of wegzijging sprake is, wordt bepaald door het stijghoogteverschil tussen het 1^e watervoerend pakket en het freatische grondwater. Om deze reden is bij alle peilbuizen van de provincie in het 1^e watervoerend pakket, de dichtstbijzijnde freatische peilbuis gezocht en het verschil bepaald (Zie Figuur 4-6).

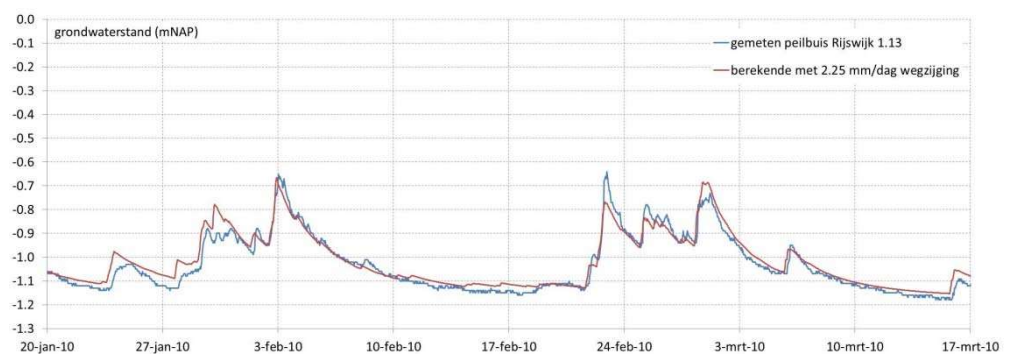


Figuur 4-6 Drooglegging bij alle peilbuizen waar de freatische grondwaterstand gemeten wordt

4.3 De komende jaren

Door het langzaam aan reduceren van de onttrekking zal de wegzijging wegvallen en in sommige gebieden omslaan in kwel. De toekomstige grondwaterstanden die hierbij horen zijn door de ieder jaar andere meteorologische omstandigheden lastig te voorspellen.

Om toch een indruk te krijgen van de veranderingen is eerst een Sobek RR schematisatie gebouwd om de grondwaterstand van peilbuis Rijswijk P1.13 te benaderen bij een situatie met -2.25 mm wegzijging per dag. De overige parameters zijn zodanig gekozen dat de gesimuleerde waterstanden de gemeten waterstand redelijk benaderen. (Zie Figuur 4-7).



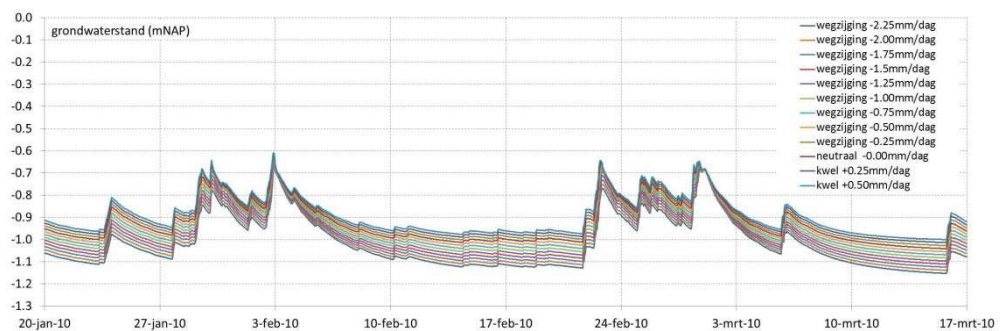
Figuur 4-7 gemeten en berekende grondwaterstand voor 20 jan tot 17 maart 2010 voor peilbuis 1.14



Vervolgens is om een indruk te krijgen van de veranderingen een twaalftal simulaties gedraaid waarbij de geschatte wegzijging van -2.25 mm/dag in stapjes van 0.25 mm/dag is afgebouwd naar uiteindelijk een kwelsituatie van +0.50 mm/dag (Zie Figuur 4-8). Grosso modo zit er - in perioden van meteorologische 'rust' - een verschil van 15 cm in grondwaterstand tussen het scenario van -2.25 mm/dag naar +0.50 mm/dag.

De werkelijke toename is uiteraard afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit van de drainage. Bij voldoende drainage zal deze toename aanmerkelijk minder of mogelijk zelfs niet merkbaar zijn. Om te anticiperen op een mogelijke toename, is de afgelopen jaren bij alle projecten waarbij in Delft de riolering is vervangen al extra drainage aangebracht.

Wat ook opvalt in Figuur 4-8 is dat de wanneer de grondwaterstand door percolatie van neerslag omhoog komt, de pieken in elkaar worden gedrukt. Voor de hoogste grondwaterstanden na hevige neerslag (bij buien van 20 mm in een paar uur tijd) maakt het veranderen van de kwel of wegzijging door het reduceren van de onttrekking nauwelijks meer uit. Een wegzijging van -2.25 mm per dag is immers op het moment suprême slechts 0.1 mm per uur.



Figuur 4-8 gesimuleerde grondwaterstanden bij verschillende kwel- en wegzijgingsintensiteiten



5 Verandering in maaiveldhoogte

5.1 Algemeen

Verwacht wordt dat wanneer de grondwateronttrekking stapsgewijs wordt gereduceerd, de waterspanning in de ondergrond verandert, waardoor de samendrukbare lagen iets zullen terugveren. Door Deltares is in 2008 geschat (Deltares, 2008) dat bij een volledige stopzetting het maaiveld binnen de grenzen van DSM in 30 jaar tijd meer dan 10 cm kan zwellen. Buiten het DSM terrein is het omhoog komen van het maaiveld beperkt tot enkele centimeters. Het abrupt en ongelijkmatig zwellen van het maaiveld is één van de grootste risico's voor de GR en de reden waarom het reduceren zorgvuldig en geleidelijk moet worden doorgevoerd.

Vanuit de vergunning wordt het maaiveld sinds 1999 op een vijftal ondiep gefundeerde locaties gemonitord. Deze metingen worden beschreven in paragraaf 5.2.1. Naast deze 5 locaties is ook de behoefte ontstaan om de hele regio te monitoren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de INSAR metingen van de TerraSAR-X satelliet. De zijn beschreven in paragraaf 5.2.2.

5.2 De afgelopen jaren

5.2.1 *Verandering in maaiveldhoogte met zettingsboutsen*

Om de verandering van het maaiveld te monitoren is sinds 1999 – conform vergunning- elk half jaar de zetting gevolgd op een vijftal locaties binnen 1 kilometer rond de onttrekking. Hiertoe zijn op ondiep gefundeerde kunstwerken of constructies zettingsboutsen geplaatst. De locaties van de metingen zijn:

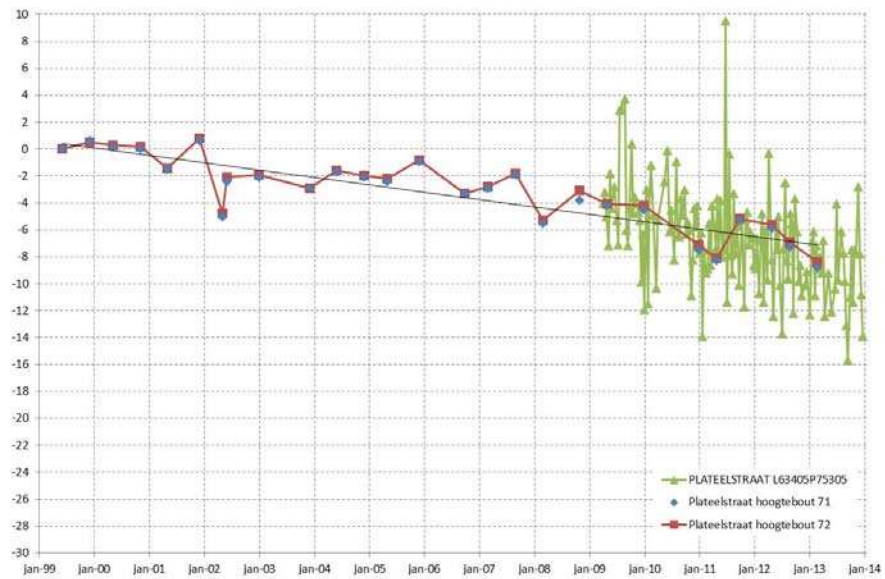
- Plateelstraat;
- Recreatiegebied 'De Hof van Delft';
- St. Olofstraat;
- Schuttersstraat;
- Sniplaan.

Voor elk van deze locaties is in Figuur 5-2 tot Figuur 5-6 de waargenomen veranderingen weergegeven. De hoogteboutsen zijn tussen 0.0 tot 1.8 mm per jaar gezakt. Een combinatie van in elkaar grijpende oorzaken maakt dat ieder kunstwerk of constructie dit op een andere manier doet. Het is echter niet te achterhalen welk aandeel de onttrekking hierin heeft. De gemene deler is echter wel dat alle kunstwerken en constructies gezakt zijn. Dit maakt dat door het straks geleidelijk reduceren van de onttrekking en terugveren van de samendrukbare lagen, deze zakking (tijdelijk) kan worden beperkt.

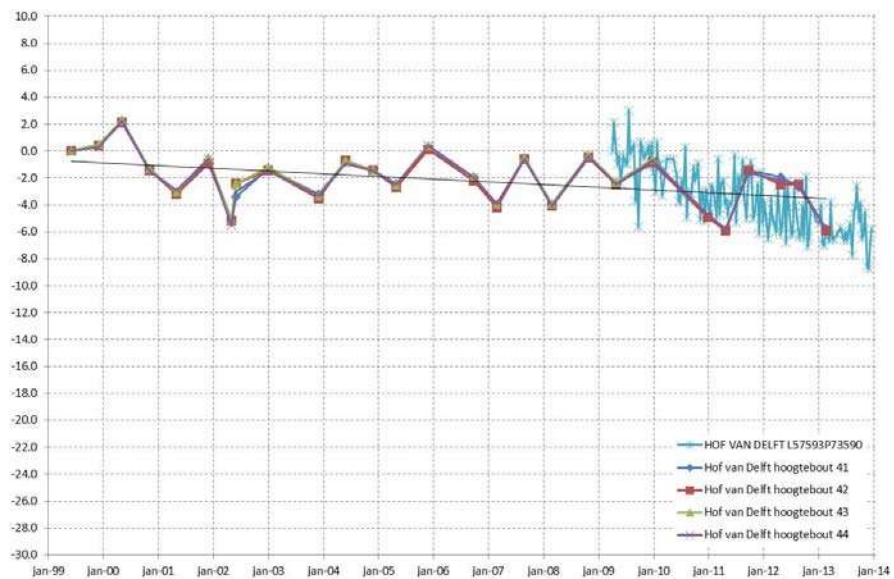
De in Figuur 5-2 tot Figuur 5-6 opgenomen metingen vanaf 2009 zijn de INSAR metingen van de TerraSAR-X satelliet uit paragraaf 5.2.2.



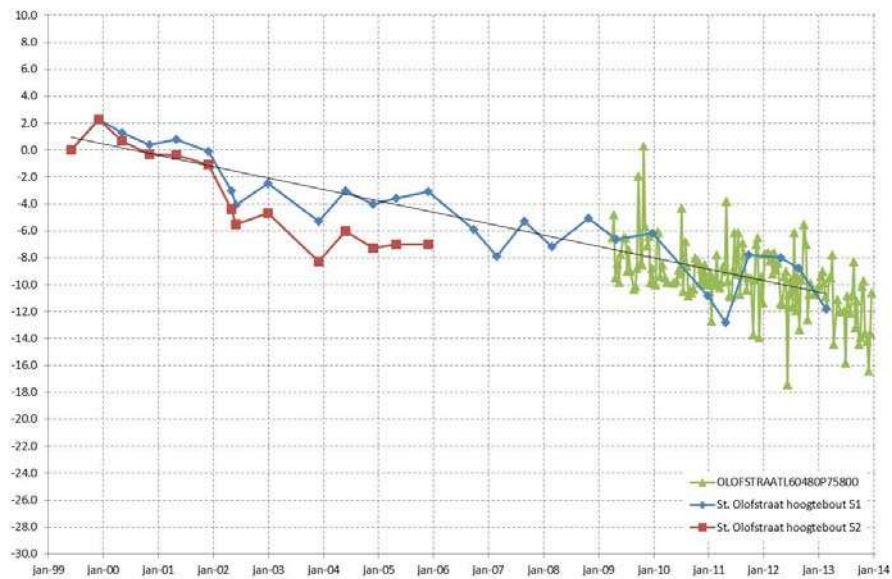
Figuur 5-1 In het kunstwerk op de Sniplaan (links) zijn 2 hoogtebouten aangebracht. In de landhoofden van de twee bruggen bij het 'Hof van Delft' (rechts) zijn 4 hoogtebouten aangebracht.



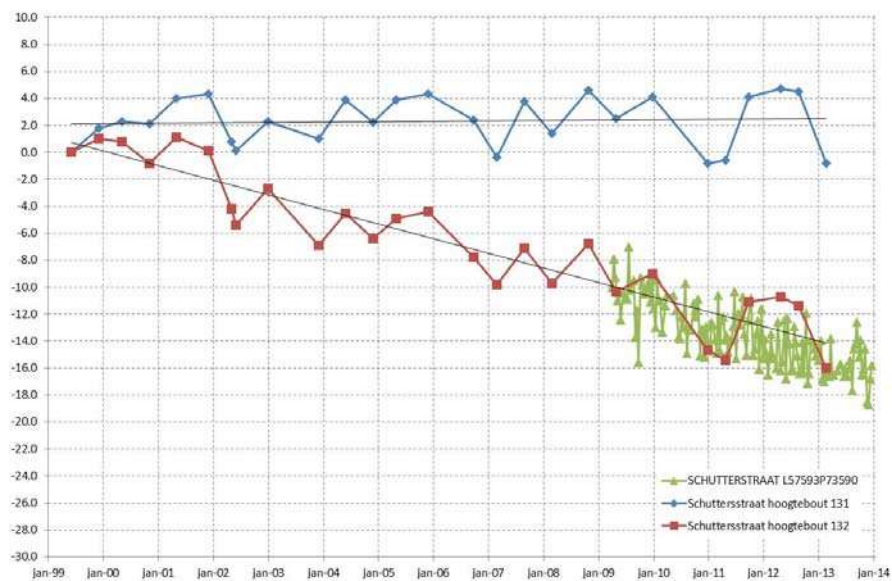
Figuur 5-2 De 2 hoogtebouten in de Plateelstraat zijn 0.6 mm per jaar gezakt.



Figuur 5-3 De hoogtebouten in de landhoofden bij het Hof van Delft zijn 0.2 mm per jaar gezakt.



Figuur 5-4 Hoogtebout 51 in de St.Olofstraat is 0.8 mm per jaar gezakt. Hoogtebout 52 in de St. Olofstraat is medio 2006 verdwenen.



Figuur 5-5 Hoogtebout 131 in de Schutterstraat is niet gezakt. Deze bout is gemonteerd aan het portaal van een onderheid gebouw naast het Lumentheater. Terwijl hoogtebout 132 is gemonteerd in een tegenover dit gebouw gelegen op staal gefundeerde keermuur. Deze hoogtebout is 1.1 mm per jaar gezakt.



Figuur 5-6 De 2 hoogtebouten in de Sniplaan 1.8 mm per jaar gezakt.

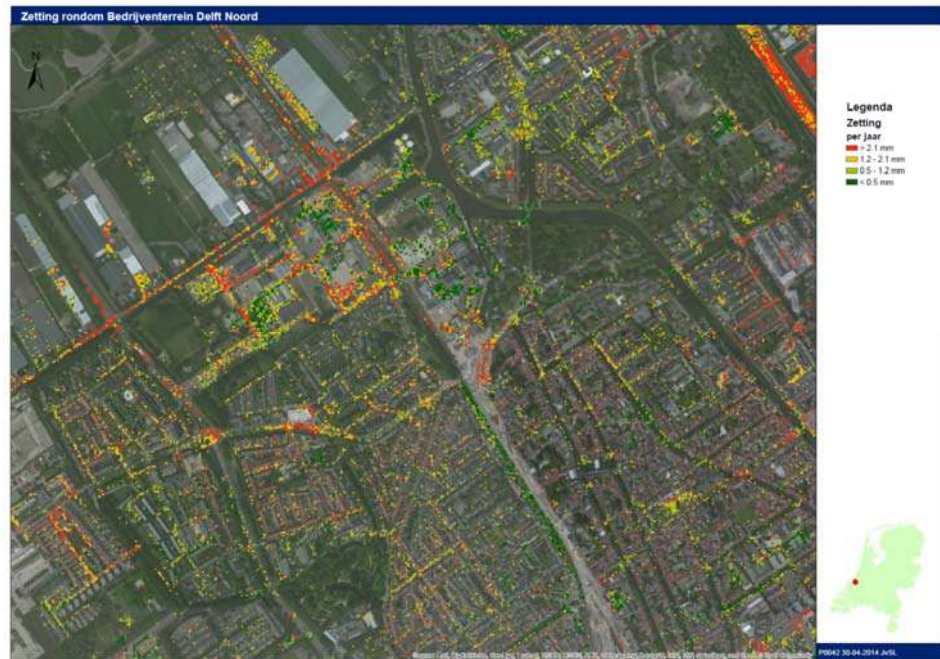
5.2.2 Verandering in maaiveldhoogte met INSAR metingen

Met INSAR metingen van de TerraSAR-X satelliet kunnen deformaties van maaiveld worden gemeten door 2 radar satelliet beelden van verschillende tijdstappen met elkaar te vergelijken. Het faseverschil tussen deze twee metingen kan worden omgezet in een verandering in hoogte. Het gebruik van INSAR metingen in plaats van het monitoren van hoogtebouten middels een doorgaande waterpassing heeft twee grote voordelen:

- De gebruikte satelliet komt 1 x in de 11 dagen over;
- De meetpuntdichtheid is circa 100 punten per hectare.

Hierdoor is het mogelijk om de hele regio rond de onttrekking te monitoren. Daarnaast kan een onderscheid gemaakt worden in de verandering in hoogte van maaiveld en bebouwing. In deze paragraaf is de verandering in maaiveld uitgewerkt en in Hoofdstuk 6 de verandering in hoogte van bebouwing.

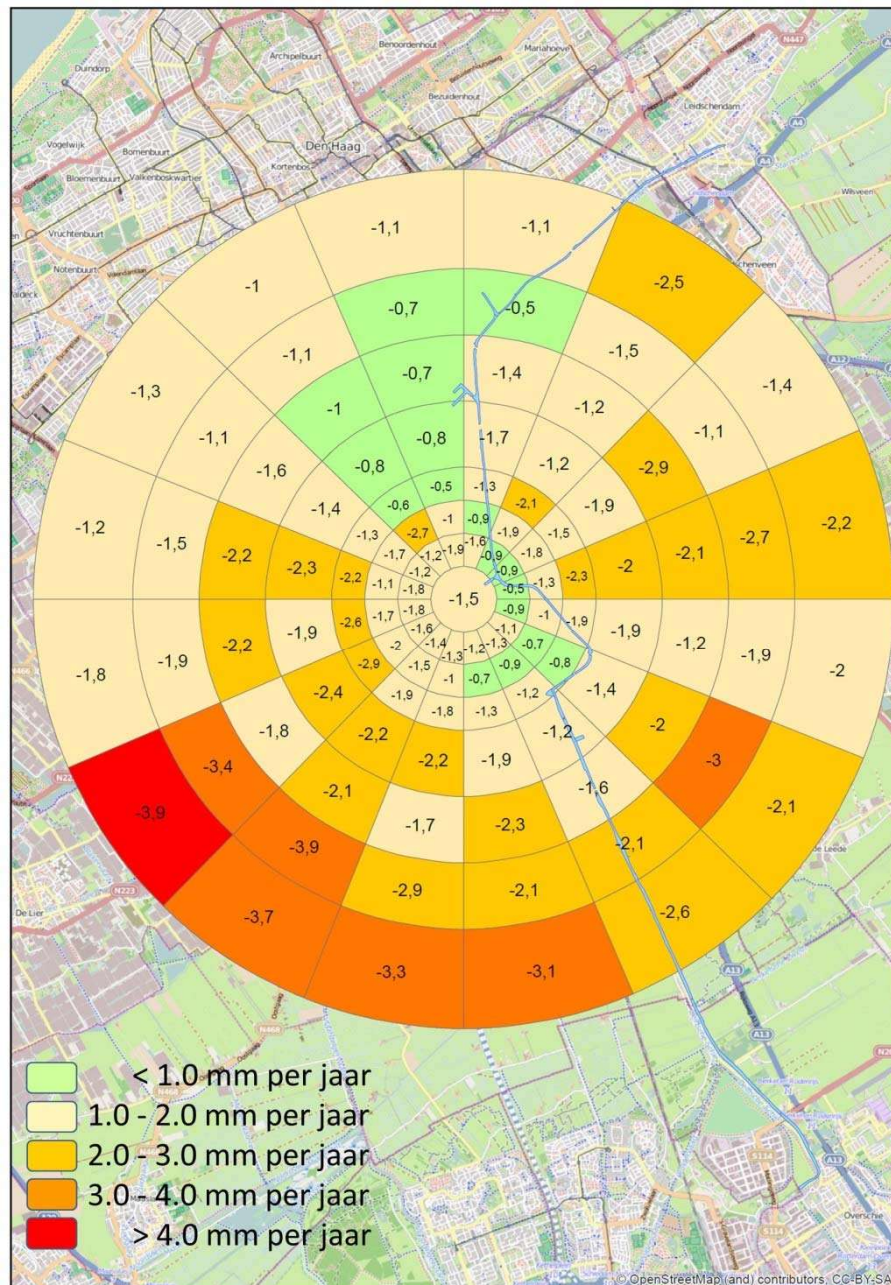
In Figuur 5-7 is de bodemdaling in de nabijheid van de onttrekking in Delft Noord weergegeven. Het algemene beeld voor de verandering van de maaiveldhoogte is dat de bodem iets daalt, maar dat er verschillen tussen straten zijn. Op het DSM terrein zijn er gedeeltes waar de bodemdaling nihil is en ook stukken waar de bodem 2.5 mm per jaar bedraagt.



Figuur 5-7 bodemdaling rond de onttrekking in Delft-Noord.



Om een beter beeld te krijgen van de omgeving is het nodig om uit te zoomen. In Figuur 5-8 zijn de circa 2.5 miljoen locaties de deformatie samengevoegd naar 128 kwadranten met als middelpunt het hart van het DSM terrein in een cirkel van 500 meter. Per partij is de gemiddelde deformatie van het maaiveld bepaald. Over heel Delft en omgeving beschouwd zakt vooral de driehoek Den Hoorn-Schipluiden en de Lier met 4 mm per jaar. Het centrum van Delft is juist een van de gebieden die het minst zakken in de omgeving: 0.7 mm per jaar. Op het DSM terrein zelf zakt het maaiveld gemiddeld 1.5 mm per jaar.

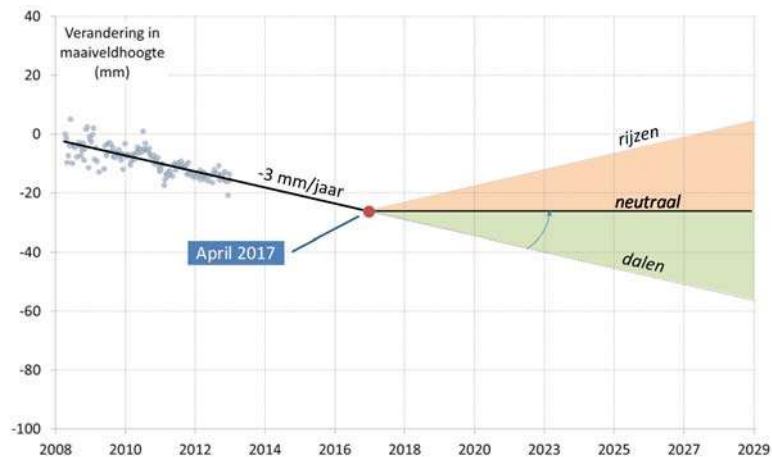


Figuur 5-8 Gemiddelde maaiveldaling in mm per jaar rond Delft-Noord.



5.3 De komende jaren

De verwachting is dat door het reduceren van de onttrekking in 2017 de samendrukbare lagen iets zullen terugveren. De snelheid waarmee deze lagen terugveren is afhankelijk van de stappen waarmee de reductie zal worden afgebouwd. Voor de bodemdaling betekent dit dat bij kleine stapjes de huidige snelheid waarmee de bodem daalt iets zal afnemen. Bij grote stappen zal het terugveren harder verlopen dan de bodemdaling, waardoor het maaiveld netto omhoog komt (Zie Figuur 5-9). Voorgesteld wordt om het afbouwen zodanig stapsgewijs proberen door te voeren dat de huidige bodemdaling op het DSM-terrein na 2017 bij voorkeur om en nabij neutraal zal verlopen. Het DSM-terrein is hiervoor het meest relevant, omdat daar de grootste veranderingen worden verwacht. Dit terwijl de omgeving langzaam verder zakt.



Figuur 5-9 Voorgesteld wordt om het afbouwen zodanig stapsgewijs door te voeren dat de huidige bodemdaling na 2017 om en nabij neutraal zal verlopen.

Bij welke reductiestappen de bodemdaling exact tot 0.0 mm per jaar wordt geneutraliseerd is lastig te voorspellen en zal proefondervindelijk moeten worden ondervonden. Wel kunnen de stappen enigszins worden geschat. De door Deltares voorspelde verandering in maaiveldhoogte op het DSM-terrein bij het volledig stopzetten van de onttrekking was in de orde van 10 tot 16 cm.



6 Deformatie van gebouwen

6.1 Algemeen

Met de zelfde INSAR metingen van de TerraSAR-X satelliet uit het vorige hoofdstuk kunnen ook de deformaties van gebouwen gevolgd worden. Net als bij het maaiveld zijn ook voor de gebouwen elke 11 dagen circa 100 metingen per hectare beschikbaar. Praktisch betekent dit dat voor bijna alle 85 000 gebouwen in en rond Delft metingen beschikbaar zijn.

Om een onderscheid te maken tussen gebouwen en maaiveld wordt gebruik gemaakt van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen van het kadaster (het BAG-register), waarin alle gebouwen in Nederland als object opgenomen (Zie Figuur 6-1). Omdat van een meetpunt op de rand van de omtrek van een gebouw niet altijd duidelijk is of deze van het gebouw zelf of de omgeving is, zijn enkel die punten meegenomen die binnen 1 meter van een gebouw op meer dan 2.5 meter boven het omringende maaiveld liggen.



Figuur 6-1 Panden in de omgeving van de Oude Kerk volgens het BAG-register.

6.2 Monumenten

Van alle gebouwen in en rond Delft zijn de monumenten, die het aanzien van de stad Delft bepalen, de panden waarvan duidelijk is dat die zeker geen schade mogen oplopen. De belangrijkste monumenten in de nabijheid van de onttrekking zijn:

- Stadhuis / Waag / Hyppolituskapel / Genestetkerk;
- Prinsenhof / Waalse Kerk;
- Oude kerk;
- Nieuwe Kerk;
- Gemeenlandshuis van Delfland.

Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

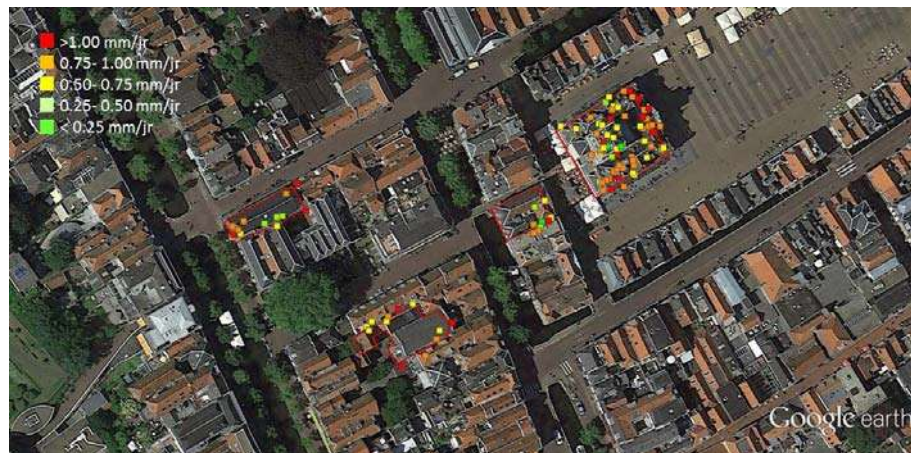


Stadhuis / Waag / Hyppolituskapel / Genestetkerk

Voor de 4 monumenten Stadhuis, Waag, Hyppolituskapel en Genestetkerk zijn in totaal 102 meetpunten beschikbaar (Zie Figuur 6-2). Per gebouw is van de meetpunten het gemiddelde bepaald:

- Het stadhuis zakt met 0.8 mm per jaar;
- De Waag zakt met 0.3 mm per jaar;
- De Hyppolituskapel zakt met 0.7 mm per jaar;
- De Genestetkerk zakt met 0.5 mm per jaar.

De deformatie van deze gebouwen is niet zorgelijk. Volgens Figuur 5-8 daalt het maaiveld rond deze monumenten so-wie-so met 0.7 mm per jaar. De gebouwen dalen dus met nagenoeg dezelfde snelheid.



Figuur 6-2 Geselecteerde meetpunten Stadhuis, Waag, Hyppolituskapel en Genestetkerk

Prinsenhof / Waalse Kerk / Oude kerk

Binnen de omtrek van het Prinsenhof / Waalse Kerk en de Oude Kerk zijn er 238 meetpunten (Zie Figuur 6-3). Per gebouw is ook hier van de meetpunten het gemiddelde bepaald:

- Prinsenhof (zonder Waalse Kerk) zakt met 0.5 mm per jaar;
- Waalse Kerk zakt met 0.6 mm per jaar;
- De Oude Kerk zakt met 0.4 mm per jaar.

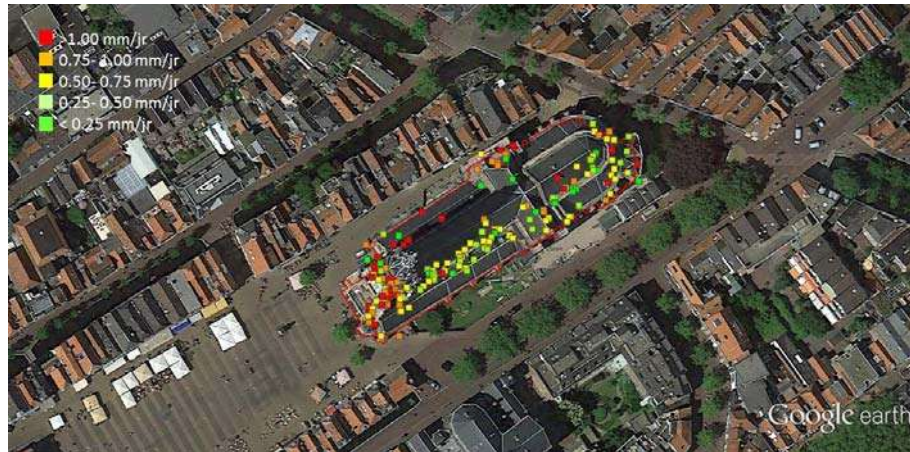


Figuur 6-3 Geselecteerde meetpunten Prinsenhof, WaalseKerk en Oude Kerk.



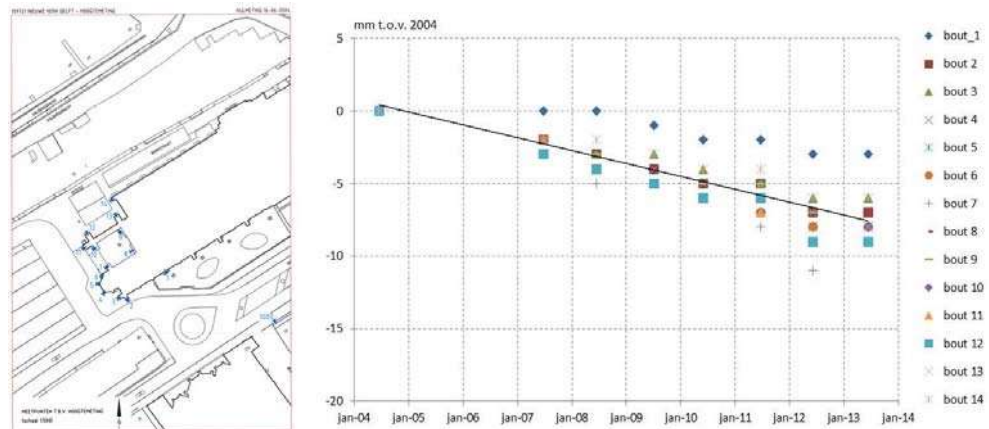
Nieuwe Kerk

Binnen de omtrek van de Nieuwe Kerk zijn er 188 meetpunten. Gemiddeld is de deformatie 0.6 mm per jaar, maar dit is niet gelijkmatig verdeeld. Rond de toren is de deformatie 1.0 tot 1.1 mm per jaar. Terwijl in het schip van de kerk de deformatie gemiddeld 0.5 mm per jaar bedraagt.



Figuur 6-4 De Nieuwe Kerk in Delft. Enkel bij de toren wijkt de deformatie iets af van het omringende maaiveld en het schip van de kerk.

Door de Gemeente Delft worden sinds 2004 ook periodiek deformatiemetingen aan 14 in de kerk rond de toren aangebrachte hoogtebouten verricht. Het resultaat van deze metingen is weergegeven in Figuur 6-5. In totaal vertonen 9 van de 14 hoogtebouten om en nabij hetzelfde gedrag als de TerraSAR-X metingen: een zakkings van 8 á 9 mm in de 9 jaar tussen 2004 en 2013 (Dit k.o.m. 0.9 tot 1.0 mm per jaar).

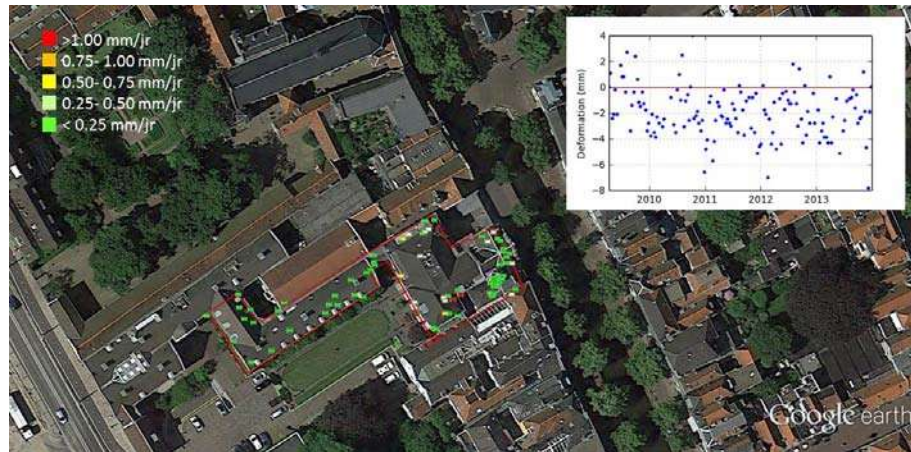


Figuur 6-5 Metingen aan hoogtebouten in de Nieuwe Kerk



Gemeenlandshuis van Delfland

Binnen de omtrek van het Gemeenlandshuis van Delfland liggen 78 punten (Zie Figuur 6-6). Gemiddeld over deze periode zakken deze punten met 0.1 mm per jaar. Niet dat het gebouw niet beweegt: de waarnemingen laten zien dat het gebouw juist een vrij forse spreiding in de metingen laat zien. De reden voor deze spreiding is niet duidelijk. Wel is bekend dat het dak van het gebouw in niet al te beste staat is.



Figuur 6-6 Metingen aan het Gemeenlandshuis aan de Oude Delft 167 te Delft .



6.3 Deformatie overige bebouwing

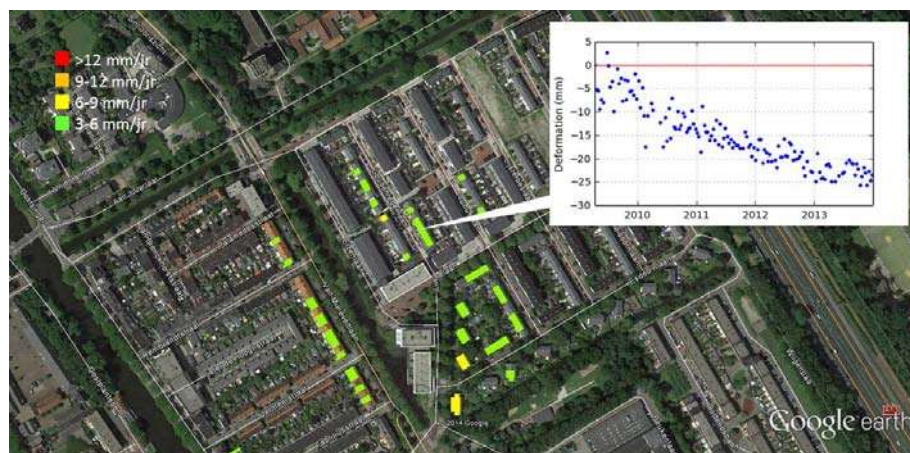
Van alle overige gebouwen is bestudeerd welke gebouwen in de huidige situatie in de directe nabijheid van de DSM-onttrekking het meest zakken. Van de 85 000 gebouwen zijn voor 63 000 gebouwen metingen beschikbaar. Een groot aantal zakken echter om en nabij met de snelheid van het maaiveld. D.w.z. rond de DSM-onttrekking met circa 1.5 mm per jaar en rond de binnenstad met 0.9 mm per jaar (Zie Figuur 5-8).

Slechts een beperkt aantal panden zakt harder dan het maaiveld. In Figuur 6-7 zijn de panden die harder zakken dan 1.5 mm per jaar rood en oranje gemarkeerd. Langs de Phoenixstraat staan een aantal panden die meer dan 2 mm per jaar zakken. Dit houdt mogelijk verband met de bouw van de spoortunnel. Let op: bij 2 mm per jaar zakt een pand dan netto 0.5 mm per jaar harder dan het maaiveld.



Figuur 6-7 Zakkende panden in en om de DSM-onttrekking

Over heel Delft en omgeving zijn er om en nabij 800 panden die meer dan 3 mm per jaar zakken. Hiervan bestaan er circa 400 uit schuurtjes en kassen. Deze zijn doorgaans niet onderheid, waardoor het ook niet merkwaardig is dat deze flink bewegen. De overige 400 liggen of verspreid over de omgeving of in clusters bij elkaar. In Figuur 6-8 tot en met Figuur 6-10 worden de 3 meest in het oog springende voorbeelden van clusters uitgewerkt. Omgeving Lindelaan, Koepoortbrug en Schipluiden.

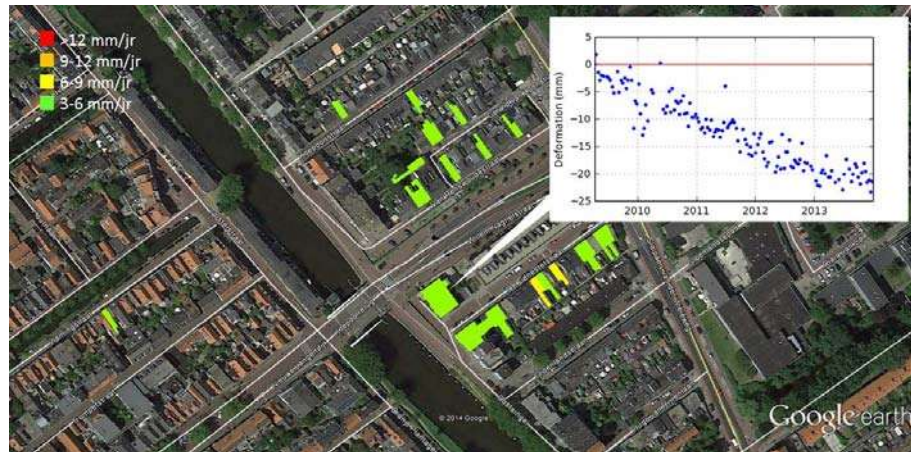


Figuur 6-8 Zakkende panden in de omgeving Lindelaan

In Figuur 6-8 zijn 52 gebouwen in de omgeving Lindelaan weergegeven die meer dan 3 mm per jaar zakken. Wat exact de oorzaak is waardoor deze panden in deze straten ten

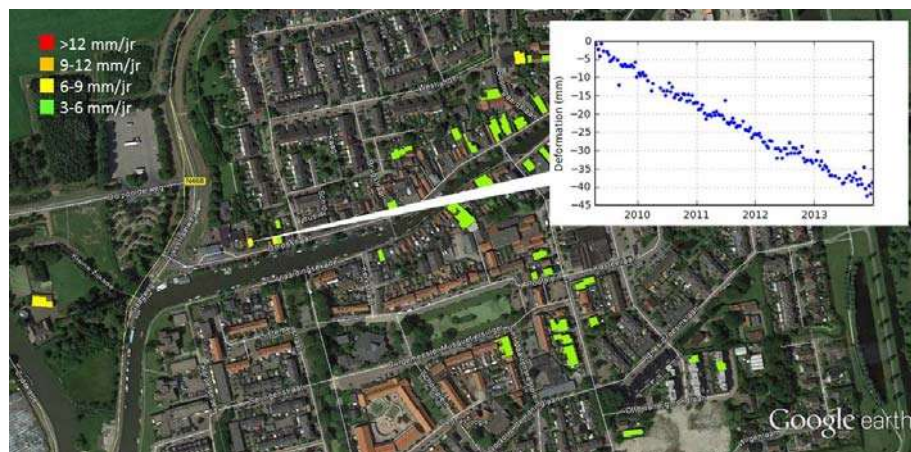


opzichte van de gebouwen in de omgeving extra hard zakken is niet bekend. De grafiek met de deformatie laat de metingen zien van meetpunt L54620P72725 uit het huizenblok uit de Goudenregenlaan met een deformatie van 4.2 mm per jaar. De geel gemarkeerde huizen aan het begin van de Lindenlaan zakken met circa 8.2 mm per jaar



Figuur 6-9 Zakkende panden in de omgeving Koepoortbrug

In Figuur 6-9 zijn 26 panden opgenomen uit de omgeving Koepoortbrug. Ook hier is niet bekend waarom juist deze panden zoveel meer zakken dan de omgeving. De panden op beide hoeken Oostsingel Genestetstraat zakken circa 3.5 mm per jaar. De twee geel gekleurde panden zakken 6.1 en 6.1 mm per jaar.



Figuur 6-10 Zakkende panden in Schipluiden

In Schipluiden zakken circa 52 panden , waarvan de meeste langs de Gaag in Schipluiden (Zie Figuur 6-10). Het pand waarvan een meting in het figuur is weergegeven zakt met gemiddeld 8.4 mm per jaar. In het pand liggen 4 meetpunten met respectievelijk 7.9, 8.3, 8.4. 8.8 mm per jaar. Het is niet bekend wat hiervan precies de oorzaak is.

Conclusie: Deze drie voorbeelden laten zien dat nagenoeg alle panden zakken met de snelheid waarop het maaiveld ook zakt. Slechts een beperkt aantal panden zakt harder dan 3 mm per jaar. Gelet op de afstand tot de DSM-onttrekking is het aannemelijk dat niet de onttrekking, maar eerder bouwactiviteiten en/of een slechte fundering in combinatie met slappe bodem hiervan de oorzaak is. In de directe nabijheid van de DSM onttrekking zijn er rond het Agnethapark en 't Haantje wel een aantal panden, die iets harder zakken dan de omgeving. Dat wil zeggen tussen 2 en 3 mm per jaar. Vooral voor deze panden is het gewenst om het reduceren van de onttrekking geleidelijk door te voeren.



7 Oppervlaktewaterkwaliteit

7.1 Algemeen

De verwachting is dat door het reduceren van de onttrekking de wegzijging uit de deklaag naar het eerste watervoerend pakket nagenoeg stil kom te liggen. In 'grondwatereffecten aan de oppervlakte gebracht' (Deltares, 2008) laten de berekeningen zien, dat slechts in een beperkt aantal gebieden een omslag optreedt van infiltratie naar kwel. Hierdoor zal de chloriden concentratie in het oppervlaktewater iets toenemen. Dit effect moet echter niet worden overschat. In de Deltares-studie uit 2008 is ook gebleken dat de chloride concentraties in de boezem vele malen meer worden beïnvloedt door de lekverliezen bij de Parksluizen in Rotterdam dan door het stopzetten van de winning.



Figuur 7-1 Meetpunten waterkwaliteit t.b.v. DSM-onttrekking

7.2 De afgelopen jaren

In de periode 2009 tot en met 2011 is voor het reduceren van de DSM-onttrekking een nulmeting uitgevoerd. Hiervoor is op een veertigtal locaties 1 keer in de maand een waterkwaliteitsmonster genomen. Dit zijn 34 meetpunten in polders en 6 in de boezem (Zie Figuur 7-1). Van elk van deze locaties is het volgende onderzocht:

- Som nitraat en nitriet;
- Stikstof Kjeldahl;
- Stikstof;
- Ammonium;
- Fosfaat;
- Ortho-fosfaat;
- Zuurgraad;
- Temperatuur;
- Zuurstof;
- Chloride.

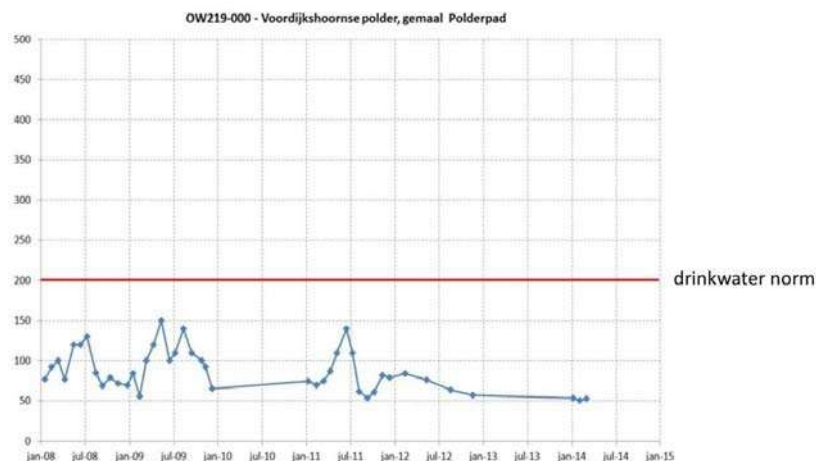
Van deze parameters en locaties is de verwachting dat met name de chlorideconcentratie wordt beïnvloedt. Het gemiddelde en de maximum concentratie is opgenomen in Tabel 7-1. De chloriden normen voor zowel de algemene milieukwaliteit als voor de functie van drinkwater zijn 200 milligram per liter. Voor agrarische toepassingen van oppervlaktewater



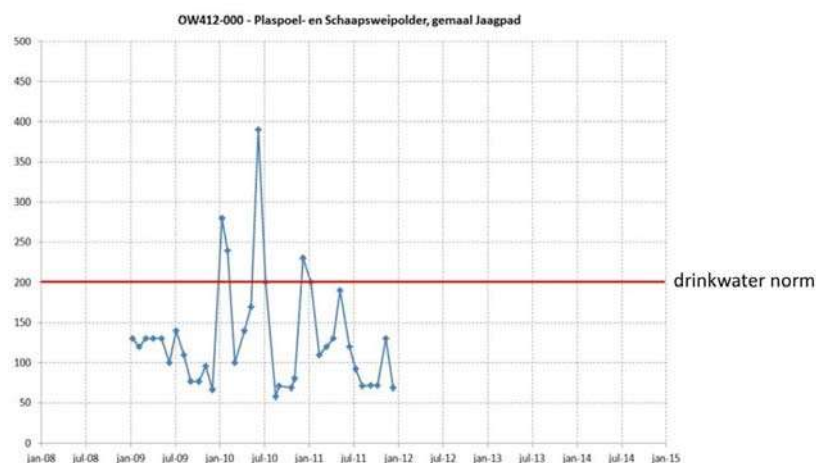
worden een aantal verschillende normen gehanteerd. Voor substraatteelt en glastuinbouw geldt, afhankelijk van het gewas, een norm van 50 tot 200 milligram per liter, voor vee drenking 250 milligram per liter, volle-grond tuinbouw 500 milligram per liter en voor akker en weidebouw 1.000 milligram per liter. Bij hogere concentraties treedt - met een glijdende schaal - gewasschade op. In de tabel is te zien dat - op Plas van der Ende na - gemiddeld nergens de chloriden concentratie continu wordt overschreden.

Plas van der Ende ligt op locatie nr. 1 in Figuur 7-1 in de polder van Nootdorp met een streefpeil op 4.75 meter onder NAP. Deze voormalige zandwinplas is gebruikt voor de A12 en meer dan 18 meter diep. Deze steekt dus in het eerste watervoerend pakket, waardoor de plas dan ook sterk gevoed wordt met kwel met een hoge chloriden concentratie. Ook op de andere waterkwaliteitsparameters scoort de plas slecht. Verwacht wordt dat deze situatie nagenoeg niet verandert door het stopzetten van de onttrekking.

Locatie 2 en 3 in Figuur 7-1 zijn ter illustratie respectievelijk het gemaal Jaagpad van de Plaspoeel en Schaapweipolder met zomerstreefpeil -1.19 mNAP en de Voordijkshoornse Polder met zomerstreefpeil -1.45 mNAP. De chlorideconcentratie van deze twee nabij de onttrekking gelegen locaties is ter illustratie opgenomen in Figuur 7-2 en Figuur 7-3. Wat de grafieken laten zien is dat de spreiding - door een combinatie van neerslag, verdamping en doorspoelen van de polder met boezemwater - over het jaar groot is. Wat Figuur 7-3 ook laat zien is dat om op termijn daadwerkelijk iets over de chloriden concentratie te zeggen, het eigenlijk wenselijk is om op een hogere resolutie te meten.



