

Effectenverkenning van verplaatsing grondwaterwinning

vervolg op DSM onderzoek

Frans Roelofsen
Hans van Meerten
Marco de Kleine

Titel

Effectenverkenning van verplaatsing grondwaterwinning

Opdrachtgever

Gemeente Delft

Kenmerk

0905-0205

Pagina's

45

Trefwoorden

Grondwaterwinning, stedelijk water, bodemdaling, wateroverlast, grondwatermodel, alternatieven, Delft

Samenvatting

Op het terrein van DSM gist in Delft bevindt zich een grondwateronttrekking die koelwater uit het eerste watervoerend pakket onttrekt. Het vergunde debiet is 13,5 miljoen m³ per jaar maar DSM heeft aangegeven deze onttrekking te willen beëindigen. Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat stopzetting niet zondermeer mogelijk is omdat er negatieve effecten aan kleven en maatregelen niet op korte termijn genomen kunnen worden. De provincie, het hoogheemraadschap en de gemeente Delft hebben middels een gemeenschappelijke regeling medio 2009 het eigendom van de winning overgenomen.

De overheden hebben de vraag gesteld of het mogelijk is om de winning op termijn op een ander terrein dan dat van DSM voor te zetten. Ten behoeve van die afweging is inzicht nodig in de effecten van verplaatsing op de thema's wateroverlast (drainage), geotechniek (kadestabiliteit en schade aan panden) maar ook of op het beoogde terrein een onttrekking met vergelijkbaar debiet voor langere termijn is in te richten. Er zijn 4 alternatieve locaties voorgesteld.

De conclusies zijn dat, bij volledige verplaatsing, op het gebied van grondwateroverlast in alle gevallen drainage nodig is. Hoe verder de verplaatsing des te meer drainage is nodig; kosten: 2 - 7,7 miljoen EURO. Door verplaatsing neemt ook risico op kade-instabiliteit toe. Bij de meest ongunstige risicoklasse blijkt 15-25 km kade risicovol te zijn voor de scenario's 1, 2 en 3. Bij scenario 4 ontstaat 50 km risicovolle kade en heeft ook in andere risicoklassen het dubbele effect. Vanuit geotechnisch oogpunt verdient scenario 3 de voorkeur, scenario's 1 en 2 kennen relatief gezien de meeste negatieve gevolgen. Locatie 4 is het meest geschikt op het punt van duurzame pompcapaciteit, gevolgd door locatie 3. 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 locaties de grondwaterwinning te laten plaatsvinden.

Projectnummer

092.91017

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	2009-06-23	Frans Roelofsen		Jelle Buma		Hans Gehrels	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Probleem- en doelstelling	1
1.3 Plan van aanpak	1
1.4 Leeswijzer	2
2 Toelichting modelberekeningen	3
2.1 Scenario locaties	3
2.2 Vaststellen putlocaties	3
2.3 Grondwatermodel	4
2.4 Geotechnisch model	4
3 Effect: ondiepe grondwaterstand en drainage	5
3.1 Effecten op de freatische grondwaterstand	5
3.2 Gevolgen voor maatregel drainage	9
4 Effect op diepe stijghoogte: kadestabiliteit en stroming	11
4.1 Kadestabiliteit	11
4.2 Stromingsrichting	13
5 Effect: bodembeweging en zetting	17
5.1 Gevolgen van verlaging van stijghoogte van grondwater	17
5.2 Beoordeling van zettingsgevoeligheid	17
5.3 Kwetsbaarheid bebouwing en infrastructuur	19
5.3.1 Kwetsbaarheid op basis van fundering en bouwtype	19
5.3.2 Kwetsbaarheid van lijninfrastructuur	21
5.3.3 Kwetsbaarheid overige aspecten	21
5.4 Berekeningen met het bodemdalingsmodel	22
5.5 Resultaten zakkingsberekeningen voor de scenario's	23
5.5.1 Scenario 1	23
5.5.2 Scenario 2	25
5.5.3 Scenario 3	26
5.5.4 Scenario 4	27
5.6 Totale geotechnische beoordeling	29
5.7 Overwegingen en aanbevelingen geotechniek	29
6 Indicatie pompcapaciteit	31
6.1 Probleemstelling	31
6.2 Huidige situatie	31
6.3 Omvang alternatieve locaties	31
6.4 Duurzaamheid	31
6.5 Geologie	32
6.6 Inrichten putten	32
6.7 Dimensioneren totale puttenveld	33
6.8 Schuine putten	34
6.9 Conclusies	34

7 Conclusies en aanbevelingen	37
7.1 Grondwateroverlast en Kadestabiliteit	37
7.2 Geotechnische effecten	37
7.3 Pompcapaciteiten	37
8 Referenties	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Sinds 1916 wordt in het centrum van Delft grondwater onttrokken. In de loop van de jaren is de hoeveelheid gestaag toegenomen. In 1996 is 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 en de winning te willen sluiten. Delft, de omliggende gemeenten en andere belanghebbenden zullen daarop moeten anticiperen.

Verschillende onderzoeken, onder meer in Delft Cluster verband (Roelofsen e.a. 2008), concluderen dat reductie of stopzetting van de winning tot ongewenste effecten kan leiden. Om die reden wordt de winning vooralsnog in stand gehouden door de gezamenlijke overheden, namelijk de provincie Zuid Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Delft. Medio 2009 is het eigendom en beheer van de winning overgegaan op een door de overheden ingestelde gemeenschappelijke regeling.

Op dit moment liggen alle pompputten op het terrein van DSM Gist. De overheden hebben Deltares gevraagd aanvullend onderzoek te doen. Daarbij is de concrete vraag of de bronnen eventueel verplaatst kunnen worden naar openbaar terrein. Er zijn vooralsnog 4 locaties voorgesteld die eventueel als nieuwe winlocatie kunnen dienen.

1.2 Probleem- en doelstelling

Het is op voorhand niet bekend wat de eventuele effecten zijn van verplaatsing van de winning naar een nieuwe locatie. Daarnaast is het de vraag of op deze nieuwe locaties de pompcapaciteit (langjarig) gerealiseerd kan worden

Het doel van deze studie is dan ook om de effecten van eventuele verplaatsing op verschillende thema's vast te stellen. Om de antwoorden te krijgen wordt een (grondwater)modelstudie gedaan. Het onderzoek moet ook antwoord geven op de vraag of, en zo ja hoe, het gewenste debiet op de nieuwe locaties onttrokken kan worden.

1.3 Plan van aanpak

Deze effectenstudie lijkt sterk op het Delft Cluster (DC) onderzoek naar de effecten van eventuele reductie van de DSM winning (Roelofsen e.a. 2008). Om die reden worden de berekeningen ook uitgevoerd met het modelinstrumentarium dat in dat kader is ontwikkeld.

Op drie thema's kunnen effecten worden berekend namelijk op:

- (on)diep grondwater (waterkwantiteit);
- geotechniek (inclusief kadestabiliteit);
- (grond)waterkwaliteit.

Het voorstel is om geen effecten te berekenen voor het thema 'verzilting van grond- en oppervlaktewater'. Uit de Delft Cluster studie is gebleken dat zelfs in het *worst case scenario* (de winning uit) de verzilting zeer gering is. Verplaatsing van de winning zal naar verwachting een nog kleiner effect laten zien. Een waterkwaliteitsthema dat mogelijk wel van belang is, is het effect van de verplaatsing op verontreinigingen in de ondergrond; de stromingsrichting kan omslaan waardoor verontreinigingspluimen van

richting veranderen, mogelijk buiten bereik van monitoring- en/of saneringssysteem. Om die reden wordt wel in kaart gebracht op welke locaties grote veranderingen van de stromingsrichting te verwachten zijn.