Figuur 7-2 Chlorideconcentratie Voordijkshoornsepolder, gemaal Polderpad (OW219-000)



Figuur 7-3 Chlorideconcentratie Plaspoeel en Schaapweipolder, gemaal Jaagpad (OW412-000)



Tabel 7-1 Maximum en gemiddelde chlorideconcentratie over 2009-2011

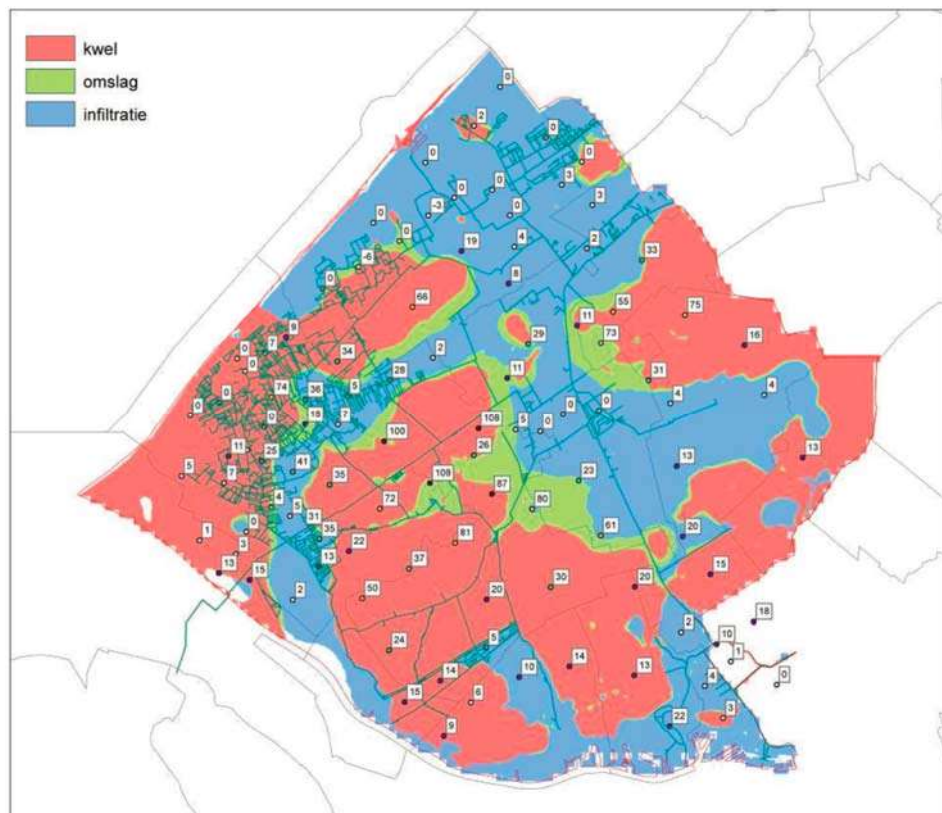
Meetpunt	Max. Conc (mg/l)	Gem. Conc (mg/l)
1 OW010-000 - Strijp, Sammersbrug	150	104
2 OW029-000 - Zijde, Burgm.v.d.Goeslaan	110	85
3 OW045-000 - Broeksloot, Binckhorstlaan	120	94
4 OW067-002 - Rijn-Schiekanaal, Zuidwal, ten noordoosten van Den	230	111
5 OW069-003 - Oude Delft, Oude Kerk Delft	220	108
6 OW105-000 - Dorppolder, gemaal	190	91
7 OW108-000 - Groeneveldse polder, gemaal	130	82
8 OW109-011 - Harnaschpolder, 60 voor gemaal laagdeel	280	117
9 OW112-001 - Kerpolder Noord, gemaal Kadesloot	230	105
10 OW120-000 - Woudse polder, gemaal	280	135
11 OW201-015 - Ackerdijsche Plassen, Achterplas	81	30
12 OW202-317 - Pld Berkel, Noordeindsevaart, thv Noordeindseweg 83	210	109
13 OW203-000 - Bieslandse bovenpolder, gemaal	180	105
14 OW208-000 - Lage Abtswoudsche pld, gemaal Schieweg	280	111
15 OW211-000 - Noord-Kethelpolder, gemaal Kandelaarweg	300	118
16 OW212-000 - Noordpolder van Delfgauw, gemaal Delfsestraatweg	180	79
17 OW212-016 - Nrdpld.v.Delfgauw, Bieslandse bos Kreken west	160	81
18 OW214-000 - Polder van Biesland, gemaal Noordeindseweg	210	100
19 OW215-000 - Polder van Nootdorp, gemaal 't verlaat	190	132
20 OW215-018 - Plas van der Ende, Grote steiger 0,5 m. diep	640	504
21 OW215-023 - Dobbepas	88	66
22 OW217-000 - Schieveen, gemaal Delftweg	320	149
23 OW218-100 - Tedingebroekpolder, gemaal Broekweg hoog	290	159
24 OW218-113 - Ypenburg, vaart langs Kanaalweg	220	127
25 OW218-200 - Tedingebroekpolder, gemaal Broekweg laag	330	99
26 OW218-301 - Tedingebroekpolder, gemaal Crayenburg	130	78
27 OW218-311 - Plas Van Reef	120	111
28 OW219-000 - Voordijkshoornse polder, gemaal Polderpad	150	87
29 OW220-000 - Polder Ypenburg, gemaal	230	86
30 OW221B000 - Drgm.in de Zuidpld. v. Delfgauw, gemaal Wiilgenweg	160	79
31 OW309-000 - Oude- & Nieuwe Broekpolder, gemaal Zweth	170	82
32 OW309-001 - Oude- & Nieuwe Broekpolder Drgm., Gemaal Zwet	230	125
33 OW407A000 - Hoekpolder, gemaal Molenwetering	160	105
34 OW407A001 - Hoekpolder laag begraafplaats, gemaal Molenweterin	120	96
35 OW409A000 - Noordpolder, gemaal Vredeburchweg	140	91
36 OW411-000 - Oud- en Nieuw- Wateringsepolder, gemaal	150	112
37 OW412-000 - Plaspoel- en Schaapsweipolder, gemaal Jaagpad	390	131
38 OW412-041 - Rijswijk, Put te Werve, in het midden	93	87
39 OW413-000 - Veen- & Binkhorstpolder, gemaal van Woudekade	240	84



7.3 De komende jaren

In de studie 'grondwatereffecten aan de oppervlakte gebracht' (Deltares, 2008) laten de berekeningen zien dat slechts in een beperkt aantal gebieden een omslag optreedt van infiltratie naar kwel (Zie Figuur 7-4). De consequentie hiervan is dat de belasting van het oppervlaktewater met chloriden iets zal toenemen. Variërend van 0 tot 100 mg/l. Een gedeelte van deze toename wordt trouwens gereduceerd doordat in het zomerseizoen de boezem wordt doorgespoeld met water uit het Brielse Meer. De verwachting is dat - gelet op de huidige chloriden concentratie en de geschatte toename - dit niet zal leiden tot schade aan gewassen. Hiervoor zijn de chloriden concentraties te laag.

Dit beeld sluit aan bij de verwachting van het team waterkwaliteit van Delfland: de veranderingen in waterkwaliteit zullen zich heel langzaam en met een grote vertraging voordoen. Door Delfland is voorgesteld om - nadat begonnen is met de reductie - 1 x in de 2 jaar de waterkwaliteitsmetingen metingen te herhalen.



Figuur 7-4 maximale verwachte toename in chloride concentratie in het oppervlaktewater van Delfland (in mg/l)



8 Stabiliteit van boezemkaden

In de monitoringstrategie uit 2007 was voorgesteld om over 65 kilometer kaden op 117 locaties de waterspanning in de ondergrond te gaan meten. Door voortschrijdend inzicht is de huidige inschatting dat aanzienlijk minder kaden schade kunnen oplopen door de reductie van de onttrekking. Volgens Delfland voldoet, in geval van volledig stopzetten 1,1 km van de regionale keringen niet meer aan de norm. Voor de polderkeringen zou volgens een conservatieve schatting 13,0 km niet meer aan de richtwaarden voor stabiliteit voldoen. Hiervan voldoet echter in de huidige situatie al 12,1 km echter al niet.

Delfland is voornemens om op circa 70 locaties in zowel het holoceen als pleistoceen peilbuizen te plaatsen. Het gaat om een combinatie van bestaande peilbuizen in het holoceen en / of pleistoceen en van bij te plaatsen peilbuizen in het holoceen en / of pleistoceen.

Het meetconcept is dat voor kadestabiliteit op een locatie binnen de segmenten ter plaatse van een kering steeds in het holoceen en pleistoceen gemeten gaat worden. De filterstelling in het holoceen zal bij voorkeur op een diepte zijn waar de waterspanningen het meest van invloed zijn op de stabiliteit van de kering (orde 3-4 m onder de teen van de kering). De komende maanden wordt dit door Delfland verder uitgewerkt, waarbij de exacte meetlocaties en peilbuizen nog nader worden bepaald.



9 Conclusie en aanbeveling

Op de locatie van DSM in Delft Noord vindt sinds 1916 een grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is sinds 2009 eigendom van de Gemeenschappelijke Regeling Beheer Grondwateronttrekking Delft Noord (GR). De GR is voornemens vanaf 2017 de huidige onttrekking van circa 1200 m³ per uur zover mogelijk gefaseerd af te bouwen. Voor dit afbouwen is een afdoende monitoring gewenst, waarmee de huidige situatie kan worden vastgelegd en de gevolgen van een afname van de grondwateronttrekking kunnen worden waargenomen, vastgelegd en beoordeeld. Het doel van de rapportage was inzicht te geven in de huidige situatie tot en met december 2013 en een doorzicht te geven naar de op korte en lange termijn te verwachten veranderingen.

Voor deze rapportage zijn een groot aantal gegevens verzameld. Variërend van de onttrokken debieten op het DSM terrein, de grondwaterstanden op circa 700 locaties, de deformatie 60 000 gebouwen rond Delft en de waterkwaliteit op een 40 tal locaties in de boezem en polders van Delfland. De belangrijkste bevindingen zijn:

- Het afgelopen jaar (2013) is gemiddeld 1150 m³ per uur onttrokken;
- In de nabijheid van de onttrekking is de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in 2013 circa -6.5mNAP;
- Het maaiveld rond het DSM terrein daalt in 2013 met gemiddeld 1.5 mm per jaar;
- Langs de spoorzone zijn er enkele gebouwen die in 2012 met meer dan 3 mm gezakt zijn;
- In en rond Delft zijn er enkele clusters van gebouwen die iets harder zakken dan de omgeving. Deze liggen echter zo ver van de spoorzone of de onttrekking dat het niet aannemelijk is dat dit verband houdt met de spoorzone of de DSM-onttrekking;
- De chlorideconcentratie van het oppervlaktewater is - op één uitzondering na – zodanig laag, dat een lichte toename nergens zal leiden tot gewasschade.

In voorliggende rapportage is nog niets opgenomen over a) de monitoring van boezemkades en b) het opbarsten van tunnels, parkeergarages en onderdoorgangen.

Voor de monitoring van de boezemkades wordt op korte termijn het meetnet uitgebreid. In de rapportage voor 2014 zullen deze als extra hoofdstuk worden toegevoegd.

Voor de tunnels, parkeergarages en onderdoorgangen is eerder voorgesteld om deze niet op te nemen in de monitoring, maar vóóraf (d.w.z. voorafgaand aan de start reductie in 2017) te controleren of deze zijn ontworpen op een toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Indien onverhoopt een constructie wordt gevonden waar geenrekening is gehouden met het stijgen van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket, dan zullen daar of eerst maatregelen moeten worden getroffen of de monitoring op worden uitgebreid.



Referenties

- Deltares, 2008, Grondwatereffecten aan de oppervlakte gebracht, Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft – Hoofdrapport;
- DHV, 2007, Gietwater, koelwater, en blijven pompen, Haalbare opties voor benutten van grondwater bij DSM Gist (Delft) Eindrapport;
- Provincie Zuid-Holland, 1997, Vergunning, Besluit van de Gedeputeerde Staten van Zuid Holland van 16 september 1997, kenmerk DWM/143756;
- Provincie Zuid-Holland, 2010, Aanvulling op de vergunning, Besluit van de Gedeputeerde Staten van Zuid Holland van 16 juni 2010, kenmerk PZH-2010-177411605;
- TNO Bouw en Ondergrond, 2007, Onderzoek naar effecten van stopzetting, grondwateronttrekking DSM Delft, Fase 1: Monitoringstrategie voor grondwaterstijging, waterkwaliteit en geotechniek Hoofdrapport;
- Van Steenis Geodesie, 2013, rapportage deformatiemeting Delft, kenmerk 33131;
- Wareco, 2009, Grondwatermeetnet eerste watervoerend pakket provincie Zuid-Holland ten behoeve van monitoring DSM-onttrekking, kenmerk KE34, RAP20091103;



I. Monitoring vanuit de vergunning

De door de provincie afgegeven vergunning voor de onttrekking is van 16-09-1997. Vanuit de vergunning is toen Gist Brocades bv opgedragen de volgende gegevens te monitoren:

1. Per pompput de opgepompte hoeveelheid grondwater. Elke pomp put heeft een hiervoor een watermeter die om de 4 weken moet worden afgelezen;
2. Het op de 14^e en 28^e van elke maand waarnemen en registreren van de grondwaterstand en de stijghoogte in 3 waarnemingsputten op het fabrieksterrein;
3. Het 1 x inde 14 dagen waarnemen en registreren van de grondwaterstand en de stijghoogte in 4 waarnemingsputten in Delft;
4. Het volgen van de zetting door het plaatsen van 5 zettingsbouten op ondiep gefundeerde kunstwerken of overheidsgebouwen binnen 1 km van de onttrekking. Deze bouten dienen 1 x per half jaar te worden ingemeten t.o.v. NAP;
5. Per pomp put 2 x per jaar de chloride concentratie;
6. 1 x per 5 jaar de chloride concentratie in 4 waarnemingsputten.

Tevens werd de vergunninghouder verplicht om 1 x per jaar de meetgegevens naar de provincie te sturen en 1 x in de 10 jaar alle gegevens te evalueren. In de evaluatie diende aan de orde te komen:

- De verandering van de grondwaterstanden en de stijghoogte;
- De verandering van de hoogte van de zettingsbouten;
- De verandering van het chloridegehalte van het grondwater.

In de vergunning uit 1997 was niets vastgelegd over het reduceren of stopzetten van de onttrekking. Om deze reden heeft in 2010 de provincie de vergunning gewijzigd. In deze wijziging is ten aanzien van het reduceren van de onttrekking en monitoring het volgende aangevuld: De vergunninghouder moet een voorgenomen beëindiging of vermindering melden bij de provincie, voorzien van een actueel onderzoeksrapport over de mogelijke gevolgen. In dit onderzoeksrapport dient minimaal te zijn opgenomen:

1. De grote van de invloedgebieden van de onttrekking;
2. De effecten van de beëindiging of sterke vermindering op:
 - De stijghoogteverandering, zowel van het freatische grondwater als van het grondwater in de watervoerende pakketten;
 - De kwel- en infiltratiesituatie in mm/dag;
 - De ligging van het maaiveld (rijzing);
 - Het chloridengehalte van grond- en oppervlaktewater;
 - De grondwaterstanden en de stromingsrichting ter plaatse van binnen het invloedgebied gelegen vuilstortplaatsen en/of saneringslocaties;
 - De waterhuishouding van infrastructurele werken en de overige bouwwerken onder het grondwaterpeil, zoals tunnels en parkeergarages;
 - De waterkeringen binnen het invloedgebied;
 - Risico's voor opbarsten van waterbodems;
3. Andere gevolgen voor het water- en bodemsysteem die zullen optreden als de onttrekking wordt beëindigd of sterk verminderd.

In de rapportage dienen de beschikbare monitoringresultaten te worden betrokken. De vergunningverlener bepaalt vervolgens op welke datum de vermindering mag worden geëffectueerd. Hiervoor wordt als uitgangspunt gehanteerd dat voor een afname van de onttrekking met 120 m³/uur circa een jaar nodig is om de maatregelen te treffen die de effecten van de verminderde onttrekking ongedaan te maken of zorgen voor een beheersbare situatie



II. Koppels van peilbuizen

	DINO_CODE	GEMEENTE	Code Gemeente	AFSTAND (meter)
1	B37E3474	Pijnacker	2-3.08	1
2	B37E3473	Delft	11-1.08	2
3	B37E3469	Pijnacker	3-2.10	2
4	B37E3502	Delft	28-1.25h	2
5	B37E3509	Delft	13-1.07	2
6	B37E0312	Delft	31-1.02	62
7	B37E3528	Delft	11-1.25d	77
8	B37E3406	Delft	25-1.17	78
9	B37E3471	Pijnacker	3-1.02	95
10	B37E3503	Delft	27-1.04	108
11	B30G4637	Rijswijk	pb1.07d	109
12	B37E3507	Delft	14-1.08	109
13	B30G4580	Den Haag	CP238	124
14	B37E3506	Delft	22-1.08	137
15	B37B0233	Westland	G2311	141
16	B30G0017	Rijswijk	pb1.01d	145
17	B37E3472	Delft	28-1.10	149
18	B37E3505	Delft	12-1.01	150
19	B30G0834	Leidschendam	PB31	153
20	B37B0211	Westland	G5307	164
21	B30G0578	Rijswijk	pb1.15	197
22	B37E3405	Delft	28-1.20	213
23	B30G0119	Den Haag	CP079	265
24	B30D0187	Den Haag	CP336	290
25	B30G0021	Rijswijk	pb1.04d	304
26	B30D0179	Den Haag	CP333	329
27	B37E3504	Rijswijk	pb1.41	340
28	B37E0561	Rijswijk	pb1.45	349
29	B37E3510	Rijswijk	pb1.14d	369
30	B37E0275	Rijswijk	pb1.50	410
31	B30G0010	Den Haag	CP079	426
32	B30G0579	Den Haag	CP328	439
33	B30G0377	Rijswijk	pb1.19	521
34	B30D0180	Den Haag	CP090	574
35	B30G0586	Den Haag	CP235	577
36	B30G0276	Leidschendam	PB41	595
37	B37E3501	Midden Delfland	Pb 1-1.04	602
38	B30G4638	Den Haag	CP429	621
39	B37E0394	Pijnacker	2-1.01	626
40	B30D0184	Westland	G4312	641
41	B30D1780	Den Haag	CP319	753
42	B30G4579	Den Haag	CP238	820
43	B30G0583	Rijswijk	pb1.32	849
44	B30D0193	Den Haag	CP314	883
45	B37E0314	Delft	31-1.03	986
46	B37B3795	Westland	G0310	1414
47	B37E3500	Delft	33-1.01d	1619
48	B37F2225	Pijnacker	2-1.23	1665
49	B37E0382	Pijnacker	2-1.23	1937
50	B37B3813	Midden Delfland	Pb 3-1.01	1951
51	B30H0126	Pijnacker	2-1.28	2150
52	B30G0279	Leidschendam	PB24	2204
53	B37E3508	Delft	29-1.01h	3211
54	B37E3499	Delft	22-1.08	4092



III. Raai noordwest zuidoost

	CODE	Afstand (m)
1	B37E3508	7930
2	29-3.01h	4080
3	B37E3502	3360
4	B37E3503	2240
5	B37E3528	1270
6	B37E3509	840
7	13-3.03	380
8	B37E0275	-400
9	B37E3504	-1364
10	B30G4637	-2860
11	B30G0583	-4330
12	B30G0579	-5060
13	B30D0193	-6210
14	B30D01780	-8240

23 mrt 2022



Grondwateronttrekking Delft-Noord

Resultaten van de monitoring in 2021



Colofon

Documenttitel	. Grondwateronttrekking Delft-Noord
Opdrachtgever	. Gemeente Delft
Verantwoordelijke bij opdrachtgever	. art 5 1-2e
Status	. Definitief 23 maart 2022
Datum	. 23 maart 2022
Projectteam	. art 5 1-2e

Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@hoeswateradvies.nl

Samenvatting

Inleiding

Op en rond de locatie van DSM in Delft Noord vindt sinds 1916 een forse grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is van de gemeente Delft. Het opgepompte grondwater brengt hoge maatschappelijke kosten met zich mee. De gemeente bouwt de onttrekking dan ook af.

Dit afbouwen gebeurt zorgvuldig en voorzichtig. Dit omdat het plotseling stoppen van de onttrekking kan leiden tot het abrupt stijgen van de grondwaterstanden in de regio en het onregelmatig zwellen van de ondergrond, met ongewenste effecten op gebouwen, constructies, waterkeringen en infrastructuur. Door de onttrekking voorzichtig in kleine stappen over een periode van circa tien jaar af te bouwen krijgt de ondergrond de tijd om geleidelijk te wennen aan de nieuwe situatie. Dit geleidelijke afbouwen geeft de gemeente Delft en inwoners de tijd om indien nodig maatregelen te nemen.

Monitoren

Voor het monitoren van de effecten van het reduceren van de onttrekking worden door de gemeenten rond de onttrekking, het hoogheemraadschap van Delfland en de provincie Zuid-Holland uitgebreid meetgegevens verzameld. Met voorliggende rapportage geeft de gemeente Delft het bevoegd gezag en belanghebbenden inzicht in het resultaat van de monitoring tot en met december 2021. Voorliggende rapportage bouwt voort op de eerder verschenen jaarlijkse rapportages van 2013 tot en met 2020.

Pauze in de afbouw in 2021

In 2021 was het debiet circa 720 m³ per uur. In de jaren 2017 tot 2020 is de grondwateronttrekking elk jaar met 120 m³/uur afgebouwd; van 1200 m³ per uur, via 1080, 960 en 840 naar 720 m³ per uur. Eind 2020 is besloten om de grondwateronttrekking in 2021 niet af te bouwen. Dit omdat de bodem in het gebied rond het DSM-terrein licht omhoogkwam en de verwachting was dat bij een afbouwstap in 2021 de bodem harder omhoog zou komen dan de beleidsuitgangspunten van de gemeente.

Diepe grondwater (1^e watervoerend pakket)

Het eerste watervoerend pakket is een laag met grof zand op een diepte van 20 tot 40 meter onder maaiveld. Dit is de laag waaruit het grondwater wordt gewonnen. Als gevolg van de pauze in de afbouw is de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket niet verandert. De metingen eind 2021 waren om en nabij gelijk aan de metingen eind 2020. De gedurende het jaar waargenomen fluctuaties in de stijghoogte zijn het gevolg van de seizoenen (natte winter en droge zomer) en onafhankelijk van de grondwateronttrekking.

Freatische (ondiepe) grondwater

Naast de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket worden ook op zo'n 700 locaties freatische grondwaterstanden gemeten. Op geen enkele locatie heeft de reductie van de afgelopen jaren of de pauze van het afgelopen jaar nog geleid tot een stijging van de grondwaterstand. Verwacht wordt dat pas over enkele jaren en na meerdere afbouwstappen - op plekken die gevoelig zijn voor grondwateroverlast en waar geen extra drainage is aangelegd - een geringe toename als gevolg van het afbouwen van de onttrekking mogelijk merkbaar wordt.

Bodembeweging

Met satellietwaarnemingen worden de veranderingen in de hoogte van het maaiveld en gebouwen gemeten. Vóór de afbouw was de bodemdaling zo'n -2 mm per jaar op het DSM-terrein en circa -1 mm per jaar in het centrum van Delft. In 2019 en 2020 is deze bodemdaling omgeslagen in zwel tot circa +1 mm per jaar. Zowel op het DSM-terrein als in het centrum van Delft kwam het maaiveld licht omhoog. Door de pauze in de afbouw van het afgelopen jaar is de zwel weer afgenomen naar rond de +0,4 mm per jaar in Delft-Noord. Op dit moment is de bodem op het DSM-terrein en in de wijken rond het DSM-terrein stabiel.

Uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein in januari 2022

Voor het onttrekken van het grondwater bestaat de installatie uit 14 bronnen aan de Prinses Beatrixlaan, 4 bronnen aan de Meeslaan en 10 op het DSM-terrein. Iedere bron kan ongeveer 60 m³/uur omhoog pompen. Sinds de zomer van 2020 wordt gestuurd op een gewenst debiet van 720 m³ per uur. Hiervoor zijn dus 12 bronnen nodig en staan er 16 stil.

In de afgelopen maanden werd met 8 bronnen aan de Meeslaan en Prinses Beatrixlaan 480 m³ per uur onttrokken en op het DSM-terrein werd met 4 bronnen 240 m³ per uur onttrokken. Dit als gevolg van de afspraken tussen de gemeente en DSM. Eind 2021 zijn deze afspraken veranderd en inmiddels zijn de bronnen op het DSM-terrein uitgezet (28 januari 2022). Aan de Meeslaan en Prinses Beatrixlaan is opgeschakeld van 8 naar 12 bronnen. Zodat weer met 720 m³ per uur wordt onttrokken.

De verwachting is dat door het schuiven met bronnen - van oost naar west - de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ten westen van het DSM-terrein zal zakken en ten oosten van het DSM-terrein omhoogkomt. Op voorhand is uitgerekend dat deze veranderingen lokaal vergelijkbaar zijn met de veranderingen die in de afgelopen jaren bij een afbouwstap van 120 m³/uur zijn gemeten in Delft-Noord.

Om deze reden wordt aanbevolen om in de zomer van 2022 een kleinere afbouwstap door te voeren dan 120 m³/uur en ook 1 maand later te beginnen. Voorheen werd elk jaar op 1 mei, 1 juni en 1 juli 40 m³/uur afgebouwd. Voorgesteld wordt om in 2022 het debiet met twee stappen te reduceren: op 1 juni met 40 m³/uur en op 1 juli met 40 m³/uur. Door 1 maand later te beginnen krijgt de grond 4 weken langer de tijd om zich aan te passen. Daarbij geeft dit de gemeente de mogelijkheid om tussentijds iets langer te monitoren wat de gevolgen zijn van het uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket en de bodembeweging in Delft-Noord.

Conclusie

Door de pauze in de afbouw in 2021 is de bodembeweging gestabiliseerd en is het op zich verantwoord om een afbouwstap door te voeren. Echter, in januari 2022 is het puttenveld op het DSM-terrein uitgezet. Dit wordt door de grond ten oosten van het DSM-terrein in Delft-Noord gevoeld als een gedeeltelijke afbouwstap. Voorgesteld wordt om in de zomer de onttrekking met 80 m³ per uur af te bouwen van 720 m³/uur naar 640 m³/uur.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding.....	1
1.2	Doel.....	1
1.3	Aanpak op hoofdlijnen	1
2	De onttrokken debieten	2
2.1	Algemeen	2
2.2	De afgelopen jaren	3
2.3	De komende jaren	5
3	Stijghoogtes in het 1^e watervoerend pakket	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Continuïteit van het meetnet in 2021	8
3.3	Raai noordwest-zuidoost	9
3.4	5 peilbuizen uit de vergunning	10
3.5	De -5 meter NAP isohypse in de afgelopen jaren.....	13
3.6	De komende jaren	14
4	Freatische grondwaterstanden	15
4.1	Algemeen	15
4.2	Freatische grondwaterstanden van peilbuis Delft 13-1.03.....	16
4.3	De ontwateringsdiepte bij alle peilbuizen.....	17
4.4	Peilbuizen in het centrum van Delft	19
4.5	De komende jaren	22
5	Deformatie van maaiveld.....	24
5.1	Algemeen	24
5.2	De afgelopen jaren	24
5.3	De komende jaren	29
6	Deformatie van gebouwen	30
6.1	Algemeen	30
6.2	Monumenten in Delft	30
6.3	Deformatie bebouwing binnen een straal van 5 km	34
6.4	De komende jaren	35
7	Overige thema's	36
7.1	Algemeen	36
7.2	Oppervlaktewaterkwaliteit.....	36
7.3	Stabiliteit van boezemkaden.....	36
7.4	Parkeergarages, kelders en tunnels.....	37
8	Conclusie en aanbeveling	38

1

Inleiding

1.1 Aanleiding

Op de locatie van DSM in Delft-Noord vindt sinds 1916 een grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is van de gemeente Delft. Het onttrokken grondwater wordt niet meer gebruikt, maar brengt wel hoge maatschappelijke kosten met zich mee. Daarom bouwt de gemeente Delft de onttrekking af. Dit afbouwen moet zorgvuldig en voorzichtig gebeuren. Dit omdat het plotseling stoppen van de onttrekking kan leiden tot het abrupt stijgen van de grondwaterstanden en het onregelmatig zwellen van de ondergrond in de regio, met ongewenste effecten op gebouwen, constructies, waterkeringen en infrastructuur. Door de onttrekking voorzichtig in kleine stappen over een periode van circa tien jaar af te bouwen krijgt de ondergrond de tijd om geleidelijk te wennen aan de nieuwe situatie. Daarnaast krijgen door dit geleidelijke afbouwen de gemeente en inwoners de tijd om indien nodig maatregelen te nemen. Het geeft de gemeente de mogelijkheid om zorgvuldig te monitoren wat de effecten zijn. Ook maakt dit het mogelijk waar nodig tijdig in te grijpen om de overlast en schade voor de omgeving te beperken.

Voor dit monitoren van de effecten worden sinds 2013 een groot aantal metingen verricht, verzameld en geanalyseerd. Met de meetgegevens van vóór de eerste afbouw is de nul-situatie vastgelegd. En met de meetgegevens van de afgelopen en komende jaren kunnen de gevolgen van de reductie worden waargenomen, vastgelegd en beoordeeld.

1.2 Doel

Voorliggende rapportage beschrijft het resultaat van de monitoring tot en met december 2021. Het doel van deze rapportage is inzicht geven in de 'stabiele' situatie van vóór de eerste afbouwstap tot het voorjaar van 2017 en de situatie na de afbouwstappen in 2017, 2018, 2019, 2020. En in het afgelopen jaar - zonder afbouwstap - 2021. Dit inzicht is nodig om te kunnen beoordelen of het verantwoord is om een volgende afbouwstap door te voeren, of dat aanvullende maatregelen nodig zijn, dan wel het verder afbouwen tijdelijk te pauzeren.

1.3 Aanpak op hoofdlijnen

Voorliggend rapport is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 tot en met 8 worden achtereenvolgens de onttrokken debieten (H2), de stijghoogtes in het eerste watervoerend pakket (H3), de freatische grondwaterstanden (H4), de verandering in maaiveldhoogte (H5) en deformatie van gebouwen (H6) besproken. In hoofdstuk 7 wordt de stand van zaken besproken op de thema's a) de oppervlaktewaterkwaliteit, b) stabiliteit van boezemkades en c) het opdrijven van parkeergarages, kelders en tunnels. Als laatste bevat hoofdstuk 8 de conclusies en aanbevelingen.

2

De onttrokken debieten

2.1 Algemeen

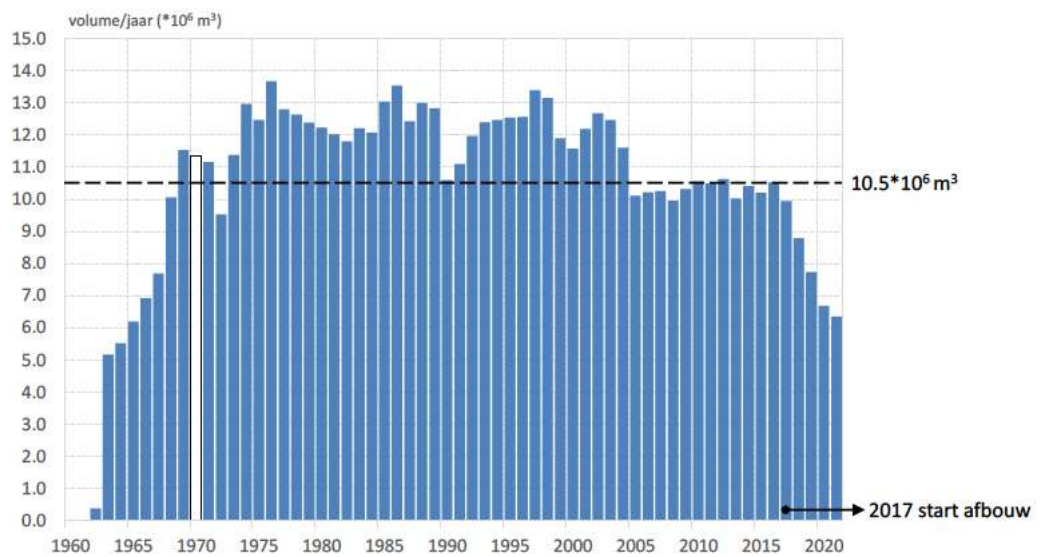
De grondwateronttrekking op het terrein van DSM bestond ooit uit 43 pompputten met ieder een maximale opbrengst van 60 m³ per uur. Doordat de installatie inmiddels verouderd is, waren de afgelopen jaren een steeds kleiner wordend aantal pompputten in gebruik. Om storingsvrij grondwater te kunnen blijven onttrekken en ook voor de komende jaren een moderne bedrijfszekere installatie te hebben, zijn in 2014 en 2015 twee puttenvelden net buiten het DSM-terrein aangelegd. In april 2014 is een puttenveld met 4 bronnen buiten het DSM-terrein aan de Meeslaan aangelegd. En in augustus 2015 een puttenveld met 14 bronnen aan de Prinses Beatrixlaan. Tevens is een grondwaterpompstation langs de Kerstanjewetering gebouwd. Op het DSM-terrein zelf functioneerden eind 2021 nog maar zo'n 10 putten. Ook deze zijn inmiddels stilgezet. Op 28 januari is de laatste pomp op het DSM-terrein uitgeschakeld. Dit zijn de oranje bolletjes in Figuur 1. Sindsdien wordt enkel nog met de pompen van het puttenveld aan de Meeslaan en Pr. Beatrixlaan gepompt (de blauwe en groene bolletjes in Figuur 1).



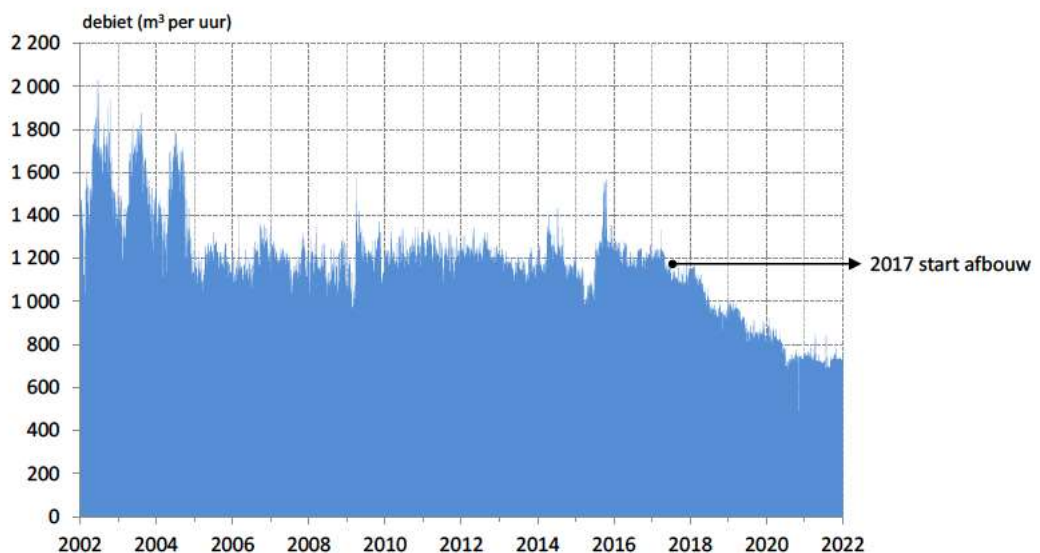
Figuur 1 Locatie van de verschillende puttenvelden van de grondwateronttrekking Delft-Noord. In de inzet het gemaal Kerstanjewetering van waar uit het water naar zee wordt gepompt.

2.2 De afgelopen jaren

Een overzicht van het in de afgelopen jaren onttrokken grondwater is weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3. In Figuur 2 staan de in de afgelopen 50 jaar per jaar onttrokken volumes. In de gegevens ontbreekt 1970 en voor dit jaar is het volume geschat als gemiddelde van 1969 en 1971. Vanaf eind 2004 was het streven om continu 1200 m³/uur te onttrekken. Dit is gelijk aan 10.5 miljoen m³ per jaar. In 2017 is op 1 mei, 1 juni en 1 juli de onttrekking in drie stappen teruggebracht naar 1080 m³/uur, waardoor in 2017 een jaarvolume van 9.9 miljoen m³ is onttrokken. In 2018 is de onttrekking teruggebracht naar 960 m³/uur. In 2019 naar 840 m³/uur. In 2020 naar 720 m³/uur. Ook in 2021 draaide de installatie op 720 m³/uur, met een totaal jaarvolume van 6.3 miljoen m³.



Figuur 2 Onttrokken volumes per jaar van 1962 tot en met 2021



Figuur 3 Onttrokken debieten in m³ per uur van 1 januari 2002 tot 1 januari 2022

In Figuur 3 staan de gemiddeld per uur onttrokken debieten van 2002 tot en met 2021. Tot en met 2004 gebruikte DSM het onttrokken water als proceswater en koelwater. Hierdoor was er in de zomer meer water nodig dan in de winter, waardoor tot en met 2004 een seizoenfluctuatie zichtbaar is met uitschieters naar 2000 m³ per uur.

Vanaf 2005 is bij DSM de behoefte aan koelwater komen te vervallen en zonder verschil tussen zomer- en winterdebiet geprobeerd om de onttrekking zo goed mogelijk te handhaven op 1200 m³ per uur. Dat lukte door de gebrekkige staat van de installatie niet altijd. Pas na het in gebruik nemen van het nieuwe puttenveld en het grondwatergemaal Kerstanjewetering lukte het in de zomer van 2015 wel om weer 1200 m³ per uur te onttrekken. In Tabel 1 is een overzicht van de debieten en onttrokken volumes per jaar gegeven. In 2021 is gemiddeld 725 m³ per uur onttrokken. Het streefdebiet in die periode was 720 m³ per uur.

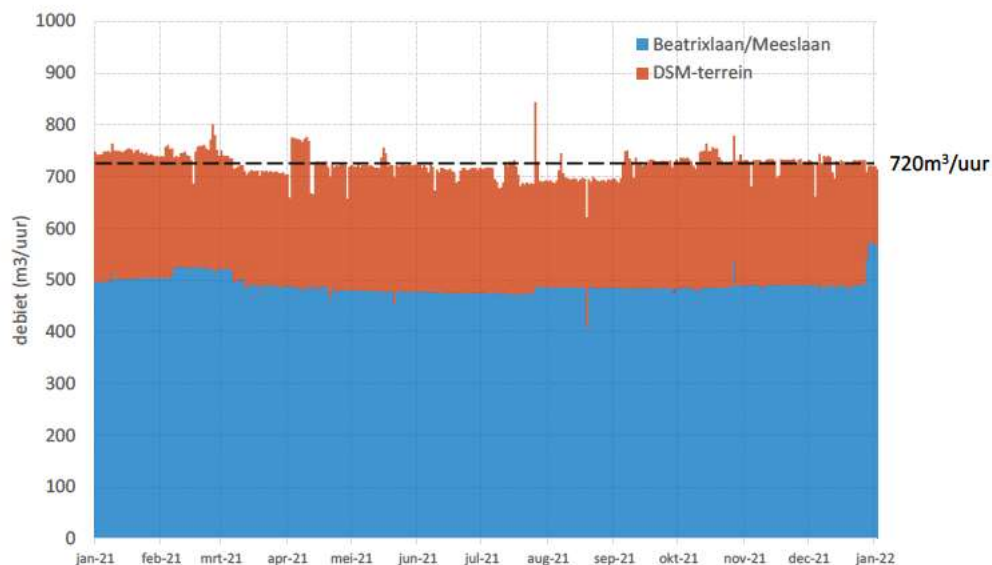
Tabel 1 De onttrokken debieten en volumes van 2002 tot en met 2021

Jaar	Maximum [m ³ /uur]	Minimum [m ³ /uur]	Gemiddeld [m ³ /uur]	Volume [10 ⁶ m ³]	Eigenaar
2002	2 028	594	1 507	13.2	DSM
2003	1 875	1 093	1 486	13.0	DSM
2004	1 796	875	1 387	12.2	DSM
2005	1 321	-	1 155	10.1	DSM
2006	1 392	343	1 161	10.2	DSM
2007	1 347	926	1 170	10.3	DSM
2008	1 348	857	1 133	10.0	DSM
2009	1 572	694	1 178	10.3	GR*
2010	1 347	946	1 205	10.6	GR*
2011	1 336	963	1 198	10.5	GR*
2012	1 341	343	1 211	10.6	GR*
2013	1 250	830	1 145	10.0	GR*
2014	1 398	955	1 193	10.4	GR*
2015	1 565	911	1 165	10.2	GR*
2016	1 282	935	1 198	10.5	Gemeente
2017	1 333	829	1205/1094**	9.9	Gemeente
2018	1 165	636	1096/937**	8.8	Gemeente
2019	1 007	584	942/841**	7.7	Gemeente
2020	928	230	833/710**	6.7	Gemeente
2021	852	499	725	6.3	Gemeente

* GR is de Gemeenschappelijke Regeling Beheer Grondwateronttrekking Delft-Noord

** 1^e getal is van 1 jan tot 1 mei en het 2^e getal van 2 juli tot 31 dec.

In Figuur 4 is verder op de data van 2021 ingezoomd. Met de bronnen aan de Meeslaan en Prinses Beatrixlaan is tot 1 mei 480 m³/uur onttrokken. Met de bronnen op het DSM-terrein is geprobeerd zo goed mogelijk 240 m³/uur te onttrekken.



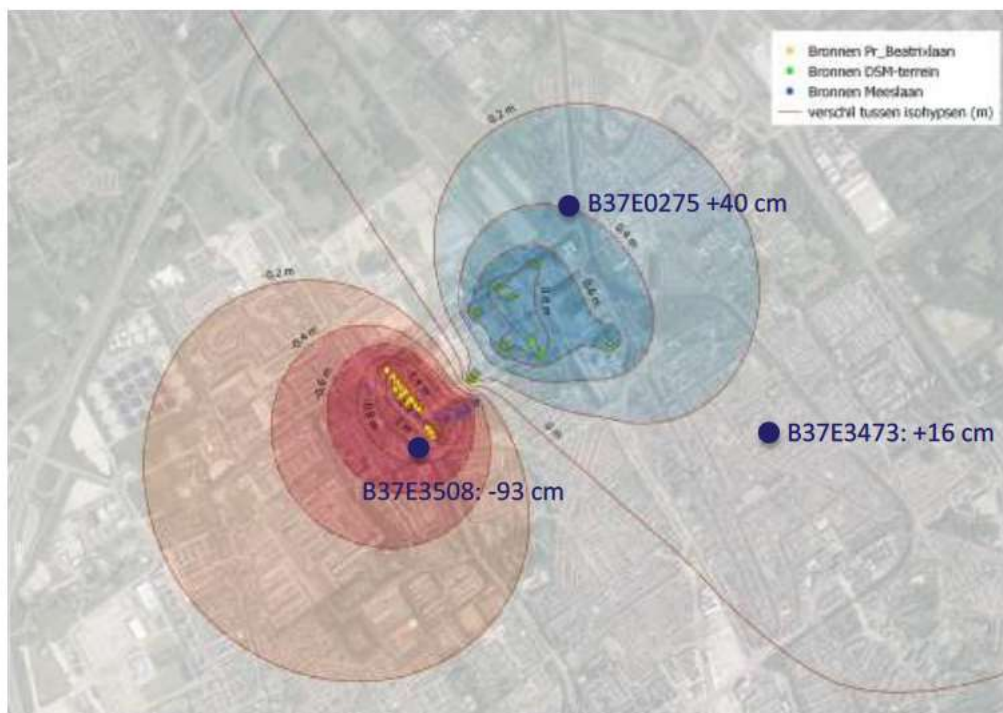
Figuur 4 Onttrokken debieten van 1 januari 2021 tot 1 januari 2022. De 'blauwe' volumes zijn onttrokken met de aan de Meeslaan en Prinses Beatrixlaan (dus buiten het DSM-terrein) geïnstalleerde bronnen. De 'rode' volumes zijn door de gemeente op het DSM-terrein onttrokken.

2.3 De komende jaren

In Figuur 4 is helemaal rechts te zien dat in de laatste dagen van 2021 de bronnen op het DSM-terrein zijn teruggeschroefd van 240 m³/uur naar 150 m³/uur en het debiet met de bronnen aan de Meeslaan en Prinses Beatrixlaan is verhoogd van 480 m³/uur naar 570 m³/uur. Inmiddels is ook de laatste bron op het DSM-terrein uitgeschakeld (op vrijdag 28 januari 2022) en wordt enkel nog grondwater onttrokken met de bronnen langs de prinses Beatrixlaan/Meeslaan.

Het effect van het uitzetten is berekend met het grondwatermodel van de onttrekking (Zie Figuur 5). Rond de Prinses Beatrixlaan en Meeslaan zakt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket en op het DSM-terrein stijgt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Ook buiten het DSM-terrein in Delft-Noord stijgt volgens de berekeningen weliswaar de stijghoogte, maar is het effect kleiner dan de gemeten veranderingen in stijghoogte als gevolg van de afbouwstappen in de afgelopen jaren. Zo is berekend dat in de Doelenstraat (B37E3473) de stijghoogte met 16 cm zal toenemen door het uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein. Op deze locatie steeg door de afbouw de stijghoogte de afgelopen jaren met 37 cm per jaar. Bij het Haantje (B37E0275) is berekend dat de stijghoogte met 40 cm zal toenemen door het uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein. Op deze locatie steeg door de afbouw de stijghoogte de afgelopen jaren met 48 cm per jaar. Het uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein wordt door de ondergrond direct ten oosten van het DSM-terrein gevoeld als een afbouwstap. Op grotere afstand is het effect op de stijghoogte nihil.

Dit stopzetten van de bronnen op het DSM-terrein is van invloed op het afbouwen van de grondwateronttrekking in de zomer van 2022. De gemeente Delft is voornemens om in 2022 de onttrekking verder af te bouwen. Voorgesteld wordt om de totale verandering (door het stopzetten van de bronnen en een reductiestap) in de stijghoogte over 2022 niet groter te laten worden dan de in de afgelopen jaren gemeten veranderingen. Dit maakt de reductiestap voor de komende zomer kleiner dan de reductiestappen van de afgelopen jaren en dat de exacte reductiestap afhankelijk is van het in het voorjaar van 2022 daadwerkelijke gemeten effect van het stopzetten van de bronnen op het DSM-terrein.



Figuur 5 Berekende veranderingen als gevolg van het uitzetten van de bronnen op het DSM-terrein. In het blauwe gebied komt de stijghoogte omhoog en in het rode gebied zakt de stijghoogte.

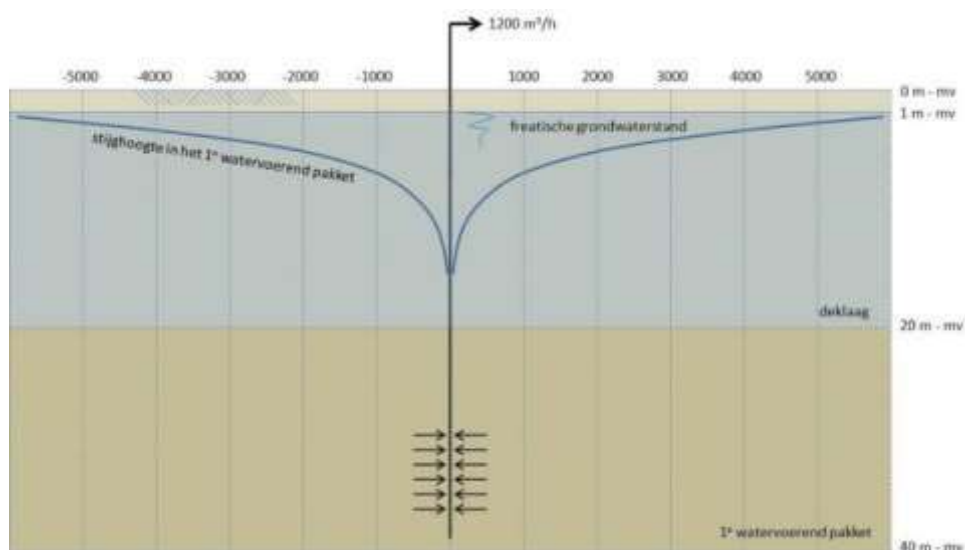
3

Stijghoogtes in het 1^e watervoerend pakket

3.1 Algemeen

Door de onttrekking is een onttrekkingskegel getrokken in de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket. Het eerste watervoerend pakket is een laag grof zand die zich bevindt tussen -20 en -40 meter beneden maaiveld en heeft een kD -waarde tussen de 1000 tot 1700 m^2/d . De kD -waarde is een maat voor de transmissiviteit¹ van een watervoerende laag. In Figuur 6 is de situatie tot mei 2017 schematisch weergegeven, waarbij 1200 $m^3/$ uur wordt onttrokken. De freatische grondwaterstand bevindt zich op ongeveer 1 meter onder het maaiveld. Terwijl de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket bij het puttenveld tot circa 10 meter onder het maaiveld is gezakt.

Deze stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is afhankelijk van de afstand tot de onttrekking. Voor het monitoren van de onttrekkingskegel wordt gebruik gemaakt van een netwerk van 54 peilbuizen in het eerste watervoerend pakket van de provincie Zuid-Holland.



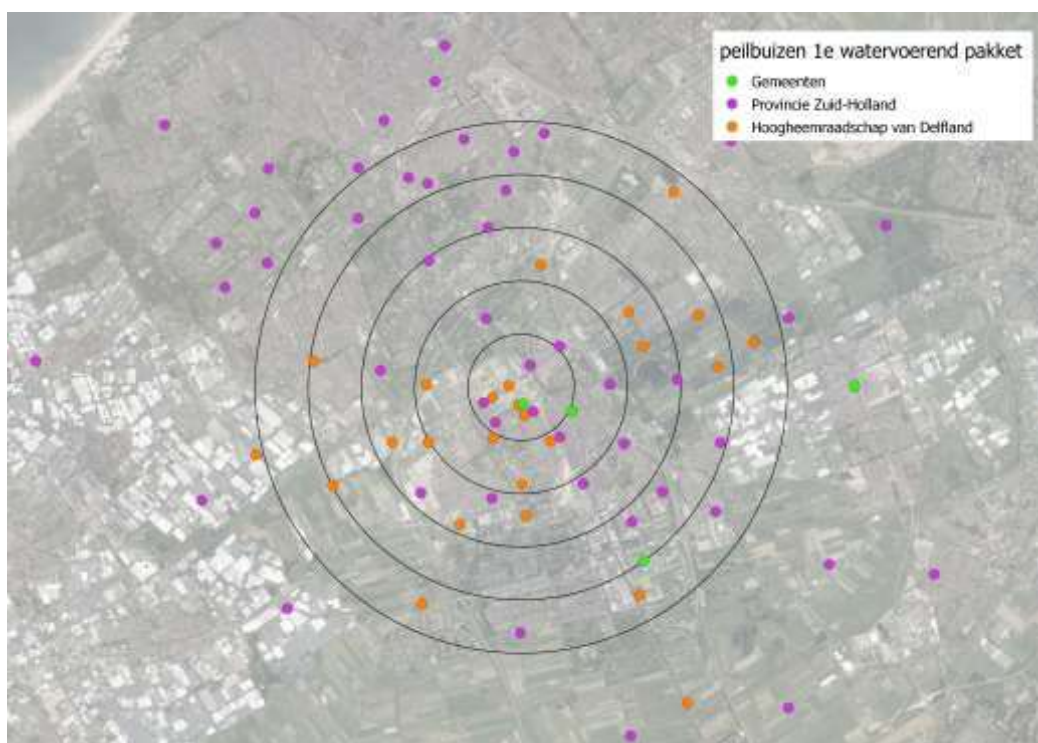
Figuur 6 Schematische weergave van onttrekkingskegel

¹ Transmissiviteit = het gemak waarmee water door een granulaire laag kan stromen, gelijk aan het product van de waterdoorlatendheid en de laagdikte.

3.2 Continuïteit van het meetnet in 2021

In elke peilbuis van dit meetnet hangt een drukopnemer die ieder uur een waarneming opslaat. Deze gegevens worden vervolgens vier keer per jaar uitgelezen. De technische levensduur van een drukopnemer wordt bepaald door de batterij, die 8 tot 10 jaar moet meegaan. Het kan echter voorkomen dat een drukopnemer eerder defect raakt. Wanneer dit bij het uitlezen wordt geconstateerd, dan wordt de drukopnemer vervangen. De kwartaalgegevens van die peilbuis zijn in een dergelijk geval voor één kwartaal niet beschikbaar. Daarnaast verdwijnen peilbuizen door bijvoorbeeld graafwerkzaamheden.