Voor de thema's waterkwantiteit en bodembeweging worden achtereenvolgens het grondwatermodel en het bodembewegingsmodel ingezet.

Voor de vier potentieel nieuwe pomplocaties wordt een indicatie gegeven van de (langjarige) pompcapaciteit waarbij een vergelijking wordt gemaakt met de huidige situatie op het DSM terrein. Dit gebeurt door een vergelijking tussen de opbouw van het watervoerend pakket op de oude en op de nieuwe locatie. Ten behoeve van de nieuwe locaties worden boorgegevens uit DINO geanalyseerd. Op basis daarvan wordt aangegeven in hoeverre de capaciteit hoger, dan wel lager zal worden dan op dit moment het geval is. De capaciteit wordt ook bepaald door de putdichtheid die ook zal toenemen en daarom wordt onderzocht of er voldoende capaciteit is.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft aan welke berekeningen zijn uitgevoerd en welke aanpassingen van het bestaande grondwatermodel hebben plaatsgevonden om de vragen te kunnen beantwoorden. Een analyse van de uitkomsten van de modelberekeningen worden in hoofdstuk 3 tot en met 5 gepresenteerd. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de ondiepe effecten (wateroverlast en drainage) in hoofdstuk 3, de diepe effecten (kadestabiliteit en stromingsrichting) in hoofdstuk 4 en de geotechnische effecten in hoofdstuk 5.

De vraag of op de nieuwe locaties voldoende capaciteit beschikbaar is en aan welke eisen dan moet worden voldaan komt aan de orde in hoofdstuk 6.

Hoofdstuk 7 sluit af met de eindconclusies.

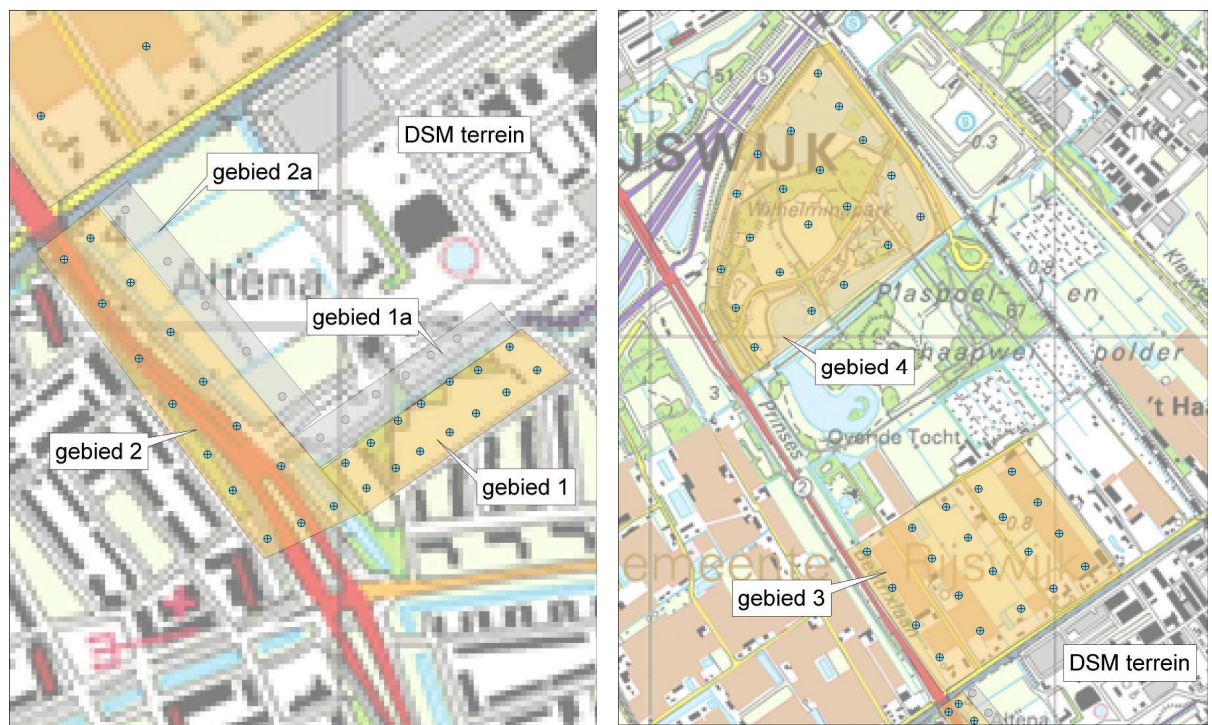
2 Toelichting modelberekeningen

2.1 Scenario locaties

Er zijn door de overheden in totaal 4 potentiële locaties aangeleverd waarvoor wordt onderzocht of verplaatsing daar naar een daarvan mogelijk is.

Twee gebieden (nummers 1 en 2) liggen in de directe omgeving van het DSM terrein (zie Figuur 2.1). Er bestaat de mogelijkheid om nieuwe bronnen op die locaties schuin te boren waardoor ze feitelijk onder het terrein van DSM terecht komen. Daarmee worden de locaties uitgebreid met respectievelijk een zone 1a en 2a (grijze zones).

Noordelijk van het DSM terrein zijn ook twee potentiële locaties (3 en 4) aangewezen. Deze zijn in omvang groter dan de zones 1 en 2 en liggen op het grondgebied van de gemeente Rijswijk.



Figuur 2.1 Scenario locaties 1 t/m 4 inclusief putlocaties.

2.2 Vaststellen putlocaties

Voor wat betreft het totale pompdebiet voor de scenario's wordt in alle gevallen gerekend met het huidige pompregime van 1200 m³/uur. Voor de grondwatermodellering moet daarnaast de afzonderlijke locaties en pompdebieten worden vastgesteld. Daarbij is voor elke van de vier gebieden uitgegaan van een gelijkmatige verdeling van de pomplocaties. Per gebied is het totale pompdebiet verdeeld over 20 individuele putten. Dat komt neer op een debiet per put van 60 m³/uur, een gangbare hoeveelheid.

2.3 Grondwatermodel

Het grondwatermodel maakt een stationaire berekening voor elk van de scenario's inclusief de situatie dat de winning op het terrein van DSM blijft. Op die manier is het mogelijk om de effecten van verplaatsing in kaart te brengen.

De uitkomsten en bijbehorende analyse worden beschreven in hoofdstukken 3 t/m 4.

2.4 Geotechnisch model

De modelresultaten van het grondwatermodel (grondwaterstanden en stijghoogten) zijn input voor het geotechnische model. De overige onderdelen van het model zoals de geologie van de deklaag en de geotechnische parameters komen overeen met het model dat in de voorafgaande studie is gebruikt.

Per scenario is berekend wat de bodembeweging is wanneer op $t=0$ de huidige situatie verandert in een van de vier scenario situaties.

De uitkomsten en bijbehorende analyse worden beschreven in hoofdstuk 5.

3 Effect: ondiepe grondwaterstand en drainage

3.1 Effecten op de freatische grondwaterstand

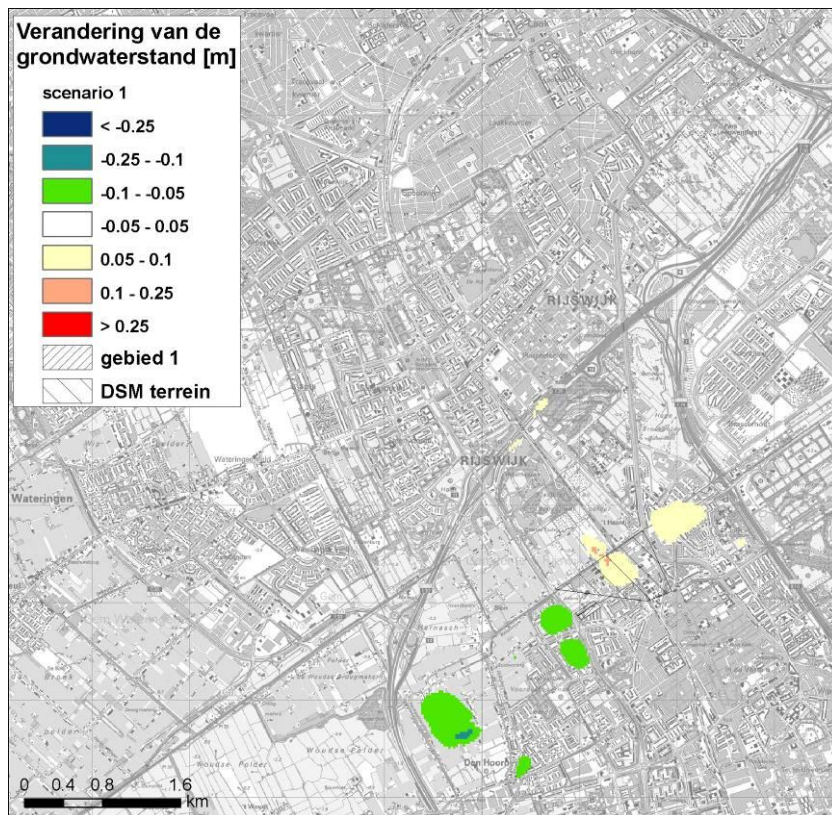
In de onderstaande figuren (Figuur 3.1 t/m Figuur 3.4) zijn de effecten van de verschillende scenario's in kaart gebracht. De bijbehorende legenda maakt onderscheid tussen de gebieden waar een toename en gebieden waar een afname van de grondwaterstand wordt verwacht. De intervallen in de legenda zijn gelijk aan de legenda's die zijn gebruikt tijdens het onderzoek naar de effecten van stopzetting van de winning. Ter vergelijking is die figuur toegevoegd als Figuur 3.5.

Scenario's 1 en 2

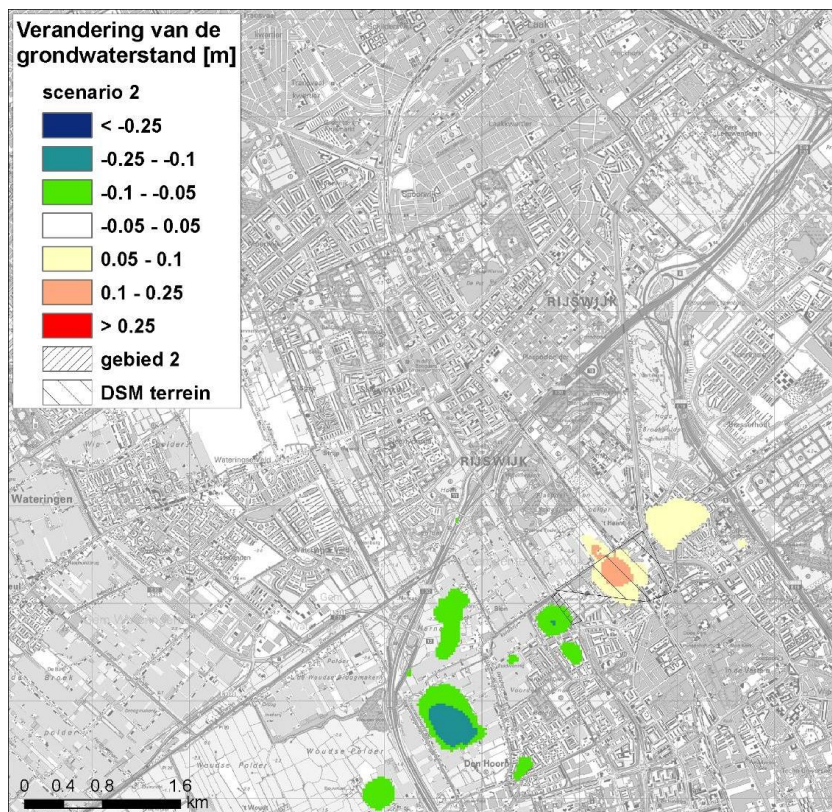
Het effect van de geringe verplaatsingen op de freatische grondwaterstand is duidelijk beperkt. Alleen op enkele plekken in de directe lijn van de verplaatsing zijn effecten tot 10 cm berekend. De verklaring hiervoor is dat het stijghoogteverschil in het onderliggende watervoerend pakket op deze korte afstand wel sterk kan veranderen, immers in het centrum van de winning daalt/stijgt de stijghoogte meer dan 10 meter. Dat effect werkt door richting het freatische pakket, als eerste op die plaatsen waar de deklaagweerstand lager is dan in de omgeving. Dat zorgt er voor dat er ook geen aaneengesloten effectgebied is te definiëren.

Voorbehoud

Op basis van het detailbeeld in de figuren 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.



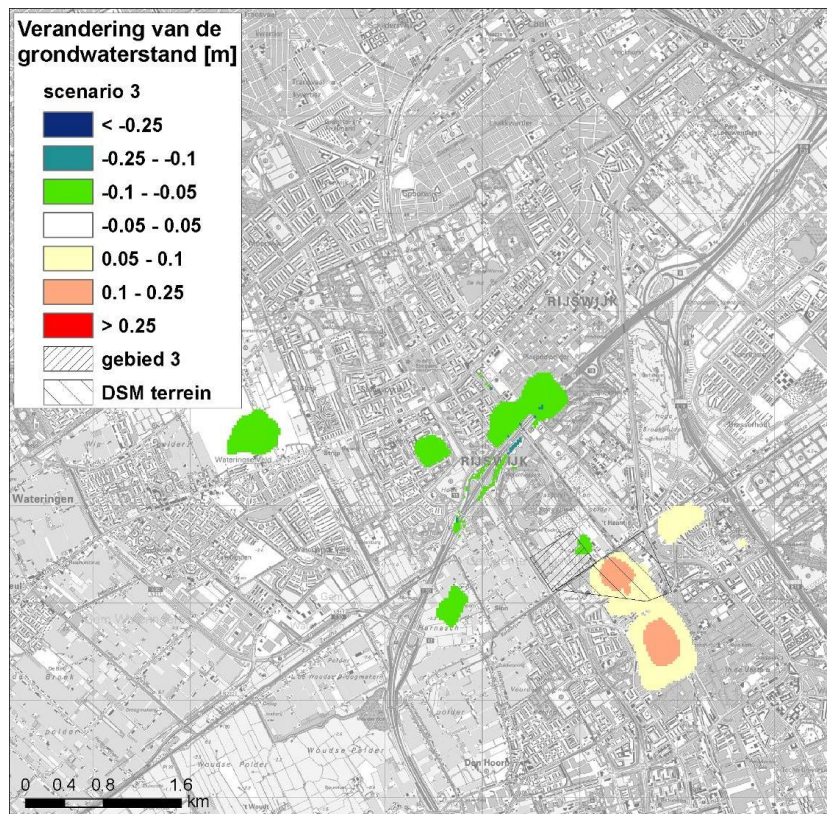
Figuur 3.1 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 1.