Het netwerk van de provincie bestond in 2013 uit 54 peilbuizen. Hiervan zijn er in de afgelopen jaren 10 verdwenen en 2 teruggeplaatst. Daarnaast heeft de gemeente Delft 3 en Pijnacker-Nootdorp 1 peilbuis in het eerste watervoerend pakket. Verder heeft het Hoogheemraadschap van Delfland ook 26 buizen in het 1^e watervoerend pakket. Dit maakt een totaal van 76 actieve buizen in 2021.

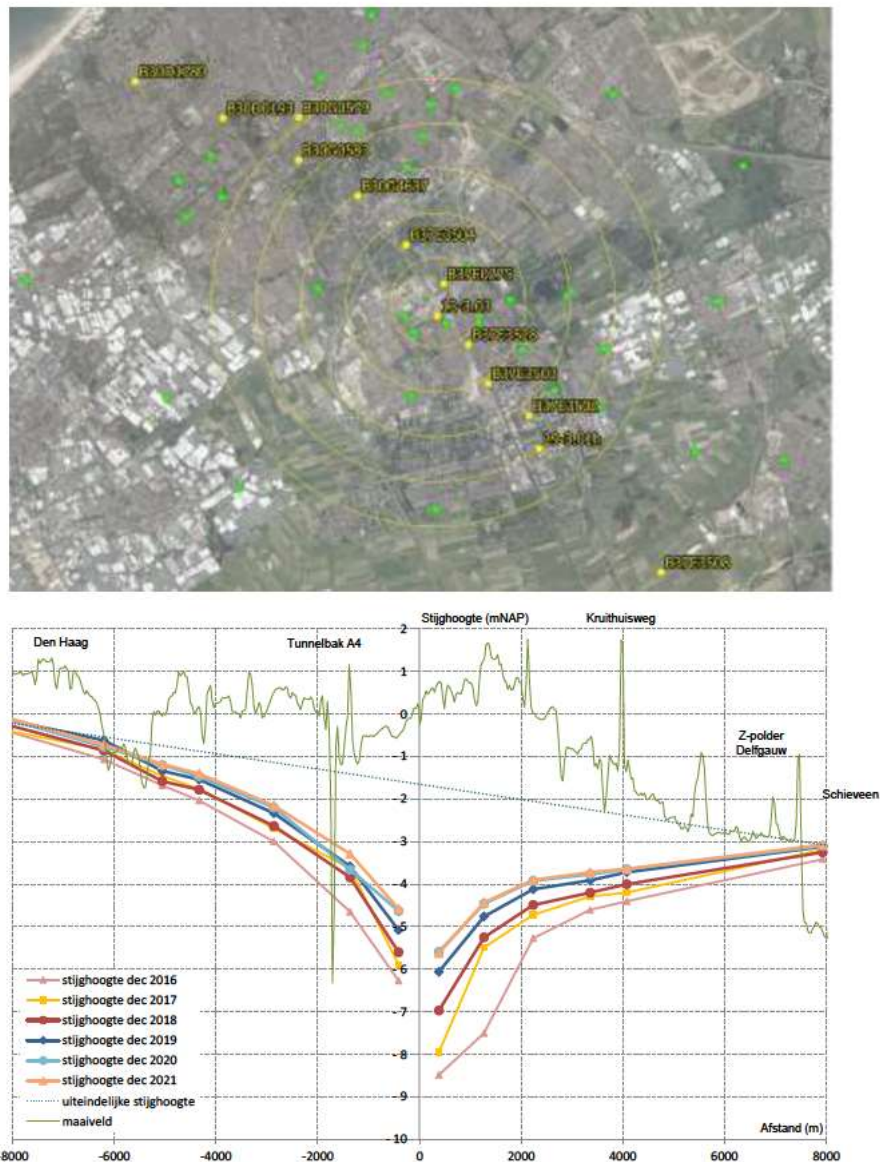


Figuur 7 Het netwerk van peilbuizen in het eerste watervoerend pakket. De cirkels bevinden zich op 1 tot 5 km van de onttrekking.

3.3 Raai noordwest-zuidoost

Uit dit netwerk aan peilbuizen is een raai van noordwest naar zuidoost geselecteerd om inzicht te krijgen in de in Figuur 6 geschetste onttrekkingskegel. In bijlage II en in Figuur 8 zijn de gebruikte peilbuizen opgenomen en de gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket van de maanden december 2016 tot en met december 2021. Voor december is gekozen, omdat in deze maand doorgaans geen werkzaamheden aan de installaties worden uitgevoerd en omdat de effecten van de reductiestappen dan voldoende zijn gestabiliseerd.

In Figuur 8 is te zien dat de onttrekkingskegel niet symmetrisch is. In het zuidoosten kruist de raai de Zuidpolder van Delfgauw met het maaiveld op -3 meter en polder Schieveen met het maaiveld op -5 meter. Door de reductiestappen in de zomers van 2017, 2018, 2019 en 2020 zijn de stijghoogtes omhooggekomen ten opzichte van december 2016. Op 8 km van de onttrekking is de stijghoogte in 4 jaar circa 0.3 meter gestegen en dichtbij de onttrekking circa 3.0 meter. Ook is te zien dat in 2021 de stijghoogte om en nabij gelijk is aan 2020.



Figuur 8 Raai van noordwest naar zuidoost en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.

3.4 5 peilbuizen uit de vergunning

In de vergunning voor de onttrekking van de gemeente Delft van 23 april 2015 zijn 5 peilbuizen opgenomen: B37E0275, B37E312, B37E34743, B37E3507 en B37E3502 (zie Figuur 9). In deze peilbuizen moet de gemeente 1 x in de veertien dagen de stijghoogte meten. In de praktijk wordt de stijghoogte elk uur gemeten en automatisch naar een centrale database verstuurd.



Figuur 9 De 5 peilbuizen in Delft waar conform de vergunning de stijghoogte wordt gemeten

In Tabel 2 zijn de gemiddelde stijghoogtes in de maand december van de afgelopen jaren opgenomen. In de laatst kolom staat de bovengrens waar de stijghoogte onder moet blijven tot dat begonnen mag worden met een volgende afbouwstap. Op geen van de locaties is deze bovengrens bereikt.

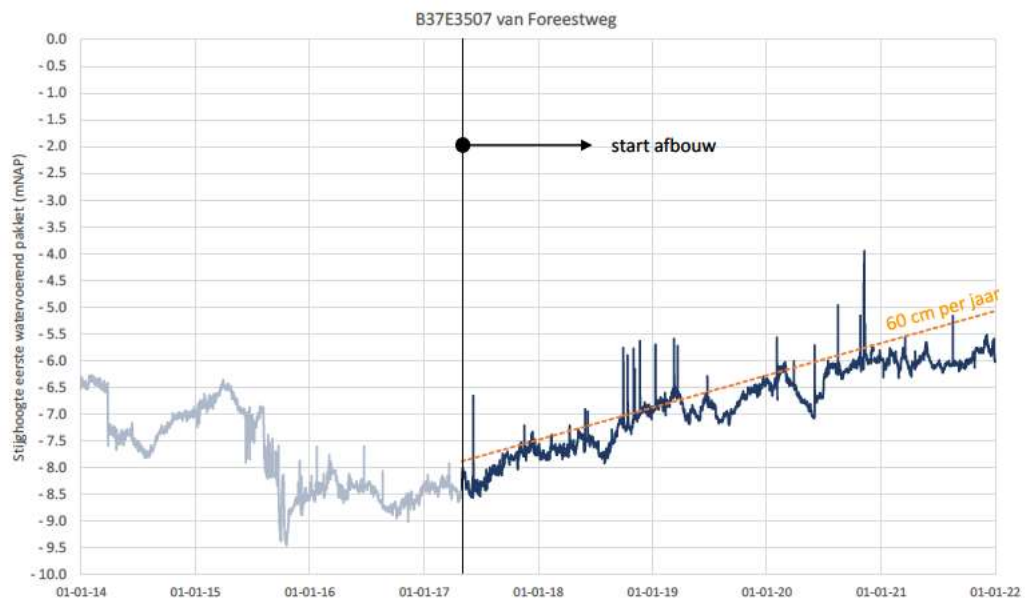
Tabel 2 Gemeten gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in dec 2016 t/m 2021.

Peilbuis	Straat	Gemeten dec 2016 (mNAP)	Gemeten dec 2017 (mNAP)	Gemeten dec 2018 (mNAP)	Gemeten dec 2019 (mNAP)	Gemeten dec 2020 (mNAP)	Gemeten dec 2021 (mNAP)	Bovengrens afbouwstap (mNAP)
B37E3507	Foreestweg	-8.6	-7.7	-6.9	-6.5	-5.9	-5.8	-5.1
B37E0275	't Jaagpad	-6.5*	-6.0	-5.7	-5.1	-4.6	-4.6	-4.3
B37E3473	Doelenstraat	-6.1*	-5.4	-5.1	-4.6	-4.4	-4.4	-3.8
B37E0312	B. Powellpad	-5.1	-4.6	-4.5	-4.0	-3.8	-3.8	-3.4
B37E3502	B. vd Polweg	-4.6	-4.3	-4.2	-3.9	-3.8	-3.7	-3.4

* van december 2016 zijn er geen metingen van de peilbuizen B37E0275 en B37E3473, maar wel van januari 2017. De hier opgenomen -6.5 en -6.1 mNAP zijn de waarnemingen van januari 2017.

In Figuur 10 tot en met Figuur 14 zijn van deze 5 peilbuizen de metingen tussen januari 2014 tot en met december 2021 opgenomen.

In Figuur 10 van de Foreestweg is de hoogst gemeten stijghoogte kortstondig -3.95 mNAP op maandagochtend 9 november 2020 om 11:00 uur. Dit omdat tussen 6 en 9 november een gedeelte van de installatie niet heeft gedraaid. De laatst gemeten waterstand in 2021 was -6.03 mNAP. De Oranje stippellijn stijgt 60 cm per jaar.



Figuur 10 Stijghoogte in het 1e wvp tussen 1-1-2014 en 1-1-2022 aan de Foreestweg.

In Figuur 11 staan de metingen van 't Jaagpad-Rijswijk. Vóór 2017 heeft in deze peilbuis twee keer een defecte drukopnemer gehangen. Hierdoor ontbreken twee periodes. De hoogst gemeten stijghoogte is -4.12 mNAP op 9 november 2020 om 14:00 uur. De laatst gemeten stijghoogte van 2021 was -4.57 mNAP. De oranje stippellijn stijgt 48 cm per jaar.



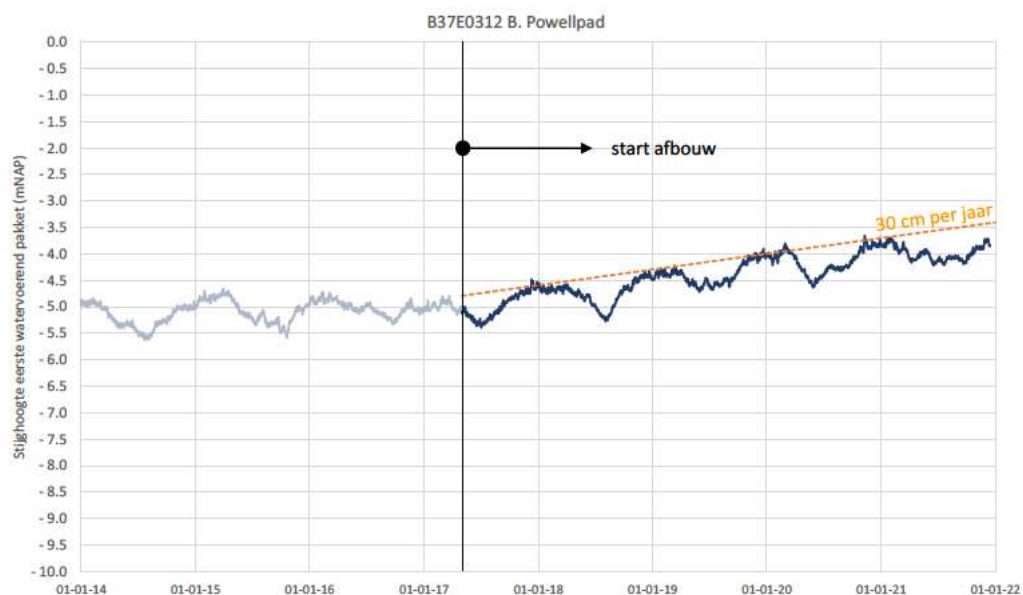
Figuur 11 Stijghoogte in het 1e wvp tussen 1-1-2014 en 1-1-2022 aan 't Jaagpad.

In Figuur 12 staan de metingen van de Doelenstraat. Ook hier ontbreken een aantal periodes door falende drukopnemers. De hoogst gemeten stijghoogte is -4.02 mNAP op 9 november 2020 om 14:00 uur. De laatst gemeten stijghoogte van 2021 was -4.36 mNAP. De oranje stippellijn stijgt 37 cm per jaar.



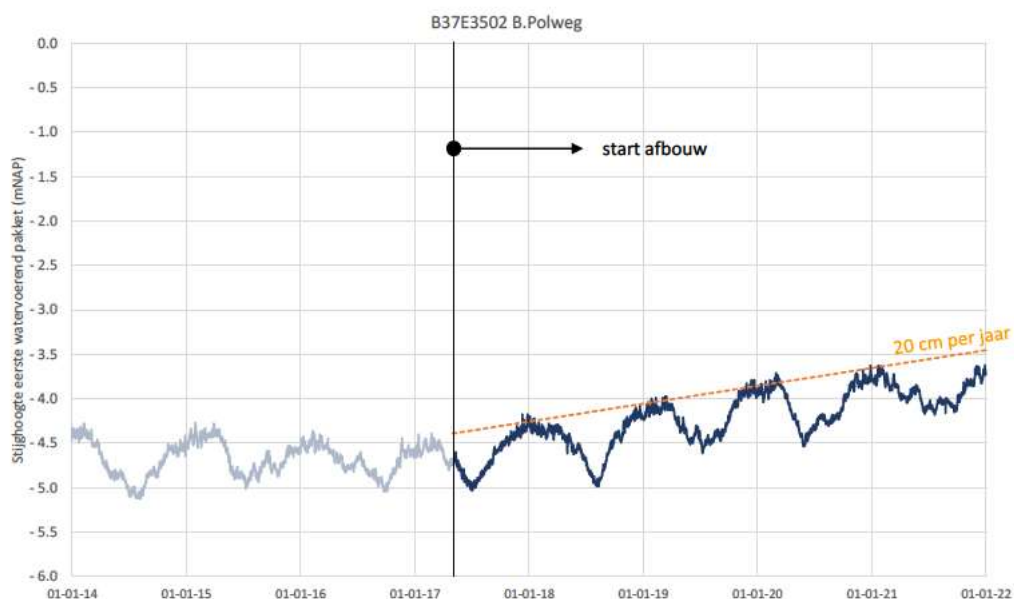
Figuur 12 Stijghoogte in het 1e wvp tussen 1-1-2014 en 1-1-2022 in de Doelenstraat.

Figuur 13 staan de metingen van het Baden Powellpad. De hoogst gemeten stijghoogte is -3.66 mNAP op 9 november 2020 om 14:00 uur. De laatst gemeten stijghoogte van 2021 was -3.85 mNAP. De oranje stippellijn stijgt 30 cm per jaar.



Figuur 13 Stijghoogte in het 1e wvp tussen 1-1-2014 en 1-1-2022 aan het Baden Powellpad.

In Figuur 14 staan de metingen van de hoek Balthasar van der Polweg/Mekelpark. De hoogst gemeten stijghoogte is -3.73 mNAP op 9 november 2020 om 16:00 uur. De laatst gemeten stijghoogte van 2021 was -3.73 mNAP. De oranje stippellijn stijgt 20 cm per jaar.



Figuur 14 Stijghoogte in het 1e wvp tussen 1-1-2014 en 1-1-2022 aan de Balthasar van der Polweg.

3.5 De -5 meter NAP isohypse in de afgelopen jaren

Met de gemiddelde metingen in december van de peilbuizen in het eerste watervoerend pakket is voor elk jaar de -5 mNAP isohypse geïnterpoleerd (Zie Figuur 15). Door de afbouwstappen komt de -5 mNAP isohypse steeds dichterbij de onttrekking te liggen.

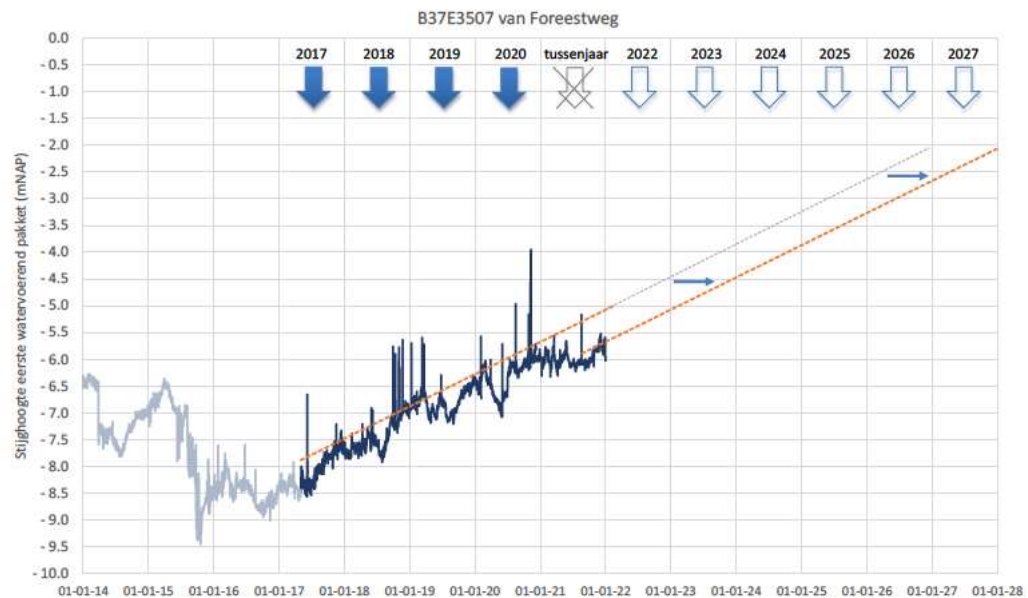


Figuur 15 De -5 mNAP isohypsen en stijghoogtes in de afgelopen jaren rond de onttrekking.

3.6 De komende jaren

De metingen na de afbouwstappen van de afgelopen 4 jaar laten een vergelijkbare geleidelijke toename zien. Nabij de onttrekking kwam de stijghoogte in de afgelopen vier ieder jaar zo'n 0.6 meter omhoog. Dit valt binnen de op voorhand voorspelde toename van de stijghoogte.

Deze stapgroottes in de toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket laten zich goed extrapoleren naar de toekomst. Praktisch zijn er nog 6 afbouwstappen te gaan als de grondwateronttrekking tot 0 m³/uur wordt afgebouwd. Als ook bij de toekomstige 6 afbouwstappen bij elke stap de stijghoogte 0.6 meter zal stijgen, zal de uiteindelijke stijghoogte 3.6 meter hoger komen te liggen. De huidige stijghoogte nabij de onttrekking is circa -5.6 mNAP (zie ook Figuur 16). Bij elkaar opgeteld komt de stijghoogte dan eind 2027 op circa -2.0 mNAP. Uiteraard zal jaarlijks gecontroleerd worden of dat nog steeds zo is, alvorens er tot een volgende stap wordt besloten.



Figuur 16 Stijghoogte in het 1e wvp aan de Foreestweg De prognose voor eind 2027 is een stijghoogte van ongeveer -2.0 mNAP. De stijghoogte zal dus nog zo'n 3.6 meter stijgen.

4

Freatische grondwaterstanden

4.1 Algemeen

De onttrekking in het eerste watervoerend pakket krijgt zijn water via wegzijging uit de bovenliggende deklaag. De verwachting is dat bij het reduceren van de onttrekking de bandbreedte waarbinnen de freatische grondwaterstanden in de huidige situatie fluctueren iets zal verschuiven. In droge gebieden wordt het gemiddeld minder droog en in nu al natte gebieden, wordt het natter. De mate waarin dit gebeurt en of dit tot overlast of schade leidt, hangt af van de lokale situatie. Bijvoorbeeld in gebieden waar drainage is aangelegd of de gemiddelde grondwaterstand vrij diep zit, zal een geleidelijke en geringe toename van de gemiddelde grondwaterstand zonder overlast of schade aan funderingen of bomen e.d. kunnen worden opgevangen.

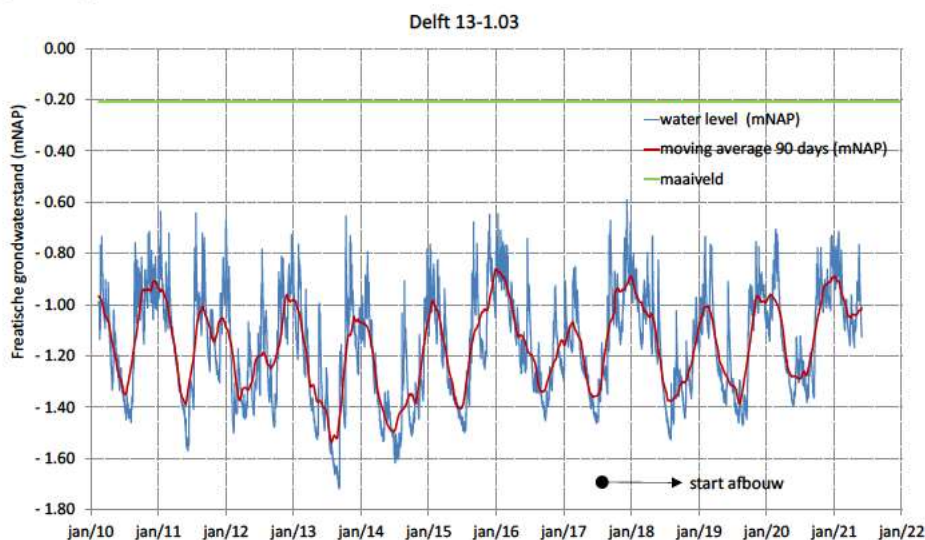
Om te monitoren of en hoe de grondwaterstanden veranderen, is door de gemeenten Rijswijk, Westland, Leidschendam-Voorburg, Midden-Delfland, Pijnacker-Nootdorp, Den Haag en Delft in de afgelopen jaren een grondwatermeetnet aangebracht. Daarnaast heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een aantal peilbuizen in het buitengebied. In totaal zijn er circa 700 peilbuizen waarin elk uur met behulp van drukopnemers de grondwaterstand wordt gemeten (Zie Figuur 17). Afhankelijk van de apparatuur wordt deze drukopnemer of twee keer per jaar uitgelezen of is gekoppeld aan telemetrie, waarmee de data via het mobiele telefoonnetwerk wordt doorgestuurd.



Figuur 17 De 700 Peilbuizen rond de onttrekking waar elk uur de grondwaterstand wordt gemeten.

4.2 Freatische grondwaterstanden van peilbuis Delft 13-1.03

Een peilbuis die dicht op de onttrekking staat, is peilbuis 13-1.03 van de gemeente Delft aan de Pasteurstraat net ten zuiden van het DSM-terrein. De afgelopen jaren waargenomen waterstanden staan in Figuur 18. Het maaiveld rond de peilbuis ligt op -0.21 mNAP. Afhankelijk van het seizoen varieerde de grondwaterstand (blauwe lijn) grofweg tussen -0.8 mNAP en -1.5 mNAP.



Figuur 18 Freatische grondwaterstanden in peilbuis Delft 13-1.03 van 12 feb 2010 tot 8 juni 2021

Het sterk fluctuerende karakter van de grondwaterstand in Figuur 18 maakt het lastig om de verschillende jaren vóór en na de start van de reductie van de grondwateronttrekking met elkaar te vergelijken. De gemiddelde wintergrondwaterstand is hiervoor een geschiktere parameter. Hiertoe is per peilbuis een voortschrijdend gemiddelde van 90 dagen bepaald (rode lijn) en vervolgens voor elk hydrologisch jaar (1 april - 31 maart) het maximum geselecteerd. Deze maxima laten sinds de start van de afbouw nog geen systematische toename van de freatische grondwaterstand zien. De verschillen tussen de jaren worden veroorzaakt door verschillen in de hoeveelheid neerslag.

Tabel 3 Maximum van het 90 dagen voortschrijdend gemiddelde van peilbuis Delft 13-1.03*

Hydrologisch jaar	Max voortschrijdend gemiddelde 90 dagen	Bijbehorende ontwateringsdiepte
2010-2011	-0.91 mNAP	0.70 m-mv
2011-2012	-1.01 mNAP	0.80 m-mv
2012-2013	-0.96 mNAP	0.77 m-mv
2013-2014	-1.05 mNAP	0.84 m-mv
2014-2015	-0.98 mNAP	0.77 m-mv
2015-2016	-0.86 mNAP	0.65 m-mv
2016-2017	-1.01 mNAP	0.80 m-mv
2017-2018	-0.89 mNAP	0.68 m-mv
2018-2019	-1.01 mNAP	0.80 m-mv
2019-2020	-0.96 mNAP	0.75 m-mv
2020-2021	-0.89 mNAP	0.68 m-mv

* Voor 2021-2022 is de grondwaterstand nog niet bepaald. De laatste waarneming is van 8 juni 2021. De drukopnemers wordt 2 x per jaar uitgelezen en deze is binnenkort weer aan de beurt.

4.3 De ontwateringsdiepte bij alle peilbuizen

Door de gemeente Delft worden al enkele jaren alle meetgegevens verzameld van alle freatische peilbuizen in de omgeving van Delft. In 2013 waren dat 690 peilbuizen. Een groot gedeelte hiervan is destijds speciaal voor de grondwateronttrekking geïnstalleerd en een gedeelte bestond uit langer bestaande peilbuizen. Sindsdien zijn er buizen ontmanteld en nieuwe buizen bijgekomen. Nu eind 2021 zijn er zo'n 771 buizen waarvan de data actief wordt verzameld. Bij de meeste gemeenten zijn er in het afgelopen jaar enkele peilbuizen bijgeplaatst (Zie Tabel 4).

Tabel 4 Overzicht van het aantal beschikbare peilbuizen in 2013 en 2021

Gemeente	Aantal peilbuizen (2013)	Aantal peilbuizen (2021)
Delft	201	242*
Westland	156	171
Leidschendam-Voorburg	90	94
Pijnacker-Nootdorp	101	112
Rijswijk	59	57
Den Haag	29	29
Midden-Delfland	25	29
HH Delfland**	29	37
Totaal	690	771

* 19 peilbuizen zijn in de nabijheid van diepe parkeergarages geplaatst om de grondwaterstand naast deze garages te monitoren.

** Deze buizen zijn het GGOR-netwerk van het hoogheemraadschap van Delfland.

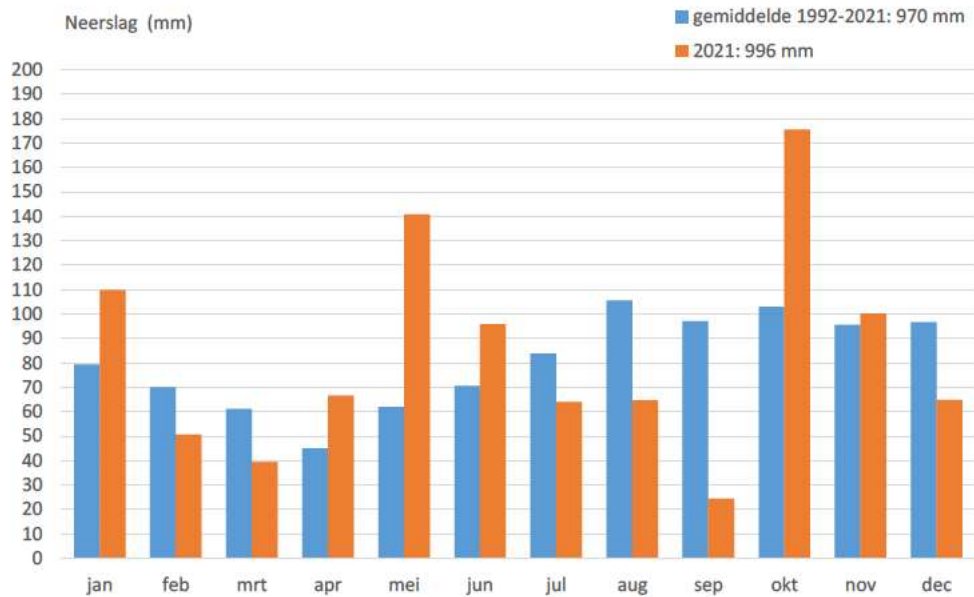
Van deze 771 peilbuizen in 2021 komt niet altijd data door. Bij 70% van deze peilbuizen zijn de gegevens nagenoeg compleet. Bij de circa 30% ontbreken nog meer dan 30 dagen door:

- Een defect aan de drukopnemer;
- Een (tijdelijk) niet toegankelijke peilbuis;
- De laatste uitleesronde voor 1 december 2021 was;

Wanneer sprake is van een defecte drukopnemer of peilbuis niet meer toegankelijk is, zijn de data voor die periode verloren. Als een peilbuis tijdelijk niet toegankelijk is, of de laatste uitleesronde voor 1 december was, worden de data bij de volgende uitleesronde in het voorjaar van 2022 aangevuld.

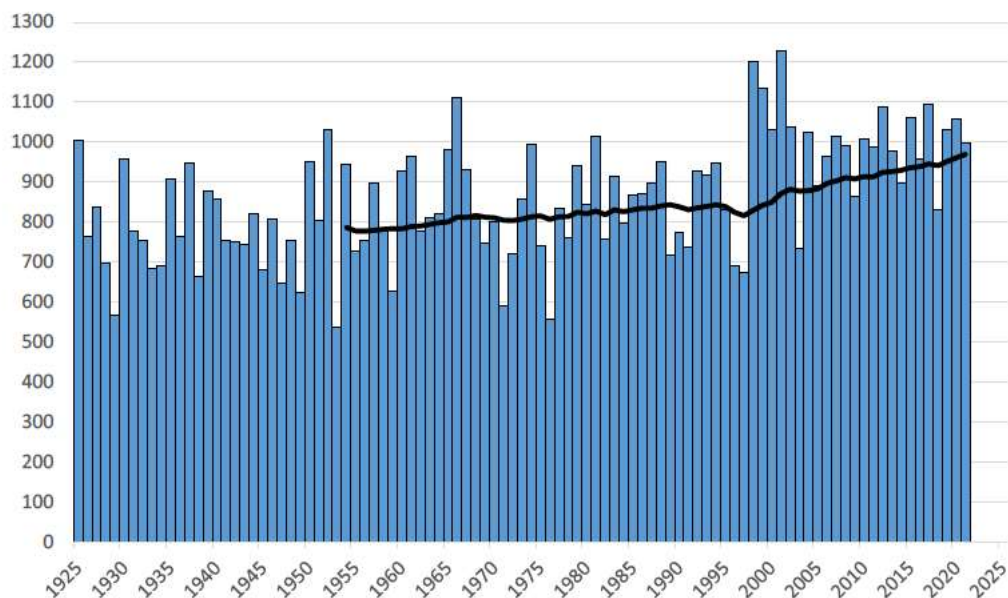
Op circa 85% van de locaties was het natter in 2021/2022 dan het gemiddelde van voorgaande jaren. Deze toename in freatische grondwaterstanden is onafhankelijk van de afstand tot de onttrekking.

Qua totale neerslag was 2021 een gemiddeld jaar: 996 mm tegen gemiddeld 970 mm. Gedurende het jaar waren er wel hele natte en hele droge maanden. In 2021 waren de maanden mei en oktober erg nat. In mei viel 141 mm en in oktober 176 mm neerslag. Terwijl in de afgelopen 30 jaar in Delft gemiddeld in mei 62 mm en in oktober 103 mm is gevallen (Zie Figuur 19). Daarentegen was vooral september weer heel droog met 24 mm neerslag. Het gemiddelde van de afgelopen 30 jaar was 97 mm in september.



Figuur 19 Gemiddelde neerslag per maand in Delft en de neerslag van 2021. Het afgelopen jaar was een gemiddeld jaar (bron: KNMI dagwaarnemingen station 449 Delft).

Sinds gestart is met de afbouw waren nagenoeg alle jaren - op 2018 na - natter dan gemiddeld. Het lijkt er op dat er meer natte dan droge jaren optreden. Voor Figuur 20 is de jaarneerslag van station Delft van het KNMI gebruikt. In Delft wordt sinds 1925 continu gemeten. De zwarte lijn is het voortschrijdend gemiddelde over een periode van 30 jaar. In de jaren zestig was het gemiddelde zo'n 800 mm. Vanaf 1998 klimt het gemiddelde sterk en is inmiddels 970 mm per jaar. Van de afgelopen 30 jaar waren er 24 jaren natter dan het gemiddelde en 6 droger.



Figuur 20 Neerslag per jaar in Delft sinds 1925 (bron: KNMI dag waarnemingen station 449 Delft)

4.4 Peilbuizen in het centrum van Delft

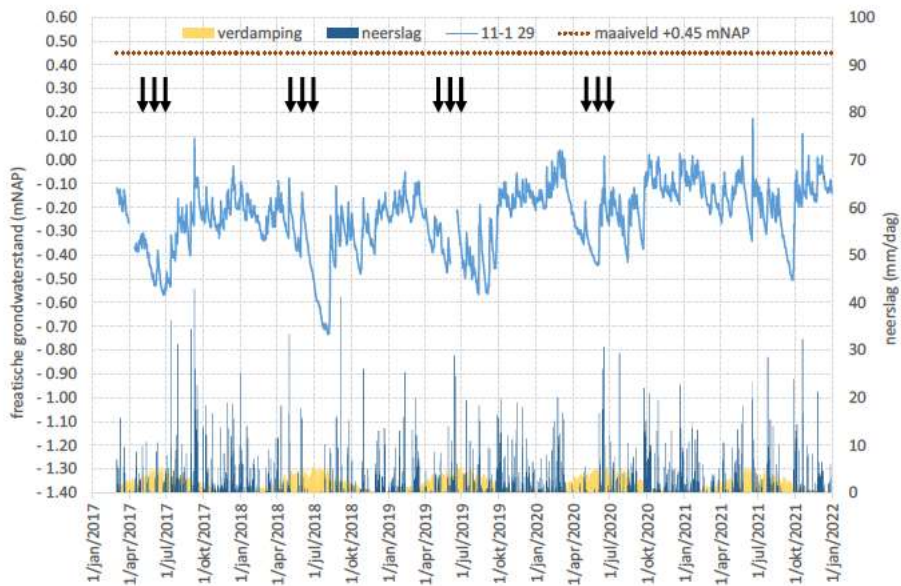
In overleg met de bewonersverenigingen in het centrum van Delft zijn in maart 2017 een zestal nieuwe peilbuizen geplaatst. Hiervoor zijn locaties uitgekozen waar verwacht wordt dat overlast door hoge grondwaterstanden in het centrum het eerst merkbaar wordt. De locaties van deze buizen zijn:

- Halverwege de Houthaak in het doodlopende dwarsstuk (11-1.29);
- Binnenterrein Doelenstraat (11-1.30);
- Speeltuin halverwege de van der Mastenstraat (11-1.31);
- Achter slager van Dam, Hofje van Pauw (11-1.32);
- Halverwege Visstraat (11-1.33);
- Speelterrein Max Havelaarschool (11-1.34).

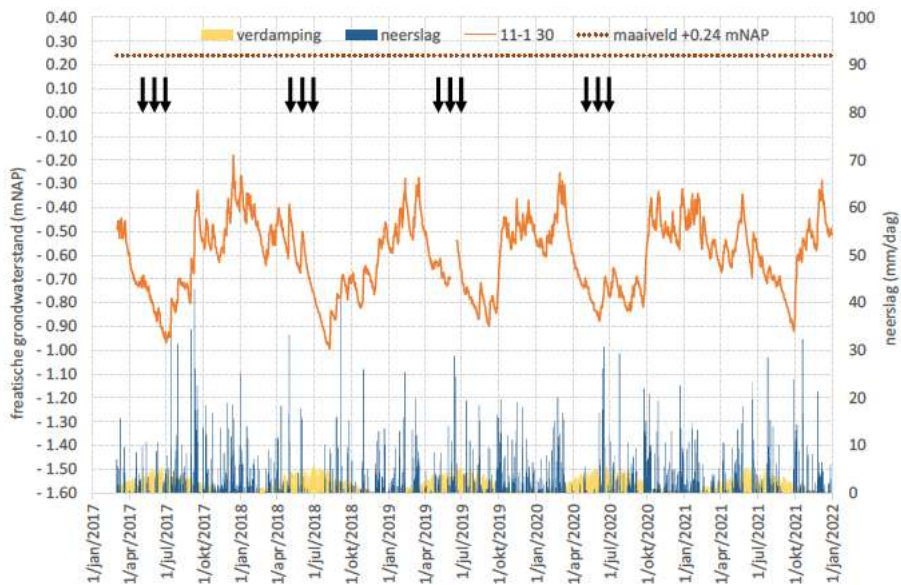
In Figuur 21 zijn deze locaties opgenomen en in Figuur 22 tot en met Figuur 27 zijn de metingen vanaf 1 maart 2017 tot 1 januari 2022 opgenomen. Door het droge jaar 2018 (met 829 mm) en natte jaren 2019 (met 1030 mm) en 2020 (met 1061 mm) en het gemiddelde jaar 2021 (970 mm) is afhankelijk van de locatie, goed te zien dat vooral het uitzakken van de zomergrondwaterstand tussen deze jaren verschilt. De pieken in de grondwaterstanden in het najaar/winter zijn grosso modo gelijk. Er is nog geen sprake van een door de reductie van de grondwateronttrekking veroorzaakte waarneembare toename van de grondwaterstanden.



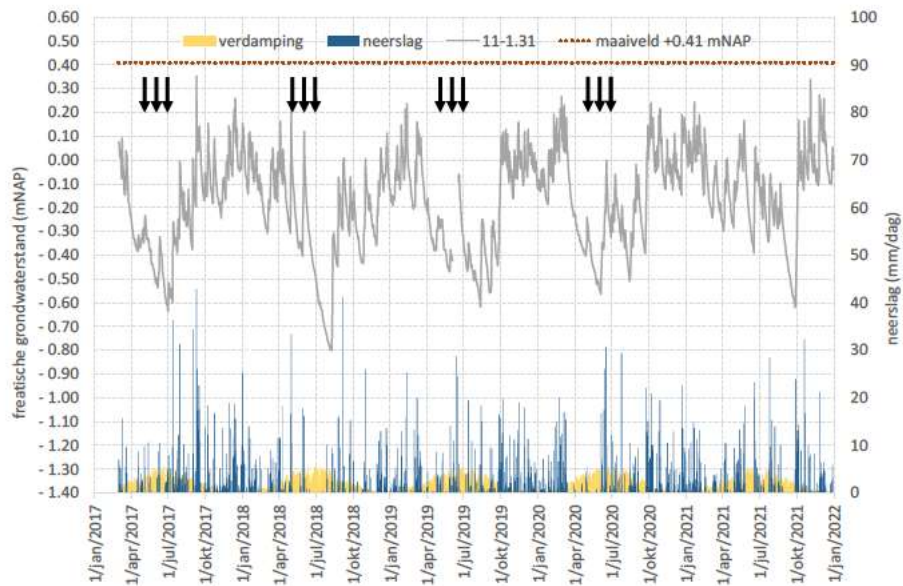
Figuur 21 De locaties van de in maart 2017 geplaatste peilbuizen in het centrum van Delft



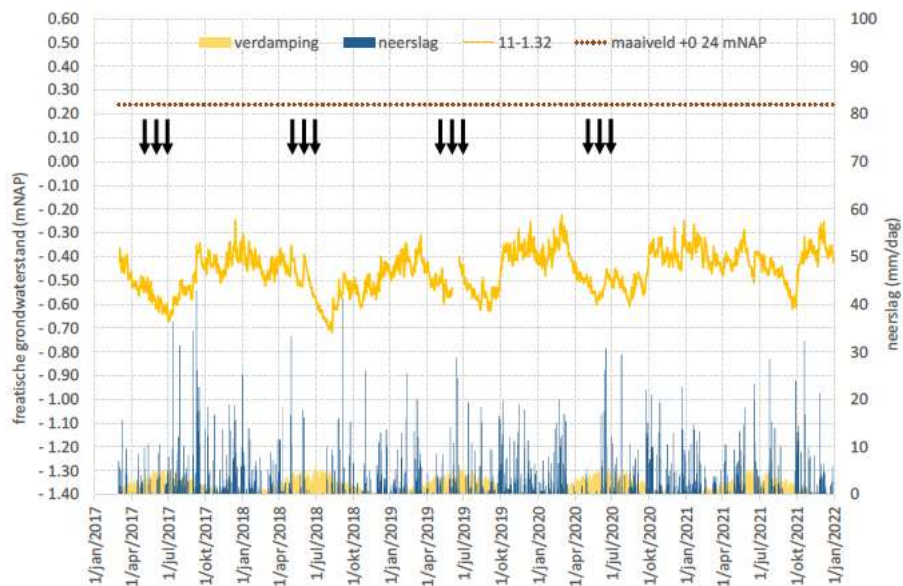
Figuur 22 Freatische grondwaterstanden in de Houthaak. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 74 cm onder maaiveld. In 2018 was dit 77 cm, in 2019 was dit 72 cm, in 2020 64 cm en in 2021 61 cm.



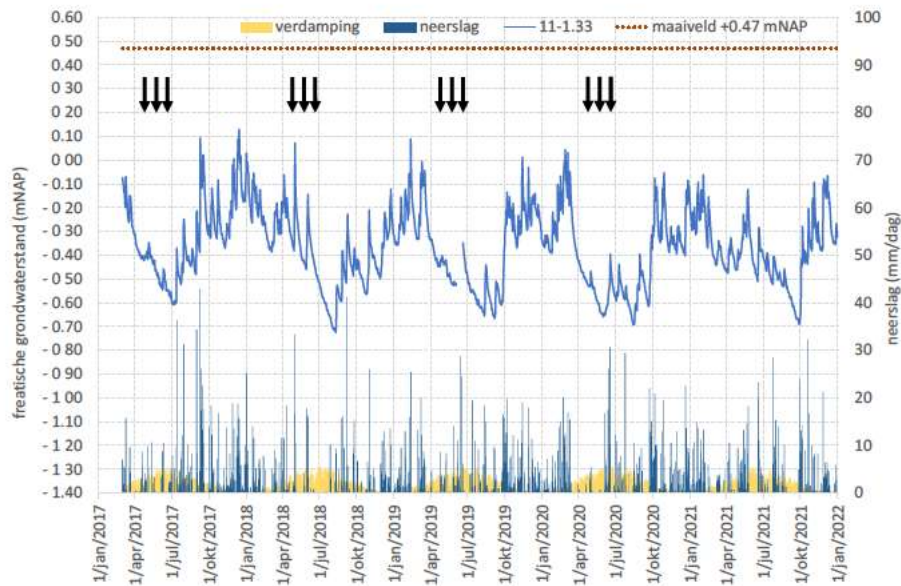
Figuur 23 Freatische grondwaterstanden in de Doelenstraat. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 88 cm onder maaiveld. In 2018 was dit 87 cm onder maaiveld. In 2019 was dit 83 cm, in 2020 85 cm en in 2021 81 cm.



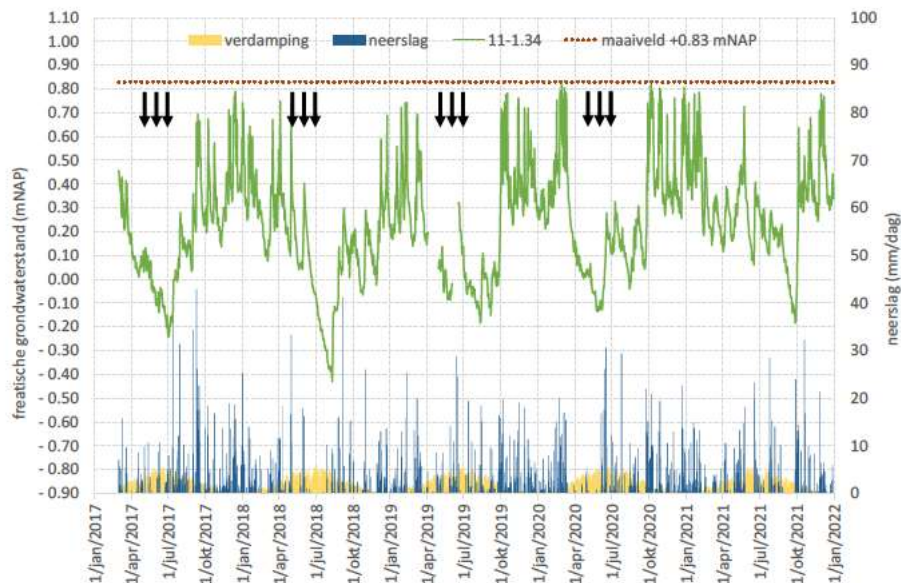
Figuur 24 Freatische grondwaterstanden in de van der Mastenstraat. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 62 cm onder maaiveld. In 2018 op 65 cm onder maaiveld, in 2019 was dit 60 cm, in 2020 56 cm en in 2021 53 cm.



Figuur 25 Freatische grondwaterstanden nabij het Hofje van Pauw. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 73 cm onder maaiveld. In 2018 op 74 cm en in 2019 was dit 70 cm, in 2020 69 cm en in 2021 65 cm.



Figuur 26 Freatische grondwaterstanden in de Visstraat. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 80 cm onder maaiveld. In 2018 was dit op 85 cm, in 2019 was dit 84 cm, in 2020 88 cm en in 2021 85 cm.



Figuur 27 Freatische grondwaterstanden speelterrein Max Havelaarschool. Gemiddeld zat de grondwaterstand in 2017 op 64 cm onder maaiveld. In 2018 op 69 cm, in 2019 was dit 61 cm, in 2020 57 cm en in 2021 53 cm.

4.5 De komende jaren

Door het langzaam reduceren van de onttrekking zal de huidige wegzijging de komende jaren minder worden en in sommige laaggelegen polders omslaan in kwel. Deze afname in wegzijging of omslag van wegzijging naar kwel, in combinatie met de ieder jaar andere meteorologische omstandigheden en de te verwachten klimaatverandering, maken dat het nu lastig is om de toekomstige grondwaterstanden te voorspellen.

De monitoringstrategie is om voor alle peilbuizen het 90 dagen voortschrijdend gemiddelde van de afgelopen jaren te blijven bepalen. Voor zowel de peilbuizen ver weg

als in de buurt van de onttrekking, levert dit een beeld op van hoe de gemiddelde grondwaterstand fluctueert.

Als in Delft-Noord door de reductie van de onttrekking de freatische grondwaterstanden systematisch hoger worden, zullen de gemiddelde wintergrondwaterstanden ook hoger worden. De aanpak die nu wordt gevolgd, is om voor een vaste selectie van 10 peilbuizen dicht bij de onttrekking en waar nu al hoge grondwaterstanden optreden 10 'spiegel-peilbuizen' te volgen die minimaal 2.5 km van de onttrekking liggen en vergelijkbaar gedrag vertonen. Door de peilbuizen die buiten de invloedssfeer van de onttrekking liggen te vergelijken met die binnen de invloedssfeer, zijn de gevolgen van de afbouw van de onttrekking inzichtelijk.

Het te verwachten effect van de afbouw van de onttrekking op de grondwaterstand is gering. Naarmate de onttrekkingskegel zich sluit, zal er minder ondiep grondwater, afkomstig van neerslag, kunnen wegzijgen naar het eerste watervoerend pakket. Ook zonder de onttrekking is in Delft nog steeds sprake van wegzijging, maar minder dan voorheen. Momenteel is de hoeveelheid water die in de bodem weg kan zakken potentieel 1.5 mm/m² per etmaal op de locatie van de onttrekking. Dit is zo gering, omdat een dikke slecht waterdoorlatende deklaag zorgt voor een beperkte toestroom van freatisch grondwater naar het eerste watervoerend pakket.

Als de grondwateronttrekking wordt afgebouwd dan zullen de grootste veranderingen in wegzijging op die locaties optreden waar de deklaag het dunst is: zoals bij watergangen en de tunnelbak van de A4 in Rijswijk. Bij een totale afbouw naar 0 m³/uur zijn de geschatte veranderingen rond de onttrekking zelf in de orde grootte van 0.2 tot 0.4 mm/m² per dag. Bij het afbouwen in 10 stappen betekent dit dat per afbouwstap de verandering in wegzijging rond de onttrekking in de orde grootte ligt van 0.02 tot 0.04 mm/m² per dag.

Het effect van deze verandering in wegzijging valt in het niet in vergelijking tot de neerslag en verdamping en capaciteit van de bestaande ontwateringsmiddelen. De riolering, drainage, grachten, etc. kunnen deze verandering in wegzijging eenvoudig opvangen. Het afbouwen van de grondwateronttrekking heeft een beperkte rol in de fluctuaties van de grondwaterstanden in en om Delft. Wel blijft het noodzakelijk dat de gemeente drainage blijft aanleggen op locaties met nu al hoge grondwaterstanden om grondwateroverlast te blijven voorkomen.

5

Deformatie van maaiveld

5.1 Algemeen

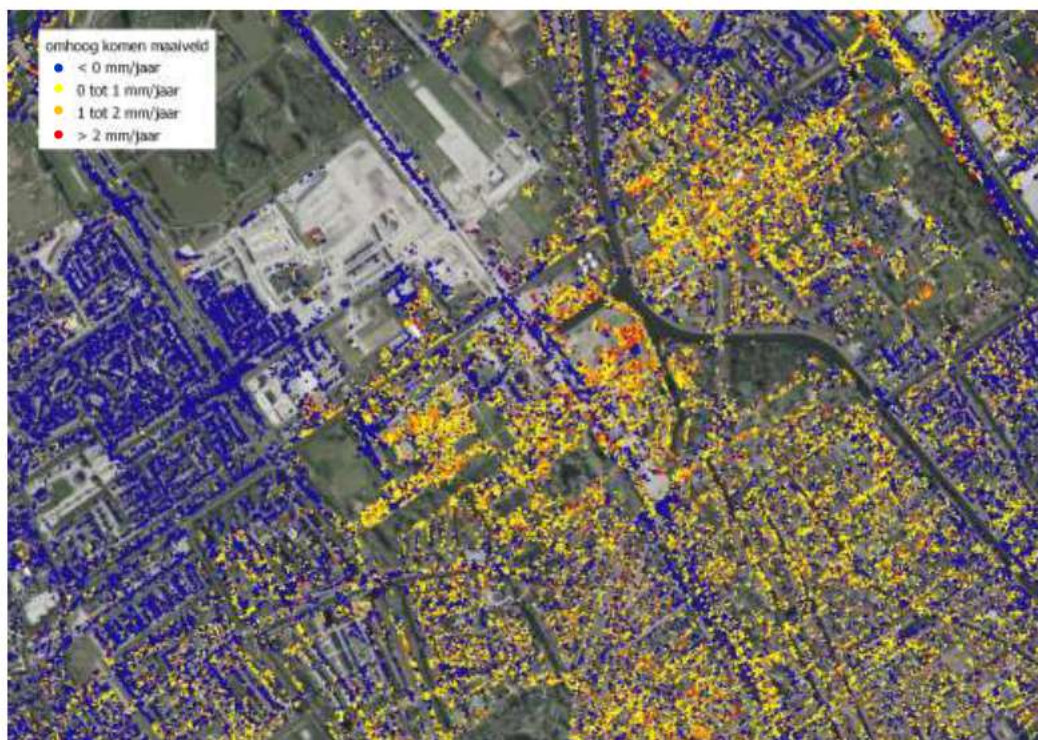
Verwacht wordt dat wanneer de grondwateronttrekking stapsgewijs wordt gereduceerd, de waterspanning in de ondergrond verandert, waardoor de samendrukbare bodemlagen iets zullen terugveren. Door Deltares is in 2008 geschat (Deltares, 2008) dat bij een volledige stopzetting het maaiveld binnen de grenzen van het DSM-terrein in 30 jaar tijd meer dan 10 cm kan zwellen. Buiten het DSM-terrein is het omhoogkomen van het maaiveld beperkt tot enkele centimeters. Het abrupt en ongelijkmatig zwellen van het maaiveld met ongewenste effecten op gebouwen, constructies, waterkeringen en infrastructuur is één van de grootste risico's. Dit is dan ook de voornaamste reden waarom het reduceren zorgvuldig en geleidelijk wordt doorgevoerd en tegelijkertijd uitgebreid wordt gemonitord.