Figuur 3.2 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 2.

Scenario 3

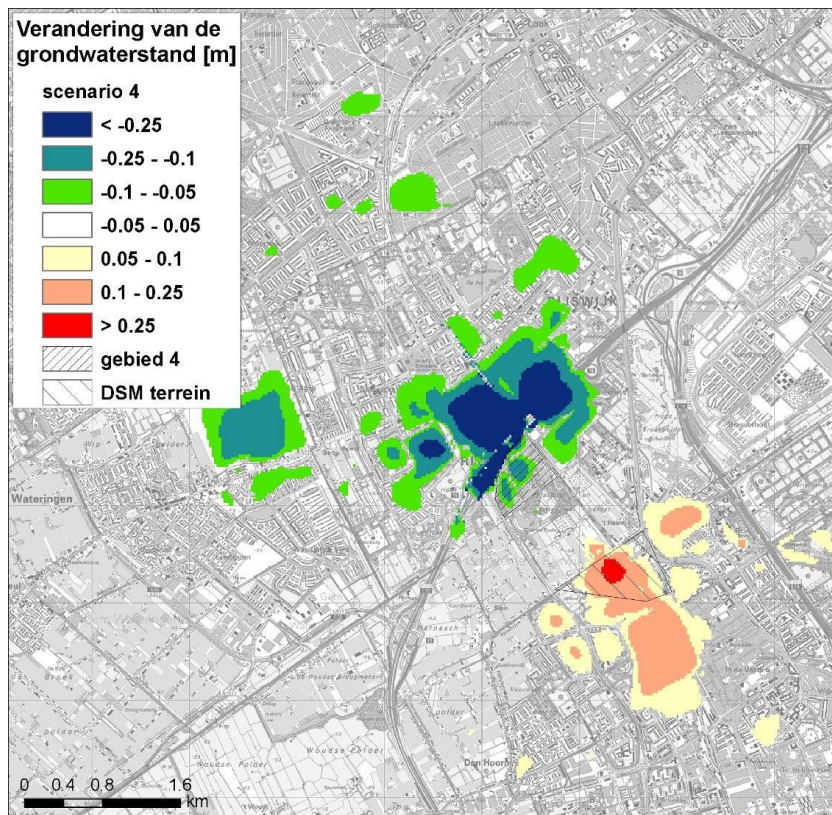
Figuur 3.3 geeft het effect van verplaatsing naar het noorden. Ten opzichte van de verplaatsing naar gebied 1 en 2 lijkt er minder sterke daling op te treden op minder locaties. De toename van de grondwaterstand in het centrum van Delft neemt wel toe in omvang en grootte.



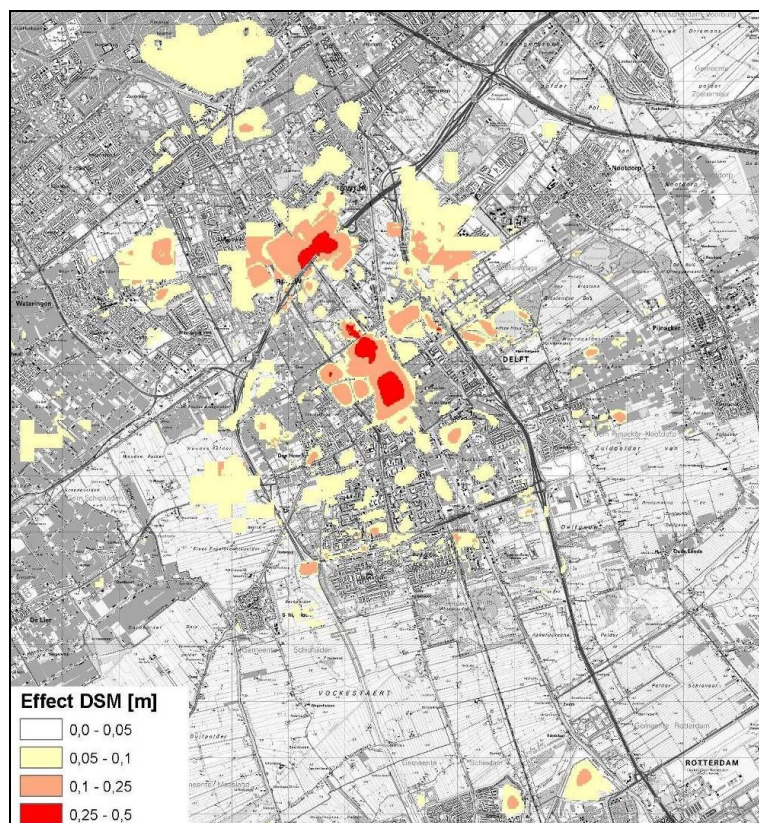
Figuur 3.3 Effect op de freatische grondwaterstand voor scenario 3.

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

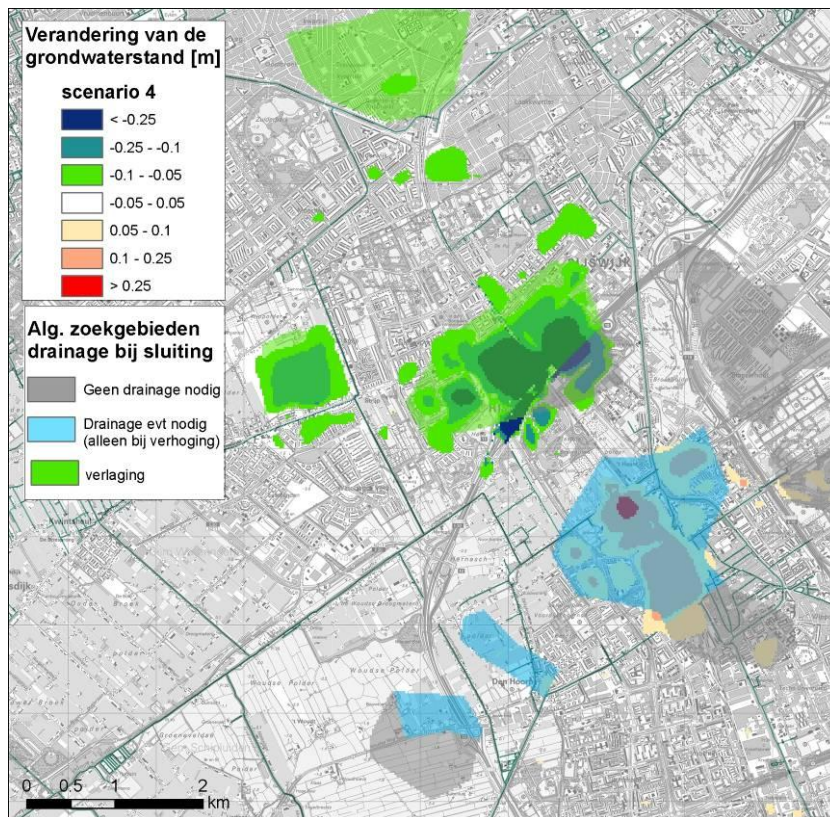
Op basis van de berekeningen met het grondwatermodel is bepaald waar de jaargemiddelde freatische grondwaterstand meer dan 5 cm omhoog zal gaan, de gele en rode gebieden in de figuren. Dit zijn de gebieden waar potentieel problemen kunnen gaan ontstaan als gevolg van reductie van de winning. Dit zoekgebied 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.



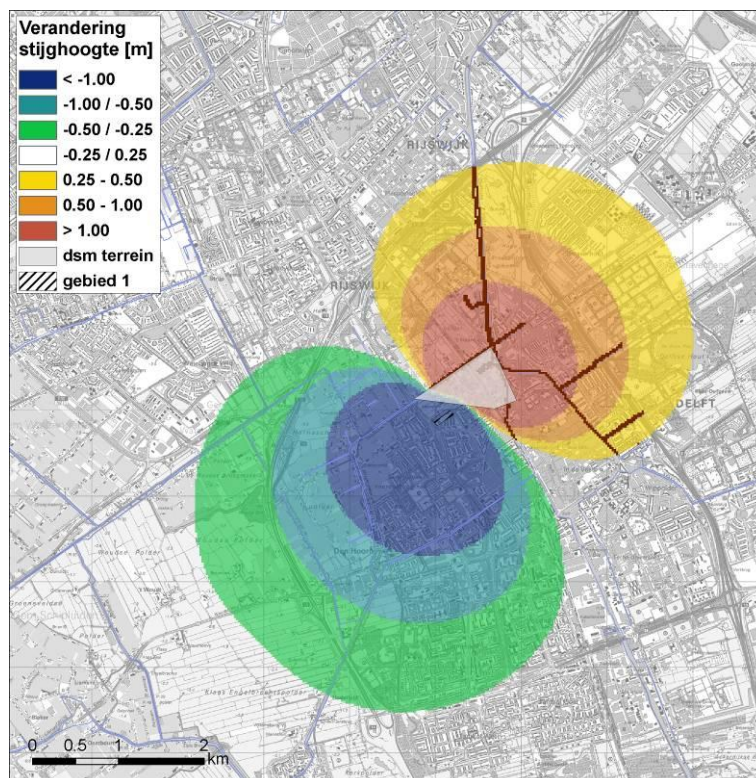
Figuur 3.6 Zoekgebieden waar drainage waarschijnlijk nodig is (achtergrond: effect voor scenario 4).

4 Effect op diepe stijghoogte: kadestabiliteit en stroming

4.1 Kadestabiliteit

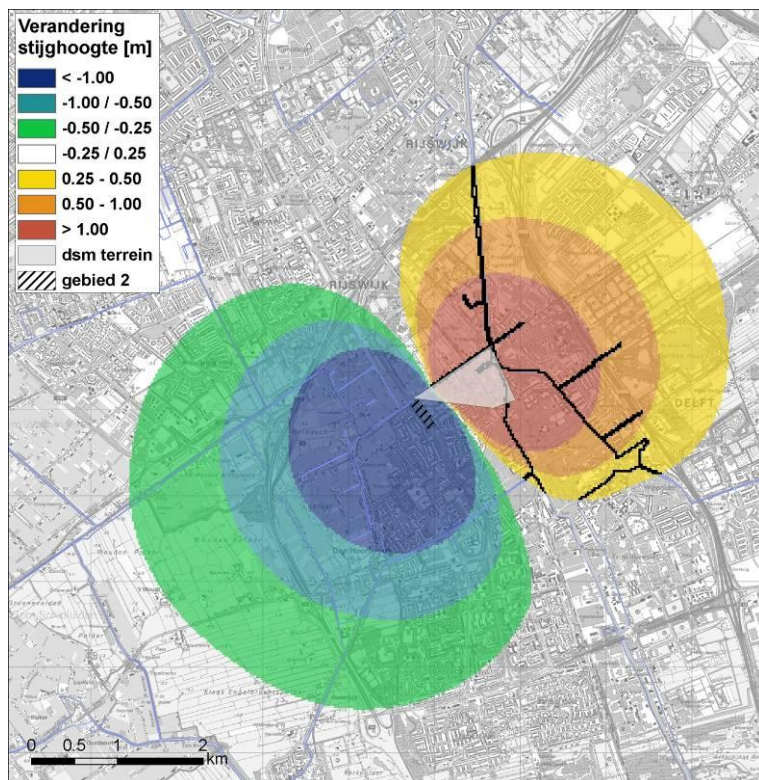
Door toename van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket kan de kadestabiliteit beneden een vastgestelde factor komen, waarbij de stabiliteit niet meer gegarandeerd kan worden. Dan is nader onderzoek noodzakelijk en mogelijk versterking van het betreffende kadedeel.

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.



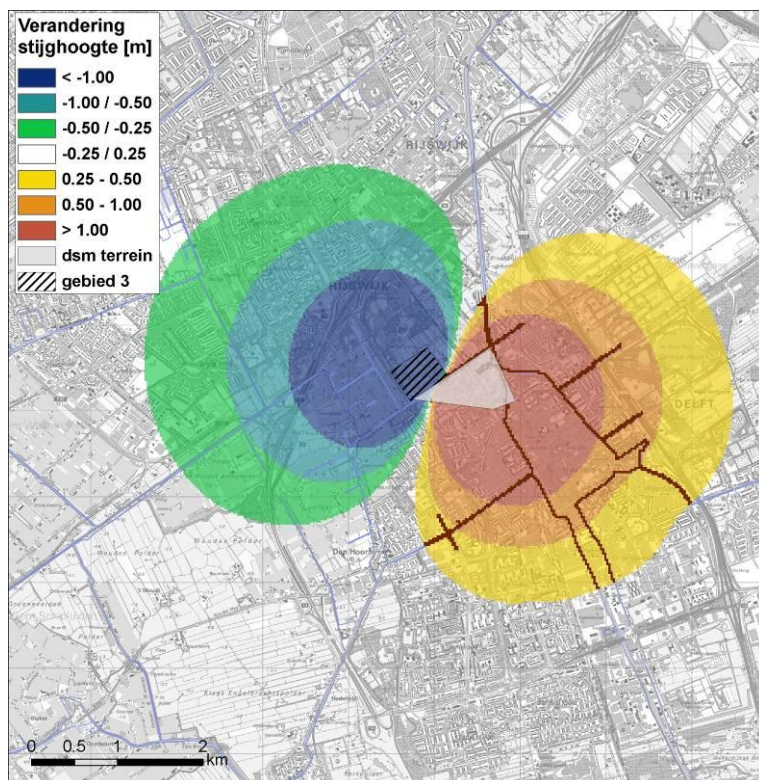
Figuur 4.1 Kritische kaden (zwart) met betrekking tot de stabiliteit binnen drie verschillende klassen van stijghoogteverandering voor gebied 1.

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.