5.2 De afgelopen jaren

Voor het monitoren van de verandering in maaiveldhoogte wordt gebruik gemaakt van INSAR-metingen van de TerraSAR-X satelliet. Deze satelliet vliegt op 500 km boven het aardoppervlak en is eigendom van een joint venture tussen het *German Aerospace Center* en *Airbus Defense and Space*. Met INSAR-metingen kunnen deformaties van maaiveld worden gemeten door twee satellietbeelden van verschillende tijdstappen met elkaar te vergelijken. De verandering in hoogte wordt afgeleid van het faseverschil tussen deze twee metingen. Deze techniek kan toegepast worden om de verandering in hoogte van zowel het maaiveld als gebouwen in kaart te brengen. Door het gebruik van INSAR-metingen is het mogelijk om het gebied rond de onttrekking frequent te monitoren. Het gebruik van INSAR-metingen in plaats van bijvoorbeeld het monitoren van hoogtevouten via een doorgaande waterpassing heeft twee grote voordelen:

- a) Hogere meetfrequentie: de gebruikte satelliet komt 1 x in de 11 dagen over;
- b) Grotere meetpuntdichtheid: circa 100 punten per hectare.

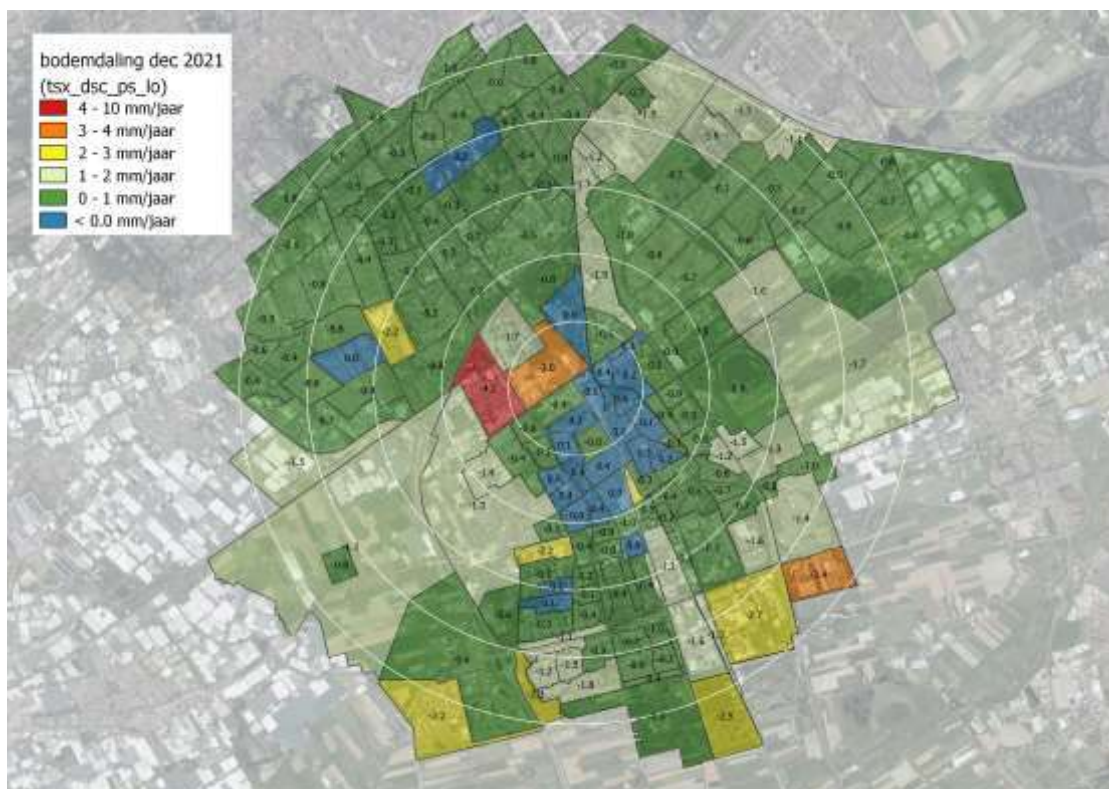
De deformatie rond de onttrekking over de periode januari 2020 tot en met december 2021 is in Figuur 28 weergegeven. Een periode van twee jaar wordt gebruikt omdat dan de trend in de bodemdaling over zo'n 60 meetpunten kan worden bepaald. Bij een (te) korte periode gaan bijvoorbeeld kleine verschillen tussen seizoenen de trend in deformatie beïnvloeden.



Figuur 28 Deformatie van maaiveld in en om Delft in de periode 2020–2021.

In Figuur 28 valt op dat – net als vorig jaar – het maaiveld op het DSM-terrein lokaal licht zwelt. Daar waar vóór de reductie van de grondwateronttrekking in het verleden de bodemdaling zo'n 1 á 2 mm per jaar bedroeg, komt nu de bodem 1 á 2 mm per jaar omhoog.

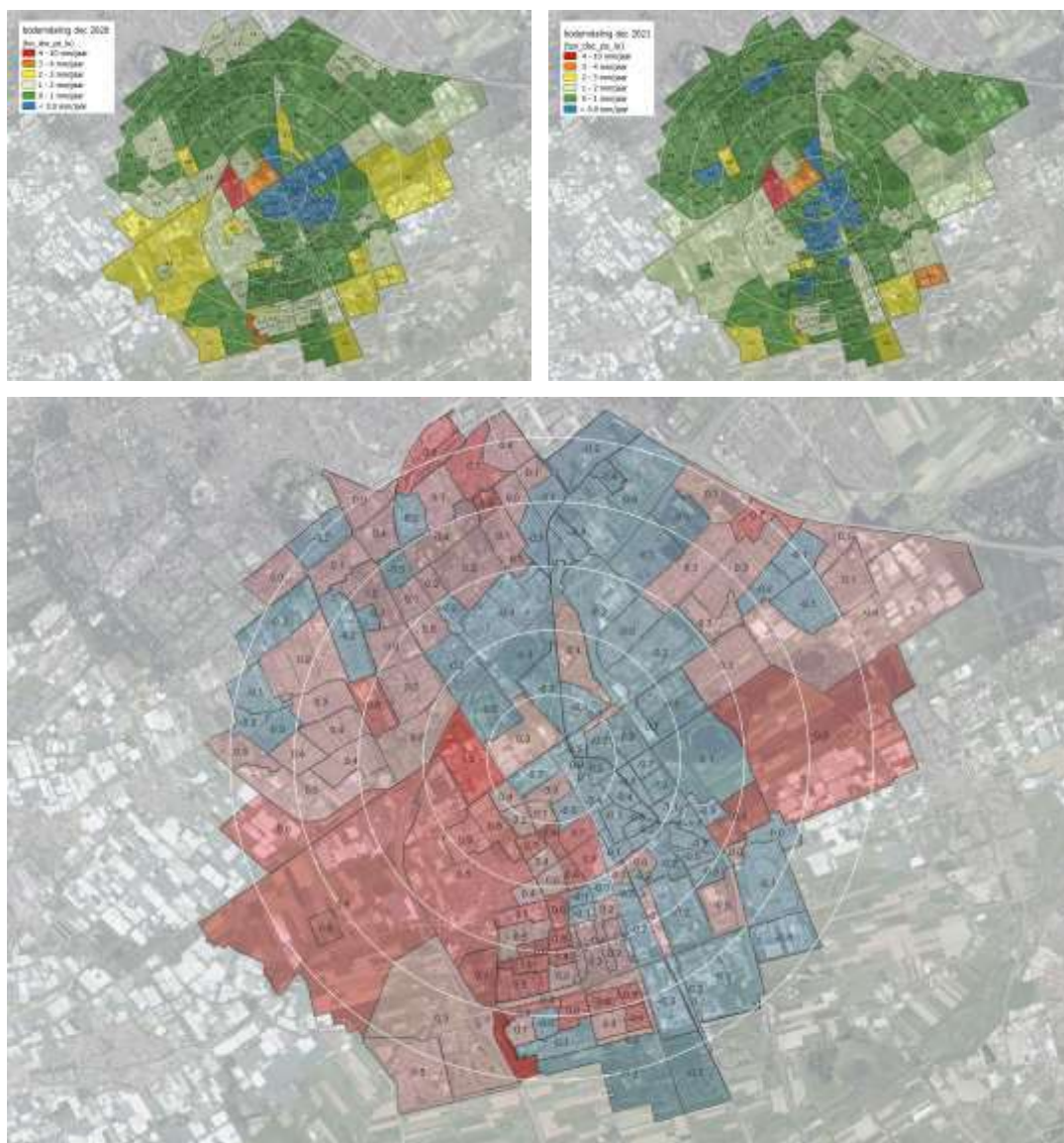
Om een goed beeld te krijgen van de hele omgeving is het nodig om uit te zoomen. In het hele gebied komen locaties voor die omhoogkomen en zakken. In Figuur 29 is voor iedere buurt in de omgeving van Delft de gemiddelde deformatie van het maaiveld berekend uit alle beschikbare punten over de periode januari 2020 tot en met december 2021. In alle blauwe buurten komt het maaiveld omhoog.



Figuur 29 Gemiddelde maaiveldaling in mm per jaar en rond Delft in de periode 2020-2021.

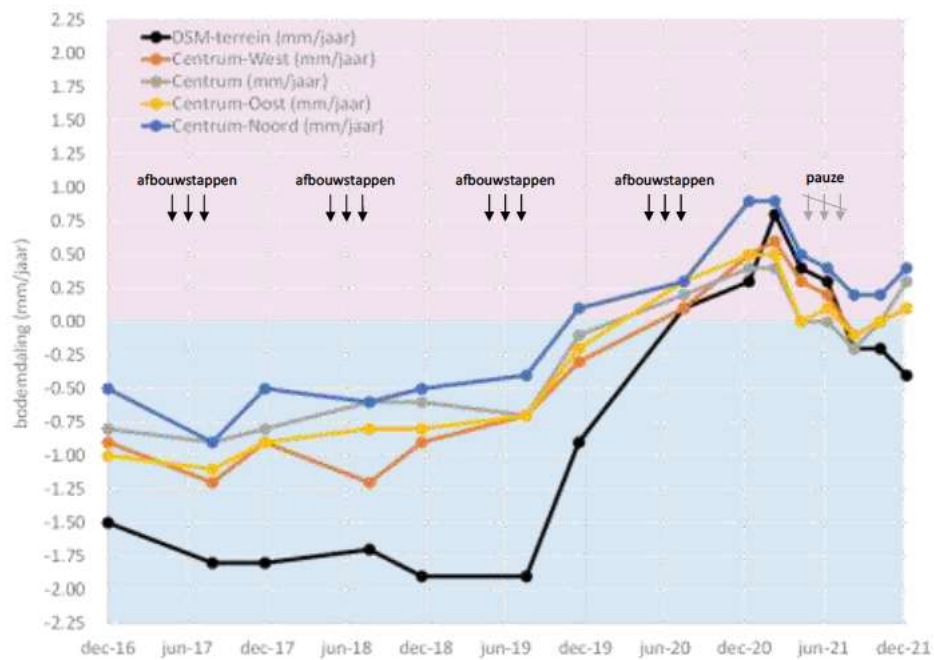
Wanneer de grondwateronttrekking de oorzaak is van deze verandering in bodemdaling, zal deze verandering groter zijn in de buurt van de onttrekking. Dit omdat daar ook de verandering in stijghoogte het grootst is. Voor Figuur 30 is het verschil in bodemdaling tussen 2019-2020 en 2020-2021 bepaald. In alle oranjegebieden is de verandering in deformatie van maaiveld omhoog en in de lichtblauwe gebieden is de verandering in deformatie omlaag.

In veel gebieden zijn de verschillen klein: +0.1, 0.0 of -0.1 mm. Wat opvalt is dat de gebieden die in het Centrum van Delft in 2020 nog omhoogkwamen, wat zijn gestabiliseerd. Zo kwam Centrum-Noord eind 2020 nog met +0.9 mm/jaar omhoog. Dit is nu gezakt naar +0.4 mm/jaar. Ten zuiden van het DSM-terrein gebeurt nu het omgekeerde. Zo ging de Olofsbuurt eind 2020 nog met -0.3 mm/jaar omlaag en nu met +0.4 mm/jaar omhoog. Er zijn geen gebieden die harder dan +0.4 mm per jaar omhoogkomen.



Figuur 30 Verschil in deformatie van maaiveld tussen 2019-2020 en 2020-2021. In de oranje-roze gebieden is de bodemdaling afgenomen. In de blauwe gebieden is de bodemdaling toegenomen.

De afgelopen jaren is elk jaar de gemiddelde maaiveldddaling per buurt bepaald (zoals in Figuur 28 is weergegeven). Voor Figuur 31 zijn deze gegevens van het DSM-terrein en de buurten in het centrum van Delft achter elkaar gezet. Vanaf grofweg juni 2019 is de bodemdaling afgenomen en vanaf juni 2020 omgeslagen in zwel. Na februari 2021 herstelt de situatie zich naar een stabiele situatie tussen de -0.4 en +0.4 mm per jaar.



Figuur 31 Gemiddelde maaiVELddaling in mm per jaar in de buurten Centrum-West, Centrum-Oost, Centrum-Noord, Centrum en op het DSM-terrein in de periode 2016–2021.

Alle punten die in de jaren 2020 en 2021 met 1.5 mm per jaar omhooggekomen zijn, zijn in Figuur 32 weergegeven. Opvallend zijn een paar clusters op het DSM-terrein en het verdiepte stuk van de A4 bij de afslag Rijswijk. Daarnaast zijn er veel losliggende punten die iets omhooggekomen zijn t.o.v. eerdere jaren. Een deel van deze veranderingen zijn het gevolg van bijvoorbeeld bouwwerkzaamheden en groeiende bomen etc.



Figuur 32 Locaties in de omgeving van Delft waar het maaiveld de afgelopen 2 jaar met 1.5 mm per jaar is gestegen. De zwarte punten zijn van de opgaande baan van de TerraSAR-X satelliet en de blauwe van de neergaande baan

5.3 De komende jaren

In de afgelopen jaren is de bodemdaling afgeremd en op en rond het DSM-terrein gaan stijgen. Dat op een zeker moment zwel zou gaan optreden is conform verwachting: door het reduceren van de onttrekking zullen de samendrukbare lagen iets terugveren. De snelheid waarmee deze lagen terugveren is afhankelijk van de stappen waarmee de reductie zal worden uitgevoerd.

De huidige afbouwstrategie is om het afbouwen zodanig stapsgewijs door te voeren dat het maaiveld niet harder omhoogkomt dan het maaiveld in het verleden is gezakt. Het DSM-terrein is hiervoor het meest relevant, omdat daar de grootste veranderingen worden verwacht (Deltares, 2008).

In het verleden daalde het op en rond DSM-terrein tot zo'n -2 mm per jaar en in het centrum zo'n -1 mm per jaar. In de afgelopen 2 jaar was dat tussen de -0.4 tot +0.4 mm per jaar. (zie Figuur 29, 31 en 32). Wanneer in 2022 een volledige afbouwstap wordt doorgevoerd zal het maaiveld waarschijnlijk weer sneller omhoog gaan komen. Zo lang dit onder om en nabij de +2 mm per jaar blijft is dit in overeenstemming met de geformuleerde beleidsuitgangspunten.

Nu zijn echter, zoals hiervoor reeds beschreven, de laatste pompen op het DSM-terrein stilgezet. Deze verschuiving geeft een verandering in stijghoogte aan de oostkant van het DSM-terrein in Delft-Noord die voor de deklaag vergelijkbaar is met een kleine afbouwstap. Het vermoeden is dan ook dat door deze verandering in stijghoogte de zwel tussen januari en mei 2022 al zal toenemen. Om deze reden wordt aanbevolen een beperkte afbouwstap te nemen en deze af te stemmen op de waarnemingen van de veranderingen in de bodembeweging in de komende maanden. Zodat eind 2022 de totale verandering in stijghoogte gedurende dit jaar vergelijkbaar is met de eerder waargenomen veranderingen in stijghoogte tussen 2017 en 2020.

6

Deformatie van gebouwen

6.1 Algemeen

De INSAR metingen van de TerraSAR-X satelliet zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, worden ook gebruikt om de deformaties van gebouwen te volgen. Net als bij het maaiveld zijn ook voor de gebouwen elke 11 dagen circa 100 metingen per hectare beschikbaar. Om een onderscheid te maken tussen gebouwen en maaiveld wordt gebruik gemaakt van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen van het kadaster (het BAG-register), waarin alle gebouwen in Nederland als object zijn opgenomen (zie Figuur 33).



Figuur 33 Panden in de omgeving van de Markt volgens het BAG-register.

6.2 Monumenten in Delft

In en rond Delft worden de monumenten, die het aanzien van de stad Delft bepalen, met extra aandacht gemonitord. De belangrijkste monumenten in de nabijheid van de onttrekking zijn:

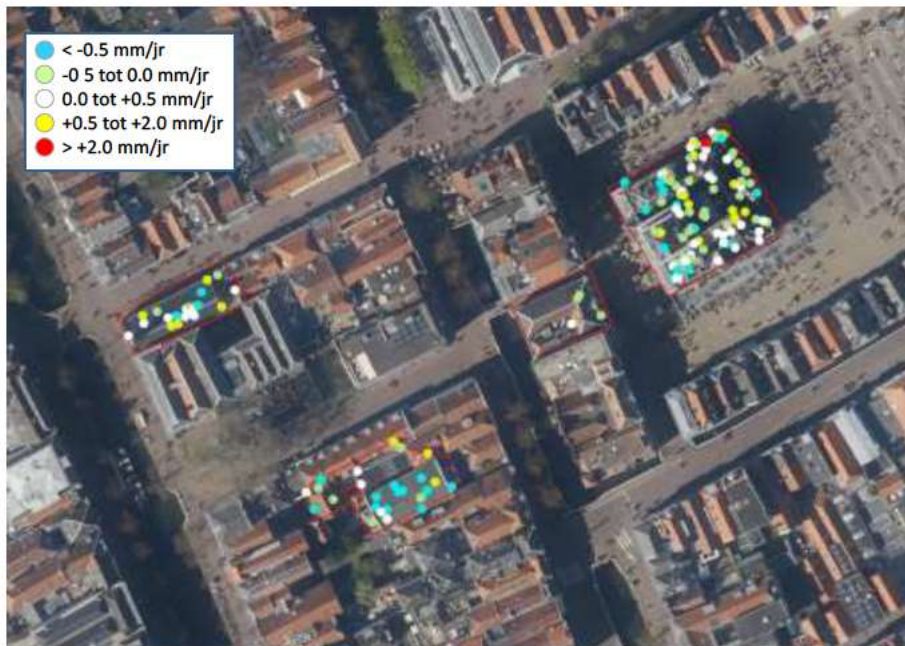
- Stadhuis/Waag/Hippolytuskapel/Genestetkerk.
- Prinsenhof/Waalse Kerk.
- Oude kerk.
- Nieuwe Kerk.

Stadhuis/Waag/Hippolytuskapel/Genestetkerk

Voor de 4 monumenten Stadhuis, Waag, Hippolytuskapel en Genestetkerk zijn er in de periode over 2020–2021 in totaal 254 punten beschikbaar (Zie Figuur 34). Per gebouw is van deze meetpunten het gemiddelde van de deformatiesnelheid bepaald:

- Het stadhuis kwam met 0.0 mm/jaar omhoog (was over 2019–2020 +0.3 mm/jaar);
- De Waag kwam met +0.1 mm/jaar omhoog (was over 2019–2020 +1.4 mm/jaar);
- De Hippolytuskapel met +0.3 mm/jaar (was over 2019–2020 +0.6 mm/jaar); en
- De Genestetkerk met 0.0 mm/jaar omhoog (was over 2019–2020 +0.5 mm/jaar).

De deformatie van deze gebouwen is in lijn met de deformatie van het maaiveld. Volgens Figuur 29 kwam het maaiveld in 2020–2021 in het centrum gemiddeld met +0.3 mm per jaar omhoog.



Figuur 34 Geselecteerde meetpunten Stadhuis, Waag, Hippolytuskapel en Genestetkerk

Prinsenhof/Waalse Kerk/Oude kerk

Binnen de omtrek van het Prinsenhof, Waalse Kerk en de Oude Kerk zijn er in de periode 2020–2021 in totaal 749 meetpunten (zie Figuur 35). Per gebouw is ook hier van de meetpunten het gemiddelde bepaald:

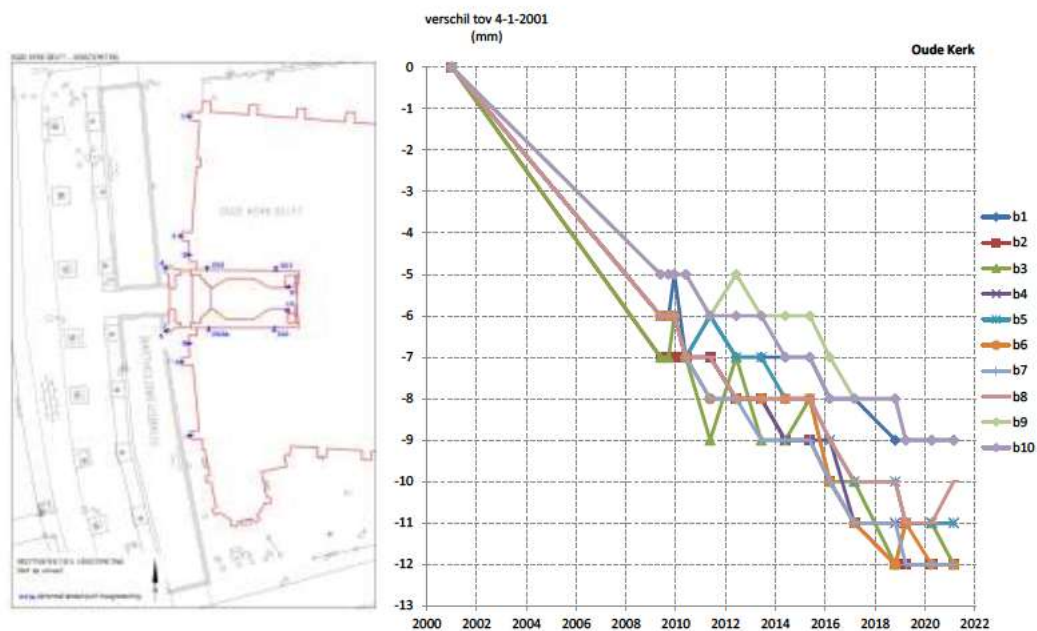
- Prinsenhof steeg met 0.0 mm per jaar (was over 2019–2020 +0.3 mm/jaar);
- Waalse Kerk steeg met +0.1 mm per jaar (was over 2019–2020 +0.2 mm/jaar);
- De Oude Kerk steeg met +0.3 mm per jaar (was over 2019–2020 +0.6 mm/jaar).

De deformatie van deze gebouwen is vergelijkbaar met de deformatie van het maaiveld in de omgeving (+0.1 mm/jaar) over dezelfde periode (Zie Figuur 29).



Figuur 35 Geselecteerde meetpunten Prinsenhof, Waalse Kerk en Oude Kerk

Door de gemeente Delft worden ook waterpassingen verricht aan 10 aan de toren van de Oude Kerk aangebrachte hoogtebouten. Het resultaat van de metingen van de afgelopen jaren is weergegeven in Figuur 36. Alle hoogtebouten vertonen vanaf 2009 tot en met 2021 om en nabij hetzelfde gedrag als de TerraSAR-X metingen: een zakking van gemiddeld 0.4 tot 0.6 mm per jaar over een periode van 5 jaar. Het afgelopen jaar is de Oude Kerk niet gezakt.



Figuur 36 Metingen aan hoogtebouten aan de Oude Kerk

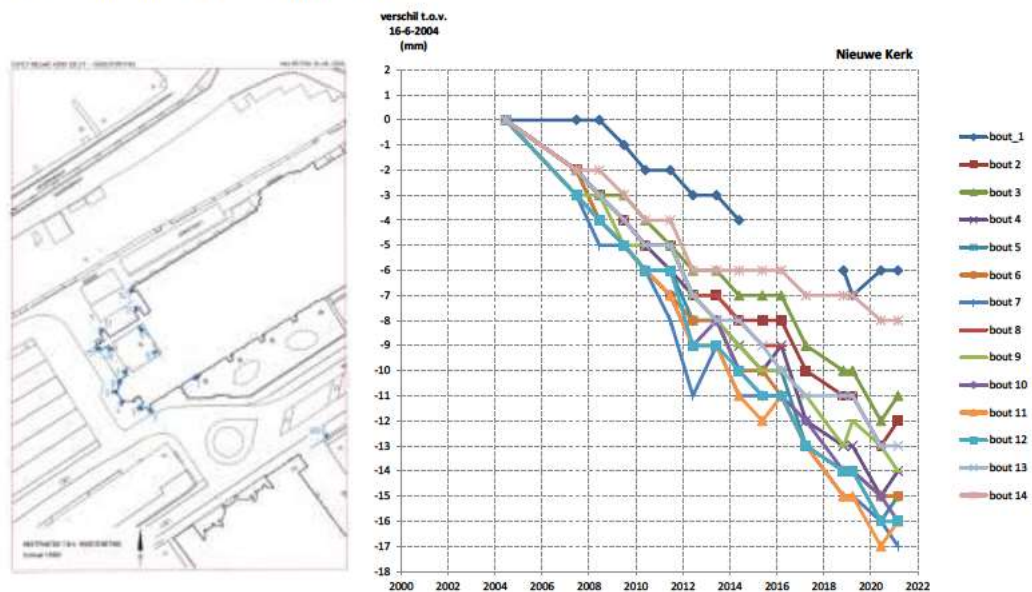
Nieuwe Kerk

Binnen de omtrek van de Nieuwe Kerk zijn er 448 meetpunten. De deformatie over de periode januari 2020 tot december 2021 is gemiddeld +0.2 mm per jaar, maar dit is niet gelijkmatig verdeeld. Rond de toren is de deformatie -0.3 mm per jaar (over 2019-2020 was dit +0.3 mm/ jaar). Terwijl de deformatie van het schip van de kerk +0.4 mm per jaar was (over 2019-2020 was dit +0.7 mm/jaar).



Figuur 37 De Nieuwe Kerk in Delft. Enkel bij de toren wijkt de deformatie iets af van het omringende maaiveld en het schip van de kerk.

Door de Gemeente Delft worden sinds 2004 ook periodiek waterpassingen aan 14 in de kerk rond de toren aangebrachte hoogtebouten verricht. Het resultaat van deze metingen is weergegeven in Figuur 38. De aan het schip gemonteerde bouten zakken gemiddeld 0.4 mm per jaar in de afgelopen 5 jaar. De aan de toren gemonteerde bouten zakken gemiddeld 1.0 mm per jaar in de afgelopen 5 jaar.



Figuur 38 Metingen aan hoogtebouten in de Nieuwe Kerk. Bout 8 is in 2017 verdwenen.

6.3 Deformatie bebouwing binnen een straal van 5 km

Voor de omgeving van Delft is uitgezocht welke gebouwen in de periode 2020-2021 het meest gezakt zijn. In totaal zijn 57 849 panden onderzocht die binnen 5 km van de onttrekking in Delft-Noord liggen. Het zakken of stijgen van gebouwen in de directe omgeving van de onttrekking is in Figuur 39 weergegeven. Alle zakkende panden zijn blauw gemarkeerd. De groene, gele en oranje panden komen omhoog.

Op en rond het DSM-terrein zakt het maaiveld zo'n -0.4 mm per jaar. In het centrum van Delft is dit +0,1 mm per jaar. In tegenstelling tot vorig jaar zijn er nagenoeg geen panden meer in de nabijheid van de grondwateronttrekking die meer dan 2 mm per jaar omhoogkomen.

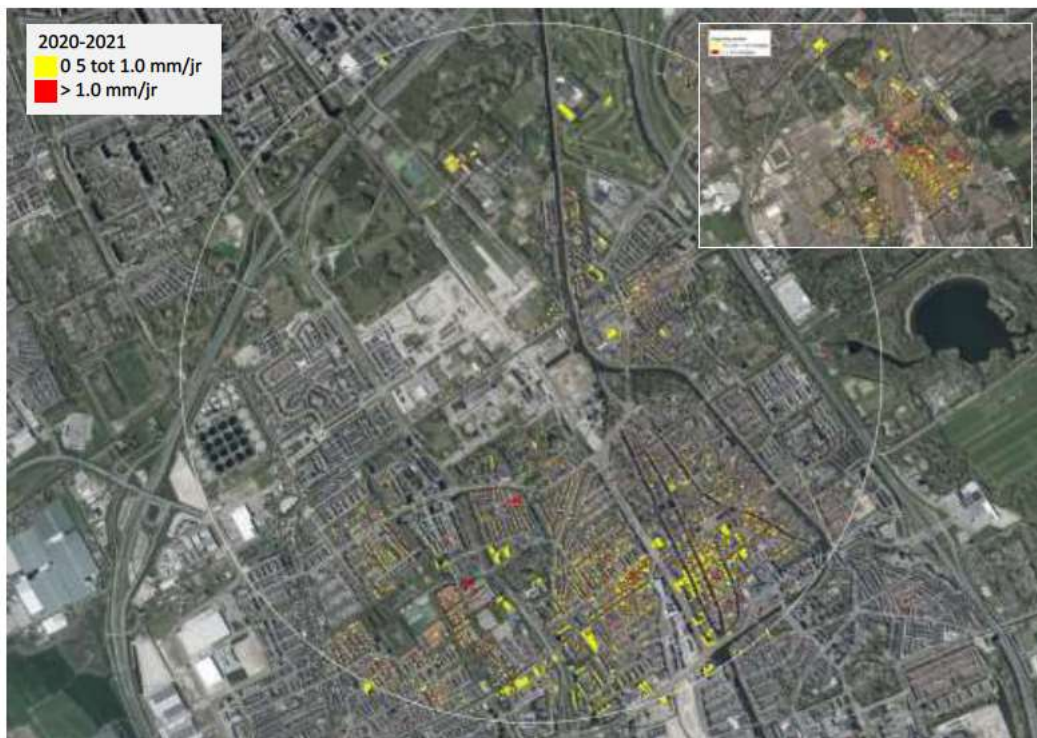
In de afgelopen jaren zakten - a.g.v. de bouwactiviteiten voor de Spoorsingelgarage - de panden langs de Spoorsingel. Het zakken van deze panden is dit jaar verder afgenomen en is nu minder dan 0.5 mm per jaar.



Figuur 39 Deformatie van panden in de omgeving van de onttrekking in de periode 2020-2021.

In Figuur 40 zijn alle gebouwen opgenomen die meer dan 0.5 mm/jaar omhoog zijn gekomen. De gele panden kwamen tussen de 0.5 en 1.0 mm per jaar omhoog. Dit zijn nu (2020-2021) 2000 panden en waren 3400 panden in 2019-2020. De rode panden zijn meer dan 1.0 mm per jaar omhooggekomen. Dit aantal is ook afgenomen: van 2800 panden in 2019-2020 naar 675 panden in 2020-2021.

Het bewegen van panden met 1 á 2 mm per jaar is niet zorgelijk. De natuurlijke fluctuatie waarmee panden tussen de zomer en winter bewegen is van dezelfde orde van grote.



Figuur 40 Gebouwen in Delft en omgeving in de periode januari 2020 tot december 2021 omhoog gekomen zijn. In de directe nabijheid van het DSM-terrein zijn er in 2020-2021 veel minder panden aan het stijgen dan in 2019-2020 (inzet).

6.4 De komende jaren

Voor de reductie van de grondwateronttrekking was de bodem op en rond het DSM-terrein aan het zakken. Door het reduceren van de grondwateronttrekking veren de samendrukbare bodemlagen iets terug. De strategie was en is om het afbouwen zodanig stapsgewijs door te voeren dat het maaiveld en de gebouwen niet harder omhoogkomen dan het maaiveld in het verleden is gezakt. Voor de binnenstad - met veel gebouwen op staal - betekent dit maximaal 1.0 mm per jaar omhoog. Of op het DSM-terrein maximaal 2.0 mm per jaar omhoog.

Door het tussenjaar 2021 zijn zowel het maaiveld als de daarop staande gebouwen op staal minder gaan stijgen dan in 2020. Het DSM-terrein zakt gemiddeld weer met zo'n -0.4 mm/jaar en het Centrum-Noord gemiddeld +0.4 mm per jaar. Dit is minder dan het maximum van 1.0 mm per jaar. Hierdoor is er ruimte voor een afbouwstap.

De verwachting is dat het recente stopzetten van de bronnen op het DSM-terrein in januari 2022 door de ondergrond wordt gevoeld als een kleine afbouwstap. Wanneer nu in de zomer, net als de afgelopen jaren, de onttrekking ook met een stap van 120 m³ per uur zou worden afgebouwd, zal het maaiveld en de gebouwen mogelijk harder gaan stijgen dan de afgelopen jaren. Om dit te voorkomen wordt aanbevolen om de eerste maanden van 2022 intensief in de gaten te houden en in 2022 een beperkte afbouwstap door te voeren.

7

Overige thema's

7.1 Algemeen

Dit hoofdstuk is in dit rapport opgenomen om een samenvatting te geven over a) de oppervlaktewaterkwaliteit, b) stabiliteit van boezemkades en c) het opdrijven van parkeergarages, kelders en tunnels. Deze drie onderwerpen worden namelijk niet jaarlijks bemeten, waardoor er in 2021 geen nieuwe monitoring op deze onderwerpen heeft plaatsgevonden. In dit hoofdstuk wordt per onderwerp wel de stand van zaken besproken.

7.2 Oppervlaktewaterkwaliteit

De verwachte effecten van de reductie van de grondwateronttrekking op de oppervlaktewaterkwaliteit zijn gering. In *'grondwatereffecten aan de oppervlakte gebracht'* (Deltares, 2008) is uitgezocht dat in een beperkt aantal gebieden een omslag kan optreden van infiltratie naar kwel en daar dan ook de chlorideconcentratie iets zal toenemen. In dezelfde studie bleek ook dat de chlorideconcentraties in de boezem aanzienlijk meer worden beïnvloed door de lekverliezen bij de Parksluizen in Rotterdam dan door het stopzetten van de grondwateronttrekking in Delft-Noord.

In de periode 2009 tot en met 2011 is t.b.v. het reduceren van de grondwateronttrekking in Delft-Noord een langjarige nulmeting uitgevoerd. Hiervoor is op een veertigtal locaties gedurende drie jaar één keer in de maand een waterkwaliteitsmonster genomen. Dit waren 34 meetpunten in polders en 6 in de boezem. Uit deze metingen bleek dat, op Plas van der Ende na, nergens continu de waterkwaliteitsnorm van 200 mg/l voor chloriden werd overschreden.

Met dit inzicht en de geringe verwachte verandering in de waterkwaliteit, heeft het Hoogheemraadschap van Delfland besloten pas een volgende specifieke meetcampagne te willen starten als in de reguliere monitoring van het hoogheemraadschap afwijkingen worden gevonden.

7.3 Stabiliteit van boezemkaden

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft aangegeven dat alle waterkeringen voldoende robuust zijn om de afbouw zonder problemen te doorstaan. Om dit te kunnen blijven beoordelen is toch een monitoringsprogramma opgezet waarbij Delfland begin 2015 op 68 locaties peilbuizen in boezemkaden en regionale keringen heeft geplaatst. Deze peilbuizen zijn allemaal voorzien van telemetrie en verzenden hun metingen real time naar de afdeling keringen van het Hoogheemraadschap van Delfland. Het Hoogheemraadschap van Delfland zal de analyse op stabiliteit van de keringen zelf verzorgen. Met het Hoogheemraadschap van Delfland is afgesproken dat deze analyse en ook de monitoringsgegevens van deze 68 peilbuizen voor de Gemeente Delft beschikbaar zijn. Deze metingen worden door de gemeente gebruikt.

7.4 Parkeergarages, kelders en tunnels

Bij de start van de monitoring is afgesproken om niet apart aan alle tunnels, parkeergarages, kelders en onderdoorgangen metingen te verrichten, maar om voorafgaand aan de reductie middels een quick-scan te controleren of deze constructies bestand zijn tegen een verhoging van de grondwaterdruk onder de constructie door de verhoogde grondwaterstand.

In 2017 jaar is voor 24 parkeergarages, kelders en tunnels in en om Delft een quick-scan uitgevoerd. Hierbij is gekeken of de uitgangspunten bij de bouw van de constructie nog overeenkomen met de huidige praktijk. Vervolgens is getoetst of de veiligheid van de constructie gewaarborgd blijft bij een hogere grondwaterdruk onder en tegen de constructie. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de grondwaterdruk die op dit moment al optreedt en een hogere grondwaterdruk die het gevolg is van de reductie van de grondwateronttrekking. Daarnaast is het cumulatieve effect hiervan getoetst.

Het resultaat van de analyse is dat voor nagenoeg alle constructies de verhoogde grondwaterdruk geen gevolgen heeft. Wel zijn bij een aantal parkeergarages en kelders een aantal peilbuizen bijgeplaatst. Dit om in de toekomst ook te kunnen beoordelen of de bij het ontwerp gebruikte grondwaterstand overeenkomt met de grondwaterstand in de praktijk.

Ook is de gemeente in overleg met Rijkswaterstaat over de vijvers in het klaverblad van de A4 bij afslag 11. Deze vijvers liggen op circa -7.3 mNAP en hebben een bodem van beton en zijn gedimensioneerd op een stijghoogte die hoger is dan het streefpeil van de vijvers. Deze vijvers ondervinden in hun huidige vorm geen hinder van het afbouwen van de grondwateronttrekking. Wel is Rijkswaterstaat voornemens om dit kruispunt met de vijvers opnieuw in te gaan richten. Dit hindert de afbouw van de grondwateronttrekking niet. Om t.z.t. de graafwerkzaamheden aan de vijvers mogelijk te maken, zal waarschijnlijk een tijdelijke bronbemaling rond de vijvers worden toegepast.



Figuur 41 Kruising A4 – Pr. Beatrixlaan bij afslag 11. De vijvers in de kruising liggen op -7.3 mNAP.



Conclusie en aanbeveling

Op en nabij de locatie van DSM in Delft Noord vindt sinds 1916 een grondwateronttrekking plaats. Deze onttrekking is sinds 2016 van de gemeente Delft. De gemeente is voornemens om de onttrekking zover mogelijk gefaseerd af te bouwen om maatschappelijke kosten te besparen. Voor dit afbouwen is een monitoring opgezet, waarmee de huidige situatie wordt vastgelegd en de gevolgen van een afname van de grondwateronttrekking worden waargenomen, vastgelegd en beoordeeld.

Het doel van deze rapportage is inzicht te geven in de huidige situatie tot en met december 2021 en een doorzicht te geven naar de op korte en lange termijn te verwachten veranderingen.

De installatie heeft continu circa 720 m³ per uur uit de grond gepompt. In 2021 is géén afbouwstap doorgevoerd. Dit omdat in 2020 het maaiveld in de buurt van de onttrekking licht was gaan zwellen en verwacht werd dat wanneer in 2021 wel een reductiestap zou worden doorgevoerd, dat de snelheid waarmee het maaiveld en de gebouwen omhoogkwamen verder zou toenemen. Door in 2021 géén reductiestap door te voeren en het debiet te handhaven op 720 m³ per uur, kon de situatie stabiliseren. Het hardst steeg Centrum-Noord met +0.9 mm per jaar in 2020. Dat is inmiddels teruggezakt naar +0.4 mm per jaar. Ook steeg in 2020 het DSM-terrein nog met +0.3 mm per jaar en dat is nu eind 2021 gezakt naar -0.4 mm per jaar.

Voor de deformatie van gebouwen geldt – afhankelijk van de fundering - hetzelfde. De praktijk was dat in 2020 veel gebouwen met om en nabij de snelheid van het maaiveld licht omhoogkwamen. Voor het zonder schade afbouwen van de grondwateronttrekking is het van belang dat bebouwing niet te snel en/of ongelijkmatig omhoogkomt. Door de pauze in de afbouw in 2021 is de snelheid waarmee maaiveld en gebouwen omhoog kwamen afgeremd. Dit geeft ruimte om een volgende afbouwstap te nemen. Echter, op 28 januari 2022 zijn de laatste pompen op het DSM-terrein uitgezet en dit debiet is overgenomen door de meer westelijk gelegen bronnen aan de Prinses Beatrixlaan en de Meeslaan. De consequentie is dat hierdoor in de omgeving van Centrum-Noord de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket omhoog is gekomen en dit door de ondergrond gevoeld wordt als een kleine afbouwstap. Voorheen werd elk jaar een afbouwstap uitgevoerd van 120 m³ per uur. Aanbevolen wordt om de komende maanden door te gaan met het monitoren en dan in de zomer van 2022 een kleine afbouwstap te doen van 80 m³ per uur. Verdeeld over 40 m³ per uur op 1 juni en 40 m³ per uur op 1 juli.

Referenties

- Acacia Water, 2021, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten van de monitoring in 2020, kenmerk 180835.
- Acacia Water, 2020, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten van de monitoring in 2019, kenmerk 180835.
- Acacia Water, 2019, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten van de monitoring in 2018, kenmerk 180835.
- Acacia water, 2019, Quicksan vóór de afbouwstap in 2019, kenmerk 180835_oho
- Acacia water, 2019, Quicksan ná de afbouwstap in 2019, kenmerk 180835_oho
- Acacia Water, 2018, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten van de monitoring in 2017, kenmerk 180835.
- Acacia water, 2018, Quicksan vóór de afbouwstap in 2018, kenmerk 180840_oho
- Acacia water, 2018, Quicksan ná de afbouwstap in 2018, kenmerk 180840_oho
- Deltares, 2008, Grondwatereffecten aan de oppervlakte gebracht, Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft – Hoofdrapport.
- DHV, 2007, Gietwater, koelwater, en blijven pompen, Haalbare opties voor benutten van grondwater bij DSM Gist (Delft) Eindrapport.
- Nelen en Schuurmans, 2014, Grondwateronttrekking Delft-Noord nulmeting dec 2013, kenmerk P0042.
- Nelen en Schuurmans, 2015, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten monitoring 2014, kenmerk Q0077.
- Nelen en Schuurmans, 2017, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten monitoring 2015, kenmerk R0143.
- Nelen en Schuurmans, 2017, Grondwateronttrekking Delft-Noord resultaten monitoring 2016, kenmerk S0027.
- Nelen en Schuurmans, 2017, Quicksan vóór de afbouwstap in 2017.
- Nelen en Schuurmans, 2017, Quicksan ná de afbouwstap in 2018.
- Provincie Zuid-Holland, 1997, Vergunning, Besluit van de Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland van 16 september 1997, kenmerk DWM/143756.
- Provincie Zuid-Holland, 2010, Aanvulling op de vergunning, Besluit van de Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland van 16 juni 2010, kenmerk PZH-2010-177411605.
- Omgevingsdienst Haaglanden, 2015, Wijziging op de vergunning, Besluit van de Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland van 23 april 2015, kenmerk ODH-2015-00004160.
- TAUW, 2014, MER voor de gedeeltelijke verplaatsing van de grondwateronttrekking Delft-Noord, Kenmerk R002-1219436FDD-irb-V02-NL.
- TNO Bouw en Ondergrond, 2007, Onderzoek naar effecten van stopzetting, grondwateronttrekking DSM Delft, Fase 1: Monitoringstrategie voor grondwaterstijging, waterkwaliteit en geotechniek Hoofdrapport.
- Van Steenis Geodesie, 2013, rapportage deformatiemeting Delft, kenmerk 33131.
- Wareco, 2009, Grondwatermeetnet eerste watervoerend pakket provincie Zuid-Holland ten behoeve van monitoring DSM-onttrekking, kenmerk KE34, RAP20091103.

Bijlagen

Bijlage 1

monitoring in de vergunning

Aanleiding

De huidige vergunning dateert van maart 2015. In deze vergunning zijn enkele paragrafen opgenomen met betrekking tot het monitoren van de grondwateronttrekking. Deze onderdelen zijn in deze bijlage samengevat. Voor de exacte formulering wordt verwezen naar de vergunning.

Opgepompt grondwater

De vergunninghoudster dient per pompput de opgepompte hoeveelheden te meten en elke vier weken de watermeters af te lezen en registreren. Deze watermeters moeten met een frequentie van 15 minuten meten en een nauwkeurigheid van in ieder geval 95% hebben.

Stijghoogte en grondwaterstand nabij de onttrekking

De vergunninghoudster dient bij het nieuw aan te leggen puttenveld op drie locatie twee keer per maand de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket en de grondwaterstand te meten. De vergunninghoudster dient daarnaast twee keer per maand de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket te meten in de peilbuizen B37E0275, B37E0312, B37E3473, B37E3507 en B37E3502.



Zetting van maaiveld

De vergunninghoudster dient met deformatiemetingen afgeleid van satellietbeelden de zetting van gebouwen en infrastructuur in de omgeving te monitoren. Het gebied moet minimaal tot 500 meter van de winning reiken en bij iedere meting moeten minstens 100 objecten worden bemeaten, waaronder de zettingsgevoelige bebouwing in de omgeving. In de vergunning zijn verder nog enkele eisen opgenomen waaraan deze metingen moeten voldoen.

Waterkwaliteit van het grondwater

De vergunninghoudster rapporteert het chloridegehalte van het totaal opgepompte grondwater. Daarnaast eenmaal in de 5 jaar het chloridegehalte van het water in het eerste watervoerend pakket in de peilbuizen B37E0275, B37E0312, B37E3473, B37E3507 en B37E3502.

Evaluatie

De vergunninghoudster dient elke 10 jaar een evaluatie te verrichten waarin de veranderingen in de grondwaterstand, stijghoogte, chlorideconcentratie en de hiervoor beschreven deformatiemetingen aan de orde moet komen.

Bijlage II

Stijghoogtes in het 1^e wvp

In de tabel hieronder is per peilbuis in het 1^e watervoerend pakket het aantal dagen waarnemingen per jaar en de gemiddelde stijghoogte in dat jaar opgenomen. Enkel van de licht- en donkergroen gemarkeerde data is dat jaar om en nabij compleet. Bij de geel gemarkeerde peilbuizen wordt geen data meer ingewonnen. Dit omdat bijvoorbeeld de peilbuis is verdwenen bij werkzaamheden.

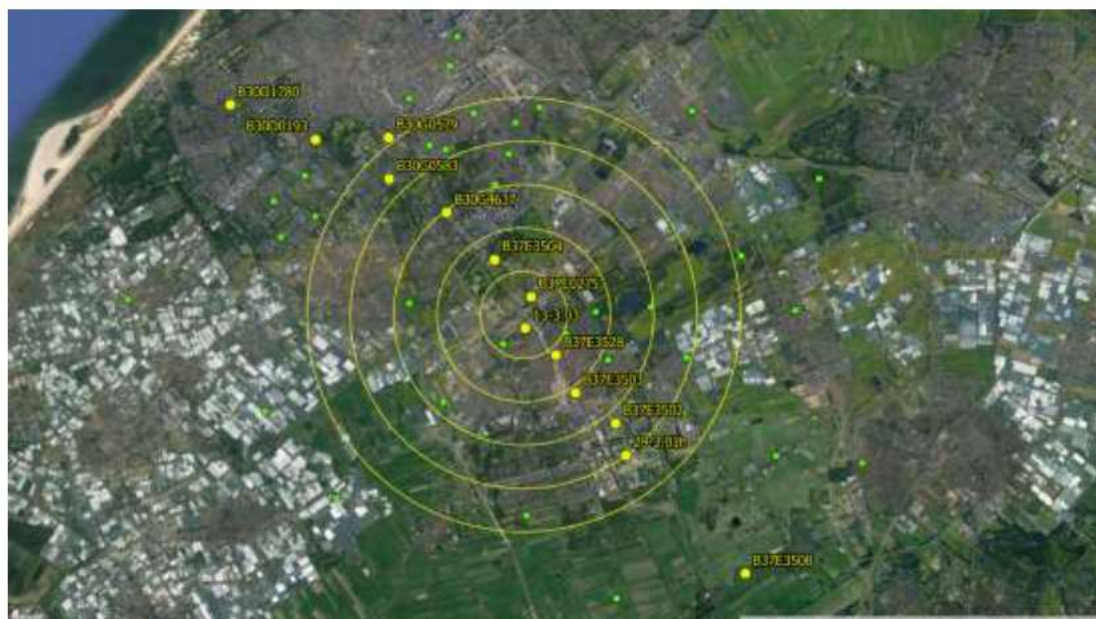
peilbuis	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		min	max	verschil
	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde	dagen	gemiddelde			
11-4-08	338	-6.10	295	-6.12	114	-5.95	59	-5.94	271	-5.80	365	-5.48	336	-5.04	355	-4.74	352	-4.56	-6.12	-4.56	1.55
13-3-03	321	-8.79	365	-8.87	365	-8.37	152	-8.16	365	-7.91	365	-7.34	335	-6.67	366	-5.92	325	-5.72	-8.87	-5.72	3.14
2-3-08	308	-4.85	365	-4.81	286	-4.81	285	-4.82	365	-4.72	365	-4.70	63	-4.32	366	-4.45	328	-4.37	-4.85	-4.32	0.53
29-3-01h	322	-4.44	336	-4.47			83	-4.44	365	-4.37	331	-4.26	351	-4.01	366	-3.87	320	-3.77	-4.47	-3.77	0.71
B30D0179	365	-1.30	365	-1.28	365	-1.30	263	-1.25	365	-1.34	17	-0.98	134	-1.38	337	-1.13	122	-0.90	-1.38	-0.90	0.48
B30D0180	365	-1.40	247	-1.28	365	-1.36	366	-1.35	260	-1.46	342	-1.44	365	-1.22	341	-1.24	111	-1.08	-1.46	-1.08	0.38
B30D0184	212	-1.58	365	-1.71	365	-1.73	366	-1.75	365	-1.77	341	-1.72	365	-1.61	49	-1.25	347	-1.34	-1.77	-1.25	0.52
B30D0187	234	-1.64	342	-1.69	365	-1.65	366	-1.63	260	-1.69	341	-1.79	349	-1.46	29	-1.11	224	-1.31	-1.79	-1.11	0.68
B30D0193	365	-1.11	365	-1.11	365	-1.12	189	-1.04	348	-1.03	342	-0.98	365	-0.86	194	-0.91	348	-0.90	-1.12	-0.86	0.26
B30D1780	259	-0.46	268	-0.47	203	-0.51	277	-0.40	365	-0.39	254	-0.40	349	-0.33	366	-0.28	349	-0.21	-0.51	-0.21	0.31
B30G0010	365	-2.31	365	-2.22	365	-2.23	366	-2.24	365	-2.28	342	-2.19	365	-2.06	366	-1.96	350	-1.85	-2.31	-1.85	0.46
B30G0017	259	-2.56	365	-2.51	365	-2.51	366	-2.49	366	-2.95	225	-2.37	128	-2.33	338	-2.26	363	-2.16	-2.56	-2.16	0.40
B30G0021	259	-2.81	365	-2.75	273	-2.95	366	-2.72	365	-2.70	342	-2.55	365	-2.37	163	-2.26	346	-2.30	-2.95	-2.26	0.69
B30G0119	259	-2.06	365	-2.02	280	-1.99	277	-2.11	365	-2.12	342	-2.03	365	-1.90	366	-1.81	365	-1.80	-2.12	-1.80	0.33
B30G0276	258	-1.46	279	-1.35	85	-1.48	366	-1.43	365	-1.54	342	-1.49	365	-1.40	366	-1.40	234	-1.34	-1.54	-1.34	0.20
B30G0279	259	-0.59	365	-0.50	365	-0.59	366	-0.52	365	-0.65	342	-0.57	365	-0.49	93	-0.59	215	-0.49	-0.65	-0.49	0.17
B30G0377	259	-3.09	365	-3.04	365	-3.01	261	-2.97	365	-2.94	342	-2.88	365	-2.66	29	-2.48	108	-2.43	-3.09	-2.43	0.65
B30G0378	259	-2.09	365	-2.04	365	-2.05	366	-2.03	365	-2.09	342	-1.99	365	-1.85	27	-1.73	327	-1.71	-2.09	-1.71	0.38
B30G0379	259	-1.71	365	-1.88	162	-1.84	366	-1.64	365	-1.68	223	-1.73	365	-1.56			338	-1.19	-1.88	-1.19	0.68
B30G0583	365	-2.01	365	-2.02	280	-2.00	277	-2.06	365	-2.03	342	-1.93	365	-1.79	366	-1.71	347	-1.58	-2.06	-1.58	0.48
B30G0586	110	-1.36	365	-1.43	365	-1.42	366	-1.40	365	-1.44	255	-1.39	348	-1.27	30	-1.15	237	-1.16	-1.44	-1.15	0.29
B30G0834	365	-0.24	342	-0.24	365	-0.17	366	-0.19	261	-0.26	342	-0.32	17	-0.24					-0.32	-0.17	0.15
B30G4579	259	-1.22	365	-1.15	365	-1.30	366	-1.19	365	-1.43	342	-1.34	128	-1.16	336	-1.27	363	-1.00	-1.43	-1.00	0.43
B30G4580	259	-1.41	365	-1.39	77	-1.35			347	-1.50	342	-1.43	365	-1.31	366	-1.25	362	-1.09	-1.50	-1.09	0.41
B30G4637	365	-2.98	365	-2.98	365	-2.95	366	-2.97	365	-2.98	342	-2.84	365	-2.61	51	-2.30	349	-2.32	-2.98	-2.30	0.68
B30G4638	365	-3.65	365	-3.63	365	-3.64	366	-3.64	248	-3.69	118	-3.71							-3.71	-3.63	0.07
B30H0126	206	-4.43	365	-4.50	365	-4.42	188	-4.27	330	-4.41	206	-4.42	365	-4.44	345	-4.43	138	-4.22	-4.50	-4.22	0.29
B37B0211	365	-0.98	247	-0.78	365	-0.95	188	-0.73	347	-0.89	344	-0.91	128	-0.63	338	-0.87	349	-0.69	-0.98	-0.63	0.35
B37B0233	365	-2.12	365	-2.12	365	-2.17	366	-2.10	262	-2.21	344	-2.14	365	-1.96	36	-1.36	361	-1.78	-2.21	-1.36	0.86
B37B3795	365	-2.88	365	-3.10	279	-3.29	283	-3.16	365	-3.04	344	-3.12	365	-2.76	366	-2.73	349	-2.38	-3.29	-2.38	0.91
B37E3813	365	-1.85	365	-1.95	365	-2.04	291	-1.96	347	-1.91	344	-1.96	365	-1.68	51	-0.89	231	-1.50	-2.04	-0.89	1.15
B37E0275	365	-7.18	240	-6.91	365	-6.65	293	-6.31	349	-6.31	365	-5.96	365	-5.44	361	-5.00	342	-4.77	-7.18	-4.77	2.41
B37E0312	365	-5.19	365	-5.20	365	-5.07	366	-5.01	248	-5.06	365	-4.80	365	-4.39	359	-4.14	342	-3.99	-5.20	-3.99	1.21
B37E0314	365	-4.90	365	-4.92	365	-4.86	366	-4.83	365	-4.83	342	-4.66	365	-4.39	359	-4.27	359	-4.16	-4.92	-4.16	0.76
B37E0382	271	-4.60	365	-4.53	279	-4.53	204	-4.56	347	-4.45	205	-4.35	365	-4.30	29	-4.26	327	-4.31	-4.60	-4.26	0.34
B37E0394	271	-4.58	365	-4.53	167	-4.41													-4.58	-4.41	0.17
B37E0561	365	-3.66	365	-3.72	258	-3.82	366	-3.86	366	-3.84	342	-3.65	365	-3.35	365	-3.17	360	-3.03	-3.86	-3.03	0.83
B37E3405	206	-4.70	216	-4.86	76	-4.51	73	-4.80	365	-4.72	254	-4.62	344						-4.86	-4.51	0.35
B37E3406	205	-4.68	365	-4.55					347	-5.02	344	-4.71	365	-4.34	47	-3.95	359	-3.94	-5.02	-3.94	1.07
B37E3469	112	-2.49	365	-2.67	167	-2.16	278	-2.14	365	-2.29	341	-2.12	365	-2.10	92	-2.28	345	-2.34	-2.67	-2.10	0.57
B37E3471	365	-4.89	365	-4.92	365	-4.90	366	-4.92	365	-4.81	254	-4.78							-4.92	-4.78	0.14
B37E3472	365	-3.01	365	-3.00	365	-2.97	366	-2.94	133	-2.96	342	-2.86	365	-2.75	366	-2.66	350	-2.56	-3.01	-2.56	0.45
B37E3473	300	-6.18	273	-6.21	279	-5.98			160	-5.99	365	-5.63	336	-5.04	355	-4.74	352	-4.56	-6.21	-4.56	1.65
B37E3499	272	-2.53	365	-2.59	365	-2.65	82												-2.69	-2.53	0.16
B37E3500			217	-4.53	365	-4.41	366	-4.37	365	-4.31	344	-4.25	365	-4.13	366	-4.10	199	-4.00	-4.53	-4.00	0.53
B37E3501	365	-4.23	365	-4.33	365	-4.37	83	-4.27											-4.37	-4.23	0.14
B37E3502	365	-4.66	365	-4.71	365	-4.64	366	-4.69	365	-4.62	365	-4.51	365	-4.22	351	-4.05	361	-3.92	-4.71	-3.92	0.79
B37E3503	365	-5.09	267	-4.79	289	-5.24	162	-5.09	239	-5.16	365	-4.82	365	-4.47	366	-4.22	282	-4.10	-5.09	-4.10	1.49
B37E3504	365	-4.65	365	-4.60	365	-4.42	89	-4.23	338	-4.13			349	-4.03	52	-3.51	350	-3.49	-4.65	-3.49	1.16
B37E3505	365	-5.77	247	-5.64	365	-5.56	366	-5.44	365	-5.39	342	-5.09	365	-4.68	366	-4.38	347	-4.21	-5.77	-4.21	1.56
B37E3506	271	-3.61	365	-3.65	365	-3.61	366	-3.64	262	-3.65	344	-3.50	246	-3.14	338	-3.16	364	-2.99	-3.65	-2.99	0.66
B37E3507	365	-6.75	365	-7.14	365	-7.52	366	-8.49	257	-8.30	365	-7.54	364	-6.81	338	-6.30	363	-5.99	-8.49	-5.99	2.50
B37E3508	271	-3.98	267	-3.97	198	-3.86	366	-3.88	263	-3.8515	341	-3.83	365	-3.72	366	-3.69	292	-3.22	-3.98	-3.22	0.75
B37E3509	365	-7.04	23	-6.79															-7.04	-6.79	0.24
B37E3510	254	-6.81																	-6.81	-6.81	0.00
B37E3528	213	-6.82	365	-6.11	365	-5.99	366	-5.99	259	-5.86	342	-5.62	128	-5.55	366	-4.79	365	-4.60	-6		

Bijlage III

Raai noordwest zuidoost

In de tabel hieronder staan de gebruikte peilbuizen voor Figuur 8.

	CODE	Maaiveld (mNAP)	Afstand (m)
1	B37E3508	-2.95	7930
2	29-3.01h	-1.50	4080
3	B37E3502	-0.43	3360
4	B37E3503	+0.28	2240
5	B37E3528	+1.68	1270
7	13-3.03	-0.17	380
8	B37E0275	+0.40	-400
9	B37E3504	-0.19	-1364
10	B30G4637	+0.80	-2860
11	B30G0583	+0.37	-4330
12	B30G0579	+0.79	-5060
13	B30D0193	-0.52	-6210
14	B30D01780	-0.43	-8240



Deltares-rapport

**Bodem- en
Grondwatersystemen**

Princetonlaan 6
Postbus 85467
3508 AL Utrecht

www.deltares.nl

T 030 256 47 50
F 030 256 48 55
info@deltares.nl

2008-U-R0960/A

Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht)

Onderzoek naar effecten van stopzetting

grondwateronttrekking DSM Delft - Hoofdrapport

Datum november 2008

Auteur(s)

art 5 1-2e

Mede-auteurs:

art 5 1-2e

Onderzoekspartners

Provincie Zuid Holland
Hoogheemraadschap van Delfland
Gemeente Delft
Delft Cluster

Projectnummer

092.35161

Aantal pagina's

102 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

1

Goedgekeurd door

art 5 1-2e

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Deltares.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan Deltares, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het Deltares-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Managementsamenvatting

Achtergrond

Sinds 1916 wordt in het centrum van Delft grondwater onttrokken. In de loop van de jaren is de hoeveelheid gestaag toegenomen. In 1996 is aan DSM Gist vergunning verleend om 13,5 miljoen m³ per jaar te onttrekken. De situatie is echter veranderd, DSM Gist heeft aangegeven het grondwater niet meer nodig te hebben. Delft, de omliggende gemeenten en andere belanghebbenden zullen daarop moeten anticiperen.

De Provincie Zuid Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Delft hebben daarom het initiatief genomen voor een onderzoek dat deels wordt gesubsidieerd door Delft Cluster (DC). Het onderzoek is uitgevoerd door TNO, WL Delft Hydraulics en Geo Delft (sinds 2008 opgegaan in Deltares). Deze organisaties bundelden hun kennis van ondergrond, bodem en (grond)water.

Door middel van een Quickscan in 2005 is kwalitatief inzicht verkregen in de mogelijke effecten van reductie van de winning onderverdeeld naar de thema's: grondwaterstijging, geotechniek en grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. De resultaten van deze scan zijn aanleiding geweest voor vervolgonderzoek waarvan hieronder de uitkomsten worden weergegeven. Het vervolgonderzoek bestaat uit de ontwikkeling van zowel een monitoringstrategie als ook een state-of-the-art modelinstrumentarium om meer in detail uitspraken te kunnen doen over de mogelijke effecten en maatregelen.

Modelinstrumentarium

Het modelinstrumentarium bestaat uit een 3D geologisch model van de ondergrond op basis waarvan een regionaal grondwatermodel (Modflow) ontwikkeld is waarmee ook detailberekeningen (25x25m) mogelijk zijn. Van daar uit is een kwaliteitsmodel (Mocdens 3D) ontwikkeld dat transport van zout en brak grondwater simuleert. Gekoppeld met het oppervlaktewatermodel (Sobek) levert het inzicht in de kwaliteitsontwikkeling van grond- en oppervlaktewater. De mate waarin bodembeweging zal plaatsvinden is bepaald met behulp van het geotechnische model waarin het geologische 3D model van de ondergrond en de berekende grondwaterstanden zijn opgenomen, aangevuld met noodzakelijke zettingsparameters. Elk model bevat recente gegevens die zoveel mogelijk in detail zijn ingebracht. Ondanks dat, kennen die basisgegevens en de verschillende modelinstrumenten hun eigen betrouwbaarheid. Dat is meegewogen in de analyse van de modeluitkomsten en is van belang bij (toekomstige) gebruiksmogelijkheden van de modellen. De werking van het grondwatermodel is geanalyseerd en geijkt op gemeten reeksen van grondwaterstanden.

Monitoringnetwerk

Speciaal gericht op de problematiek van de winning is een monitoringstrategie ontwikkeld voor de genoemde thema's grondwaterstijging, geotechniek en grond- en oppervlaktewaterkwaliteit.

Monitoring wordt van groot belang geacht omdat het informatie levert over de nul-situatie en zo de mogelijkheid biedt om in de toekomst het effect van de winning te onderscheiden van andere effecten. Daarnaast zijn de uitkomsten bruikbaar om gedane

modelvoorspellingen te verifiëren en waar nodig het modelinstrumentarium te verbeteren. Belangrijk is dat monitoring de mogelijkheid biedt om tijdens het verminderen van het debiet eventuele problemen te identificeren.

Bij de ontwikkeling van het monitoringnetwerk is waar mogelijk aansluiting gezocht bij bestaande meetpunten. Daarnaast worden nieuwe meetpunten geadviseerd op plaatsen waar onvoldoende dekking is. De monitoring op het gebied van grondwateroverlast, grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit bevindt zich op dit moment in de aanbestedingsfase. De kosten daarvoor zijn geraamd op 190 kEUR (aanleg) en 150 kEUR (jaarlijkse exploitatie). Deze kosten worden op basis van taakstelling gedeeld door de betrokken partijen.

De monitoring voor geotechniek is nog in onderzoek en wordt voorlopig geraamd op een jaarlijkse exploitatie van 350 kEUR naast de eenmalige aanlegkosten van 470 kEUR.

Onderzoeksopzet

De kern van het onderzoek is de uitvoering van een geïntegreerde modelstudie die de gevolgen van de stopzetting en effecten van mogelijke maatregelen in kaart brengt. Omdat het onderzoek strategische keuzes moet ondersteunen is nadrukkelijk gekeken naar drie verschillende winningregimes ten opzichte van de gemiddelde onttrekking van 1400 m³/uur in de periode tot 2005, namelijk 1000, 800 en 0 m³/uur. Gedurende het onderzoek zijn diverse bijeenkomsten georganiseerd waarin vertegenwoordigers van de betrokken overheden en belanghebbenden betrokken zijn in het proces en bij de ontwikkeling van het modelinstrumentarium.

Uitkomsten

De verschillende simulatiemodellen geven inzicht in de gevolgen van de (gedeeltelijke) stopzetting van de winning. De vier belangrijkste onderwerpen gelet op de impact (kosten) zijn kadestabiliteit, drainage als maatregel om grondwateroverlast te voorkomen, oppervlaktewaterkwaliteit en schade aan panden.

De uitkomsten zijn vergeleken met onderzoek dat Royal Haskoning in 2005 heeft uitgevoerd. Er is overeenstemming over de effecten op grondwateroverlast bij verregaande reductie en sluiting van de winning. Het Delft Cluster onderzoek gaat verder door effectberekeningen uit te voeren voor de onderwerpen waterkwaliteit en bodembeweging. De conclusie dat reductie tot een permanente onttrekking op winterdebiet geen problemen oplevert, is onvoldoende onderbouwd en houdt geen rekening met het risico dat kadestabiliteit kan optreden.

Kadestabiliteit

Reductie van de winning veroorzaakt een toename van de grondwaterdruk in de ondergrond die zou kunnen leiden tot instabiliteit van kades. Delfland laat momenteel onderzoeken hoeveel kilometer kade daadwerkelijk risico loopt en bij welke toename van de grondwaterdruk het risico niet meer aanvaardbaar is. Schattingen van het aantal kilometer te herstellen kade lopen daardoor sterk uiteen. Bij een geringe winningreductie (tot 1000 m³/uur) en uitgaande dat de kades beperkt gevoelig zijn bedragen de kosten voor 25 km kadeverbetering 5 miljoen Euro. Wordt de winning echter geheel gesloten en mocht blijken dat kades kwetsbaarder zijn, dan moet

er tussen de 125 km en 200 km kade worden hersteld waarvoor de kosten respectievelijk 25 en 40 miljoen Euro bedragen. Bij het tussenscenario (800 m³/uur) moet tussen de 60 km en 110 km kade worden hersteld waarvoor de kosten respectievelijk 12 en 21 miljoen Euro bedragen.

Grondwateroverlast - maatregel drainage

Reductie van de winning leidt tot toename van de grondwaterstanden aan maaiveld. In gebieden met een kritische grondwaterstand kan dat tot problemen leiden. In samenspraak met de belanghebbende partijen is vastgesteld wat de maximale omvang van de overlastgebieden is waar eventueel drainage noodzakelijk is. Bij een winningreductie (tot 1000 m³/uur) zijn de aanlegkosten voor 200 ha drainage circa 8,5 miljoen Euro. Bij sluiting lopen de kosten op tot 27,5 miljoen Euro (voor 600 ha drainage). Bij het tussenscenario (800 m³/uur) is naar verwachting 300 ha drainage nodig waarvan de aanlegkosten op 13,1 miljoen worden geschat.

Oppervlaktewaterkwaliteit

Sluiting van de winning beïnvloedt de grondwaterstroming waardoor de kans bestaat dat brak grondwater in het oppervlaktewater terecht komt. Wanneer de chlorideconcentratie boven de norm uitkomt, is doorspoelen met zoet water nodig. In tegenstelling tot eerdere schattingen leidt stopzetten van de winning niet tot zulke grote veranderingen in de concentraties dat extra investeringen nodig zijn om de doorspoelcapaciteit te vergroten.

Geotechniek

Een belangrijk gevolg van stijging van de grondwaterstand door reductie van de winning is verticale bodembeweging (zwell). De inschatting is dat op sommige plekken deze rijzing van het maaiveld zeer snel kan volgen op de reductie van de winning. Het is de vraag of sommige panden deze rijzing kunnen ondergaan. Net als in de Quickscan is de schatting dat mogelijk een zeer lichte tot matige schade (o.a. gedefinieerd als 'scheuren van maximaal 1,5 cm') zal optreden wanneer de winning wordt gesloten, voornamelijk aan op staal gefundeerde panden. Samen met een inschatting van schade aan monumenten wordt de effectreducerende maatregelen bij sluiting van de winning geschat op 9 miljoen Euro. Hierin zijn niet opgenomen de mogelijke effecten bij bedrijfspanden op het terrein van DSM en eventuele oprijfrisco's van kelderconstructies. Worden alle onzekerheden meegenomen dan kan het bedrag oplopen tot 33 miljoen Euro.

Monitoring is zeker voor dit thema essentieel om meer inzicht te krijgen in het werkelijke gedrag van de ondergrond en de reactie van constructies daarop.

Overige onderdelen

Naast bovenstaande onderdelen zijn de kosten voor andere posten ingeschat. Gezamenlijk komen deze uit op een omvang van enkele miljoenen euro's. Het betreft onder meer kosten voor het aanpassen of inrichten van grondwater- en bodemsaneringen, extra waterbezwaar van rioolvreemd water op de RWZI, en extra drainage voor de verdiepte A4 en station Rijswijk.

Voor wat betreft de bodemverontreinigingen zullen alleen locaties in Delft, Rijswijk, Pijnacker-Nootdorp en een deel van Midden Delfland mogelijk beïnvloed worden. Bij stopzetting van de winning worden verontreinigingen in die gebieden niet meer ingevangen door de winning en zal eigen sanering nodig zijn maar dan allen in die gevallen waarbij geen natuurlijke afbraak optreedt.

Naast drainage is reallocatie van de winning onderzocht als maatregel om gericht negatieve effecten te beperken. Daarbij is gekeken in hoeverre het verstandig zou zijn om het gereduceerde onttrekkingsdebiet (deels) buiten het DSM terrein te realiseren naar die locaties buiten het DSM terrein waar de negatieve effecten het grootst zijn. Gebleken is dat reallocatie technische gezien geen effectieve maatregel is.

Toekomstmogelijkheden van de winning

Reductie van de winning is niet zonder meer mogelijk. Uit de modelstudie blijkt dat er verschillende maatregelen (zoals drainage en aanpassing van kadeconstructies) genomen moeten worden om negatieve effecten van reductie te voorkomen of te beperken. De aanleg van een monitoringsysteem voorafgaand aan reductie is essentieel, alleen dan kunnen de effecten goed gemonitord worden en kunnen maatregelen afgestemd worden op de werkelijkheid. Gezien de onzekerheid van het optreden van effecten moeten de reductiestappen (zeker in de beginfase) klein gekozen worden. De grootte van de reductiestap zal proefondervindelijk worden bepaald waarbij als indicatie een reductie van 50 m³/uur wordt voorgesteld. De reductie moet voorafgegaan worden door een goede nulmeting voor de verschillende thema's.

Het onderzoek heeft zich geconcentreerd op de effecten van vermindering of stopzetting van de grondwateronttrekking. Nu de verwachting is dat een aanzienlijke investering gedaan moet worden om negatieve effecten van - ook een beperkte - reductie te voorkomen of te beperken, is het noodzakelijk om de winning voor langere tijd op een relatief hoog debiet voort te zetten. Om die reden is het - mede vanuit de duurzaamheidsgedachte - zinvol om onderzoek te doen naar mogelijkheden van hergebruik van dit water. Een dergelijk onderzoek wordt inmiddels uitgevoerd.

Conclusie en aanbeveling

- Het stopzetten van de winning zonder het treffen van adequate maatregelen leidt tot extra grondwateroverlast, verhoging van risico's op kadeinstabiliteit en verhoging van risico's op matige schade aan panden en constructies. Ook bij reductie van de winning zullen maatregelen nodig zijn.
- De belangrijkste maatregel om grondwateroverlast te voorkomen, is het aanleggen van drainage. Bij een debiet van 1000 m³/uur is naar schatting 40 km drainage nodig in Delft, Rijswijk, Den Haag. De kosten hiervoor bedragen ca. 8,5 miljoen euro. De termijn waarop dit redelijkerwijs kan worden aangelegd bedraagt 5 tot 10 jaar en kan oplopen tot tientallen jaren wanneer niet aangesloten wordt bij rioolvervangingsprogramma's.
- Kadeherstel is de maatregel om schade aan kadelichamen te voorkomen. Bij een debiet van 1000 m³/uur moet, afhankelijk van het risico op detailniveau, 25 tot 75 km kade worden onderzocht en mogelijk hersteld. Omdat uitvoering ook jaren kan duren is kadeherstel samen met drainageaanleg bepalend voor de snelheid waarmee reductie van de winning mogelijk is.

- Delft en omgeving hebben te maken met bodemdaling. Een positief effect van het stopzetten van de winning is dat bodemdaling door veenoxidatie zal afnemen. Zeer lichte tot matige schade aan op staal gefundeerde panden kan echter optreden op plaatsen waar bodemrijzing (door zwel) verwacht wordt. Om het werkelijke effect met monitoring te kunnen volgen en vanwege de onzekerheid op verschillende punten heeft langzame afname van de winning de voorkeur boven snelle reductie.
- In het geval dat de winning volledig wordt gesloten zal er op termijn slechts een zeer geringe toename van de chlorideconcentratie van het oppervlaktewater plaatsvinden die met de beschikbare doorspoelcapaciteit te beheersen is.
- Om de drie winningscenario's te kunnen vergelijken zijn de netto contante waarden voor de verschillende posten bepaald. De gemiddelde netto contante waarden voor de scenario's zijn achtereenvolgens 20 miljoen Euro (1000 m³/uur), 30 miljoen Euro (800 m³/uur) en 67 miljoen Euro (winning uit).
- Monitoring van de verschillende effecten is van groot belang. Een nulmeting dient als referentie voor toekomstige veranderingen. Vervolgmonitoring maakt het mogelijk nadelige effecten tijdig te signaleren waarna maatregelen getroffen kunnen worden en het wordt duidelijk welke effecten daadwerkelijk het gevolg zijn van verandering in de winning. Daarnaast maken nieuwe meetgegevens het mogelijk meer betrouwbare voorspellingen te doen voor verdere reductie.
- Op grond van bovenstaande verdient het de voorkeur om bij reductie een voorzichtige strategie te volgen waarbij gelijktijdige monitoring van de gevolgen een centrale rol speelt. Bij ongewenste effecten is dan tijdig ingrijpen mogelijk. De daadwerkelijke strategie hangt ook af van de genomen maatregelen. De grootte van de reductiestap zal proefondervindelijk worden bepaald waarbij als indicatie een reductie van 50 m³/uur wordt voorgesteld.

Inhoudsopgave

	Managementsamenvatting	3
	Voorwoord.....	13
1	Inleiding	15
1.1	Achtergrond	15
1.2	Totstandkoming van het onderzoek	16
1.3	Beschrijving van de afgeronde fase 1 van het onderzoek, de Quickscan	16
1.4	Onderzoeksgebied.....	17
1.5	DSM Gist.....	18
1.6	Leeswijzer.....	19
1.7	Rapportages in DSM verband.....	20
2	Onderzoeksaanpak	21
2.1	Probleemanalyse	21
2.2	Onderzoeksdoelen.....	21
2.3	Organisatiestructuur.....	22
2.4	Betrokkenheid partijen en relatie bestuurlijk overleg	22
2.5	Promovendus	23
2.6	Rol van de monitoringstrategie.....	23
3	Beschrijving watersysteem voor het onderzoeksgebied.....	27
3.1	Het grondwatersysteem.....	27
3.2	Grondwaterkwaliteit	30
3.3	Oppervlaktewater.....	31
4	Ontwikkeling modelinstrumentarium	33
4.1	Innovatie vanuit Delft Cluster onderzoek	33
4.2	Grondwatermodel kwantiteit	33
4.3	Grondwatermodel kwaliteit	36
4.4	Oppervlaktewaterkwaliteit.....	37
4.5	Bodembeweging	39
4.6	Nauwkeurigheid van het model	40
4.7	Gebruiksmogelijkheden modelschil iMOD	42
4.8	Doorkijk naar overige toepassingen.....	43
5	Effecten van reductie van de winning en maatregelen	47
5.1	Inleiding.....	47
5.2	Effect op (on)diep grondwater	47
5.3	Geotechniek	50
5.4	Grondwaterkwaliteit	53
5.5	Oppervlaktewaterkwaliteit.....	56
5.6	Saneringen en grondwaterverontreinigingen	56
5.7	Mogelijke maatregelen	57
6	Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA).....	61
6.1	Inleiding.....	61
6.2	Toelichting op methode van kwantificering + gevolgen stopzetting	61
6.3	Kosten en baten van de alternatieven.....	78

6.4	Slotconclusies	80
7	Toekomstmogelijkheden winning.....	83
7.1	Inleiding.....	83
7.2	Belangrijkste conclusies	83
7.3	Alternatieven.....	84
7.4	Fasering.....	85
7.5	Tijds- en kostenaspecten.....	87
8	Conclusies en aanbevelingen.....	91
8.1	Conclusies.....	91
8.2	Aanbevelingen	93
9	Referenties	95

Bijlage(n)

A Vergelijkende analyse onderzoek Royal Haskoning

Lijst van figuren en tabellen

Figuren

<i>FIGUUR 1.1: STIJGHOOGTEN IN HET EERSTE WATERVOEREND PAKKET (IN METERS T.O.V. NAP).</i>	15
<i>FIGUUR 1.2: KWALITATIEVE INSCHATTING ZONEGRENZEN EFFECTEN VOLGENS QUICKSCAN UIT 2005</i>	18
<i>FIGUUR 1.3: DEEL VAN HET DSM TERREIN WAAR BRONNEN GEÏNSTALLEERD ZIJN.....</i>	18
<i>FIGUUR 2.1: ORGANISATIESTRUCTUUR.....</i>	22
<i>FIGUUR 3.1: STIJGHOOGTEPATROON VOOR HET EERSTE WATERVOEREND PAKKET IN METERS T.O.V. NAP.....</i>	28
<i>FIGUUR 3.2: VERTICALE STROMINGSRICHTING IN DE DEKLAAG RICHTING WATERVOEREND PAKKET (BLAUW) EN RICHTING ONDIEP GRONDWATER (ROOD)</i>	29
<i>FIGUUR 3.3: GESCHATTE CHLORIDECONCENTRATIE [MG/L] DIRECT ONDER DEKLAAG</i>	30
<i>FIGUUR 3.4: BEHEERSGEBIED HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND (BRON: WEBSITE DELFLAND).....</i>	31
<i>FIGUUR 4.1: LIGGING EN OMVANG VAN HET MODELGEBIED</i>	34
<i>FIGUUR 4.2: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HET BOEZEMSYSTEEM</i>	37
<i>FIGUUR 4.3: TYPEN MODELKNOPEN</i>	38
<i>FIGUUR 5.1: TOENAME VAN DE STIJGHOOGTE DOOR AFNAME WINNING TOT (A) 1000 M³/JAAR (B) 800 M³/JAAR (C) 400 M³/JAAR EN (D) SLUITING</i>	48
<i>FIGUUR 5.2: MET GRONDWATERMODEL BEREKENDE TOENAME VAN DE FREATISCHE GRONDWATERSTAND TEN GEVOLGE VAN SLUITING VAN DE WINNING (ZIE OOK HET VOORBEHOUD)</i>	50
<i>FIGUUR 5.3: KADEN MET STIJGHOOGTEVERANDERING > 0,25 M BIJ EEN WINNING VAN 1000M³/UUR</i>	51
<i>FIGUUR 5.4: BEREKENDE OMVANG VAN DE MAAIVELDRIJZING [EINDWAARDE IN METERS]. ZIE OOK HET VOORBEHOUD</i>	52
<i>FIGUUR 5.5: MAXIMALE CONCENTRATIETOENAME [MG/L] IN HET OPPERVLAKTEWATER VAN DELFLAND T.G.V. STOPZETTING VAN DE WINNING</i>	53
<i>FIGUUR 5.6: DRAAIRICHTING VAN DE GRONDWATERSTROMING TEN GEVOLGE VAN SLUITING VAN DE WINNING.....</i>	57

<i>FIGUUR 5.7: WORKSHOPRESULTAAT: KAART MET GEBIEDEN WAARBINNEN DRAINAGE WAARSCHIJNLIJK NOODZAKELIJK BIJ STOPZETTING</i>	58
<i>FIGUUR 6.1: BELANGRIJKSTE TYPE FUNDERING EN BOUWPERIODE.....</i>	64
<i>FIGUUR 6.2: RIJZING [IN M], BUURTEN EN VOORKOMEN PANDEN MET STAALFUNDERING EN MONUMENTEN</i>	65
<i>FIGUUR 6.3: GRAFIEKEN MET AANTAL KM RISICOVOLLE KADES BIJ VERSCHILLENDE NIVEAUS VAN DE WINNING EN VERSCHIL IN GEVOELIGHEID</i>	74
<i>FIGUUR 6.4: BODEMDALING ALS GEVOLG VAN VEENOXIDATIE NA 30 JAAR MÉT ONTTREKKING...</i>	76
<i>FIGUUR 6.5: KOSTEN VOOR DE VIER ALTERNATIEVE ONTTREKKINGSDEBIETEN</i>	81
<i>FIGUUR 9.1: AANDACHTSGEBIEDEN BIJ REDUCTIE ONTTREKKING VAN 1200 NAAR 500 M³/UUR ...</i>	3
<i>FIGUUR 9.2: AANDACHTSGEBIEDEN BIJ REDUCTIE ONTTREKKING VAN 1200 NAAR 0 M³/UUR</i>	4

Tabellen

<i>TABEL 3.1: GEBIEDSWATERBALANS DELFLAND 2003</i>	32
<i>TABEL 4.1: INDICATIEVE REKENTIJDEN VOOR DE VERSCHILLENDE (DEEL)MODELLEN.....</i>	43
<i>TABEL 5.1: VERANDERING VAN DE VERTICALE FLUX IN DE DEKLAAG.....</i>	54
<i>TABEL 6.1: INVENTARISATIE AANTAL PANDEN MET OVERWEGEND STAALFUNDERING, VERDEELD NAAR MATE VAN ZETTING, DSM-TERREIN EN RIJSWIJK NIET MEEGENOMEN</i>	66
<i>TABEL 6.2: INDELING IN SCHADEKLASSEN VOOR SCHADE AAN BELENDINGEN [BOSCARDIN]. DE SCHADEKLASSEN 1 EN 2 WORDEN AANGEMERKT ALS ARCHITECTONISCHE SCHADE, SCHADEKLASSEN 3 T/M 5 ALS CONSTRUCTIEVE SCHADE. HERSTELKOSTEN VOLGENS INDICATIEVE SCHATTING</i>	67
<i>TABEL 6.3: MOGELIJK VOORKOMENDE SCHADE AAN PANDEN NA STOPPEN WINNING, UITGAANDE VAN VERSCHILFACTOR 0,5 IN ZAKKING EN KARAKTERISTIEKE LENGTE VAN 10 M</i>	68
<i>TABEL 6.4: MOGELIJKE SPREIDING QUA SCHADE AAN PANDEN IN DELFT MET STAALFUNDERING NA SLUITING WINNING.....</i>	68
<i>TABEL 6.5: PROGNOSE VAN SCHADE AAN BELENDINGEN DOOR VOLLEDIG STOPZETTEN VAN ONTTREKKING</i>	69
<i>TABEL 6.6: VERZAMELDE INVESTERINGSKOSTEN EN JAARLIJKSE KOSTEN PER WINNINGALTERNATIEF</i>	78
<i>TABEL 6.7: NETTO CONTANTE WAARDEN PER POST VOOR DRIE ALTERNATIEVEN</i>	80
<i>TABEL 7.1: ACTIVITEITEN EN FASERING VOOR ALTERNATIEF 2 'WINNING OPTIMAAL REDUCEREN'</i>	88

Voorwoord

Deze rapportage vormt de centrale rapportage van het Delft Cluster onderzoek gericht op de reductie van de grondwaterwinning van DSM gist in Delft en de effecten daarvan op de ondergrond en het (grond)watersysteem.

Het onderzoek is uitgevoerd door de TNO (Business unit Bodem en Grondwater), WL Delft Hydraulics en GeoDelft in directe samenwerking met de provincie Zuid Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Delft.

Vanaf januari 2008 zijn de drie organisaties achter de uitvoerende partijen door een fusie samengekomen in het nieuwe onderzoeksinstituut Deltares.

In het kader van het Delft Cluster onderzoek zijn naast deze hoofd rapportage drie gerelateerde rapportages verschenen.

- In 2005 is de **Quickscan** DSM-spoorzone (Gehrels e.a. 2005) uitgebracht waarin de problematiek rond reductie van de winning op kwalitatieve wijze is verkend en waarin aanbevelingen voor nader onderzoek zijn geformuleerd. Er wordt in de tekst regelmatig verwezen naar deze publicatie. Dat gebeurt dan eenvoudig door te verwijzen naar 'de Quickscan'.
- Onderdeel van het onderzoek is het advies om een **integraal monitoringnetwerk** in te richten om toekomstige ontwikkelingen rond de winning te kunnen volgen, te kunnen verklaren en het te ontwikkelen modelinstrumentarium te optimaliseren. Een beschrijving van het voorgestelde netwerk is afzonderlijk gerapporteerd (Roelofsen 2008).
- Uitspraken over zowel de effecten van reductie als de efficiëntie van maatregelen zijn gebaseerd op berekeningen met de ontwikkelde modelinstrumenten. Het betreft het grondwater model voor kwantiteit en kwaliteit, het oppervlaktewatermodel en het bodemdalingmodel. Een technische beschrijving van de totstandkoming van die afzonderlijke instrumenten is in een afzonderlijk **technisch rapport** gepubliceerd.

Vanaf begin 2007 is het Delft Cluster onderzoek als case-study gebruikt binnen de promotiestudie van Tom Raadgever, promovendus van de Technische Universiteit Delft. Hij onderzoekt in hoeverre samenwerking tussen onderzoekers, beleidsmakers en andere belanghebbenden leidt tot leren, met een focus op leren van specialistische (model)kennis. Noodzakelijke gegevensinput is verkregen door observatie, enquêtering en interviews rond de verschillende bijeenkomsten en bij de diverse betrokken partijen. De uitkomsten zullen naar verwachting in de loop van 2009 beschikbaar komen.

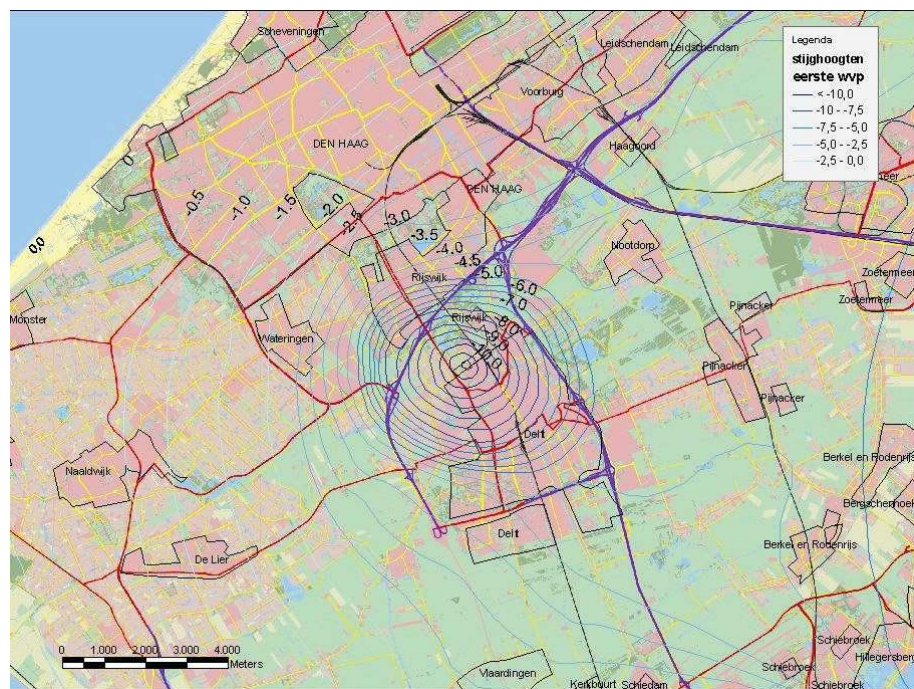
Utrecht, november 2008

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Ten noordwesten van het centrum van Delft ligt het terrein van DSM Gist. In 1916 zijn de voorgangers van DSM Gist begonnen met grondwateronttrekkingen ten behoeve van koeling van hun industriële processen. In de loop van de tijd zijn de activiteiten uitgebreid en daarmee de onttrokken hoeveelheid grondwater. In 1996 heeft DSM Gist een vergunning verkregen voor het onttrekken van 13,8 miljoen m³ grondwater per jaar.

DSM heeft echter niet continu de volledige vergunningshoeveelheid aan grondwater onttrokken. De laatste jaren was de onttrekking ongeveer 12,3 miljoen m³. Aangezien in de winter ook oppervlaktewater geschikt is voor koeling, wordt in de winterperiode minder grondwater onttrokken dan in de zomerperiode. Het debiet varieert tussen de 1200 (winter) en 1600 m³/uur (zomer). Het effect van deze onttrekking is met name in het stijghoogtepatroon onder de deklaag terug te zien (zie Figuur 1.1).



Figuur 1.1: Stijghoogten in het eerste watervoerend pakket (in meters t.o.v. NAP)

DSM heeft eind 2004 aangekondigd een groot deel van de onttrekking niet meer nodig te hebben voor bedrijfsprocessen, en dat zij op termijn de grondwateronttrekking volledig willen beëindigen.

Delft en omgeving zal daarom in de komende jaren moeten anticiperen op de mogelijke veranderingen in het onttrekkingsregime van DSM Gist. De grondwateronttrekking van DSM had de afgelopen jaren een gemiddelde omvang van 12,3 miljoen m³ per jaar en is eind 2005 al deels verlaagd door permanent het winterdebiet te onttrekken.

1.2 Totstandkoming van het onderzoek

Binnen het onderzoeksprogramma Delft Cluster wordt onder andere onderzoek gedaan naar innovatie in het stedelijk waterbeheer in het project 'Integrale stedelijk waterbeheer' (ISW). Het doel van het onderzoek in ISW is het bundelen en het ontwikkelen van innovatieve kennis ter ondersteuning van het planvormingsproces en het operationele beheer van het gehele stedelijke watersysteem. Dit doel kan ondermeer worden bereikt door de ontwikkeling van een integraal ondersteunend instrumentarium en toetsing daarvan in de praktijk. De ontwikkelde kennis zal lokale waterbeheerders en watergebruikers in staat stellen om betere afwegingen te maken voor inrichting en operationeel waterbeheer van het stedelijke watersysteem. Specifiek geldt dit voor complexe situaties waar sprake is van een vergelijkbare situatie als in Delft. Een van de deelonderzoeken in ISW betreft het onderzoek naar de vermindering en stopzetting van de grondwateronttrekking van DSM. De Provincie Zuid Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Delft participeren in dit onderzoek.

Binnen het onderzoeksproject ISW vormt het onderzoek naar de effecten en oplossingen voor DSM een zeer interessante integrale praktijkstudie waarin vernieuwende concepten en kennis worden toegepast en getest. Het onderzoek wordt uitgevoerd door een consortium van TNO (Business unit Bodem en Grondwater), GeoDelft en WL | Delft Hydraulics¹ waarmee unieke kennis en informatie over bodem, ondergrond, oppervlaktewater, grondwater, geotechniek en het ruimtelijk modelleren daarvan bij elkaar worden gebracht. De financiering van het onderzoek bestaat uit bijdragen van Delft Cluster II, de kennisinvesteringsprogramma's van de uitvoerende organisaties en enkele overheden, te weten de Provincie Zuid-Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de Gemeente Delft. Het directe belang van de drie overheden is dat ze binnen hun beheergebied direct gevolgen ondervinden van de toekomstige veranderingen in het onttrekkingsregime van de winning, en daarom zullen moeten onderzoeken hoe zij hier het beste op kunnen anticiperen.

1.3 Beschrijving van de afgeronde fase 1 van het onderzoek, de Quickscan

De eerste stap van het Delft Cluster onderzoek betrof de 'Quickscan DSM-spoorzone' die in 2005 is afgerond (Gehrels e.a. 2005). Het huidige onderzoek is hierop een vervolg en bouwt voort op de opgedane kennis, resultaten en aanbevelingen uit de Quickscan.

Verkenningfase

De Quickscan DSM-spoorzone heeft geresulteerd in een kwalitatief overzicht van de effecten van de combinatie van de twee ingrepen op de thema's Grondwaterstijging, Geotechniek en Waterkwaliteit en een uitwerking van oplossingsrichtingen voor het tegengaan of verminderen van de effecten.

In de Quickscan werd de conclusie getrokken dat vervolgonderzoek in alle gevallen noodzakelijk is. Aanbevolen werd om in te zetten op een combinatie van een alternatief voor hergebruik van de grondwaterwinning voor andere doeleinden en een alternatief waarin de winning wordt gereduceerd. Het onderzoek naar mogelijkheden voor nuttig hergebruik valt buiten de scope en is onder regie van de provincie aan een derde partij uitbesteed.

¹ Sinds 1 januari 2008 zijn deze partijen, samen met onderdelen van Rijkswaterstaat, opgegaan in een nieuwe organisatie: Deltares. Dit onafhankelijke onderzoeksinstituut richt zich op water en ondergrond in deltagebieden

Onderzoeksfase

Het voorliggende onderzoek richt zich op het kwantificeren van het merendeel van de effecten die in de Quickscan op een kwalitatieve manier zijn geïnventariseerd. Effecten van veranderingen in het onttrekkingsregime worden hierin gekwantificeerd voor de thema's grondwaterstijging, geotechniek en (grond)waterkwaliteit, rekening houdend met de aanleg van de spoortunnel. Waar dat in dit rapport nuttig is, zullen uitkomsten van de Quickscan naast de nieuwe inzichten worden gelegd.

1.4 Onderzoeksgebied

Voor elk van de drie thema's die worden beoordeeld, geldt een ander beïnvloeding- of risicogebied waarop de focus van het onderzoek zich zal richten.

Grondwaterstijging is een direct gevolg van reductie van de winning. Het effect ervan op de diepe grondwaterstand (stijghoogte) is vooral op grote afstand meetbaar in het watervoerend pakket waaruit wordt onttrokken. Dit volgt uit het feit dat ook de huidige 'onttrekkingskegel' in het regionale stijghoogtepatroon duidelijk te zien is (*Figuur 1.1*). Het invloedsgebied komt nagenoeg overeen met het beheergebied van Delfland. Het effect op de ondiepe grondwaterstand is beduidend minder omdat het effect wordt gedempt door de tussenliggende deklaag.

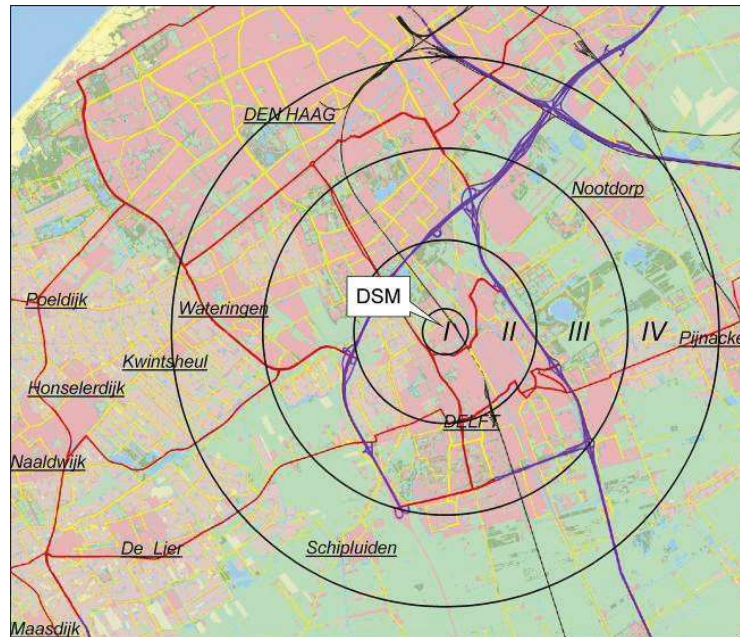
Geotechnische en grondwaterkwaliteitseffecten zijn indirecte gevolgen van reductie van de grondwaterwinning. Op grond van eerdere inschatting in de Quickscan zullen relevante geotechnische effecten aan panden optreden binnen een straal van 500 tot 2000 meter rondom de winning. Uitzondering is het effect op kadestabiliteit omdat het juist sterk samenhangt met de stijghoogte in het watervoerend pakket waarvan de effecten verder reiken.

Door een toename in de stijghoogte in het watervoerend pakket is de verwachting dat meer brak grondwater via het oppervlaktewatersysteem zal worden afgevoerd. Geschat is dat het een gebied betreft in een straal van 4 km rondom de winning.

Deze inschatting van de effecten *voorafgaand* aan het onderzoek is samengevat in *Figuur 1.2* opgenomen. In de figuur zijn de vier zones weergegeven waarbinnen effecten van reductie van de winning merkbaar zouden kunnen zijn. Deze cirkelvormige zonegrenzen zijn uiteraard indicatief van aard en stellen dus uitdrukkelijk niet een daadwerkelijke invloedstraal voor. Het werkelijke oppervlak hangt uiteraard van meerdere omstandigheden af, onder meer van de dikte en samenstelling van de deklaag.

Op grond van onder meer de Quickscan wijzen de cirkels op de volgende invloeden:

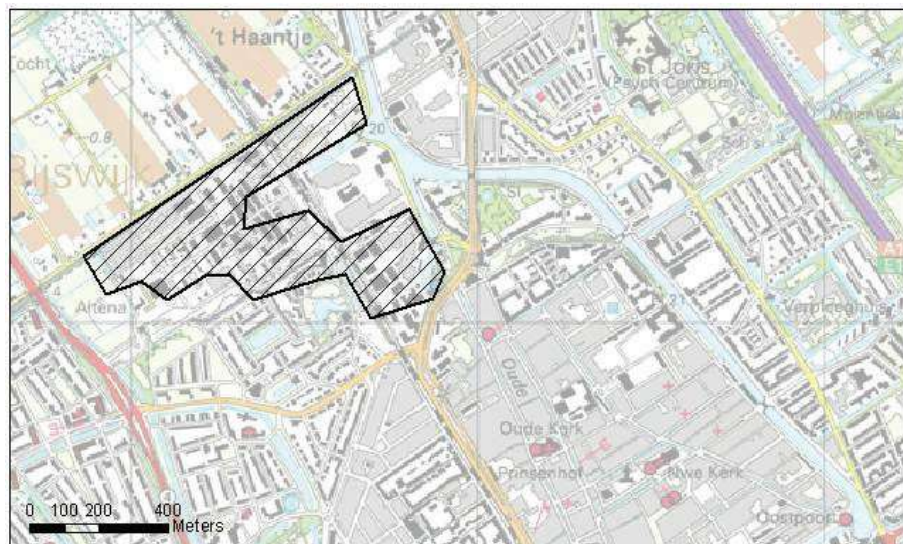
- relevante geotechnische effecten treden op in zone I (500 m) en mogelijk zelfs binnen zone II (2 km);
- de inschatting is dat in een gebied van ongeveer 50 km² (zone III) de infiltratietoestand kan omslaan in kwel. Gevolg is dat brak grondwater in het oppervlaktewater terecht kan komen. Datzelfde geldt voor verontreinigingen in de deklaag of het watervoerende pakket;
- zone IV geeft aan over welke afstand veranderingen in de freatische grondwaterstand (> 5 cm) verwacht worden.



Figuur 1.2: Kwalitatieve inschatting zonegrenzen effecten volgens Quicksan uit 2005

1.5 DSM Gist

De winning op het terrein van DSM Gist bestaat in de praktijk uit meerdere bronnen die verspreid zijn over het terrein (zie Figuur 1.3). Meer dan dertig bronnen zijn permanent in gebruik en individuele bronnen kunnen worden bij- of afgeschakeld voor bijvoorbeeld onderhoud. Alle bronnen onttrekken hun water van onder de deklaag door filters tussen 25 – 45 m onder NAP.



Figuur 1.3: Deel van het DSM terrein waar bronnen geïnstalleerd zijn

De laatste 10 jaar was de onttrekking ongeveer 12,3 miljoen m³ per jaar. Aangezien in de winter ook oppervlaktewater geschikt is voor koeling, wordt in de winterperiode minder grondwater onttrokken dan in de zomerperiode. Het debiet varieert tussen de 1200 (winter) en 1600 m³/uur (zomer). Het onttrokken grondwater is brak en heeft een chloridegehalte dat varieert tussen 1500 en 3000 mg/l.

1.6 Leeswijzer

Bij de opzet van het onderzoek is o.a. rekening gehouden met de praktische toepassing ervan. **Hoofdstuk 2** gaat daarom in op de gekozen aanpak en organisatie na een analyse van de achterliggende problematiek en de daaraan gekoppelde onderzoeksdoelen. Ook het belang van de voorgestelde monitoringstrategie wordt toegelicht.

Vervolgens geeft **Hoofdstuk 3** een beschrijving van het watersysteem in het onderzoeksgebied. Met dat beeld in gedachten zijn uitspraken over effecten en maatregelen in volgende hoofdstukken beter begrijpbaar.