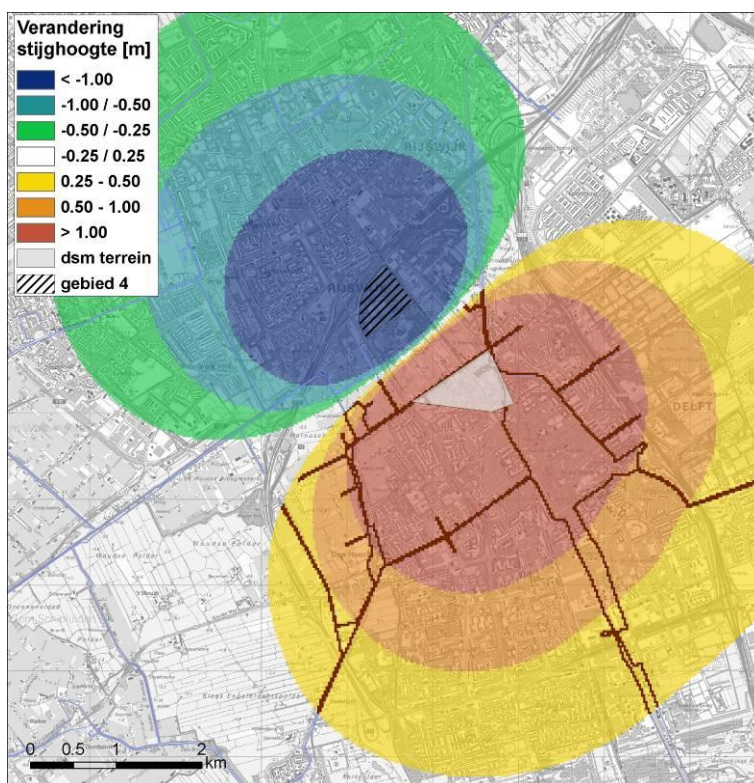
Figuur 4.2

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.

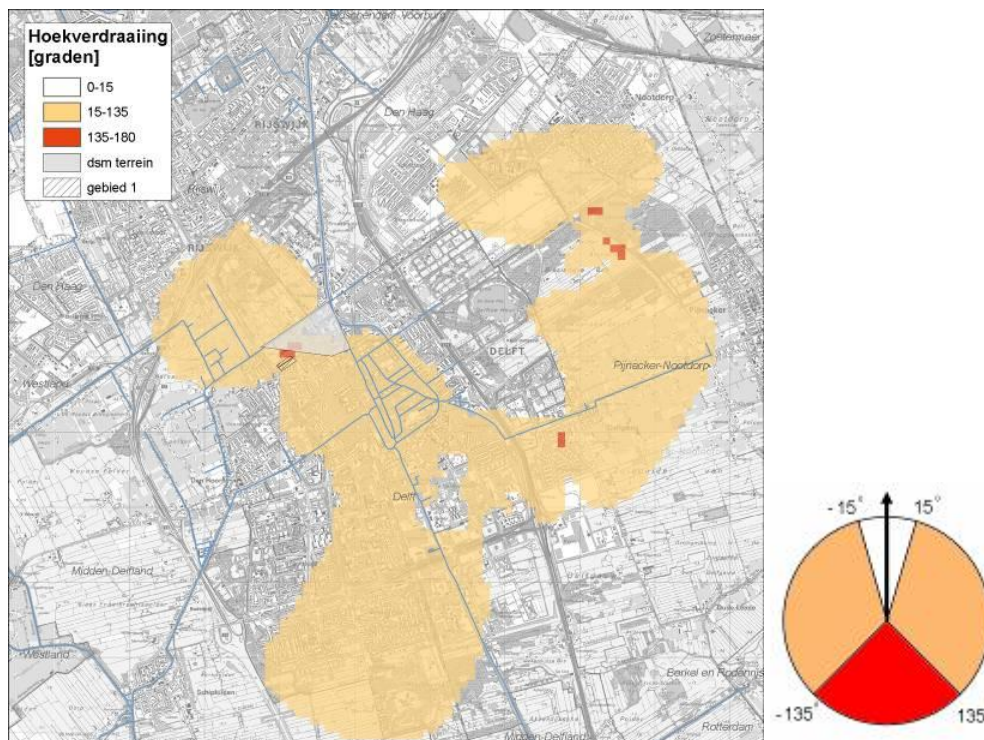
Scenario	25 cm toename			50 cm toename			1 m toename		
	Lengte	Kosten	%	Lengte	kosten	%	Lengte	kosten	%
scenario 1	15	3,1	8%	12	2,4	9%	8	1,7	13%
scenario 2	19	3,8	9%	14	2,9	11%	10	2,0	16%
scenario 3	23	4,5	11%	17	3,4	14%	10	2,0	15%
scenario 4	50	10,0	25%	35	7,1	28%	26	5,2	40%
sluiting	200	40		125	25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

Wat opvalt, is dat de uitkomsten van scenario 1 t/m 3 redelijk dicht bij elkaar liggen. Over de hele linie 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.

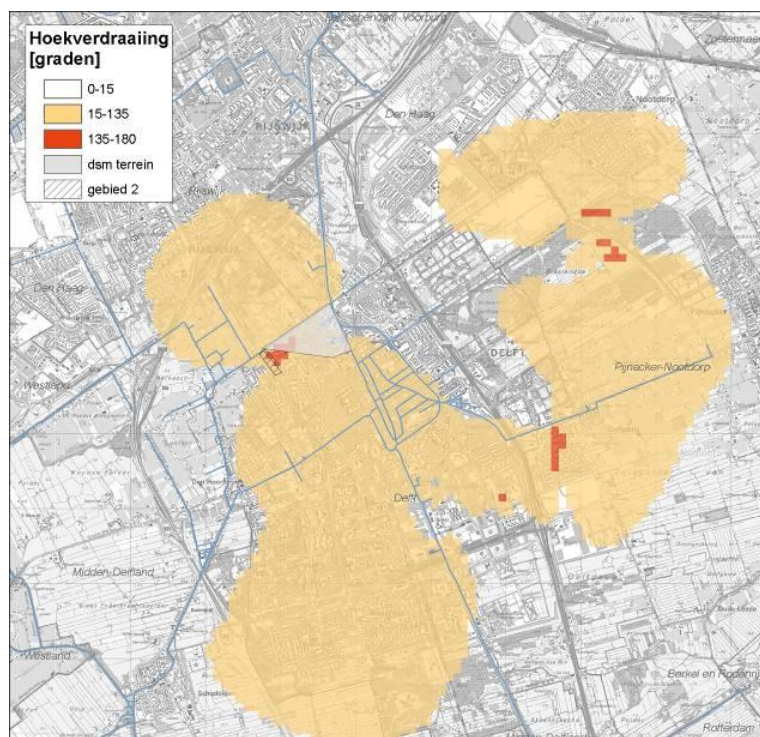
4.2 Stromingsrichting

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.

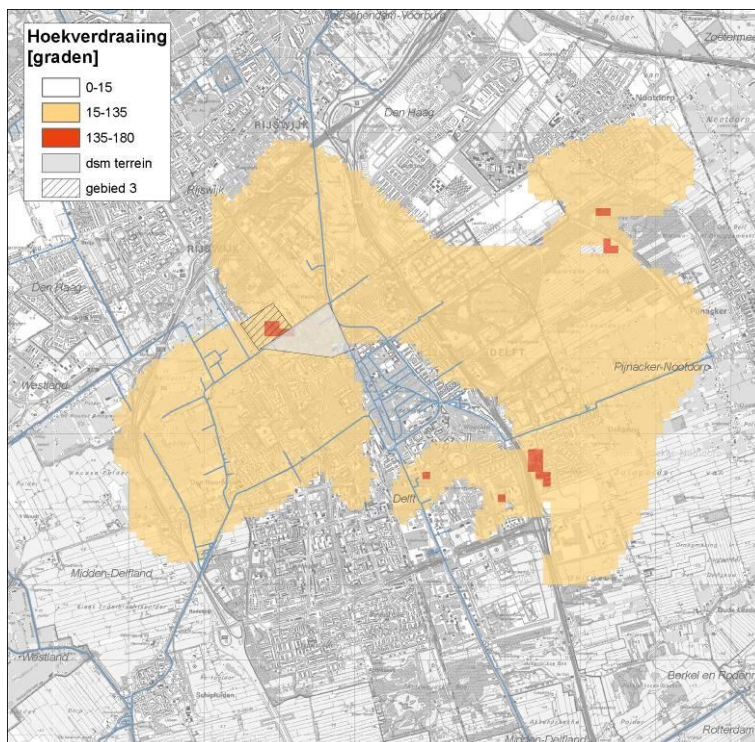
De informatie met betrekking tot de bodem- en grondwaterverontreinigingen in Delft is nog niet volledig bekend. Daarom wordt voornamelijk slechts het effect getoond zonder aan te geven waar de verontreinigingen zich bevinden en zonder vertaling naar een kostenpost.



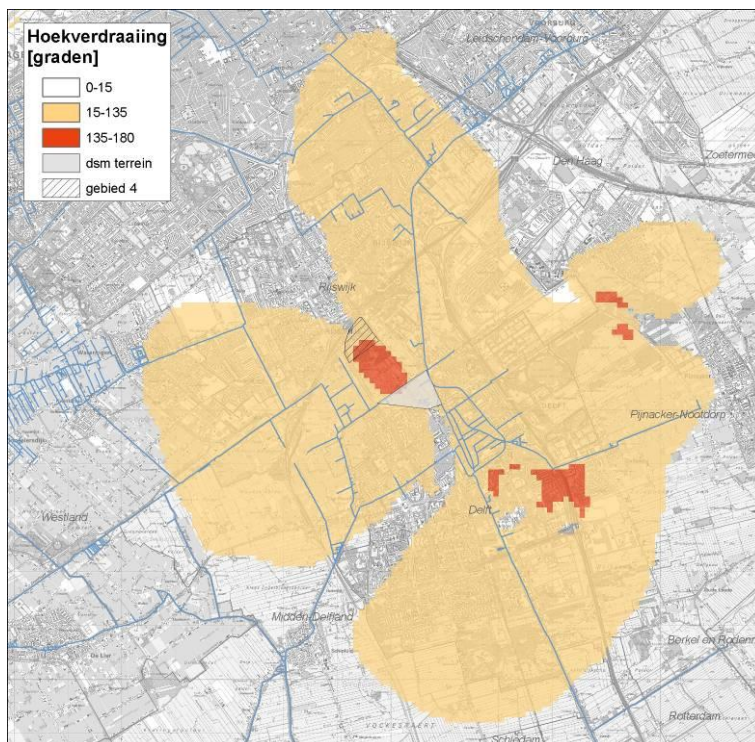
Figuur 4.5 Draairichting van de grondwaterstroming ten gevolge van verplaatsing naar locatie 1.



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

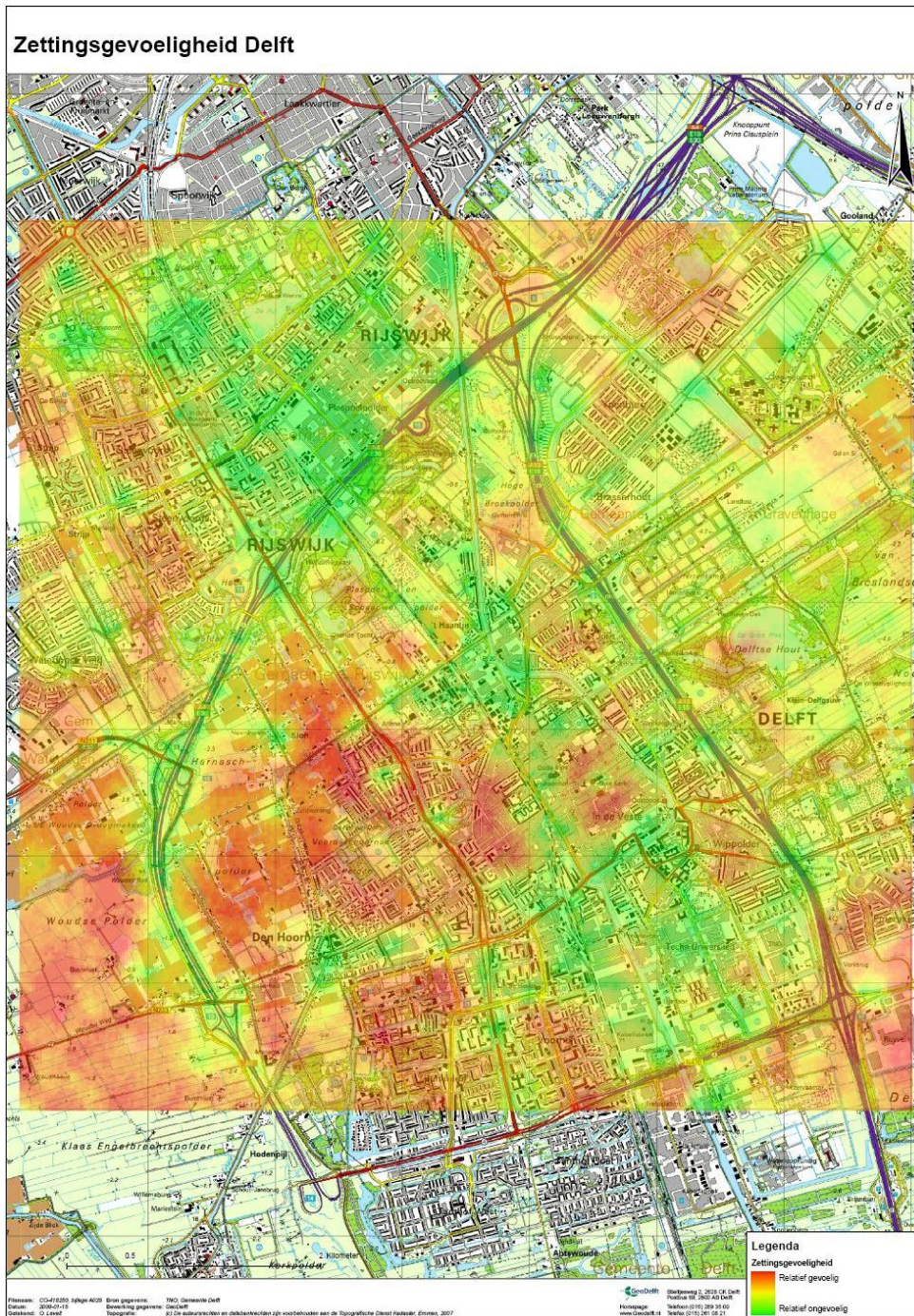
Als gevolg van het verplaatsen van de onttrekkingsbronnen zal het verlagingsspatroon rond het onttrekkingsveld zich in enige mate wijzigen. Dicht bij de nieuwe bronnen zal de stijghoogte verder worden verlaagd en bij de te verlaten bronnen zal de stijghoogte omhoog komen ten opzichte van de huidige situatie. 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 zakking 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.