Om effecten te kunnen kwantificeren is een model-instrumentarium ontwikkeld. Het gaat daarbij zowel om een geo(hydro)logisch model van de ondergrond, een grondwaterkwantiteits- en een grondwater(kwaliteits)model, een oppervlaktewatermodel en een bodembewegingsmodel. De technische achtergronden van deze modellen is uitgebreid beschreven in de Technische Rapportage. **Hoofdstuk 4** geeft allereerst in grote lijnen weer om welk type modellen het gaat en om welke innovaties het daarbij gaat. Daarnaast bevat het een toelichting op de betrouwbaarheid daarvan en in dat licht komen de gebruiksmogelijkheden van de instrumenten voor andere toepassingen aan de orde.

Een van de centrale hoofdstukken in deze rapportage is **hoofdstuk 5**. Het bevat een overzicht van de berekende effecten van zowel het reduceren van de grondwaterwinning als ook het effect van maatregelen.

De uitkomsten van het onderzoek, zoals onder andere in hoofdstuk 5 beschreven, worden door bestuurders gebruikt om gefundeerde keuzes te kunnen maken. Hierin speelt het aspect kosten een belangrijke rol. Om die reden is een vertaling gemaakt naar kosten. Hiervoor is in navolging van de Quicksan een inschatting gemaakt van de kosten voor de belangrijkste effecten en maatregelen. **Hoofdstuk 6** geeft een overzicht van de kosten van de verschillende alternatieven naast een uitgebreide toelichting op de totstandkoming van deze waarden.

Op basis van de gepresenteerde effecten en maatregelen worden uiteindelijk bestuurlijke keuzes gemaakt. **Hoofdstuk 7** vertaalt de bevindingen uit eerdere hoofdstukken naar aanbevelingen over hoe de eventuele reductie van de winning zou kunnen plaatsvinden.

De rapportage sluit af met **Hoofdstuk 8** waarin de belangrijkste conclusies van het onderzoek centraal staan, onderverdeeld naar de verschillende thema's en waar nodig met verwijzing naar de achterliggende hoofdstukken. Het hoofdstuk wordt aangevuld met de belangrijkste aanbevelingen voor gebruik van de resultaten en de modellen als ook aanbevelingen voor nader onderzoek.

1.7 Rapportages in DSM verband

Quickscan

In 2005 is de Quickscan DSM-spoorzone' (Gehrels e.a. 2005) uitgebracht, waarin de problematiek rond reductie van de winning op kwantitatieve wijze is verkend en waarin aanbevelingen voor nader onderzoek zijn geformuleerd. Er wordt in de tekst regelmatig verwezen naar deze publicatie. Dat gebeurt dan eenvoudig door te verwijzen naar 'de Quickscan'.

IWACO-rapport

Op verschillende plekken in de rapportage wordt verwezen naar uitkomsten van twee andere regionale grondwatermodellen die in het verleden zijn opgesteld. Het betreft allereerst het grondwatermodel dat al in 1999 voor IWACO is opgezet met als doel de provincie te informeren over de te verwachten effecten van stopzetting van de winning (Van der Linden 1999). Dit model zal in de tekst worden aangeduid als het IWACO-model.

PZH rapport

Naast het IWACO model is er het model dat TNO voor de Provincie Zuid Holland heeft ontwikkeld om op regionale schaal uitspraken te kunnen doen over toekomstige verzilting van het grondwater (Minnema et al., 2004). Dit model levert waar nodig randvoorwaarden voor het huidige onderzoek en zal in de tekst worden aangeduid als het PZH model.

Haskoning

In 2005 heeft Haskoning in opdracht van DSM Gist onderzoek gedaan waarbij gebruik gemaakt is van het IWACO model (Zaadnoordijk 2005). Aanvullend is tijdreeksanalyse uitgevoerd aan de hand waarvan inschattingen van de effecten van reductie zijn gedaan. Nu de resultaten van het Delft Cluster-onderzoek bekend zijn is de wens geuit om beide uitkomsten naast elkaar te leggen en na te gaan wat de overeenkomsten en verschillen zijn. Een vergelijking tussen beide onderzoeken staat in Bijlage A beschreven.

2 Onderzoeksaanpak

2.1 Probleemanalyse

De Quickscan heeft een kwalitatief beeld opgeleverd van de gevolgen van verandering van de winning. Tevens is in samenspraak met een groot aantal partijen in en rondom Delft een aantal oplossingsrichtingen opgesteld voor toekomstige ontwikkelingen. De alternatieven die zijn opgesteld zijn (1) voortzetting van de winning (2) reductie van de winning in combinatie met reallocatie en (3) stopzetting van de winning.

In de beide laatste alternatieven waarin het debiet van de winning verandert, is onderzoek nodig naar de effecten daarvan op de hoofdthema's: grondwaterstijging, waterkwaliteit en geotechnische effecten. In de Quickscan worden de effecten weliswaar geïnterpreteerd en vervolgens globaal doorvertaald naar kostenposten, maar elk van de inschattingen is gebaseerd op aannamen over de hydrologische en geotechnische effecten. Deze zullen in elk van de alternatieven nader gekwantificeerd moeten worden en vervolgens verwerkt in een meer gedetailleerde kosten-batenanalyse. Op basis van deze informatie kunnen de maatregelen worden gedimensioneerd.

De Quickscan was een eerste verkenningsfase waarin op basis van ervaring en deskundigheid kwalitatieve inschattingen zijn gemaakt. Om tot betrouwbare uitspraken en voorspellingen over effecten, oplossingsrichtingen en maatregelenpakketten te komen evenals oplossingsrichtingen te kunnen optimaliseren, is het noodzakelijk om de aangegeven inzichten en richtingen uit de Quickscan te onderbouwen met behulp van een modelmatige studie. Bovendien waren de uitspraken uit de verkennende Quickscan niet alleen kwalitatief, maar ook een globaal van aard. Met een modelinstrumentarium kunnen oplossingsrichtingen en maatregelenpakketten verder worden uitgewerkt en gedetailleerd.

Bij reductie of stopzetting van een grote grondwateronttrekking zoals die op het terrein van DSM Gist, al dan niet in combinatie met een ingreep zoals de aanleg van de spoortunnel, moet rekening gehouden worden met een periode van enkele tot tientallen jaren. Gedurende deze periode is het bijna een vereiste om over een beheersinstrument te kunnen beschikken waarmee parallel aan een monitoringsprogramma het beheer kan worden vormgegeven, maatregelen kunnen worden uitgewerkt, en ingespeeld kan worden op ontwikkelingen.

2.2 Onderzoeksdoelen

De doelstellingen van het onderzoek zijn:

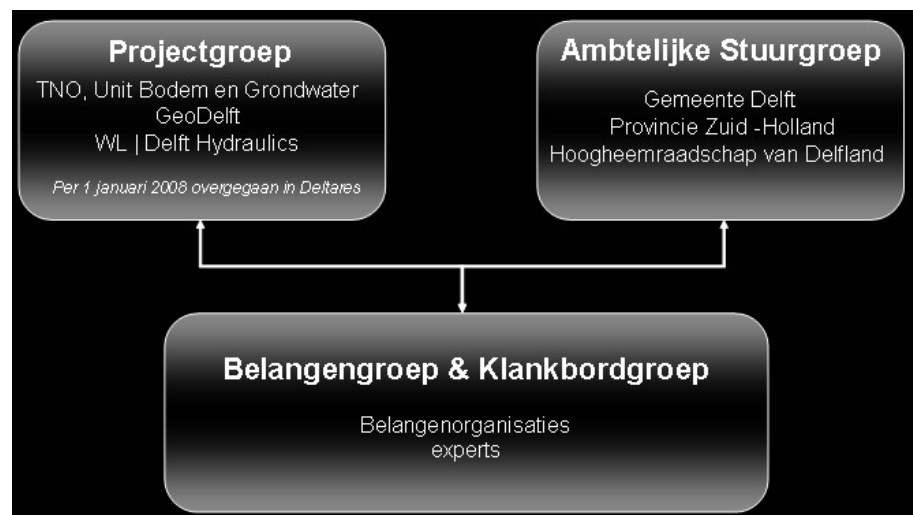
1. Opstellen van een monitoringstrategie om eventuele effecten van veranderingen in het onttrekkingsdebiet te kunnen volgen. Daarnaast levert het belangrijke informatie voor de ontwikkeling van het modelinstrumentarium;
2. Kwantificering, onderbouwing en detaillering van de effecten van vermindering of stopzetting van de grondwaterwinning in combinatie met de aanleg van de spoortunnel op water en ondergrond met als begrenzing het gebied Delfland;
3. Definiëring van de meeste efficiënte preventieve of compenserende maatregelen.

De eerste doelstelling is uitgewerkt en gerapporteerd in een afzonderlijke rapportage. Tijdens de totstandkoming van deze rapportage zijn de eerste stappen al gezet om de voorgestelde monitoring daadwerkelijk in te richten. Een meer uitgebreider toelichting op de monitoringstrategie en de rol van monitoring bij de ontwikkeling van de modellen en het gebruik in de praktijk is te lezen in hoofdstuk 2.6.

2.3 Organisatiestructuur

De organisatie van het onderzoek heeft bestaan uit de Projectgroep en de Stuurgroep met daarnaast een Belangengroep en een Klankbordgroep.

In de **Projectgroep** zitten de uitvoerende partijen met TNO/Deltares als penvoerder. Het onderzoek is begeleid door een **Stuurgroep** van direct betrokken overheden waarbinnen de Gemeente Delft de voorzittersrol heeft. Daarnaast is op cruciale momenten gedurende het onderzoek (onder meer workshops) de **Belangengroep** betrokken bestaande uit belanghebbende overheden, alsmede een **Klankbordgroep** van overige belangenorganisaties.



Figuur 2.1: Organisatiestructuur

2.4 Betrokkenheid partijen en relatie bestuurlijk overleg

In het onderzoek worden de effecten (kwantitatief) bepaald van de verregaande reductie en stopzetting van de grondwateronttrekking. Het onderzoek wordt begeleidt door een ambtelijke stuurgroep. De resultaten van het onderzoek zijn input voor een bestuurlijk proces waarin besloten wordt hoe het probleem tot een goed einde kan worden gebracht. De reductie of stopzetting heeft verregaande maatschappelijke consequenties. Het kan dan ook niet zonder dat alle betrokken overheden dit probleem gezamenlijk aanpakken en zoeken naar de oplossing.



Foto 2.1: Projectbijeenkomst met inbreng van verschillende partijen

2.5 Promovendus

Vanaf begin 2007 is het Delft Cluster onderzoek als case-study gebruikt binnen de promotiestudie van Tom Raadgever, promovendus van de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen aan de Technische Universiteit Delft. Hij onderzoekt in hoeverre samenwerking tussen onderzoekers, beleidsmakers en andere belanghebbenden leidt tot leren, met een focus op leren van specialistische (model)kennis. Noodzakelijke gegevensinput is verkregen door observatie, enquêtering en interviews rond de verschillende bijeenkomsten en bij de diverse betrokken partijen. De uitkomsten zullen naar verwachting in de loop van 2009 beschikbaar komen.

2.6 Rol van de monitoringstrategie

Een eerste duidelijke aanbeveling uit de Quicksan was om een monitoringstrategie op te stellen om de effecten van de veranderingen van de grondwaterwinning en tunnelaanleg goed te volgen. Daarvoor is het ook van belang dat over de periode voorafgaand aan eventuele veranderingen in het onttrekkingsregime er meetreeksen beschikbaar komen. Op die manier zijn de werkelijke gevolgen betere te isoleren van andere veranderingen.

Die monitoringstrategie is opgesteld voor de drie thema's grondwateroverlast, grondwaterkwaliteit en geotechnische effecten. Daarbij is zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van bestaande meetnetten. Bij de definitieve keuze van de meetpunten voor de verschillende meetnetten is in de eerste plaats uitgegaan van de verwachte effecten van reductie van de winning en is gezorgd voor samenhang tussen de meetnetten bijvoorbeeld door het meetnet grondwaterkwaliteit aan te laten sluiten op de meetpunten voor stijghoogteregistratie.

In de paragrafen 2.6.1 t/m 2.6.3 volgt een korte toelichting op de verschillende onderdelen van de monitoringstrategie.

2.6.1 Grondwaterstijging

2.6.1.1 Meetnet stijghoogte

Er zijn vier hoofddoelstellingen aan te geven om stijghoogte in het eerste watervoerend pakket te monitoren:

- vaststellen van de invloed van de winning op de stijghoogte en de (freatische) grondwateroverlast om waar nodig tijdig vast te stellen of maatregelen nodig zijn;
- levert input voor het schatten van maaiveldbeweging en bezwijkrisico's van ondergrondse gebouwen en infrastructuur zoals kaden;
- het verbeteren van de modeluitkomsten omdat extra metingen de mogelijkheid bieden om het modelinstrumentarium nauwkeuriger te ijken;
- inzicht in verandering van kwel en/of infiltratie wat met name nuttige input levert voor het waterkwaliteitsmeetnet.

De algemene aanpak bestaat er uit dat er vier regionale meetraaien zijn gedefinieerd, beginnend op de DSM-locatie en grofweg loodrecht op elkaar. Op deze regionale meetraaien zijn meetlocaties ingevuld waarbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt is van bestaande meetpunten en rekening gehouden met de risicogebieden waaronder diepe infrastructuur en krekken in de ondergrond.

Uit het oogpunt van communicatie en zorgplicht wordt geadviseerd dat elke gemeente minimaal één stijghoogtemeetpunt heeft.

Conclusie van de opzet is dat voor de monitoring van de stijghoogte geadviseerd wordt om naast de bestaande meetpunten 17 nieuwe meetlocaties in te richten. Daarmee komt het totaal op 70 bestaande en nieuwe meetpunten die met divers (automatische drukopnemers) moeten worden uitgerust.

2.6.1.2 Meetnet freatische grondwaterstand

De voornaamste redenen om de freatische grondwaterstand te monitoren zijn:

- Bepalen van de doorwerking op het freatische grondwater van het reduceren van de grondwaterwinning;
- Anticiperen op de ontwikkelingen rond de Wet gemeentelijke watertaken; met name het geven van inzicht in het ondiepe grondwatersysteem t.b.v. oorzaak-analyse van klachten over grondwateroverlast van particulieren in stedelijk gebied (loketfunctie);
- Publieke gebouwen, infrastructuur en groenvoorzieningen openbare ruimte monitoren op grondwateroverlast / stijging;
- Grondwaterstand in het buitengebied monitoren op grondwateroverlast / stijging (landbouw- en natuurfuncties);
- In combinatie met maaiveldgegevens: oorzaakanalyse grondwateroverlast in relatie tot bodemdaling, een relevant probleem in de omgeving van Delft;

Het freatische grondwater wordt door vele factoren beïnvloed. Om de effecten van de reductie op de gebruiksfuncties te monitoren is het belangrijk om de meetpuntlocatie exact te kiezen. Dat betekent dat de meetlocatie niet in de nabijheid van open water, bomen en straatcunetten of in aanwezigheid van (kapotte) riolering en drainage geplaatst worden. Wel op plekken waar klachten bestaan. Om deze factoren zoveel mogelijk te kunnen onderscheiden, is aanbevolen om te werken met meetraaien van drie peilbuizen volgens het principe straat – binnenterrein – straat.

Naast meetraaien in het stedelijke gebied zijn ook meetpunten voor het landelijke gebied voorgesteld waarbij vooral gelet is op risicogebieden en aansluiting is gezocht bij het meetnet grondwaterkwaliteit.

Conclusie van de opzet is dat voor de monitoring van de grondwaterstand naast de bestaande meetpunten 90 nieuwe stedelijke en 12 nieuwe landelijke meetpunten worden

ingericht. In veel gemeenten is aansluiting met bestaande meetnetten goed mogelijk maar zijn nieuwe punten noodzakelijk om het meten in korte raaien mogelijk te maken.

2.6.2 *Meetnet geotechnische effecten*

Het monitoren van geotechnische effecten heeft een drieledige doelstelling:

- het beheersen van de risico's door het (tijdig) waarnemen van effecten. In combinatie met de voorspellingen uit de modellen geeft dit aanleiding tot het doen van preventieve ingrepen;
- meetresultaten dienen als bewijsmateriaal bij het beoordelen van claims van eigenaren van panden en andere constructies;
- het toetsen en kalibreren van bodemdalingmodellen.

Een risicobenadering vormt de basis voor de opzet van het meetnet. De eerste stap is het afbakenen van het gebied waar een kans bestaat dat er een bepaalde mate van bodemvervorming kan optreden. Op basis van een inschatting van kans maal gevolg worden er meer of minder meetinspanningen verricht. De conclusie hieruit is dat de monitoring zich vooral moet richten op monumenten in verband met hun maatschappelijke waarde, en boezemkaden in stedelijk gebied van Delft en Rijswijk en kritische omstandigheden. In iets mindere mate ligt de aandacht bij taluds, folieconstructies, industriële installaties en hoogbouw omdat corrigerende maatregelen complex kunnen zijn.

2.6.3 *Meetnet kwaliteit*

2.6.3.1 *Meetnet grondwaterkwaliteit*

De doelstelling van het meetnet is om de veranderingen in de grondwaterkwaliteit (chloride) als gevolg van de reductie van de grondwaterwinning te kunnen volgen. Hiervoor is het belangrijk inzicht te hebben in de huidige situatie. De monitoring is er dan ook op gericht om een beter ruimtelijk beeld van de chlorideconcentratie te krijgen. Het meetnet is ondersteunend bij het goed modelleren van de grondwaterstromen, aangezien het chloridegehalte de stroming van het (diepe) grondwater beïnvloedt. Een goed inzicht in de grondwaterkwaliteit draagt bij aan de uitspraken over de oppervlaktewaterkwaliteit.

Aanvullend kan onderzoek gedaan worden naar de verandering in de nutriëntenbalans in de ondergrond en het oppervlaktewater. Een eerste stap is dan het uitvoeren van een nulmeting in de deklaag.

Belangrijk bij het opstellen van de monitoringstrategie voor grondwaterkwaliteit is dat gekeken wordt naar de gebieden waar het risico op kwaliteitsveranderingen het grootst is. Dat zijn die risicogebieden waar (1) de infiltratie omslaat in kwel (brak grondwater) (2) de chloride/nutriënten concentraties van het grondwater hoog zijn en (3) gevoelige natuur ligt.

Geadviseerd is om in aanvulling op 9 bruikbare bestaande diepe meetpunten 14 nieuwe meetpunten in te richten. Naast monitoring in peilbuizen is het nodig om informatie te verkrijgen over de ondiepe chlorideconcentraties. Hiervoor is het niet noodzakelijk fysieke meetpunten in te richten maar kan in een veldcampagne met zogenaamde T-EC prikstok gegevens worden verzameld.

2.6.3.2 *Oppervlaktewaterkwaliteit*

De doelstelling is het meten van het effect van reductie van de winning op de oppervlaktewaterkwaliteit. Dit vereist dat er voldoende gegevens zijn om de effecten van het reduceren van de winning te onderscheiden van andere factoren en ontwikkelingen. Tevens dient de monitoring ter verificatie van de uitkomsten van het modelinstrumentarium. Voor het modelinstrumentarium is chloride een belangrijke parameter, aangezien chloride zal worden gesimuleerd in het model.

De aandachtsgebieden zijn globaal de waterlichamen in de zin van de KRW, de waterparels en de zwemwaterlocaties. Tevens worden de meeste veranderingen verwacht in het gebied waar de infiltratie omslaat in kwel en de diepe polders. In de diepe polders is de chloridebelasting vanuit het grondwater relatief groot en dan met name in de zomer.

Voor een goede analyse van de ontwikkeling van de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater dient op basis van bovenstaande criteria een meetnet van 60 meetpunten te worden ingericht. Van deze 60 meetpunten liggen er 11 in de boezem en zijn er drie direct gerelateerd aan een meetpunt van het grondwaterkwaliteitsmeetnet. De overige 49 meetpunten liggen in kwetsbare gebieden, in 'diepe' polders, en / of zijn gerelateerd aan een meetpunt van het grondwaterkwaliteitsmeetnet

3 Beschrijving watersysteem voor het onderzoeksgebied

Centraal in deze rapportage is hoofdstuk 5, de beschrijving van de effecten van verandering in het onttrekkingsregime van winning. Bij alle berekende effecten wordt een verklarende toelichting gegeven. Veelal gebeurt dat op basis van de werking van het achterliggende (grond)watersysteem. Om die reden volgt in dit hoofdstuk een beschrijving van dat watersysteem voor het onderzoeksgebied. Met dat beeld in gedachten zijn uitspraken over effecten en maatregelen in volgende hoofdstukken meer toegankelijk.

3.1 Het grondwatersysteem

Geohydrologie van de ondergrond

In dit deel van Nederland is het watervoerende pakket op de meeste plaatsen afgedekt met een dikke holocene deklaag. Deze laag met een dikte van 10 tot 20 meter heeft door de samenstelling van veen, klein en zand een laag doorlaatvermogen en dus hoge weerstand. Daar waar deze deklaag door veenwinning en/of veenoxidatie dunner is geworden zal de weerstand lager zijn. De weerstand is ook lager dan gemiddeld op plaatsen waar zandige afzettingen voorkomen.

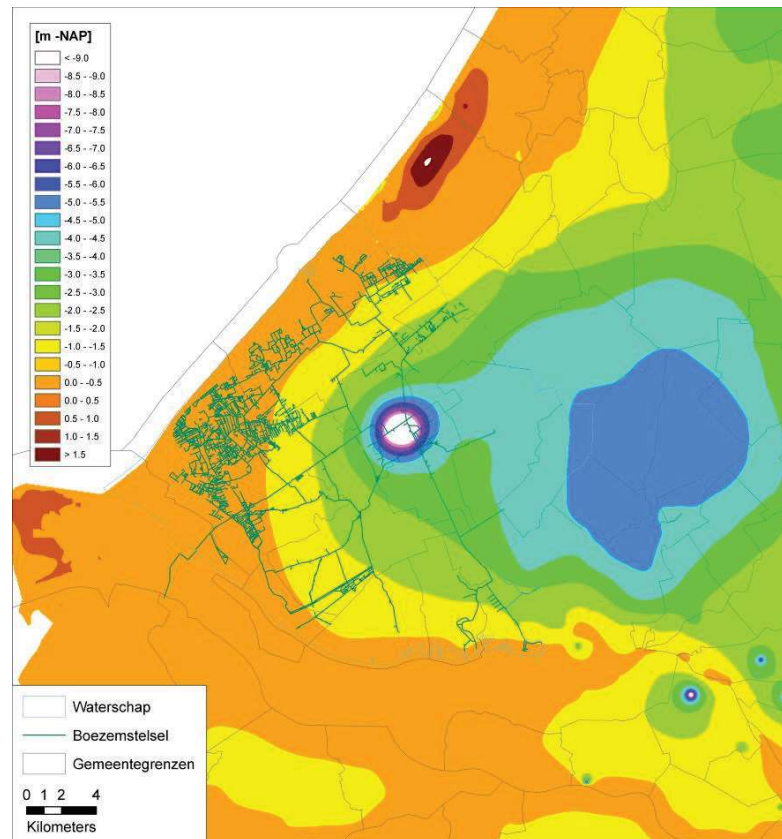
Het watervoerende pakket onder de deklaag heeft daarentegen een hogere doorlatendheid door de zandige opbouw. In dit pakket grijpt ook de grondwaterwinning aan.

Zodra de grondwaterwinning (gedeeltelijk) wordt stopgezet verandert de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. De hoge weerstand van de holocene deklaag zorgt er echter voor dat veranderingen als deze in het diepe pakket slechts gedempt en vertraagd merkbaar zijn in de ondiepe grondwaterstand en andersom.

Stijghoogte in het diepe pakket

Het huidige patroon van de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket (in het vervolg 'stijghoogte' genoemd) is weergegeven in Figuur 3.1. Hierin is duidelijk de onttrekkingskegel van de winning terug te zien. De stromingsrichting in het pakket is hoofdzakelijk gericht vanaf de hoge stijghoogte in de duinen en het stedelijk gebied rond Rotterdam richting het laag gelegen poldergebied in de driehoek Rotterdam-Zoetermeer-Gouda.

Uit de figuur blijkt ook duidelijk dat niet alleen de winning de stijghoogte in het pakket bepaalt maar met name ook de diepe polders in het oosten en de infiltratiegebieden in het westen en zuidwesten.



Figuur 3.1: Stijghoogtepatroon voor het eerste watervoerend pakket in meters t.o.v. NAP

Grondwaterstand en het oppervlaktewater

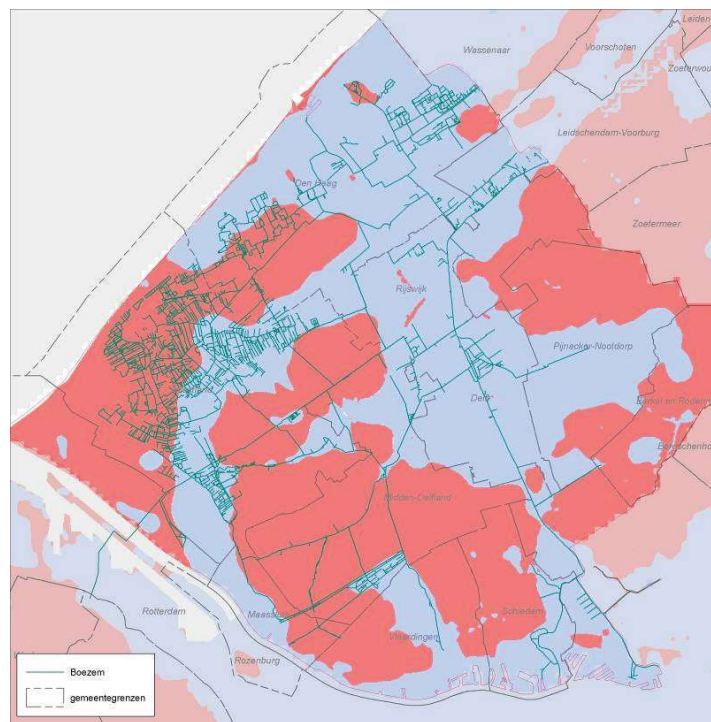
Het ondiepe grondwatersysteem wordt voor het grootste deel van Delfland sterk bepaald door het aanwezige topsysteem. Met de term ‘topstelsel’ wordt bedoeld de verzameling oppervlaktewateren in het gebied zoals boezemwater, polderwater, greppels en drains. De boezem is het hoofdstelsel voor wateraanvoer en waterafvoer. Direct daaraan gekoppeld is het zogeheten boezemland dat vrij afwatert en in open verbinding staat met de boezem. In polders ligt het secundaire stelsel van waterlopen. Samen zorgen deze watergangen voor de afvoer van overtollig neerslag- en grondwater richting de Noordzee en de Nieuwe Waterweg.

Voor nagenoeg de meeste van de genoemde wateren geldt dat ze vaste waterpeilen hebben die slechts tussen smalle grenzen mogen fluctueren. Deze (polder)peilen worden vastgesteld en beheerd door Delfland. Op de boezem geldt bijvoorbeeld een streefpeil van 0,42 –NAP en zijn beperkte peilstijgingen toegestaan. Door dit fijnmazige netwerk van waterlopen, waar de grondwaterstand als het ware aan ‘hangt’, treden er geen grote fluctuaties in de grondwaterstanden op zoals bijvoorbeeld in zandgebieden. Uitzonderingen daarop zijn met name stedelijke gebieden. Daar kunnen zelfs bomen een verhoogde fluctuatie van de grondwaterstand veroorzaken. Het grondwatermodel berekent het verloop van de grondwaterstand over een periode van 10 jaar. Op basis van de uitkomsten is de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) bepaald voor Delfland.

Naderhand is gebleken dat het werkelijke maaiveld in stedelijk gebied gemiddeld lager ligt dan is aangenomen. Het gevolg is dat de GHG in stedelijk gebied in deze kaart wordt overschat.

Grondwaterstroming: infiltratie en kwel

Ondanks de hoge weerstand van de holocene deklaag is er een verticale stroming van grondwater door de deklaag. Afhankelijk van het verschil in stijghoogte over de deklaag zal grondwater vanuit de deklaag infiltreren naar het diepere watervoerend pakket of juist opkwellen. Momenteel infiltreert in de stad Delft en omgeving al het grondwater richting het diepere pakket. In het poldergebied echter kwelt grondwater door de deklaag omhoog. Figuur 3.2 geeft in kleuren duidelijk aan hoe de grondwaterstroming halverwege de deklaag is gericht.



Figuur 3.2: Verticale stromingsrichting in de deklaag richting watervoerend pakket (blauw) en richting ondiep grondwater (rood)

Balansen

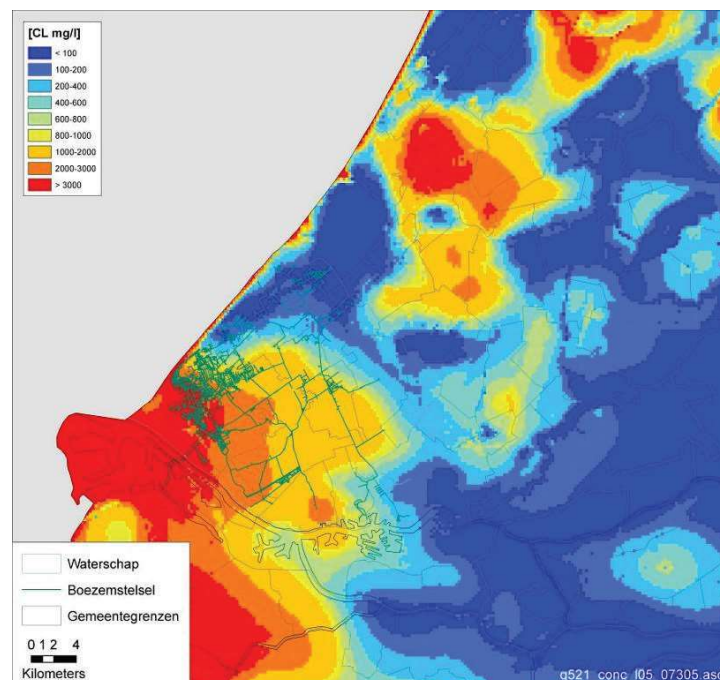
In het eerste deel van de paragraaf is o.a. aangegeven hoe de verschillende stromingsrichtingen zijn. Voor het begrip van het systeem is het ook van belang om naast de richtingen ook inzicht te hebben in hoeveelheden. Met behulp van het modelinstrumentarium is berekend wat de verschillende waterbalanstermen zijn voor het gebied van Delfland. Dat levert het volgende beeld voor de periode tussen 1994 en 2004. Er infiltreert op jaarbasis 23 cm neerslag naar het grondwater. Een deel daarvan infiltreert naar het diepere pakket en een deel zal via het oppervlaktewatersysteem worden afgevoerd. Het oppervlaktewatersysteem voert gemiddeld 20 cm af. De balans wordt sluitend doordat gemiddeld 3 cm richting het watervoerend pakket stroomt. In Delfland is er zowel stroming richting als vanuit het watervoerend pakket maar netto heerst er dus een infiltratiesituatie in Delfland.

3.2 Grondwaterkwaliteit

Bij grondwaterkwaliteit wordt in dit onderzoek gericht op de chlorideconcentratie van het grondwater. Over het algemeen geldt dat er meer informatie over de grondwaterstand wordt ingewonnen dan over concentraties, zo ook in Delfland. Voor zover bekend in DINO² zijn er in Delfland 23 meetpunten in het eerste watervoerende pakket waarvoor tussen 1990 en heden een bemonstering heeft plaatsgevonden. Op basis daarvan is het niet eenvoudig een vlakdekkend beeld te krijgen van de chlorideverdeling.

Om het vlakdekkende beeld toch te genereren (o.a. als startvoorwaarde voor het stoftransportmodel) is zijn alle bekende metingen van chloride aangevuld met chlorideconcentraties die zijn afgeleid uit de resultaten van een groot aantal (+/- 150) VES metingen (Verticale Elektrische Sondering). Vervolgens zijn deze metingen geïnterpoleerd en is onderstaand beeld van de huidige situatie verkregen (zie Figuur 3.3). Op grond van bovenstaande wordt duidelijk dat de vlakdekkende figuur ten onrechte de indruk kan wekken een grote mate van nauwkeurigheid te bevatten. Toch is dit voorlopig de beste schatting van de uitgangssituatie.

Duidelijk zijn de gebieden met hoge chlorideconcentraties te zien in het zuidwesten bij Rotterdam en ten noorden van Leiden. Daartussen, het gebied rond Den Haag en in een wig richting het oosten, liggen de concentraties duidelijk lager, vaak onder de 250 mg/l. Het gaat hier echter om de geschatte concentratieverdeling bovenin het eerste watervoerend pakket. Bekend is dat binnen een watervoerend pakket in de verticaal grote verschillen mogelijk zijn.



Figuur 3.3: Geschatte chlorideconcentratie [mg/l] direct onder deklaag

² Data en Informatie Nederlandse Ondergrond. DINO is de centrale geologische database van Nederland die wordt beheerd door TNO.

3.3 Oppervlaktewater

Het watersysteem van Delfland wordt begrensd door de Noordzee, de Nieuwe Waterweg, de lijn Rotterdam-Zoetermeer en de lijn Zoetermeer-Den Haag. In Figuur 3.4 is het beheergebied afgebeeld met daarin het stelsel van boezemwateren. Het gebied is circa 40.000 hectare groot en bestaat uit laaggelegen polders en het hoger gelegen boezemland (15.000 ha.). Via het wijd vertakte net van polderwaterlopen en via het boezemstelsel wordt overtollig (regen)water uit het gebied afgevoerd. Het landgebruik in het gebied bestaat uit stedelijk gebied, agrarisch gebied (grasland en veeteelt), glastuinbouwgebied, industrieterreinen en natuur- en recreatiegebieden.



Figuur 3.4: Beheersgebied Hoogheemraadschap van Delfland (bron: website Delfland)

Het poldergebied en het streefpeil voor de poldersloten ligt lager dan het boezemland en boezempeil. In de poldersloten wordt in het zuidoosten van het gebied een peil gehandhaafd van beneden de drie meter NAP, in het noorden nabij de kust loopt dit peil op tot 0,5 meter NAP. Water uit de polders wordt de boezem opgepompt en afgevoerd zodra de waterstand boven het polderspecifieke streefpeil komt. Daarnaast is er een continue doorspoel van de polderwatergangen vanuit de boezem.

De boezemwatergangen hebben een peil van -0,42 meter NAP en een totale lengte van 312 kilometer. Het watersysteem wordt aan de randen begrensd door negen gemalen. Aan de Noordzee zijn dit gemaal Vlotwatingen en gemaal Scheveningen die worden gebruikt om een eventueel wateroverschot af te voeren naar de Noordzee. In het zuiden grenzend aan de Nieuwe Waterweg liggen de gemalen Parksluizen, Schiegemaal, Zaaijer en Westland waar ook water wordt afgevoerd wanneer het peil boven de -0,42 meter t.o.v. NAP komt. Tot slot zijn er de twee inlaatgemalen, gemaal Den Dolk grenzend aan het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland en gemaal Winsemius grenzend aan de Nieuwe Waterweg waar water uit het Brielse meer wordt

ingelaten. Bij beide gemalen wordt water ingelaten. Zodra een watertekort optreedt of de waterkwaliteit kritische waarden aanneemt waardoor doorspoelen noodzakelijk wordt. Het water stroomt in het oosten en westen het gebied binnen, waarna het in zuidelijke richting via de Schie of noordwaarts richting de Noordzee het gebied verlaat.

Er wordt over het algemeen meer water uitgemalen dan ingelaten. De bepaling van mogelijke oppervlaktewaterproblemen is gericht op de worst case situatie, het jaar 2003. Hieronder is de gebiedswaterbalans voor 2003, zoals opgesteld door Hoogheemraadschap Delfland, weergegeven.

Tabel 3.1: Gebiedswaterbalans Delfland 2003

	IN		UIT	
		Miljoen m ³		Miljoen m ³
Gemalen	Inlaat Brielse meer	33,61	Lozing boezemgemalen	-112,4
	Inlaat Den dolk	10,5	Schut en lekwater incl KWA Schieland	-7,7
	Schut en lekwater	16,6	Lozing direct op buitenwater of via awzi	-21,4
Kwel/wegzijing	Kwel	12,6	Wegzijing	-14,7
Neerslag/verdamping	Neerslag	241	Verdamping	-157,8
Bergingsverandering			Bergingsverandering	3,4
			Sluitfout	-3,8
		314,3		-314,4

Het jaar 2003 was een opvallend droog jaar, wat betekent dat de waterinlaat in dit jaar relatief hoog was. Toch is de hoeveelheid ingelaten water maar 40 procent van de hoeveelheid uitgemalen water. Het grootste gedeelte van het water komt het gebied binnen als neerslag.

Bij de sluisen treden schut- en lekverliezen op. Met name in de hoeveelheid ingelaten water vormen ze een groot aandeel, 38 procent. Twaalf miljoen m³ van de totale hoeveelheid schut- en lekwater stroomt bij gemaal Parksluizen het gebied binnen. Dit water is afkomstig van de Nieuwe Waterweg, waar chlorideconcentraties in 2003 opliepen tot boven de 4000 mg per liter. Deze inlaat is dan ook van grote invloed op de chlorideconcentraties in het beheersgebied. De hoogste chlorideconcentratie worden gevonden nabij gemaal Parksluizen waar ze oplopen tot boven de norm van 250 mg per liter. Ook in het zuidwesten van het gebied halen de chlorideconcentraties vrijwel deze kritische grens.

4 Ontwikkeling modelinstrumentarium

Om effecten van de grondwaterwinning op de bodem en het (grond)watersysteem te kunnen kwantificeren is een modelinstrumentarium ontwikkeld. Het gaat daarbij zowel om een geo(hydro)logisch model van de ondergrond, een grondwaterkwantiteits- en een grondwater(kwaliteits)model, een oppervlaktewatermodel en een bodembewegingsmodel.

De technische achtergronden van deze modellen is uitgebreid beschreven in het hieraan verbonden **Technische Rapport** en bevat bijvoorbeeld noodzakelijke informatie voor derden die gebruik van de modellen gaan maken. Dit hoofdstuk geeft allereerst in grote lijnen weer om welk type modellen het gaat en geeft een overzicht van de innovaties. Daarnaast bevat het een toelichting op de betrouwbaarheid van de modellen en in dat licht komen de gebruiksmogelijkheden van de instrumenten voor andere toepassingen aan de orde.

4.1 Innovatie vanuit Delft Cluster onderzoek

Door de koppeling tussen grondwater en oppervlaktewater, modelleren van kwantiteit en kwaliteit, in combinatie met zetting en bodemdaling ontstaat een integrale aanpak die veel verder gaat dan de huidige praktijk. Zo wordt het mogelijk om de effecten van de winning op wateroverlast én bodemdaling én waterkwaliteit integraal te benaderen.

Voorts is de schaal waarop dit onderzoek wordt uitgevoerd bijzonder te noemen: een hoge mate van detail in het stedelijke gebied in combinatie met de regionale schaal in het landelijke gebied. De hoge mate van detail in het stedelijke gebied wordt bereikt door geavanceerde ruimtelijke kartering op basis van de hoogste mogelijke informatiedichtheid van de ondergrondgegevens als basis voor gedetailleerde stromingsmodellen. Tegelijkertijd kunnen de gedetailleerde stromingsmodellen op regionale schaal worden ingezet door nieuwe rekentechnieken die voorkomen dat rekestijden onacceptabel lang worden.

Modeltools voor het inschatten van effecten van beheersscenario's zijn effectiever als resultaten snel beschikbaar zijn. Daarom is gezocht naar de koppeling van een zogenaamde IR-database aan het grondwatermodel dat het mogelijk moet maken om zeer snel het effect van verschillende scenario's op het grondwater door te rekenen.

Ten slotte wordt het onderzoek ondersteund vanuit een gelijkwaardige samenwerking tussen de drie verantwoordelijke overheden in het gebied. Deze positieve betrokkenheid vanaf de start van het onderzoek geeft aan dat er draagvlak is voor een gezamenlijke aanpak van de problematiek gebaseerd op vernieuwend onderzoek en toepassing van innovaties in de praktijk.

4.2 Grondwatermodel kwantiteit

4.2.1 *Modelcodes*

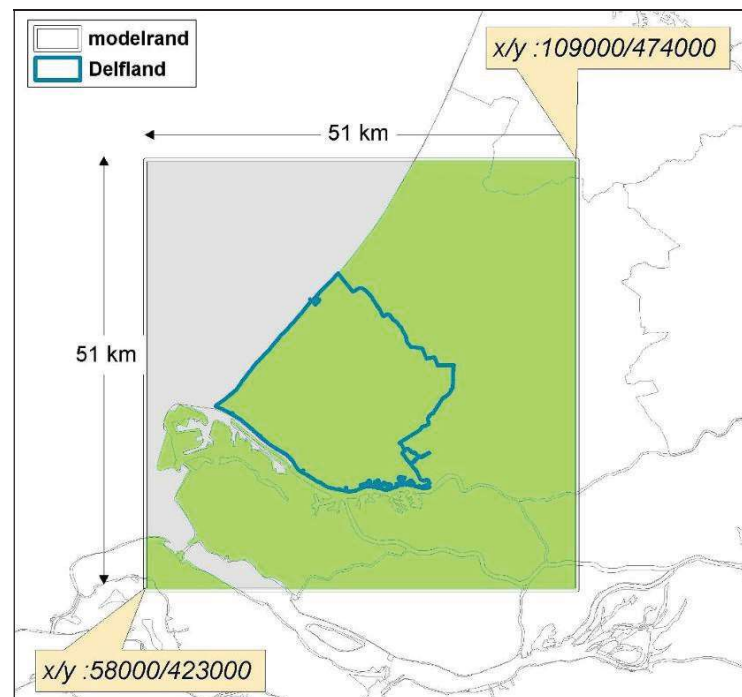
De rekencode achter het grondwaterkwantiteitsmodel is gemaakt op basis van MODFLOW (McDonald, 1988). Modflow is gebaseerd op de eindige differentie techniek en maakt hiervoor gebruik van rechthoekige cellen.

Naast MODFLOW is gebruik gemaakt van de modelcode CAPSIM (Veldhuizen 1998). Deze code berekent de grondwateraanvulling voor de onverzadigde zone. CAPSIM is bij de berekening van het grondwatermodel online gekoppeld met het MODFLOW grondwatermodel. Dit betekent dat er elke tijdstap uitwisseling plaatsvindt waarbij CAPSIM de berekende grondwateraanvulling levert aan Modflow en MODFLOW de berekende grondwaterstand aan CAPSIM doorgeeft.

4.2.2 *Grondwatermodel*

De ligging en omvang van het modelgebied is zodanig gekozen, dat effectberekeningen (onttrekking uitzetten) niet worden beïnvloed door de randen van het model. Deze modelranden zijn op basis van effectberekeningen met het reeds ontwikkelde PZH grondwatermodel bepaald waardoor het modelgebied een omvang heeft gekregen van 51x51 km. In Figuur 4.1 is de ligging van het modelgebied weergegeven inclusief de coördinaten van den hoekpunten. Het modelnetwerk kent een gedetailleerde resolutie met cellen van 25x25 meter zodat het aantal modelcellen uitkomt op 2040 x 2040 cellen.

Qua tijdschematisatie kent het grondwatermodel zowel een stationair model als een niet-stationair model voor de tijdsperiode 1-1-1994 t/m 31-12-2004.



Figuur 4.1: Ligging en omvang van het modelgebied

Op basis van de REGIS-schematisatie van de ondergrond is het grondwatermodel opgebouwd uit 24 modellaagen. In tegenstelling tot gebruikelijke schematisaties zijn daarbij ook scheidende lagen als modellaag opgenomen. Het aantal lagen is relatief groot voor een kwantitatief model. Hiervoor is gekozen, omdat voor de modellering van stoftransport een fijne detaillering van ondergrondparameters in de verticaal erg belangrijk is. Met name de deklaag is over meerdere lagen verdeeld om daarmee de

variatie in grondwaterstand en grondwaterstroming beter te kunnen simuleren die het gevolg is van variatie in de geologie.



Foto 4.1: Afstemming van de modellen met verschillende partijen

Het oppervlaktewatersysteem als bovenrandvoorwaarde is in het grondwatermodel uitgebreid meegenomen. Boezem- en polderwaterlopen die aangeleverd zijn door het hoogheemraadschap van Delfland zijn uitvoerig gecheckt en op enkele plaatsen zijn handmatig waterlopen toegevoegd op basis van de topografische kaart van het gebied.

De locatie van buisdrainage is bepaald door de landelijke LGN4-kaart (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland) van Alterra te gebruiken. Drainage is in het grondwatermodel toegepast bij landgebruikfuncties 'grasland', 'tuinbouw' en 'stedelijk gras'. De drainageweerstand en drainagehoogte zijn op basis van aanwezige ervaring ingeschat.

De grondwateronttrekking op het DSM terrein is ingebracht op basis van gegevens van de provincie en Delft en heeft over de modelperiode een gemiddelde omvang van 12,2 miljoen m³/jaar. De overige onttrekkinginformatie is van de provincie Zuid-Holland verkregen

Het onverzadigde zone model CAPSIM dat online gekoppeld is met het grondwatermodel MODFLOW is gebruikt om de netto grondwateraanvulling te berekenen. Bij de modelberekeningen is overigens rekening gehouden met de dichtheid door waar nodig de stijghoogten aan te passen.

4.2.3 Ijking

Ijking van het model heeft zowel stationair als niet stationair plaatsgevonden na een fase van modelanalyse.

De stationaire ijking van de ondergrondparameters (KD- en C-waarden) is uitgevoerd met de zogenaamde Representermethode (Valstar 2001). Het voordeel van deze methode is dat niet vooraf calibratiezones gedefinieerd worden maar de methode vertaalt de gevoeligheid tussen parameters en metingen in een optimale 'zonering' en op basis van deze ruimtelijke indeling past het de parameterwaarden aan.

De ijking wordt uitgevoerd als een proces waarin op meerdere momenten terugkoppeling met het model plaatsvindt en op basis van nieuwe inzichten en na aanpassing de ijking opnieuw wordt uitgevoerd. Tijdens dit proces zijn bijvoorbeeld op enkele plaatsen oppervlaktewaterpeilen (randvoorwaarden) aangepast en is aan een selectie meetpunten meer of juist minder gewicht toegekend.

Zoals verwacht is het mogelijk gebleken om na modelanalyse en ijking de residuen tussen de gemeten en de gemodelleerde stijghoogten sterk te verkleinen. De statistieken laten zien dat het model geen structurele afwijking heeft voor de deklaag en het eerste watervoerend pakket voor metingen binnen Delfland. De gemiddelde afwijking tussen model en meting is voor de deklaag immers 1 cm en voor het eerste watervoerend pakket 11 cm. In het tweede en derde watervoerend pakket zitten weinig metingen (respectievelijk 4 en 0) en daarom worden deze pakketten buiten beschouwing gelaten. Naast de gemiddelde afwijking is ook gekeken naar de absolute afwijkingen. Het blijkt dat:

- 25% van de absolute afwijkingen tussen model en meting kleiner is dan 12 cm;
- 50% van de absolute afwijkingen tussen model en meting kleiner is dan 24 cm;
- 75% van de absolute afwijkingen tussen model en meting kleiner is dan 43 cm.

Niet-stationaire ijking van de drainage- en infiltratieweerstand van de waterlopen en de freatische bergingscoëfficiënt heeft plaatsgevonden met PEST (Doherty e.a., 1994). Voor de ijking van de weerstand van de waterlopen is er onderscheid gemaakt tussen boezem- en polderwaterlopen. Uit de ijking kwam naar voren dat de weerstand van de boezemwaterlopen licht is verhoogd en voor de polderwaterlopen nagenoeg gelijk is gebleven. Dat betekent dat de hoeveelheid infiltratie vanuit de boezem naar het grondwater wordt verminderd. Voor de ijking van de freatische bergingscoëfficiënt zijn 6 afzonderlijke bodemzones ingevoerd die los van elkaar worden geijkt. Deze bodemzones zijn gebaseerd op de bodemeenheden zoals zijn gedefinieerd in CAPSIM, het onverzadigde zone model.

4.3 Grondwatermodel kwaliteit

In het kader van het DSM project is er een lokaal, gedetailleerd, stoftransport model ontwikkeld om voor verschillende onttrekkingsscenario's de (verandering in) chloride concentraties te berekenen over een periode van 50 jaar.

Voor deze berekening is de Deltares code MOCDENS3D gebruikt, zoals beschreven in Oude Essink (1998). Dit is een aangepaste variant van MOC3D (Konikow et al 1996), waarbij de advectie-dispersie vergelijking opgelost wordt met een deeltjes-aanpak voor advectie (Method Of Characteristics) en dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming expliciet wordt meegenomen.

De chlorideconcentraties zijn berekend gebruikmakend van een tweetal modellen, elk voor een ander interessegebied.

Allereerst is er een lokaal stoftransportmodel ontwikkeld voor het interesse gebied, centraal rondom de winning (8 km bij 8 km) waarbij het bestaande grondwatermodel (geijkt en met schaal 25 meter) als uitgangspunt is gekozen (zie vorige paragraaf). In de afweging van rekestijd versus nauwkeurigheid is er gekozen voor een horizontale resolutie van 100 meter en een verticale verfijning van 24 lagen naar 40 lagen. De onderverdeling in de verticaal van fijn (lagen van 2 meter dik) naar grof (lagen van 10 meter dik) is gemaakt op basis van de dikte van de aanwezige deklaag.

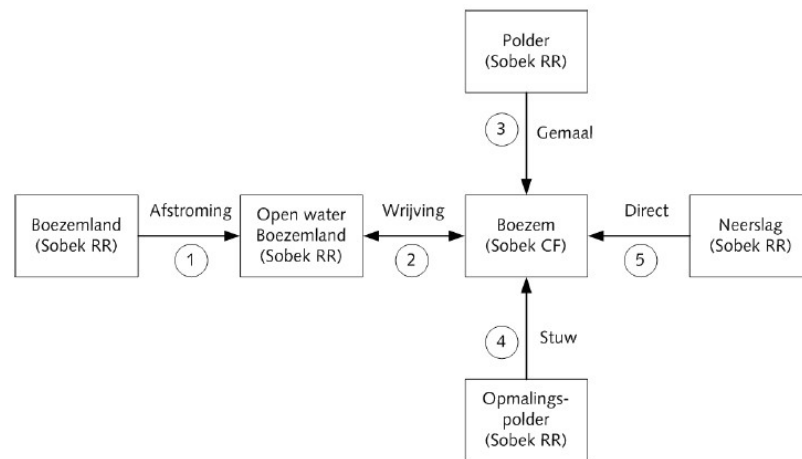
Voor de gebieden buiten het lokale model is gebruik gemaakt van het bestaande stoftransportmodel van PZH (Minnema et al., 2004). De berekende chloride concentraties uit beide modellen dienen vervolgens als invoer voor SOBEK, het oppervlaktewaterkwaliteitsmodel.

Belangrijk onderdeel van het model is de invoer van de huidige grondwaterconcentratie. Deze is van belang voor de uitkomsten van het model. In paragraaf 3.2 is duidelijk beschreven hoe deze beginvoorwaarde tot stand is gekomen en daaruit blijkt dat een globaal beeld van de chlorideverdeling redelijk goed kan worden ingeschat maar dat aanvullende meetdata meer detail kunnen opleveren.

4.4 Oppervlaktewaterkwaliteit

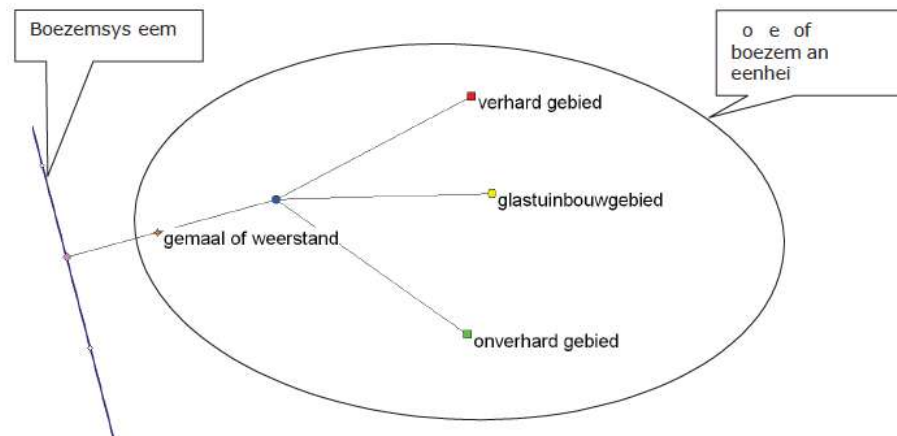
De boezem van Delfland is in 1998 geschematiseerd met Sobek Rural (WLIDelft Hydraulics, 2001), een rekenpakket voor de simulatie van stromingsprocessen in 1 dimensie zoals rivieren, waterlopen en rioolstelsels. In 2004 is het model herijkt en zijn maatregelen van het project ABC-boezem toegevoegd ('Afvoer- en BergingsCapaciteit') waarmee Delfland beoogt de verwerking van grote hoeveelheden (regen)water te verbeteren. In 2005 heeft opnieuw een herijking van het model plaatsgevonden en zijn aanvullende maatregelen toegevoegd vanuit het project ABC-boezem. Het boezemmodel is gekalibreerd op situaties met veel neerslag.

De componenten van het Sobek-model van Delflands polderboezemsysteem zijn schematisch weergegeven in Figuur 4.2 en omvat een neerslagafvoer model (Sobek RR, Rainfall Runoff) voor de polders en boezemland, en een waterbewegingmodel voor het boezemsysteem (Sobek CF, Channel Flow).



Figuur 4.2: Schematische weergave van het boezemsysteem

De polders en het boezemland zijn met rainfall-runoff model Sobek-RR gemodelleerd. In het model zijn knopen gedefinieerd die het onverharde gebied, het verharde gebied en het glastuinbouwgebied schematiseren (zie Figuur 4.3). Deze knopen zijn verbonden met één openwaterknoop, van waaruit het water op de boezem wordt geloosd.



Figuur 4.3: Typen modelknopen

4.4.1 Aanpassing en behoefte van het huidige onderzoek

Voor het DSM-onderzoek zijn enkele wijzigingen doorgevoerd op het beschreven basismodel om SOBEM geschikt te maken voor interactie met MODFLOW (rekencode voor grondwater), zodat de stroming tussen oppervlakte- en grondwater gemodelleerd kan worden.

De belangrijkste wijziging is dat de RR-knopen die het achterland beschrijven nu vervangen worden door het grondwatermodel MODFLOW-CAPSIM waarmee de uitwisseling van flux en chloride tussen grondwater en oppervlaktewater voor een peilgebied wordt berekend. Indien bekend, worden ook de inlaten op het boezemstelsel aangebracht in het CF-model (channel flow).

Belangrijke randvoorwaarde voor het model is de uitgangstoestand van de verdeling van chloride. Niet alleen van het oppervlaktewatermodel maar in feite ook voor het achterliggende grondwatermodel dat toelevert. Doordat het aantal beschikbare recente chloride metingen beperkt is (zie paragraaf 3.2), is de gebiedsdekkende uitgangstoestand voor de chlorideconcentratie niet met grote betrouwbaarheid vast te stellen.

In deze studie is gebruik gemaakt van een zogenaamde off-line koppeling. Dat betekent dat de grond- en oppervlaktewatermodel in serie draaien. Eerst worden de modelberekeningen in MODFLOW uitgevoerd, de berekende fluxen en concentraties van het grondwater naar het oppervlaktewater dienen als randvoorwaarden voor het SOBEM model. Er is aangenomen dat een online koppeling overbodig is, omdat het oppervlaktewaterpeil in Delfland constant kan worden verondersteld (afgezien van zomer en winterpeilen). Een dynamische beïnvloeding tussen grond- en oppervlaktewaterstand wordt daarom verwaarloosbaar klein verondersteld.

De gebruikte rekestijdstap van het oppervlaktewater kwantiteitmodel bedraagt 5 minuten, het oppervlaktewater kwaliteitmodel rekent met een tijdstap van 10 minuten. Het achterliggende grondwatermodel rekent met tijdstappen van een dag maar de uitwisseling met het oppervlaktewatermodel gebeurt in stappen een halve maand.

4.5 Bodembeweging

Door de stopzetting van de grondwaterwinning treden geohydrologische effecten op in de ondergrond. In dit kader zijn de volgende aspecten beschouwd:

- stijging van de freatische grondwaterstand;
- stijging van de stijghoogte in tussenzandlagen in het pakket van holocene afzettingen;
- stijging van de stijghoogte van het grondwater in de pleistocene zandlaag.

In geotechnisch opzicht is sprake van verschillende fenomenen die zich ontwikkelen als gevolg van die veranderingen van de waterspanning in de ondergrond:

- rijzing ten gevolge van het terugveren van de samendrukbare lagen bij het afnemen van de grondmechanische belasting door waterdruk;
- afname van de korrelspanning onder funderingselementen (onder de strook van staalfunderingen);
- afname van de korrelspanning onder funderingselementen (onder de punt van funderingspalen);
- wijziging van de schachtwrijving langs funderingspalen (afname van negatieve kleeft of ontwikkeling van positieve kleeft);
- toename van de opwaartse grondwaterdruk onder funderingen en kelderconstructies.

Het moge duidelijk zijn dat de exacte uitwerking van de verandering van de grondwaterdrukken op de geotechnische situatie complex is door de diverse naast elkaar optredende fenomenen. Een complete uitwerking kost meer tijd en geld dan in het kader van dit onderzoek beschikbaar is. Bovendien is de uitwerking altijd locatiespecifiek (op de schaal van een pand of bouwblok). In het kader van dit onderzoek is getracht om op basis van globale ruimtelijke data een schatting te maken van de ernst van de effecten. Daarbij is het grootschalige ondergrondmodel als basis genomen.

4.5.1 *Rekencode en parameterisatie*

De ruimtelijke verdeling van de rijzing is berekend met een ondergrondmodel. Een model kent beperkingen door de gelimiteerde hoeveelheid aan beschikbare data die gebruikt kunnen worden om dit model op te baseren. Voor dit model is het ontwikkelde 3D ondergrondmodel gebruikt zoals dat is beschreven in het Technisch Rapport (Deel I – Geologische Deklaag).

De maximale nauwkeurigheid die gehaald kon worden om de heterogeniteit van de ondergrond met het model in beeld te brengen, is bereikt door de geschatte grondsamenstelling in vakken van 25x25 m² met 0,25 m dikte in te voeren. Deze samenstelling is geïnterpoleerd uit beperkt beschikbare data van grondonderzoek. Er diende dus nog veel geologische interpretatie te worden toegevoegd. De dichtheid van de gegevens is echter nog beperkt als de mogelijke variatie vanwege heterogeniteit wordt beschouwd. Verder kunnen er interpretatieverschillen een rol spelen.

Voor de bijbehorende samendrukkingsparameters is gebruik gemaakt van:

- de sonderingen en geomechanische gegevens in DINO;
- het geotechnisch onderzoek voor de Spoorzone;
- het geotechnisch archief van GeoDelft.

Er is een nieuw programma ingezet voor de zettingsberekeningen met een rekenmethode die gebaseerd is op de aanpak volgens Koppejan. Hierin is gebruik

gemaakt van hetzelfde algoritme als in het programma MSettle. Vanwege het feit dat het programma recent ontwikkeld is, werd het noodzakelijk geacht om de berekende resultaten te controleren. Daartoe is een brede kwaliteitsborging in de vorm van een second opinion gedaan door Deltares Geo-engineering in Delft (voorheen GeoDelft). Daarin zijn meerder aspecten bekeken en is onder ander een herberekening gedaan op basis van enkele bekende boorpunten. Daarnaast zijn herberekening uitgevoerd met o.a. gevalideerde grondmechanische programmatuur MSettle en rekenmethode NEN-Bjerrum. De resultaten van beide rekenmethoden laten onderling grote verschillen zien, meer dan een factor 2. Gemiddeld genomen liggen de resultaten van de te controleren nieuwe rekencode tussen beide uitkomsten in.

4.5.2 *Rekenperiode*

Om de gevolgen van de pompscenarios weer te geven is de situatie berekend in stationaire toestand, dat wil zeggen dat een toestand is berekend nadat alle effecten ten gevolge van de debietveranderingen volledig zijn uitgewerkt. In het algemeen kan worden aangenomen dat dit zo is na een periode van 30 jaar (10000 dagen) na de verandering. In de praktijk zal de aanpassing van de grond aan de nieuwe situatie in het begin het snelst plaatsvinden en logaritmisch afnemen.

De waterspanningstoestand en daarmee de grondspanning in iedere modelcel wordt verkregen door de stijghoogteuitvoer van de MODFLOW berekeningen voor het tijdstip van 30 jaar na het begintijdstip van iedere cel te koppelen aan het ondergrondmodel.

4.6 **Nauwkeurigheid van het model**

Het DSM grondwatermodel en de bijbehorende instrumenten zijn over een periode van 2 jaar ontwikkeld ten behoeve van de ondersteuning van de besluitvorming betreffende de winning. Er is zo veel mogelijk kennis en kunde benut om het grondwatersysteem in dit deel van Zuid-Holland in het algemeen en Delfland in het bijzonder te ontwikkelen. Echter, een model is "*slechts*" een model en niet de werkelijkheid. Zowel de basisgegevens in het model als de verschillende instrumenten kennen hun eigen onzekerheden en gebruiksmogelijkheden. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de interpretatie en gebruiksmogelijkheden van de databestanden voor het DSM model en de modelinstrumenten. Er wordt getracht antwoord te geven op vragen als: Hoe nauwkeurig is het DSM model en wat bepaalt de nauwkeurigheid?

Het DSM model bootst de werkelijkheid zo goed mogelijk na, daarvoor is maximaal gebruik gemaakt van de beschikbare data en kennis van de deelnemende en betrokken partijen. Door te kiezen voor een hoge resolutie (25x25 m) kunnen ook kleinschalige variaties in de grondwaterstroming in beeld worden gebracht. Er is pas sinds kort ervaring opgebouwd om op deze regionale schaal een dergelijk detailmodel op te zetten. In de regio Delfland is het nog niet eerder toegepast.

Deze versie van het DSM model is het resultaat van een uitgebreid traject zowel binnen de uitvoerende projectgroep als in samenspraak met belanghebbenden. Daarmee is het het beste model van dit moment. Er zijn gebieden waar het model minder goed presteert dan in andere gebieden, veroorzaakt door verschillen in ingewikkeldheid van het systeem en kennis en data over het systeem. Het is mogelijk dat voor toekomstige studies of bij toekomstige versies deze onderdelen meer aandacht krijgen. Het DSM model zal het sterkst verbeteren door het model te gebruiken in projecten en nieuwe kennis uit deze projecten te blijven toevoegen.

De verschillen tussen model en werkelijkheid kunnen voortkomen uit verschillende bronnen. In deze paragraaf wordt een aantal mogelijke onzekerheidsbronnen van het DSM model beschreven.

4.6.1 *Ruimtelijke onzekerheden*

Het DSM model is ontwikkeld op een 25x25 m resolutie. Echter, niet alle vlakdekkende informatie die gebruikt wordt in het DSM model kent ook dit hoge detailniveau. Met name de ondergrondinformatie heeft dit hoge detailniveau niet. REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem) is ontwikkeld op een resolutie van 100x100 m. Hoe dieper je komt in de ondergrond, des te lager het detailniveau van de kennis is. Het detailniveau hangt af van de hoeveelheid beschikbare boringen en het afzettingmilieu van de sedimenten. Een uitzondering hierop is de ontwikkeling van het 3D deklaagmodel voor het interessegebied rondom de winning. Daarin zijn naast boringen ook sonderingen gebruikt en is een model opgeleverd op 25 meter schaal.

Details in de ondergrondinformatie hebben niet overal evenveel effect op het uiteindelijke modelresultaat. Details in de ondiepe ondergrond (\pm de eerste 15 meter onder maaiveld) zoals de wijze van bouwrijp maken van woonwijken zijn van groot belang voor de berekende grondwaterstanden. Algemeen kan gesteld worden dat het lastig is om in stedelijk gebied de juiste informatie in het model te krijgen.

De locatie en de ligging van buisdrainage in zowel landelijk als stedelijk gebied en de ligging van greppels zijn niet exact bekend voor iedere cel van 25x25 meter. Deze zijn daarom op basis van schattingen in het model verwerkt. Het kan dus voorkomen dat, door gebrek aan kennis, percelen te veel of te weinig afvoermogelijkheden hebben in het model.

Met betrekking tot het oppervlaktewater is voor een groot deel van alle waterlopen kennis beschikbaar gekomen via Delfland. In sommige gevallen is een schatting gedaan van bodemhoogten en bodembreedten. Voor Pijnacker, Vlaardingen en Delft is extra informatie via verschillende bewerkingen toegevoegd. Dergelijke processen zijn foutgevoelig. Bij de uitvoering van berekeningen met het oppervlaktewatermodel is gebleken dat stroming vanuit de boezem richting de dieper gelegen polders een bepalende factor is bij het berekenen van de afvoer vanuit de polders. Er zijn geen eenduidige meetreeksen of experimenten bekend die uitsluitsel geven over de hoeveelheid waardoor de werkelijke infiltratieweerstand slechts geschat kan worden.

Uit analyse is gebleken dat er vooral in stedelijk gebied afwijkingen kunnen voorkomen in het vlakdekkende maaiveld. Dat maaiveld is gebruikt bij het genereren van het ondergrondmodel, het schatten van waterpeilen en het bepalen van de GHG in relatie tot al dan niet voorkomen van wateroverlast. Dat maaiveld is semi-automatisch bepaald/berekend door een filtering uit te voeren op het beschikbare AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland). De filtering is niet nieuw maar in stedelijk gebied treden eenvoudig 'complicaties' op. De indruk is dat het berekende maaiveld in stedelijk gebied gemiddeld hoger komt te liggen veroorzaakt door de relatief veel verstoringen van het AHN patroon rond wegen. Metingen van de putdekselhoogten geven nog enig houvast maar bieden geen zekerheid bij het vaststellen van het maaiveld rond bijv. woningen.

4.6.2 *Temporele onzekerheden*

Deze versie van het DSM model is opgesteld voor de periode 1994-2004. Variaties door de tijd voor de verschillende invoergegevens zijn zo goed mogelijk verwerkt in het model. Neerslag- en verdampingscijfers zijn op dagbasis ingevoerd. Samen met CAPSIM (het model voor de onverzadigde zone) levert dit een nauwkeurige grondwateraanvulling op dagbasis op. Landgebruik is gedurende de modelperiode constant gehouden, dit zorgt voor onzekerheden in de grondwateraanvulling te meer omdat het gebied in de loop van de tijd veel stedelijke ontwikkeling heeft gekend. Onttrekkingshoeveelheden zijn zo veel mogelijk per maand verzameld en gebruikt in het model. Voor het oppervlaktewatersysteem zijn vaste zomer- en winterpeilen gebruikt voor de gehele periode. De meest recente peilinformatie is hiervoor gebruikt. Variaties van peilen in de tijd, zoals kortdurende afvoergolven of aanpassingen van het peilbesluit door de jaren heen, zijn in het model niet opgenomen. Daarbij is aangenomen dat waterlopen altijd watervoerend zijn. Van al deze temporele onzekerheden is een combinatie van grondwateraanvulling en waterpeilen de belangrijkste onzekerheidsbron.

4.6.3 *Nauwkeurigheid van berekende effecten voor ingrepen*

De nauwkeurigheid waarmee effecten van mogelijke ingrepen op de actuele grondwatersituatie kunnen worden berekend is naar verwachting groter dan de nauwkeurigheid van de modeluitkomsten t.o.v. metingen. Immers, structurele afwijkingen tussen model en meting kunnen bij het berekenen van het effect tegen elkaar wegvallen, omdat zowel in de actuele situatie als in de situatie met ingreep met hetzelfde model wordt gerekend.

Echter, in tegenstelling tussen de actuele grondwatersituatie zijn van effecten van toekomstige maatregelen geen metingen beschikbaar en kunnen de effecten niet onafhankelijk getoetst worden. Het is daarom zinvol tijdens en na de uitvoering van maatregelen, de effecten te meten en te vergelijken met de gemodelleerde effecten. Vandaar het nadrukkelijke advies om het monitoringnetwerk rond de winning in te richten Dit verhoogt de kennis omtrent de nauwkeurigheid van de gemodelleerde effecten en geeft de mogelijkheid tijdig bij te sturen als de werkelijkheid toch anders reageert dan op basis van het model te verwachten was.

4.6.4 *Conclusie*

Een eenduidig antwoord op wat de kwaliteit van het DSM model is niet gemakkelijk te geven, omdat het gebied zowel door geohydrologische verschillen als door verschillen in informatiedichtheid (metingen etc.) zeer divers is. Echter, voorop staat dat in het DSM traject *maximaal* gebruik gemaakt is van alle vlakdekkende kennis over het grondwatersysteem. De werking van het model is geanalyseerd en geijkt op gemeten grondwaterstanden en dynamiek. Het gebruik van het model voor specifieke gebieden zal in de toekomst moeten uitwijzen waar het model en de achterliggende database nog verdere aanpassing behoeven.

4.7 **Gebruiksmogelijkheden modelschil iMOD**

Binnen het modelinstrumentarium heeft het grondwatermodel een centrale rol. Het beheer van alle onderliggende modeldata en modelresultaten, maar vooral het uitvoeren van berekeningen (Modflow) is volledig toegespitst op deze modelschil die is gebruik namelijk het door Deltares ontwikkelde *iMOD* (Interactive MODelling).

iMOD heeft snelle grafische functies voor het visualiseren van kaarten, profielen en grafieken. Daarnaast heeft *iMOD* beperkte GIS functionaliteiten. Er is bewust gekozen om deze GIS functionaliteiten beperkt te houden. Voor GIS functionaliteiten zijn goede bestaande pakketten beschikbaar en daarom wordt juist de interactie tussen *iMOD* en deze GIS-pakketten zo goed mogelijk gefaciliteerd.

Voor het doorrekenen van het volledige grondwatermodel zijn ook nog verschillende mogelijkheden door variaties in:

- Tijd: stationair en niet-stationair voor de gehele periode of gedeelten;
 - Ruimte: grove resolutie of fijne resolutie, voor het gehele gebied of een detail.
- Het doorrekenen van maatregelen met het stationaire model, levert gemiddelde effecten op het systeem. De rekestijden zijn aanzienlijk korter dan voor het niet-stationaire model, maar je kunt hiermee niets zeggen over bijvoorbeeld de GHG en GLG (gemiddeld hoogste/laagste grondwaterstand) of andere temporele variabele uitvoer. Wanneer GHG/GLG of andere temporele uitvoer juist wel gewenst is, dient gerekend te worden met een niet-stationair model van minimaal 8 jaar, maar liefst de volledige modelperiode.

iMOD kent handige tools om het model op te schalen naar grovere resoluties. Hoe grover de resolutie des te sneller het model rekest. Het doorrekenen van een deelgebied gaat natuurlijk altijd sneller dan het volledige modelgebied, maar kent risico's: mogelijk heeft de gekozen modelrand effect op de modelberekening. De *iMOD* model tool adviseert altijd een bufferzone (=afstand interessegebied tot modelrand van het deelgebied) van minimaal 1500 m, echter voor het doorrekenen van ingrijpende maatregelen is een grotere bufferzone aan te raden. De gebruiker dient altijd te checken of de effecten niet toch de rand van het deelmodel hebben bereikt. In Tabel 4.1 staan de indicatieve rekestijden van de verschillende (deel)modellen weergegeven.

Tabel 4.1: Indicatieve rekestijden voor de verschillende (deel)modellen

	<i>stationair</i>	<i>niet-stationair</i>
250 m schaal	15 minuten	11 – 16 uur
25 m schaal	15 – 20 minuten per deelmodel bij 5x5=25 deelmodellen voor het hele modelgebied	15 - 33 uur per deelmodel bij 4x4=16 deelmodellen voor Delfland

4.8 Doorkijk naar overige toepassingen

Het modelinstrumentarium is gemaakt ten behoeve van het onderzoek naar effecten van een enkele ingreep, namelijk het reduceren van een puntonttrekking. Dit sluit niet uit dat het instrumentarium mogelijk toepasbaar is bij meer onderwerpen. In onderstaand overzicht wordt hiervoor een aanzet gegeven op verschillende thema's.

Algemeen geldt dat het grondwatermodel op dit moment is ingericht voor Delfland. Zo zit informatie over het oppervlaktewatersysteem van bijv. Rijnland niet in het model. Wanneer juist (detail)studie gewenst is in die gebieden kan uitbreiding worden overwogen.

Ruimtelijke ordening en waterbeheer

Het bepalen van integrale effecten (kwantiteit, kwaliteit) van ingrepen in het watersysteem zal een steeds belangrijker rol gaan spelen. Het instrumentarium is

geschikt voor uitbreiding om effecten van veranderend landgebruik op de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit mee door te gaan rekenen.

Koppeling klimaatverandering en waterbeheer

Effect van grotere extremen in neerslag op verandering in piekafvoeren (op uur- of kwartierbasis) kunnen met het huidige grondwatermodel niet worden bepaald. Het oppervlaktewatermodel is daarvoor wel geschikt. Effecten van veranderingen in dagelijkse neerslag en verdampingshoeveelheden of gemiddelden van neerslag en verdamping kunnen wel worden doorgerekend met het grondwatermodel, onder de aanname dat de grotere extremen in de neerslag de andere randvoorwaarden gemiddeld niet beïnvloeden. Effecten van zeespiegelrijzing op (zoute) kwel kunnen wel worden berekend

Opstellen van peilbesluiten

Voor het opstellen van peilbesluiten volgens de waternood (Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregime, GGOR) systematiek is het noodzakelijk dat met behulp van een niet-stationair grondwatermodel de GHG en GLG berekend wordt. Het DSM model is hier prima voor geschikt. Dat geldt ook voor gebruik ten behoeve van GGOR in stedelijk gebied. Voor deze specifieke toepassing kan het noodzakelijk zijn om gegevens over stedelijke drainage en ophoogmethode in meer detail in te brengen.

Ontwikkeling alternatieve beheerstrategieën

Het modelinstrumentarium kan een basis vormen om op de lange termijn gerichte doelstellingen in het grondwaterbeleid vorm te geven. Scenario's kunnen worden doorgerekend met alternatieve beheerstrategieën die misschien niet op korte termijn in te passen zijn in het huidige waterbeheer, maar wel op lange termijn de doelen ondersteunen.

Ondersteuning verziltingsbestrijding

Met het modelinstrumentarium is de hoeveelheid af te voeren kwelwater berekend, waaruit de zoutbelasting op de boezem is afgeleid. De verandering daarop ten gevolge van verandering in de winning is gering. Met het modelinstrumentarium kunnen echter ook effecten van waterbeheermaatregelen op de hoeveelheid brakke kwel worden doorgerekend.

Kwantitatieve wateropgave

Door het modelinstrumentarium uit te breiden met de optie van meebewegende oppervlaktewaterpeilen, is het geschikt om scenario's door te rekenen waarin de doeltreffendheid wordt onderzocht van maatregelen gericht op onder andere 'vasthouden, bergen en afvoeren'.

Basis voor evaluatie van monitoring

Het modelinstrumentarium kan fungeren om de huidige monitoringinspanning te evalueren. Bij de evaluatie en/of optimalisatie van grondwaterkwaliteitsmeetnetten biedt het model goede basisinformatie. Homogene gebiedstypen (op basis van bijvoorbeeld kwel/infiltratie) kunnen beter worden vastgesteld.

Basis voor detailstudies

Het modelinstrumentarium kan fungeren als basis voor allerlei detailstudies. De ontwikkeling van de automatisch gegenereerde modelgrids rondom een specifieke locatie maakt het mogelijk om snel en eenvoudig een gedetailleerd, lokaal

grondwatermodel te maken. Hieronder worden enkele voorbeelden opgesomd van mogelijke detailstudies:

- Optimalisatie van grondwaterontrekkingen;
- Ondersteunen van gemeentelijke waterplannen;
- Effecten van civiele constructies op het grondwatersysteem zoals de aanleg van wegen, tunnels of parkeergarages;
- Het berekenen van de verplaatsingen van puntbronverontreinigingen in het grondwater. Het model biedt ondersteuning bij saneringen.

In het onderzoek is nog niet gerekend met stroombaanberekeningen. Het model kan daarmee worden uitgebreid zodat meer inzicht kan worden verkregen in bijv. herkomst, verblijftijd en bestemming van grondwater.

Kaderrichtlijn Water (KRW)

Uitspraken over grondwaterkwaliteit (anders dan chloride) zijn met het huidige modelinstrumentarium nog niet mogelijk. Daarvoor is uitbreiding nodig met een geochemisch model.

5 Effecten van reductie van de winning en maatregelen

5.1 Inleiding

Alternatieven voor de winning

Voorafgaand aan het onderzoek zijn een drietal alternatieven voorgesteld waar het onderzoek zich op zou richten. Daarin is voorgesteld de winning te verlagen naar 800 m³/uur, 400 m³/uur en de situatie zonder winning. Deze alternatieven zijn geanalyseerd ten opzichte van een debiet van 1400 m³/uur, de gemiddelde situatie van de afgelopen jaren. Feit is dat de winning op dit moment onttrekt met een continu debiet van 1200 m³/uur, het oorspronkelijke winterdebiet. De effecten voor de verschillende thema's zullen echter vertraagd doorwerken. Enige snelle effectdoorwerking is te verwachten op het onderdeel stijghoogteverandering.

Gedurende het onderzoek zijn de scenario's gewijzigd. Zo bleek dat de stap naar een reductie tot 800 m³/uur al grote gevolgen zou kunnen hebben, daarom het alternatief van 400 m³/uur komen te vervallen. In plaats daarvan is het praktische alternatief toegevoegd waarin de winning gereduceerd wordt tot 1000 m³/uur. Het alternatief waarbij de winning wordt gesloten is behouden gebleven om het beeld te kunnen geven van de meest extreme situatie.

Een uitzondering op deze alternatieven zijn de waterkwaliteitsmodellen. Die rekenen alleen met de huidige situatie en de situatie zonder de winning. Een van de praktische redenen hiervoor is de gunstige uitkomsten voor de worst-case-situatie zonder de winning waardoor tussenliggende scenario's geen ander beeld zullen opleveren.

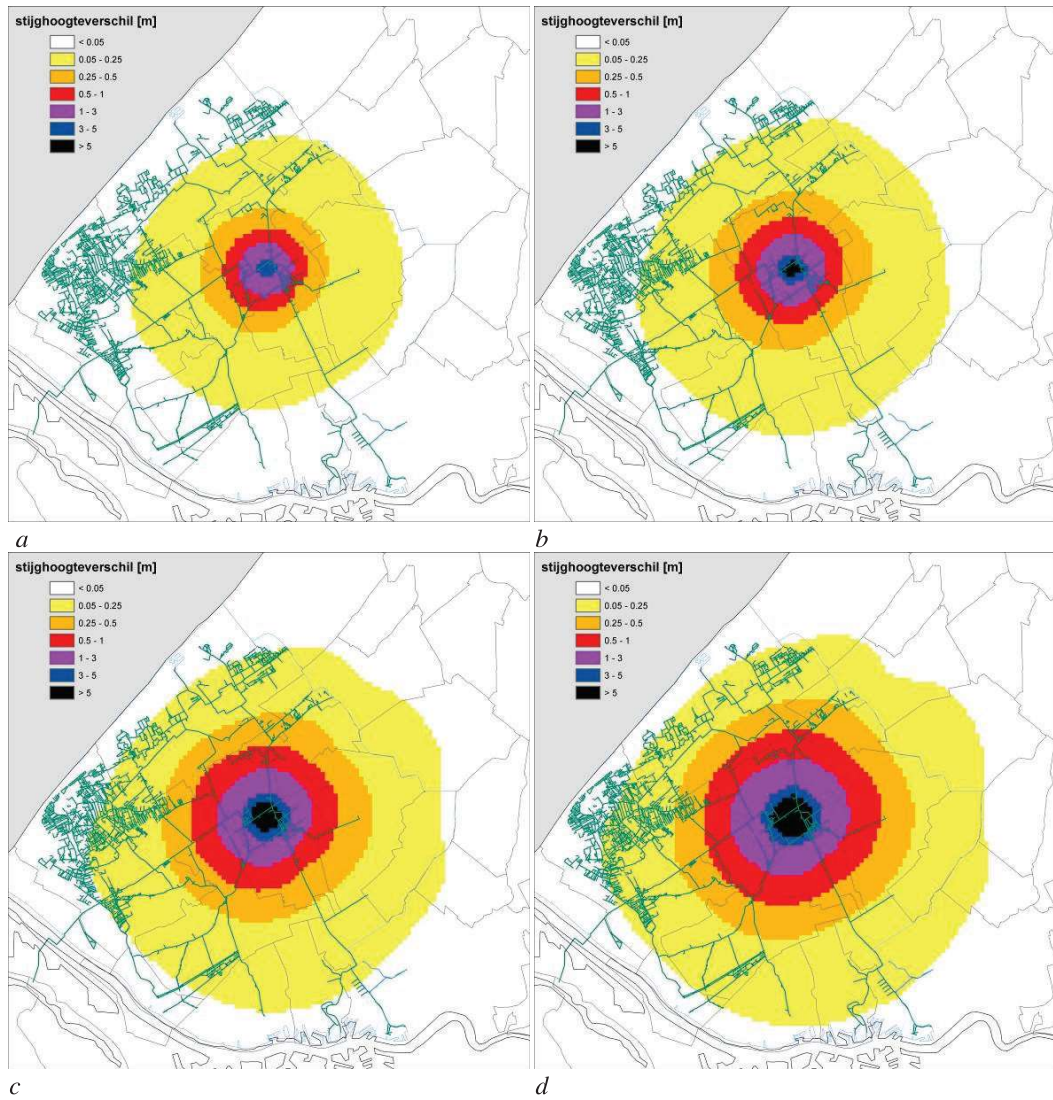
Beperking van het aantal scenario's lag ook voor de hand op grond van de ervaring dat deze modellen de eigenschap hebben zeer veel rekentijd en dataopslagruimte nodig hebben.

5.2 Effect op (on)diep grondwater

5.2.1 *Stijghoogte*

Het reduceren van de winning heeft allereerst directe invloed op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket, direct onder de deklaag. Figuur 5.1 geeft aan hoever deze invloed reikt voor een serie onttrekkingsniveaus. Duidelijk is steeds de grote stijging in het gebied direct rond de winning. Lokaal stijgt de stijghoogte bij volledige sluiting van de winning met meer dan 10 meter. Veel uitspraken in de Quicksan zijn indertijd gebaseerd op het patroon zoals berekend met het IWACO model dat niet veel afwijkt van het gepresenteerde in de figuur.

Een verlaging van de stijghoogte in het watervoerend pakket is een direct gevolg van een reductie van de winning. Dit leidt vervolgens tot andere hydrologische effecten en afgeleide effecten die in het vervolg van dit hoofdstuk aan de orde komen.



Figuur 5.1: Toename van de stijgwoogte door afname winning tot (a) 1000 m³/jaar (b) 800 m³/jaar (c) 400 m³/jaar en (d) sluiting

5.2.2 *Freatische grondwaterstand*

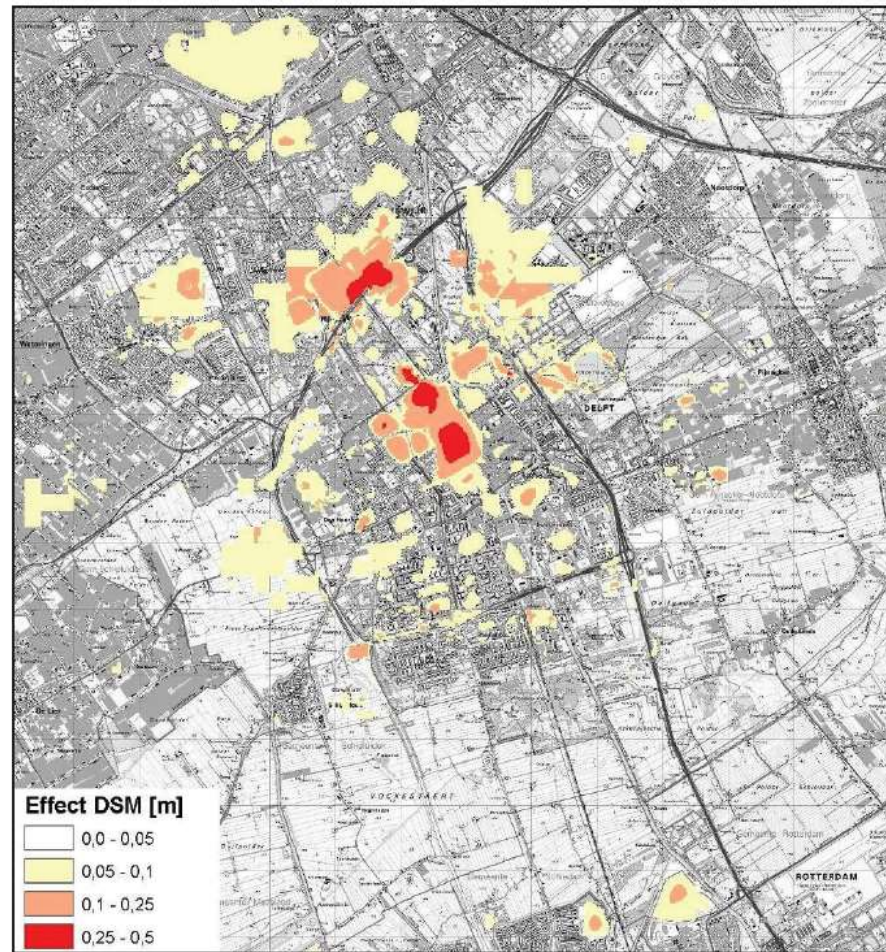
Allereerst werkt de stijghoogteverandering gedempt door richting het ondiepe grondwater. Figuur 5.2 geeft aan welke locaties volgens het grondwatermodel het effect op de gemiddelde grondwaterstand merkbaar is. Als grenswaarde in de figuur is 5 centimeter stijging aangehouden.

Voorbehoud

Op basis van het detailbeeld in Figuur 5.2 bestaat de neiging om locatiespecifiek naar effecten te gaan kijken. Maar let op dat deze uitkomsten niet kunnen worden gebruikt om op gridcelniveau (25x25m) exact af te leiden wat de effecten wel of niet zullen zijn. De interpretatie moet zijn dat er per zone een indicatie ligt van de effecten die te verwachten zijn.

In vergelijking met voorgaande berekeningen is het invloedsgebied van de winning minder groot en vormt het geen aaneengesloten geheel. Het meest in het oog springend zijn veranderingen in de wijk Hof van Delft, delen van Rijswijk en Den Haag. Het patroon van de effecten wordt veroorzaakt door een combinatie van bodemopbouw en de aanwezigheid van oppervlaktewater. In een zone rond een waterloop werkt het effect op de grondwaterstand namelijk minder hard door omdat daar de grondwaterstand ook door het oppervlaktewaterpeil wordt bepaald.

Mogelijke maatregelen om wateroverlast te voorkomen worden in paragraaf 5.7.1 besproken.



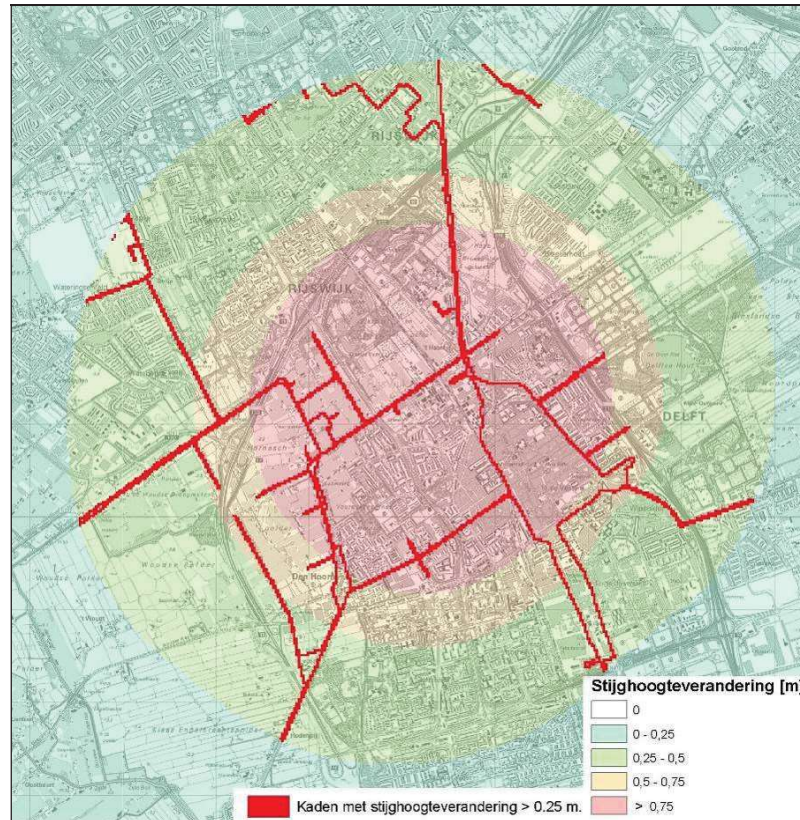
Figuur 5.2: Met grondwatermodel berekende toename van de freatische grondwaterstand ten gevolge van sluiting van de winning (zie ook het voorbehoud)

5.3 Geotechniek

5.3.1 Waterkeringen

Door toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket kan de kadestabiliteit beneden een vastgestelde factor komen, waarbij de stabiliteit niet meer gegarandeerd kan worden. Daarom is versterking van het betreffende kadedeel dan noodzakelijk. Er zijn meerdere oorzaken denkbaar voor een verminderde kadestabiliteit. Het gaat in deze studie alleen om de kaden die als gevolg van een reductie of stopzetting van de winning moeten worden versterkt. Het kan daarbij gaan om kaden die op dat moment geen versterking nodig hadden, maar door de veranderingen in de winning wel, of om kaden die al versterkt moesten worden, maar waarvoor dan extra kosten gemaakt moeten worden. In deze kosten- en batenanalyse worden beide kostenposten meegenomen als extra kosten als gevolg van een reductie of stopzetting.

Door het reduceren of stopzetten van de winning zal de stijghoogte ter plaatse van de kades toenemen. In onderstaande kaart staat aangegeven waar de kades liggen en hoeveel de stijghoogte verandert bij reductie van de winning tot $1000 \text{ m}^3/\text{uur}$.



Figuur 5.3: Kaden met stijghoogteverandering $> 0,25 \text{ m}$ bij een winning van $1000 \text{ m}^3/\text{uur}$

In bovenstaande situatie is uitgegaan van 25 cm als kritische stijghoogteverandering. Het betreft een aanname omdat op dit moment nog niet bekend is welke stijghoogteverandering daadwerkelijk tot schade leidt bij een bepaald kadetraject. Delfland laat dit momenteel onderzoeken. Om toch rekening te houden met variatie in gevoeligheid is op de achtergrond ook gerekend met 1 meter als kritische stijghoogteverandering. In dat laatste geval zal het aantal kilometer te herstellen kade lager zijn. Met door Delfland aangeleverde inschatting van de kosten voor kadeherstel zijn vervolgens de kosten voor dit onderdeel bepaald (zie verder hoofdstuk 6).

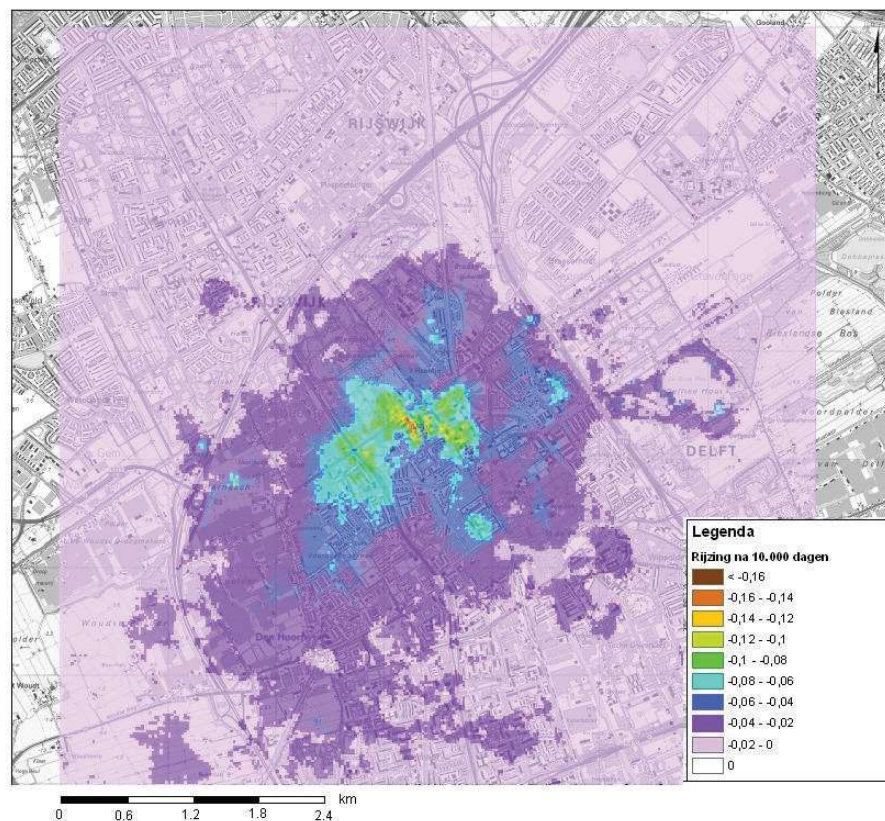
5.3.2 Bodembeweging, rijzing en zetting

Met behulp van het bodembewegingsmodel is de maximale **maaiveldrijzing** ten gevolge van de stopzetting van de winning berekend. Figuur 5.4 geeft het beeld weer van deze maximale rijzing na 30 jaar. Daaruit wordt duidelijk dat een rijzing van 10 cm en meer (max. 16 cm) optreedt slechts binnen de grenzen van DSM zelf. Daarbuiten is de rijzing beperkt tot enkele centimeters.

Voorbehoud

Op basis van het detailbeeld in Figuur 5.4 bestaat de neiging om locatiespecifiek naar effecten te gaan kijken. Maar let op dat deze uitkomsten niet kunnen worden gebruikt om op gridcelniveau (25x25m) exact af te leiden wat de effecten wel of niet zullen zijn. De interpretatie moet zijn dat er per zone een indicatie ligt van de effecten die te verwachten zijn

De omvang van deze rijzing is bepaald in een zettingsberekening als een primair deel als gevolg van deconsolidatie. Deze rijzing moet zoals vermeld worden gesuperponeerd op een doorgaande secundaire zetting in de orde van grootte van 0,5 tot 1 mm/jaar die karakteristiek is voor dit deel van Nederland. Voor een deel wordt deze veroorzaakt door oxidatie van veenlagen boven de grondwaterspiegel.



Figuur 5.4: Berekende omvang van de maaiveldrijzing [eindwaarde in meters]. Zie ook het voorbehoud

Uit de resultaten komt ook naar voren dat de maaiveldbeweging in het gehele gebied, met uitzondering van een beperkte zone rond de onttrekking op veel plaatsen **zetting** vertoont (globaal tot ca. 0,40 m over 30 jaar). Dit is een gevolg van de oxidatie die plaatsvindt zolang zich veenlagen boven de grondwaterstand bevinden. Door het opkomen van de grondwaterstand bij afnemend debiet wordt de oxidatie wel minder dan in de huidige situatie.

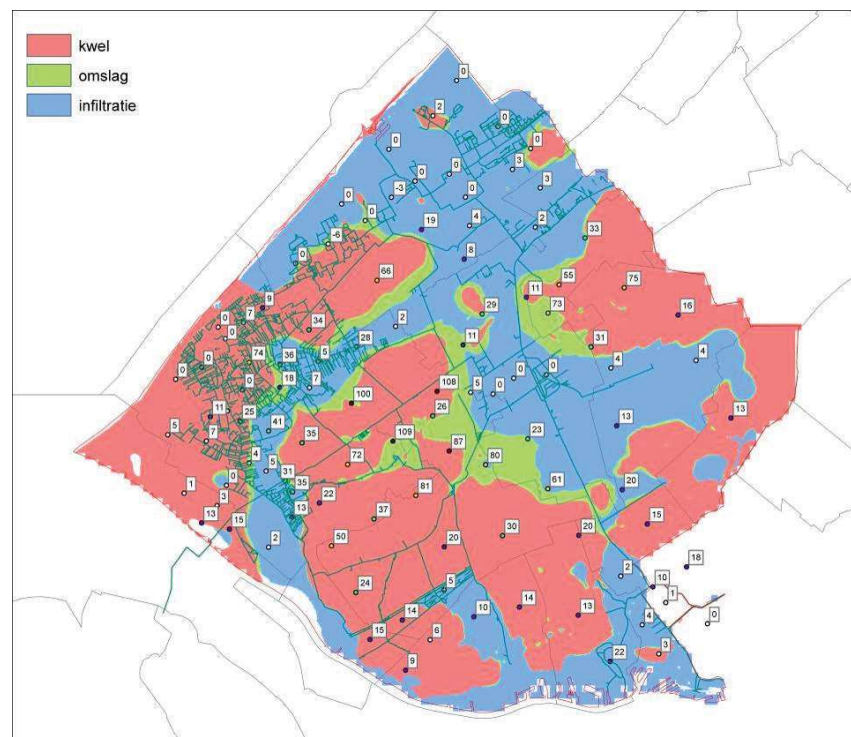
Wat vervolgens het effect van deze bodembeweging op de stabiliteit van panden is wordt uitgebreid toegelicht in paragraaf 6.2.3.

5.4 Grondwaterkwaliteit

De stopzetting van de winning leidt naast veranderingen in grondwaterstand en stijghoogte ook tot verandering in stroming en stromingsrichting. In de Quicksan is ingeschat dat die verandering er toe zal leiden dat meer brak grondwater zich door de deklaag richting het oppervlaktewater zal verplaatsen wat in bepaalde situaties voor kwaliteitsproblemen zorgt zodat extra doorspoelcapaciteit noodzakelijk wordt.

Een ander kwaliteitsaspect in de ondergrond is gerelateerd aan aanwezige bodem- en grondwaterverontreinigingen. Verandering van stroming en stromingsrichting beïnvloeden mogelijk het pad van de verontreiniging en het eindpunt (receptor) ofwel de vorm van de verontreiniging(spluim) kan wijzigen. Dit onderwerp komt in paragraaf 5.6 aan de orde.

In tegenstelling tot de inschatting volgens de Quicksan laten de resultaten van de berekeningen zien dat er geen waterkwaliteitsprobleem zal ontstaan met betrekking tot chloride. Bij die berekening is allereerst bepaald wat de kwaliteitsontwikkeling is van het grondwater dat richting alle (polder)waterlopen afstroomt. Die resultaten zijn vervolgens per peilgebied of serie van peilgebieden gesommeerd en zijn daarna op 105 vaste punten (veelal gemalen) 'overgedragen' aan het boezemstelsel. Figuur 5.5 toont de maximale toename van de chlorideconcentratie op die 105 verschillende punten in het oppervlaktewatermodel voor de situatie dat de winning sluit.



Figuur 5.5: Maximale concentratietoename [mg/l] in het oppervlaktewater van Delfland t.g.v. stopzetting van de winning

De verklaring voor de hoogte en de spreiding van die maximale waarden kan worden gegeven aan de hand van inzicht in de interactie tussen het diepe en het ondiepe grondwater. Daarover gaat het in de volgende paragraaf.

5.4.1 *Waterbalans over de deklaag*

Het effect van reductie van de winning op de waterkwaliteit wordt inzichtelijk als wordt gekeken naar de verticale stroming over de deklaag. Die varieert tussen sterke kwel op de ene (diepe) locatie en infiltratie op andere, hoger gelegen delen. Met het stopzetten van de winning zal naar verwachting de hoeveelheid kwel toenemen, de infiltratie afnemen en daartussenin zal een zone zijn waarin infiltratie omslaat in kwel. In Figuur 5.5 zijn die drie verschillende stromingszones aangegeven voor de situatie dat de winning sluit.

De werkelijke waterbalans over de deklaag geeft inzicht in de mate van verandering van het grondwatersysteem. Hieruit blijkt dat stopzetten van de winning van 13,5 miljoen m³/jaar niet leidt tot een gelijke hoeveelheid water dat nu via het oppervlaktewater wordt afgevoerd. In werkelijkheid is de **bruto** stroming richting de deklaag slechts 9,5 miljoen m³/jaar, 70% (zie Tabel 5.1). Uit de analyse blijkt verder dat dit niet betekent dat er daadwerkelijk 9,5 miljoen m³/jaar brak water vanuit het watervoerend pakket richting de deklaag stroomt. Tabel 5.1 laat zien dat slechts 3,3 miljoen m³/jaar brak water vanuit het watervoerend pakket richting de deklaag stroomt. Het overige in de balans komt voor rekening van afname van infiltratie.

Tabel 5.1: Verandering van de verticale flux in de deklaag

Onderdeel	Miljoen m ³	
Afname infiltratie (<i>geen kwal. effect</i>)	5,2	
Toename kwel (<i>brak</i>)	2,5	→ 2,5
Infiltratie slaat volledig om in kwel	1,8	
- Voorheen: infiltratie aandeel	1,0	
- Nu: kwel aandeel nu(<i>brak</i>)	0,8	→ 0,8
	+	
Bruto verandering:	9,5	+
	Toename brakke flux vanuit WVP	3,3

Bovenstaande analyse wijkt af van de schatting die gedaan is in de Quickscan. Daarin werd geschat dat van de 13,5 miljoen m³ ongeveer 11 miljoen extra vanuit het watervoerend pakket via het topsysteem tot afstroming zou komen.

5.4.2 *Effect op de ontwikkeling van de waterkwaliteit*

Deze inzichten in de balans over de deklaag en de effecten van reductie van de winning verklaren de uitkomsten van het stoftransportmodel. De resultaten zijn namelijk dat in de worst case situatie de toename van de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater gering is. Onder worst case verstaan we de situatie waarbij de winning volledig sluit in combinatie met een droog jaar waarin het aandeel brakke kwel het grootst is. Het meest droge jaar uit de tijdreeks van het model is 2003, een jaar waarin volgens het KNMI slechts 570 mm neerslag viel. Over dat droge jaar blijkt de afvoer via het topsysteem van Delfland ongeveer 0,05 mm/dag te zijn. In de situatie zonder de winning verdubbelt dat tot 0,11 mm/dag.

Aan de hand van de verschillende zones uit Figuur 5.5 zullen de resultaten worden toegelicht.

Zone I: blijvend infiltratie

Omdat er geen stroming vanuit het watervoerendpakket is, zal er geen verandering van de chlorideconcentratie plaatsvinden. Omdat regenwater een lage chlorideconcentratie heeft zal het systeem mogelijk verzoeten

Zone II: blijvend kwel

In deze zone is er op dit moment sprake van een opwaartse grondwaterstroming. Wordt de winning gesloten dan zal deze stroming toenemen. Ondanks toename van de kwelstroom neemt de chlorideconcentratie boven in de deklaag slecht heel weinig toe. Reden hiervoor is dat een significante verhoging van de chlorideconcentratie ten opzichte van de startconcentratie pas na een groot aantal jaren zal plaatsvinden. Immers, de stroomsnelheid door de deklaag is zeer gering ten opzichte van de rekenperiode, namelijk 50 jaar.

Zone III: infiltratie wordt kwel

In dit gebied wisselt de grondwaterstroming van richting. Op deze plekken laat de oppervlaktewaterconcentratie richting de boezem dan ook de grootste toename zien (zie Figuur 5.5). De waterafvoer voor deze zone vindt plaats via verschillende Sobek afwateringsgebieden. Daarom liggen de knooppunten van het oppervlaktewatermodel ook niet exact in zone III. Overigens blijkt de absolute concentratietoename niet hoog (maximaal 100 mg/l). Reden hiervoor is dat het aandeel brakke kwel laag is t.o.v. de hoeveelheid zoete neerslag.

5.4.3 *Lokale afwijking t.o.v. modeluitkomsten*

Er wordt veel onderzoek gedaan op het gebied van stoftransport in grondwater en de relatie met het oppervlaktewater. Recente studies (o.a. in Zeeland, Hoogheemraadschap van Rijnland en Noord-Nederland) waarin veel monitoring heeft plaatsgevonden tonen aan dat het transport van stoffen zoals chloride op zeer kleine schaal sterk kan variëren. Dat treedt op bij wellen maar ook bij sloten die diep in de deklaag zijn ingesneden. Beide fenomenen zijn voorbeelden van locaties waar de deklaag "lek" is waardoor daar veel hogere kwelintensiteiten kunnen voorkomen. Er worden in en onder dergelijke locaties hoge chlorideconcentraties gemeten. De indruk bestaat dat door de hogere flux grondwater van dieper wordt aangetrokken, veelal met hogere chloride concentraties. Dergelijke processen spelen op een schaal van enkele meters. Het stoftransportmodel rekent echter op een schaal van 100m, zodat de hierboven beschreven effecten niet zichtbaar kunnen worden gemaakt maar worden uitgemiddeld.

De kans bestaat dat op grond van bovenstaande lokaal hogere chlorideconcentraties zullen worden gemeten dan nu berekend. Het zal daarbij echter waarschijnlijk zelden om wellen gaan. Volgens Van Ek (2007) komen er voor zover bekend in Delfland geen wellen voor, uitzonderingen zijn Leidseveen en Oranjeplas. Op de locaties waar de chlorideconcentratie onder de deklaag regionaal relatief hoog is (vele honderden tot enkele duizenden mg Cl⁻/l), de sloten diep insnijden én de deklaag niet dikker is dan enkele meters zijn lokaal de hoogste chloride concentraties te verwachten.

5.5 Oppervlaktewaterkwaliteit

Zoals in de vorige paragraaf is toegelicht zijn de berekende effecten van het stopzetten van de winning op de chloride concentraties in het oppervlaktewater gering. De effecten die optreden gelden met name de zogenaamde ‘omslaggebieden’, daar waar infiltratie omslaat in kwel en in mindere mate de gebieden waar kwel zal toenemen. Dit gebeurt echter op zo weinig locaties en de effecten zijn zo gering dat het de concentratie van het boezemwater niet of nauwelijks beïnvloedt.

Ondanks de geringe extra aanvoer van chloride vanuit het grondwater is toch de doorrekening van de effecten op het oppervlaktewater met behulp van het SOBEK model uitgevoerd voor het worst-case scenario (jaar 2003). Voor die locaties in het oppervlaktewater waar meetwaarden beschikbaar zijn blijkt het SOBEK model hogere concentraties te berekenen dan de gemeten waarden. Die afwijking in berekende concentratie is niet eenvoudig te corrigeren omdat concentraties alleen worden beïnvloed door de aan het model opgelegde randvoorwaarden die ofwel gemeten zijn ofwel van het grondwatermodel afkomstig zijn.

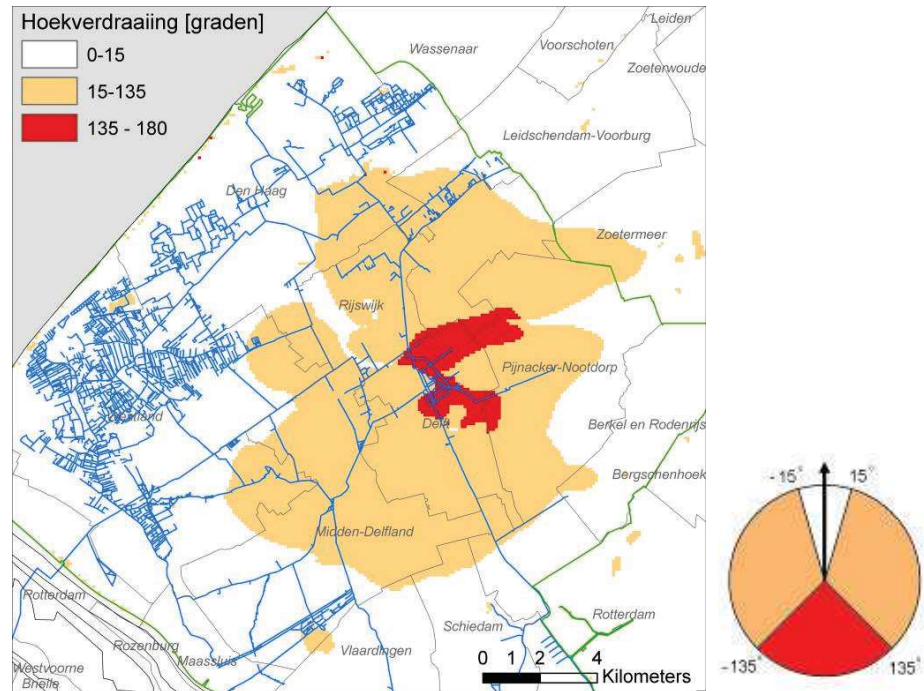
De berekende *absolute* chlorideconcentraties zijn dus minder betrouwbaar en uitspraken daarover kunnen niet door het model worden gedaan. Het model is wel geschikt om een indruk te geven van de grootteorde van het effect van voorgenomen maatregelen voor het worst case scenario met een gesloten winning tijdens een droog jaar.

Het blijkt dat de chlorideconcentraties in de boezem vele malen meer worden beïnvloed door de lekverliezen bij de Parksluizen dan door het stopzetten van de winning.

5.6 Saneringen en grondwaterverontreinigingen

Door de reductie of stopzetting van de winning kan de stromingsrichting (of in mindere mate de stromingssnelheid) ter plaatse van verontreinigingen veranderen. Dit kan leiden tot de noodzaak van aanpassen van de ingerichte monitoring dan wel de sanering. In de Quickscan werd onderscheid gemaakt tussen verontreinigingen in de regio Delft die door de winning worden ingevangen, saneringen in de wijdere omtrek en specifiek saneringslocaties in Rijnmond.

Het effect van de winning dat van belang is voor verontreinigingen en/of saneringen betreft de wijziging van de (horizontale) stromingsrichting. Daardoor kan de verontreiniging ‘ontsnappen’ aan de monitoring of de sanering. Figuur 5.6 geeft inzicht in de verandering van de horizontale stromingsrichting, gedifferentieerd naar de grootte van het effect. De verwachting is dat in gebieden waar de stromingsrichting meer dan 15 graden draait bestaande saneringen en/of monitoring moeten worden aangepast aan de nieuwe situatie.



Figuur 5.6: Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van sluiting van de winning

In de Quicksan is opgemerkt dat in Rijnmond sprake zou kunnen zijn van problemen met monitoring of sanering in verband met het verschuiven van de waterscheiding in noordelijke richting. Uit berekeningen met het grondwatermodel blijkt dat van deze verschuiving geen sprake is. Dit risico wordt daarom in dit onderzoek niet meer meegenomen.

5.7 Mogelijke maatregelen

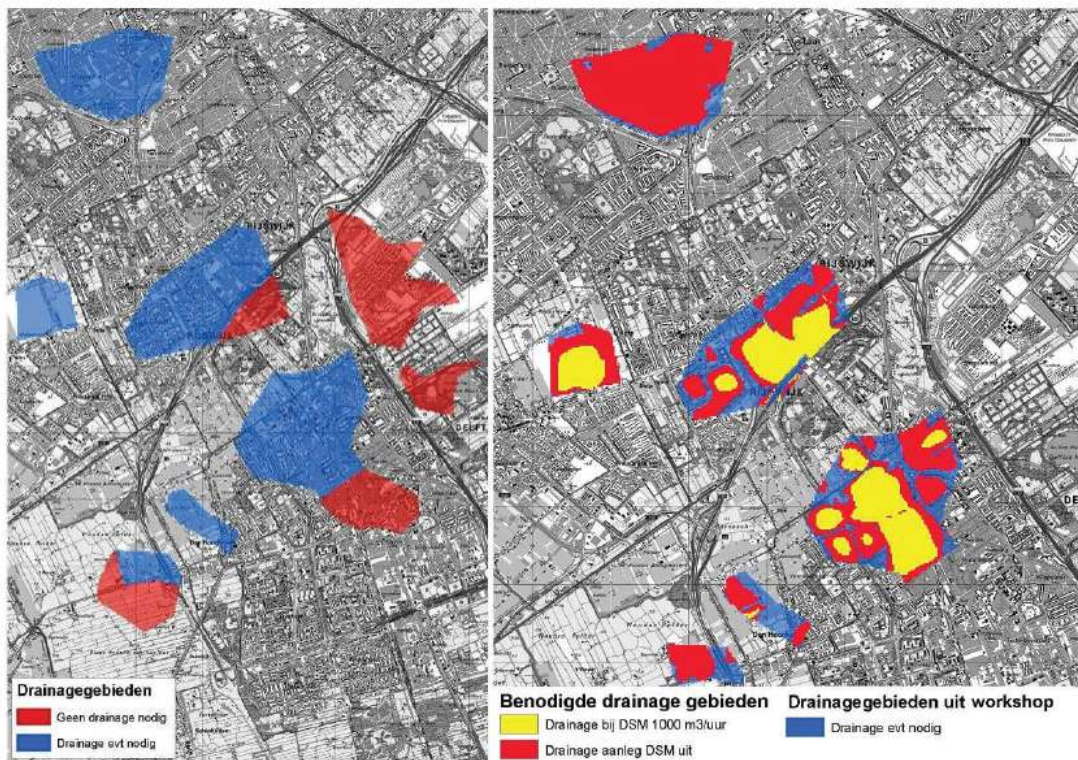
In November 2007 is een workshop georganiseerd gericht op het gezamenlijk definiëren van maatregelen om effecten van winningreductie weg te nemen dan wel te verminderen. In de workshop kwamen stonden twee type maatregelen centraal namelijk de aanleg van drainage en reallocatie van (een deel) van de winning. Als basis van de workshop dienden de beelden van de effecten zoals in het voorgaande zijn toegelicht.



Foto 5.1: Werksessie voor het vaststellen van maatregelen

5.7.1 Aanleg van drainage

Dit onderdeel van de wokshop vond vooral plaats rond Figuur 5.2 met daarin de effecten van winningreductie op de grondwaterstand. Er is toegelicht dat de kaart niet gebruikt mag worden om voor een specifiek modelcel van 25x25 te bekijken of het model net wel of net geen wateroverlast berekend. Veel meer is het zaak om na te gaan wat het risico is per (deel)wijk met in het achterhoofd de wetenschap dat het besluit voor de aanleg van drainage in de praktijk ook per (deel)wijk wordt gedaan.



Figuur 5.7: Workshopresultaat: kaart met gebieden waarbinnen drainage waarschijnlijk noodzakelijk bij stopzetting

De stijging van de grondwaterstand zoals Figuur 5.2 die toont hoeft geen probleem te betekenen. Grondwateroverlast speelt per definitie in bebouwde gebieden (voor landbouw en natuur, zie volgend hoofdstuk). Om die reden is op basis van het LGN4 bepaald welke gebieden bebouwd zijn. Op basis van de discussies tijdens de workshop is bepaald in welke gebieden deze 5 cm stijging naar verwachting geen probleem hoeft te betekenen, omdat de ontwateringsdiepte voldoende groot is. Ook zijn er gebieden waar al drainage ligt en een stijging van de grondwaterstand niet door middel van nieuwe drainage opgelost zal worden, want er ligt immers al drainage. Tot slot zijn er gebieden waar nu al grondwateroverlast bestaat en het redelijkerwijs niet terecht is om kosten voor drainage af te schuiven op een eventuele reductie van de grondwaterwinning. Het resultaat is te zien in Figuur 5.7.

De uitkomst is dat bij een debiet van 1000 m³/uur naar schatting 200 ha moet worden gedraineerd in Delft, Rijswijk, Den Haag. Gaat de winning nog verder terug dan is 300 ha (bij 800 m³/uur) of meer dan 600 ha drainage nodig wanneer de winning sluit.

5.7.2 *Mogelijkheid tot reallocatie van de winning*

Bij de alternatieven met een verminderde onttrekking werd vooraf aanvullend onderzoek voorgesteld. Dat onderzoek bestond uit de vraag in hoeverre het verstandig zou zijn om dit gereduceerde onttrekkingsdebiet (deels) buiten het DSM terrein te realiseren. De winning zou bijvoorbeeld worden teruggebracht van 1200 m³/uur naar 800m³/uur waarvan 400 op het DSM terrein en 400 op plaatsen elders in de stad. De achterliggende gedachte daarbij is dat reallocatie (in onderdelen van bijv. 50 m³/uur) plaats kan vinden op die locaties waar ongewenste effecten van de reductie zouden optreden bijvoorbeeld rond kades en ter plaatse van grondwateroverlast.

Toelichting IR database

Het modelinstrumentarium bevat een functionaliteit om inzicht te krijgen welke plekken daarvoor in aanmerking komen, de zogenaamde IR-database. Een IR-database (IR staat voor Impuls Respons) is een door Deltares ontwikkelde tool waarbij allereerst automatisch een grote hoeveelheid specifieke scenarioberekeningen kan worden uitgevoerd; in dit geval het effect (Respons) van een kleine onttrekking (Impuls) op de grondwaterstand en dat vanuit alle mogelijke locaties. De resultaten (Respons) van deze berekeningen worden systematisch opgeslagen in een database. Naderhand is deze database te raadplegen en toont dan snel de combinatie van effecten (Respons) van onttrekkingen die buiten het DSM terrein worden geplaatst. Zo is interactief een gewenste combinatie te vinden. Dat maakt algemeen gesproken een IR-database geschikt om 'aan-de-vergadertafel' mogelijke alternatieven te analyseren of oplossingen te zoeken.

Uitkomsten

Bovenstaande aanpak is uitgewerkt voor ten behoeve van de November workshop van 2007 met als doel inzicht te krijgen in de mogelijkheden om met reallocatie negatieve effecten van reductie van de winning te verminderen. Er is daarbij gekeken naar de effecten op de grondwaterstand (afname van de overlast) en op (boezem)kades (verhoging van de stijghoogte leidt tot risico op afschuiving).

Niet eerder is de IR database gebruikt voor scenarioberekening van relatief grote onttrekkingen in het diepere pakket. Het gebruik richt zich tot op heden op veranderingen in het topsysteem (peilverhogingen, toevoegen/verwijderen van waterlopen). Bij controle tijdens de voorbereidingen bleek dat met de IR database

berekende effecten op de grondwaterstand nog niet foutloos zijn. Het verdient dan ook aanbeveling om het rekenconcept nog eens tegen het licht te houden. Absolute waarden van de effecten kunnen in dit stadium dan ook niet worden gegeven. Wel is inzicht gekregen in de relatie tussen diepere winning en de ondiepe grondwaterstand.

De conclusie is dat het niet de voorkeur heeft om problemen aan maaiveld (grondwateroverlast) op te lossen door winningen in een dieper pakket (onder de deklaag) aan te brengen. Het gebruik van de IR database bevestigde nogmaals de grillige opbouw van de deklaag. Daardoor wordt het minder eenvoudig om op buurtniveau de relatie vast te stellen tussen de locatie van een winning onder de deklaag en het invloedsgebied ervan aan maaiveld. Een andere conclusie is dat reallocatie ook geen oplossing lijkt te zijn voor het probleem van instabiele kades. Het effect van winningen in het diepere pakket is namelijk sterk kegelvorming waardoor het niet geschikt is om over grotere afstanden een gelijkmatige verlaging ter plaatse van kades te bewerkstellingen.

Gezien deze onzekerheden en de relatief hoge kosten van reallocatie (aanleg van nieuw bronnen en afvoersysteem door de stedelijk gebied) is besloten dat reallocatie niet verder als alternatief wordt uitgewerkt.

6 Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA)

In de Quickscan DSM-spoorzone is op basis van expertkennis en beschikbare informatie een opzet gemaakt voor het moneteriseren van de kosten van de effecten op functies. In dit hoofdstuk zullen we de opzet zoals die toentertijd gemaakt is, grotendeels handhaven. Daar waar de nieuwe berekeningen en nieuwe inzichten leiden tot een andere omvang en/of benadering van de effecten, zijn deze cijfers uiteraard aangepast.

De uitkomsten van dit hoofdstuk zijn voornamelijk gebaseerd op de volgende bronnen:

- Quickscan DSM-Spoorzone;
- Nieuwe modelberekeningen en kennis van de onderzoeksinstituten;
- Opmerkingen en resultaten uit de workshops met betrokken overheden en belangengroepen op 16 november 2007;
- Door de opdrachtgevers (provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap van Delfland en gemeente Delft) aangeleverde kengetallen.

6.1 Inleiding

In dit vervolgonderzoek is afgesproken de MKBA zoveel mogelijk te laten aansluiten op de aanpak van de Quickscan. Bij het lezen van dit hoofdstuk is het essentieel om de doelstelling van deze MKBA in het achterhoofd te hebben:

Doelstelling: "het onderling vergelijken van de ordegrrootte van verschillende effecten en van de verschillende reductiestrategieën onderling (ten opzichte van de huidige situatie)".

Aan het eind van dit hoofdstuk is in paragraaf 6.3 een toelichting opgenomen hoe de uitkomsten bewerkt zijn tot netto contante waarden. Het omrekenen van investeringskosten en jaarlijks terugkerende kosten tot een totaal is een berekening waarin ook aannames verwerkt (moeten) zijn. De uitkomsten hiervan zijn dus niet per definitie objectief. In dit rapport zijn zoveel mogelijk aannames uit de Quickscan gehanteerd, vanuit de gedachte dat een vergelijking met de Quickscan wenselijk is. Dit betekent dat er eventueel andere aannames op basis van een veranderd inzicht in het opstellen van mkba's niet verwerkt zijn.

Sommige effecten worden niet omgerekend naar netto contante waarden maar worden als PM post opgenomen. Dit is gebruikelijk omdat sommige effecten van maatregelen niet goed zijn te meten of de geldelijke waarde van een effect moeilijk of niet is te bepalen. De PM post is een laatste redmiddel waardoor onderkend wordt dat het buiten beschouwing laten van deze effecten niet altijd bijdraagt aan een goede besluitvorming. In de Quickscan zijn ook enkele effecten als PM post opgenomen. Wanneer deze effecten in deze vervolgstudie niet nader bepaald zijn blijven de PM-posten uit de Quickscan dan ook gehandhaafd

6.2 Toelichting op methode van kwantificering + gevolgen stopzetting

In deze paragraaf zal per (potentieel) effect aangegeven worden hoe de locatie en omvang bepaald zijn. Vervolgens wordt voor deze fysieke effecten via kengetallen een

benadering gegeven van de kosten die op kunnen treden bij een reductie van de grondwaterwinning.

Per effect is, waar mogelijk, bepaald wat de effecten zijn als de omvang van de winning verandert. Daarbij komen drie alternatieve debieten aan de orde. Als huidige situatie wordt 1400 m³/uur aangehouden. Feit is dat de winning op dit moment onttrekt met een continu debiet van 1200 m³/uur, het oorspronkelijke winterdebiet. De effecten voor de verschillende thema's zullen echter vertraagd doorwerken. Enige snelle effectdoorwerking is te verwachten op het onderdeel stijghoogteverandering. Alternatieven zijn een verlaging tot 800 m³/uur, tot 400 m³/uur en de situatie zonder winning.

6.2.1 Grondwateroverlast

In tegenstelling tot de Quicksan wordt nu geen onderscheid meer gemaakt tussen woningen, winkels en bedrijven. De belangrijkste reden hiervoor is, dat er geconstateerd is dat in de toekomstige overlastgebieden drainage als maatregel het meest voor de hand ligt. Dit betekent dat voor alle functies dezelfde maatregel bepalend is voor de kosten en daarmee het onderscheid tussen de functies in deze benadering geen meerwaarde meer heeft.

Op basis van de berekeningen met het grondwatermodel is een kaart gemaakt waar de jaargemiddelde freatische grondwaterstand meer dan 5 cm omhoog zal gaan. Dit zijn de gebieden waar potentieel problemen kunnen gaan ontstaan als gevolg van reductie van de winning. Dit zoekgebied is verder teruggebracht zoals in paragraaf 5.7.1 is toegelicht en in de onderstaande tabel staan de oppervlakten aan bebouwd gebied waar de aanleg van drainage noodzakelijk zal zijn bij de verschillende alternatieven.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Oppervlak bebouwd gebied (ha)	0	197	305	639

De gemeente Delft geeft aan op basis van haar ervaringscijfers dat drainage in stedelijk gebied, inclusief bestrating, per strekkende meter EUR 215 kost. Uit de discussie op de workshop bleek dat een drainage-afstand van 50 meter een reële inschatting is. Dit betekent dat er per ha 200 meter drainage nodig is. Dit komt neer op EUR43.000/ha.

Door de gemeente Delft is aangegeven dat drainage in dit gebied globaal 30 jaar meegaat. Voor de kostenberekening betekent dit dat deze kosten na 30 jaar opnieuw gemaakt moeten worden.

Drainage dient voor het behouden van de werking ervan, onderhouden te worden. Op de workshop is al aangegeven dat drainageonderhoud ongeveer EUR 0,15 per strekkende meter per jaar kost. Dit betekent EUR 30/ha/jaar.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Investeringskosten bestrijding grondwateroverlast (EUR)	0	8.500.000	13.100.000	27.500.000
Jaarlijkse onderhoudskosten (EUR/jaar)	0	5.900	9.100	19.200

6.2.2 *Invloed waterkwaliteit op waarde woningen*

In de Quickscan is hierover geconcludeerd dat de kans op een waardedaling door een grote achteruitgang van de waterkwaliteit gering is, maar dat een eventueel effect aanzienlijk kan zijn. Uit het onderzoek blijkt dat de waterkwaliteit naar verwachting niet (sterk) achteruit zal gaan. Daarom wordt hier gesteld dat dit effect nihil is.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Waardedaling woningen	0	Nihil	Nihil	Nihil

6.2.3 *Geotechnische effecten op bebouwing*

De bodembeweging die het gevolg is van reductie of sluiting van de winning is in paragraaf 5.3.2 weergegeven. Wat daarvan de gevolgen zijn voor de aanwezige panden wordt in deze paragraaf toegelicht.

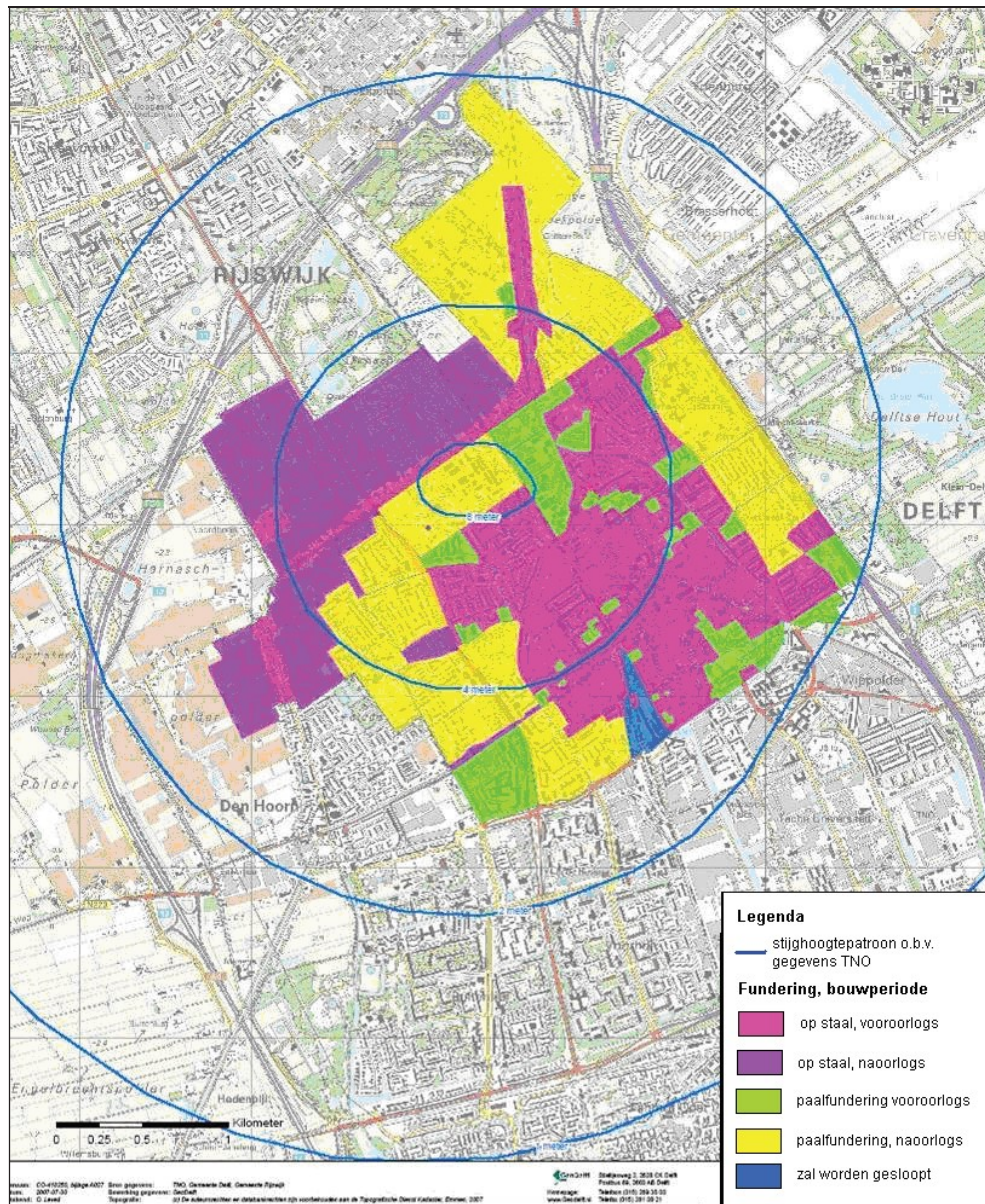
Inventarisatie funderingen

Allereerst is een inventarisatie van funderingstypen uitgevoerd. Dit is gedaan door inspecteurs van de gemeentelijke Bouwtoezicht en Monumentenzorg van Delft te bevragen op hun ervaringen in het gebied. Dit heeft geleid tot een globale kaart met gebieden waarin overwegend staal- en paalfunderingen voorkomen en de globale ouderdom van de panden.

Uit de inventarisatie van ouderdom van wijken is afgeleid van welk type fundering mogelijk in een gebied sprake zou kunnen zijn. Op basis van een GIS-berekening met een pandenkaart van de Gemeente Delft is geschat hoeveel panden per wijk mogelijk worden beïnvloed. Er wordt verwacht dat in wijken waar geen overschrijding van 0,04 m rijzing optreedt de zettingsschade nihil zal zijn.

Uit de inventarisatie volgt dat het aandeel panden met een paalfundering in de beschouwde wijken van de Gemeente Delft veel kleiner is dan in de Quickscan is aangenomen, namelijk slechts 20% van het totale aantal panden. Bovendien, als het om de kwetsbare houten paalfunderingen gaat is deze verhouding nog kleiner, waarschijnlijk in de orde van 5%. In de Quickscan is reeds aangegeven dat de mate van schade die kan ontstaan bij panden met een paalfundering voornamelijk in de categorie zeer licht valt. Het aandeel van deze panden in de totale schade is dus klein.

De rijzings- en zakkingschade kan door het verzamelen van veel veldgegevens van de panden in het invloedsgebied in principe nog genuanceerder worden geprognostiseerd met betrekking tot de huidige bouwkundige staat van die panden. Vanwege de omvang van de daarmee gemoeide inspanning is dit aspect nu niet verder uitgewerkt. De schatting die in het voorliggende onderzoek kan worden gedaan met betrekking tot schade aan panden hangt daarom in het bijzonder samen met het ondergrondmodel en de betrouwbaarheid daarvan.

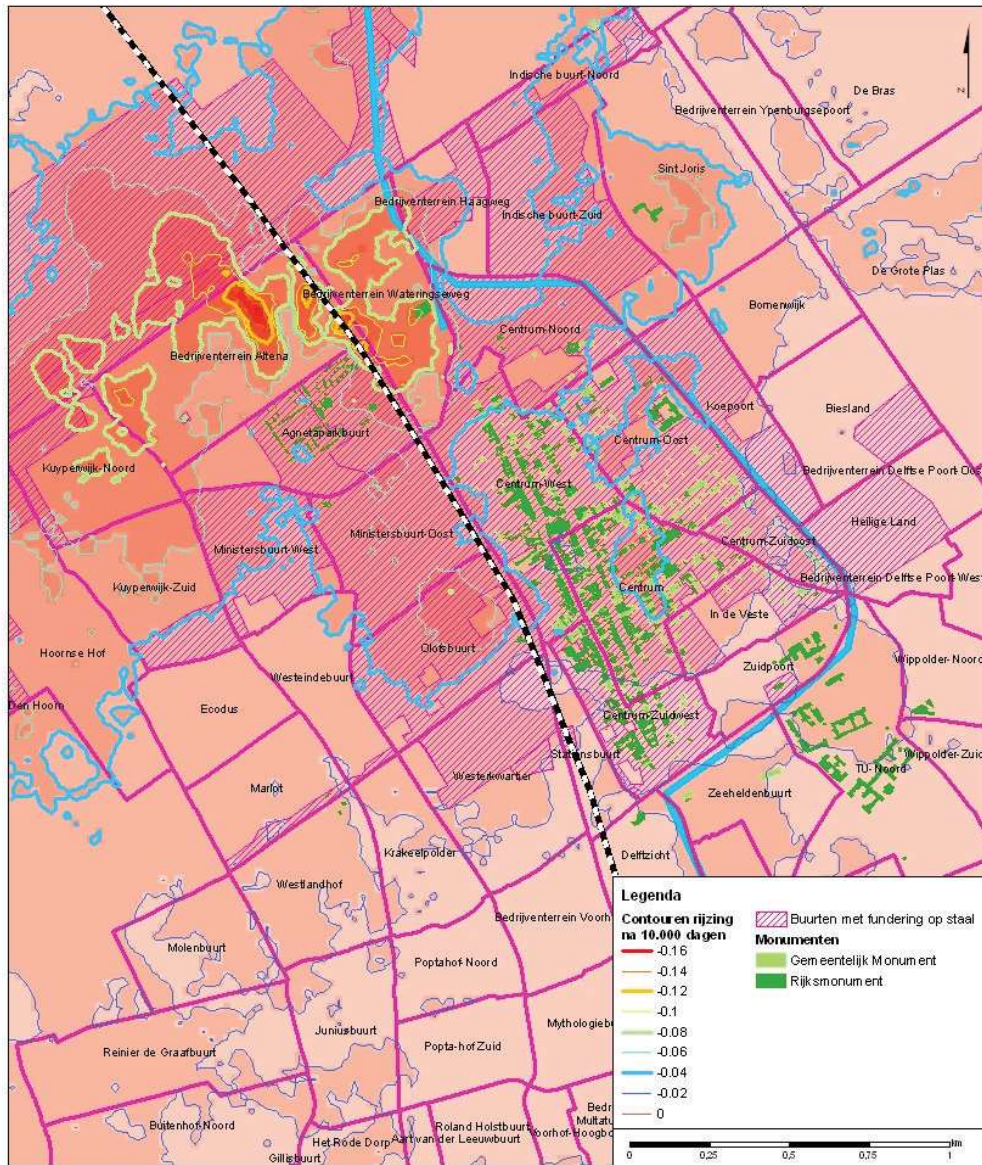


Figuur 6.1: Belangrijkste type fundering en bouwperiode

Uitwerking schadeprognose panden met staalfundering

Er wordt verwacht dat de optredende bodemrijzing tot schade kan leiden aan panden met een staalfundering omdat de rijzing vrij snel optreedt, voor het grootste deel in ongeveer 1 à 2 jaar tijd na stopzetting van de winning.

De mate van schade is afhankelijk van de omvang van de rijzing en het type panden binnen de rijzingscontouren. Dit is uitgewerkt en aangegeven in de volgende figuur.



Figuur 6.2: Rijzing [in m], buurten en voorkomen panden met staalfundering en monumenten

Per buurt is vervolgens bepaald hoeveel panden binnen een zekere klasse van grootte van de rijzing vallen. Dit is in de volgende tabel aangegeven.

Tabel 6.1: Inventarisatie aantal panden met overwegend staalfundering, verdeeld naar mate van zetting, DSM-terrein en Rijswijk niet meegenomen

	Geschat aantal panden in rijzingsklassen [m]				
	0 - 0,02	0,02 - 0,04	0,04 - 0,06	0,06 - 0,08	0,08 - 0,10
Totaal aantal per klasse	2.250	6.500	3.250	450	10
Beïnvloed door winning	430	4.630	3.180	435	10
Percentage	20 %	70 %	97 %	97 %	100 %

Op basis van de berekening van de absolute grootte van de rijzing per pand kan een schatting worden gemaakt van de verschilvervorming per pand in het invloedsgebied. Er is uitgegaan van een mogelijke verschilvervorming die een derde tot de helft is van de met het zettingsmodel berekende absolute rijzing. Om de hoekverdraaiing te berekenen kan worden uitgegaan van een karakteristieke maat (gemiddelde diepte vanaf de voorgevel of gevelhoogte van de meeste panden) van 10 m. Deze maat kan nog worden afgezet tegen de eerdere opmerking over karakteristieke afstanden van 10 tot 20 m met betrekking tot in het gebied voorkomende geologische heterogeniteit.

De hoekverdraaiing wordt gerelateerd aan een schadebeeld zoals voorgesteld in de literatuur. Voor de indeling van schadelasten kan de indeling volgens de internationaal geaccepteerde tabel van Boscardin worden aangehouden. Voor herstelwerk zijn voor een gemiddelde woning herstelkosten geschat per klasse zoals aangegeven in Tabel 6.2.

Tabel 6.2: Indeling in schadeklassen voor schade aan belendingen [Boscardin]. De schadeklassen 1 en 2 worden aangemerkt als architectonische schade, schadeklassen 3 t/m 5 als constructieve schade. Herstellkosten volgens indicatieve schatting

Schadeklassen / beschrijving	Relatieve hoekverdraaiing β , ($\times 10^{-3}$)	Raming herstellkosten (€)
Klasse 0 - verwaarloosbare schade		Nihil
Klasse 1 - zeer lichte schade Scheuren maximaal 0,1 mm	0 - 1,67 (0 tot 1:600)	1.000
Klasse 2 - lichte schade Scheuren maximaal 5 mm Lichte vervorming van kozijnen	1,67 – 3,33 (1:600 tot 1:300)	5.000
Klasse 3 - matige schade Scheuren maximaal 15 mm Matige vervorming van kozijnen Lekkage Gescheurde dienstleidingen	3,33 – 6,67 (1:300 tot 1:150)	15.000
Klasse 4 - ernstige schade Scheuren maximaal 25 mm Sterke vervorming van kozijnen Merkbaar hellende vloeren (> 1:100) Scheefstand van muren(>1:100) Bolling van muren Enkele balken verliezen opleglengte Gebroken dienstleidingen	6,67 – 10 (1:150 – 1:100)	75.000
Klasse 5 - zeer ernstige schade Scheuren minimaal 25 mm Balken verliezen opleglengte Muren moeten worden gestut Gebroken ramen Gevaar voor instabiliteit / instorting	> 10 (1:100 en meer)	250.000

Gegeven de range van uitkomsten voor de rijzing in het gebied kan in het invloedsgebied de omvang van de schade worden bepaald zoals vermeld in de volgende tabel.

Tabel 6.3: Mogelijk voorkomende schade aan panden na stoppen winning, uitgaande van verschilfactor 0,5 in zakkings- en karakteristieke lengte van 10 m

Absolute rijzing [m]	Zakkingsverschil [m] factor = 0,5	Karakteristieke Lengte [m]	Hoekverdraaiing 1:x	Schade (conform Boscardin)
0,02	0,01	10	1000	nihil
0,04	0,02	10	500	zeer licht
0,06	0,03	10	333	licht
0,08	0,04	10	250	matig
0,10	0,05	10	200	matig
0,12	0,06	10	167	matig
0,14	0,07	10	143	ernstig
0,16	0,08	10	125	ernstig

Vervolgens zijn afhankelijk van de ernst van schade herstelkosten geschat. Dit is dezelfde methodiek die bij de Quicksan is toegepast in 2005.

Daarbij kan echter nog worden gevarieerd met de omvang van het verwachte zakkingsverschil (0,33 à 0,50) en met de karakteristieke lengte (10 à 20 m).

Als deze variabelen in de berekeningen worden ingevoerd ontstaat een beeld van de mogelijke spreiding van de schade bij de huidige stand van de informatie omtrent bodembeweging en bouwwijze en kwetsbaarheid van de panden.

Tabel 6.4: Mogelijke spreiding qua schade aan panden in Delft met staalfundering na sluiting winning

Schade-inventarisatie Staalfunderingen [EUR]		Factor zakkingsverschil [-]	
		0,33	0,50
Karakteristieke lengte	10 m	5.662.000	29.688.000
	20 m	462.000	5.562.000

Zoals men kan zien is de spreiding in de uitkomsten van de berekening zeer groot en is vooral de uitloop naar het maximum aanzienlijk. In het resultaat is dus een zeer grote onzekerheid aanwezig. Die onzekerheid zit vooral in de zich werkelijk realiserende mate van rijzing, de heterogeniteit van de bodem, de kwetsbaarheid van de panden en de rekenregels. Er kan wel worden gesteld dat schade met name zal optreden in lange aaneengesloten bouwblokken of bij hoekpanden waar de funderingsdruk meer varieert. Ook waar aanbouwen aanwezig zijn of waar in het verleden schade is voorgekomen, is de kans op schade groter. In de schadeprognose kan ook nog een kansdeel worden meegenomen. Een dergelijke benadering vraagt echter om een gedetailleerder onderzoek.

Het is aan te bevelen om naar het belang van deze onderwerpen nadere studie te verrichten. Vooralsnog zal een verwachtingswaarde van de schade aan panden op staalfunderingen worden aangehouden van EUR 5.562.000.

Voor panden in wijken van Rijswijk (Sion, 't Haantje, Delftweg etc.) waren op het moment van deze rapportage geen gegevens beschikbaar. Er is een zeer globale schatting gemaakt van het aantal panden en de mogelijke omvang van schade. Daarnaast is een reservering gedaan voor herstel van schade aan belangrijke Rijksmonumenten in Delft. Binnen het beschouwde gebied zijn dit 57 locaties. Een aantal daarvan ligt in de Agnethaparkbuurt en is dus kwetsbaar vanwege de afstand tot

DSM. Dit zijn echter kleine panden. Daarnaast zijn er enkele grote monumenten van nationale importantie. Deze liggen echter niet in gebieden waar veel rijzing wordt verwacht. Toch is voor deze panden vanwege de onzekerheid een herstelbudget opgenomen.

Tabel 6.5: Prognose van schade aan belendingen door volledig stopzetten van onttrekking

Wijk of buurt	Ernst schade	Herstelkosten [euro/pand]	Total [euro]
Paalfunderingen Delft	Zeer licht	1000	763.000
Staalfunderingen Delft	divers	divers	5.562.000
Panden Rijswijk	divers	divers	1.000.000
Nieuwe Kerk	onzeker		250.000
Oude Kerk	onzeker		250.000
Prinsenhof	onzeker		250.000
Hoogheemraadschapshuis	onzeker		250.000
Stadhuis	onzeker		250.000
overige monumenten	PM	PM	550.000
Bedr DSM/Calve	ernstig	PM	niet begroot
Kelders/garages	nader onderzoek		40000
Kelders/garages	constructieve maatregelen	PM	Niet begroot
Totaal			9.165.000

- De in de Tabel 6.5 vermelde kosten zijn een schatting van de kosten voor herstel van schade aan panden indien de winning stopt. Het vermelde herstelbedrag moet worden gezien als een reservering voor mogelijke kosten bij schademelding door particulieren.
- De kosten van herstel van monumenten zijn hoog geschat. Daarbij is rekening gehouden met de aanbeveling om ter plaatse van dergelijke belangrijke monumenten een iets uitgebreidere monitoring ter bewaking van vervorming in te richten.
- Kosten aan bedrijfspanden op het DSM terrein zijn niet meegenomen.
- Ook de kosten in verband met mogelijk opdrijven van **kelderconstructies** zijn nog niet begroot. Er wordt aanbevolen dat aspect apart te onderzoeken. Kosten voor een dergelijk onderzoek (bestaande uit het lichten en beoordelen van constructiegegevens uit het archief van Bouwtoezicht van de Gemeente) zijn voorlopig in de orde van grootte van EUR 40.000 geraamd. Afhankelijk van de uitkomsten dient te worden vastgesteld of constructieve maatregelen noodzakelijk zijn.

Onderstaande tabel geeft het overzicht van de geraamde kosten waarbij de onzekerheid uit Tabel 6.4 is gecombineerd met de gegevens uit Tabel 6.5.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Schade aan bebouwing min.	0	1.100.000 + PM	1.700.000 + PM	4.000.000 + PM
Schade aan bebouwing gem.	0	2.600.000 + PM	3.900.000 + PM	9.200.000 + PM
Schade aan bebouwing max.	0	9.500.000 + PM	14.200.000 + PM	33.200.000 + PM

6.2.4 *Grondwateronderlast*

Het reduceren of sluiten van de grondwaterwinning kan een positief effect hebben op nu droogstaande houten funderingen. Naar verwachting komt dit in het onderzoeksgebied niet tot zeer beperkt voor. Tegelijkertijd kan een stopzetting van de winning ook een bijdrage leveren aan het voorkomen van mogelijke problemen van grondwateronderlast bij de aanleg van de spoortunnel. Deze effecten zijn in deze vervolgstudie niet nader bepaald. De PM-post uit de Quicksan blijft dan ook gehandhaafd.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Grondwateronderlastproblemen	0	PM	PM	PM

6.2.5 *Aanpassingen monitoring van bodemverontreinigingen en saneringen*

In paragraaf 5.6 is uiteengezet op welke manier verontreinigingen en saneringen beïnvloed kunnen worden door reductie van de winning. Daaruit bleek al dat er geen effecten worden verwacht in Rijnmond omdat er geen verschuiven van de waterscheiding optreedt. Daarom wordt dit risico in dit onderzoek niet meer meegenomen.

Naar verwachting zullen ook de nabij geleven verontreinigingen waarvoor een eigen sanering is ingericht weinig effect ondervinden van reductie van de winning. Het tijdsaspect is daarvoor een belangrijke reden. Saneringen hebben over het algemeen een looptijd van 5 tot 10 jaar. Bij nieuwe saneringen wordt rekening gehouden met mogelijk sluiting van de winning. Voor bestaande saneringen geldt dat het maximale effect van de winning naar verwachting niet meer tijdens de looptijd merkbaar zal zijn. De situatie lijkt momenteel zo dat als de winning al volledig wordt gesloten dat niet op korte termijn zal gebeuren. Daarbij heeft het tijd nodig voordat het effect van reductie doorwerkt over een afstand van meerdere kilometers.

Voor de verontreinigingen in de regio Delft die worden beheerst door de winning wordt dezelfde kostenschattning aangehouden als in de Quicksan. Daarbij is nog onduidelijk of verontreinigingen zullen afbreken zodat monitoring volstaat of dat een *pump and treat* sanering moet worden ingericht. Er wordt vanuit gegaan dat bij reductie tot 1000 of 800 m³/uur verontreinigingen nog steeds worden ingevangen door de winning. Sanering is pas nodig bij het scenario waarbij de winning sluit. Andere uitgangspunten zijn:

- er zijn 10-20 gevallen en 20-50 potentiële gevallen (bij het gereedkomen van de rapportage waren de exacte gegevens m.b.t. de situatie in Delft nog niet bekend);
- Kosten voor onderzoek en monitoring in het geval alle 20 verontreinigingen biologisch afbreekbaar zijn eenmalig EUR 125.000;
- Jaarlijkse kosten voor sanering zijn EUR 25.000 per geval (EUR 500.000 per jaar).

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Saneringskosten indien biologisch afbreekbaar (EUR)	0	0	0	125.000 eenmalig
Saneringskosten indien niet biologisch afbreekbaar (EUR)	0	0	0	500.000 jaarlijks

6.2.6 *Toename waterbezwaar gemalen*

Door het reduceren van de grondwaterwinning zal de hoeveelheid kwel die in de sloten terecht komt, toenemen. Deze kweltoename zal door de gemalen uitgemalen moeten

worden. Uit de berekeningen van het grondwatermodel blijkt de toename van de toestroming van grondwater naar het oppervlaktewater.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Waterbezwaar gemalen (m ³ /jaar)	0	2.600.000	4.000.000	9.400.000

Het waterbezwaar wordt eerst door de poldergemalen en vervolgens door de boezemgemalen uitgeslagen op de Noordzee of de Nieuwe Waterweg. Uit informatie van het HH van Delfland blijkt dat de onderhouds- en energiekosten van de gemalen € 0,009/m³ voor de poldergemalen en EUR 0,003/m³ voor de boezemgemalen zijn. In onderstaande tabel zijn de jaarlijkse kosten voor het extra waterbezwaar opgenomen.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Energie- en onderhoudskosten (EUR/jaar)	0	31.500	48.300	112.700

6.2.7 *Rioolvreemd water*

In het grondwatermodel is een post "toestroming grondwater naar stedelijke ontwatering" opgenomen. Aangezien deze toestroom meer is dan alleen afvoer naar de riolering, wordt een vergelijking gemaakt tussen de berekening van de huidige situatie en die van de toekomstige alternatieven. Hieruit blijkt een toename van de toestroming volgens onderstaande tabel. Hierbij wordt aangenomen dat de verhouding tussen de afvoer richting riool en andere afvoermogelijkheden (drainage e.d.) gelijk blijft. In de huidige situatie is volgens de DWAAS-studie [Droog Weer Afvoer Analyse Systematiek, Stowa (2005)] van het Hoogheemraadschap de toestroming van grondwater naar de rioolzuiveringsinstallatie via het riool in de gemeente Delft ongeveer 1,2 miljoen m³/jaar (12% van de aanvoer). In de onderstaande tabel staat dan ook tevens de absolute toename van het rioolvreemd water.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Relatieve toename toestroming naar riolering (%)	0	+88%	+128%	+263%
Toename toestroming naar riolering (m ³ /jaar)	0	1.100.000	1.500.000	3.200.000

Uit de Optimalisatie Afvalwater Studie (OAS) De Groote Lucht van het Hoogheemraadschap [getekend op 23 april 2008] blijkt dat er op de beheerskosten (energie- en heffingskosten) EUR 0,018 bespaard kan worden per voorkomen m³ rioolvreemd water. In deze studie is aangenomen dat hetzelfde geldt voor de Delftse situatie. De jaarlijkse kosten als gevolg van een toename van de toestroming van grondwater naar de riolering staat in de onderstaande tabel.

	Huidige situatie	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Extra beheerskosten door meer rioolvreemd water (EUR/jaar)	0	19.000	27.600	56.800

6.2.8 *Geotechnische effecten bij de spoortunnel Rijswijk*

Op basis van het grondwatermodel is de verwachting dat het kwelbezwaar zal toenemen tot 150% van de huidige hoeveelheid omdat het stijghoogteverschil over de tunnelbodem 1,5 keer groter wordt.

Bij de bouw van de spoortunnel is zeer waarschijnlijk rekening gehouden met de mogelijkheid dat de winning zou kunnen wegvallen, zowel voor wat betreft de constructie als de afvoer van overtollig (grond)water. Dat vermoeden wordt bevestigd door medewerkers van de gemeente Rijswijk. De verwachting is dus dat bij het ontwerp van de bemaling met deze kweltoename rekening is gehouden. Daarbij lijkt het ook redelijk om te veronderstellen dat neerslag op de tunneltoeritten door hetzelfde systeem wordt afgevoerd. In dat geval is het systeem waarschijnlijk voldoende groot gedimensioneerd. Immers, de ontwerpneerslagintensiteit is vele malen groter dan de hoeveelheid kwel.

	Huidige situatie	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Kosten aanpassingen spoortunnel Rijswijk	0	Nihil	Nihil	Nihil

6.2.9 *Geotechnische effecten op leidingen*

Als gevolg van differentiële zettingen, met andere woorden onregelmatige zettingen, kunnen er krachten op leidingen uitgeoefend worden, die mogelijk te groot zijn voor de leidingen. Hierdoor kunnen deze breken. Onregelmatige zettingen komen met name voor in situaties waar een aansluiting is op een constructie die op een ander niveau is gefundeerd. Dit effect is moeilijk op dit schaalniveau te voorspellen. Dit aspect zal nader moeten worden onderzocht, zeker betreffende grote transportleidingen (gas, water en riool) Daarom wordt deze post in de kosten- en batenanalyse opgenomen als PM-post.

	Huidige situatie	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Kosten als gevolg van breuken in leidingen	0	PM	PM	PM

6.2.10 *Geotechnische effecten bij parkeergarages en tunnels*

In dit vervolgonderzoek is hier geen nader onderzoek naar gedaan. Daarom handhaven we de PM-post uit de Quicksan. Voor aquaduct De Gaag en de verdiepte A4 is in de Quicksan de aannahme gedaan dat hier geen effecten te verwachten zijn.

	1400 m ³ /uur	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Schade aan parkeergarages en diepe constructies	0	PM	PM	PM

6.2.11 *Geotechnische effecten bij wegen*

Door hogere grondwaterstanden zouden de wegen vaker kunnen opvriezen wat tot schade kan leiden aan de wegen. In de Quicksan is al gesteld dat dit effect nihil zal zijn, en is daarom uiteraard niet verder onderzocht.

	Huidige situatie	1000 m ³ /uur	800 m ³ /uur	Stopzetting
Schade aan wegen door opvriezen	0	Nihil	Nihil	Nihil

6.2.12 *Waterkeringen*

In overleg met team waterkeringen van Delfland is besloten tot de onderstaande wijze van kostenberekening