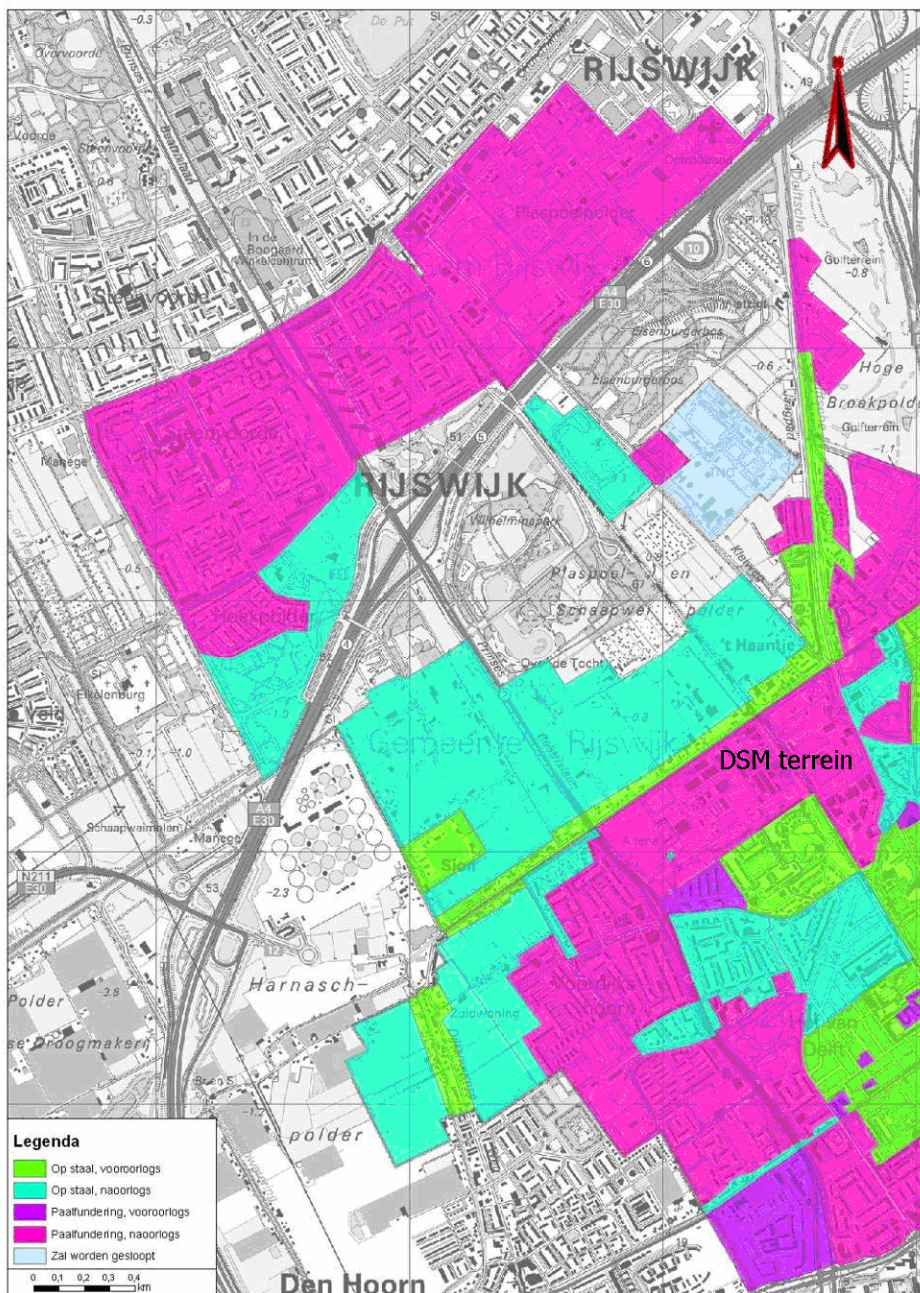
Figuur 5.1 *Zettingsgevoeligheid van de ondergrond.*

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 invloedsgebied 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 vershilzettingen. 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 zettingseigenschappen 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 Schaapweipolder 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.

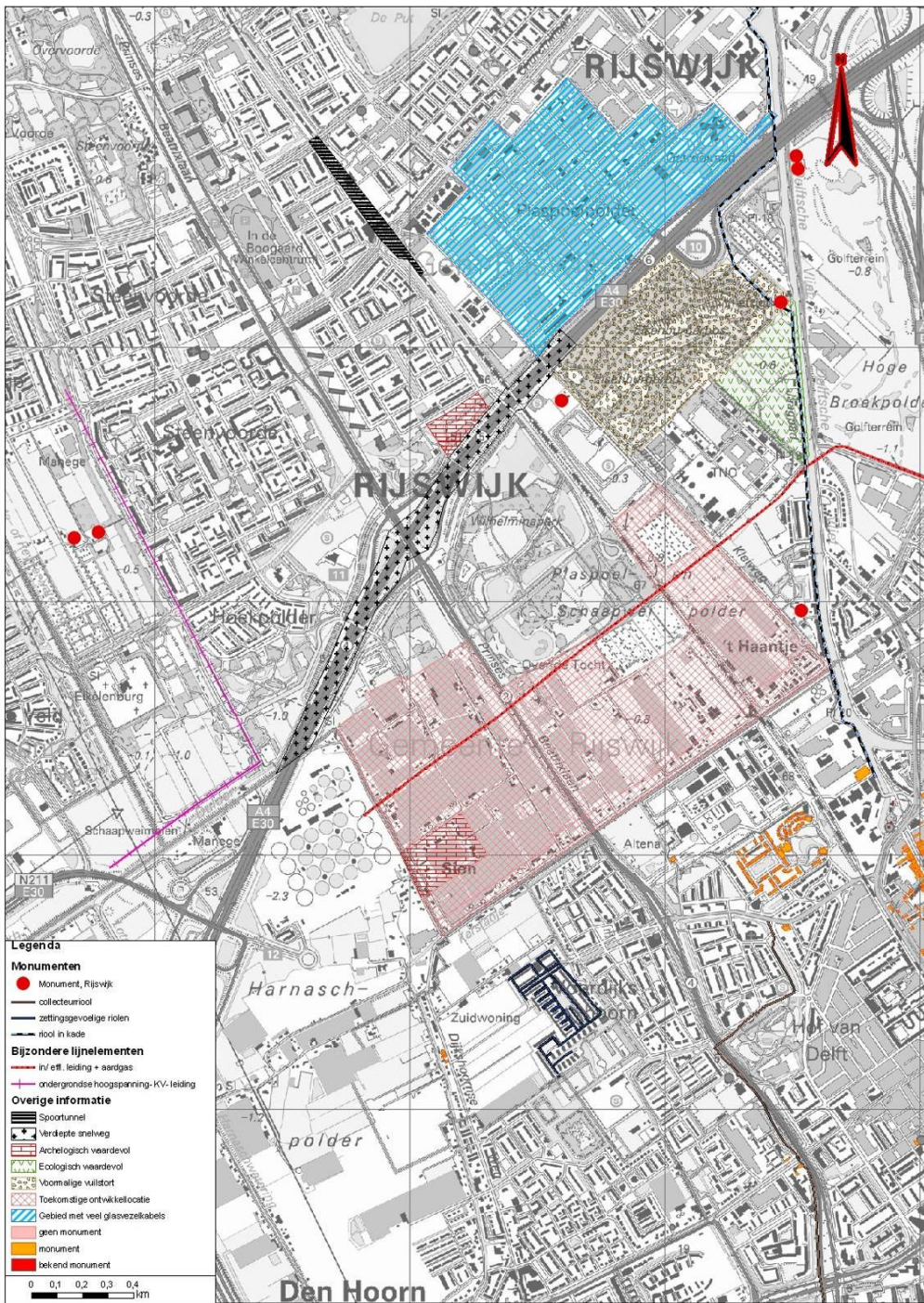
Voor scenario's 1 en 2 is van belang dat nabij de Ruys de Beerenbrouckstraat de riolering en een duiker die de Beatrixlaan kruisen, op staal is gefundeerd en uit losse betonbuizen bestaat met mof/spieverbindingen.

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 zakking 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.

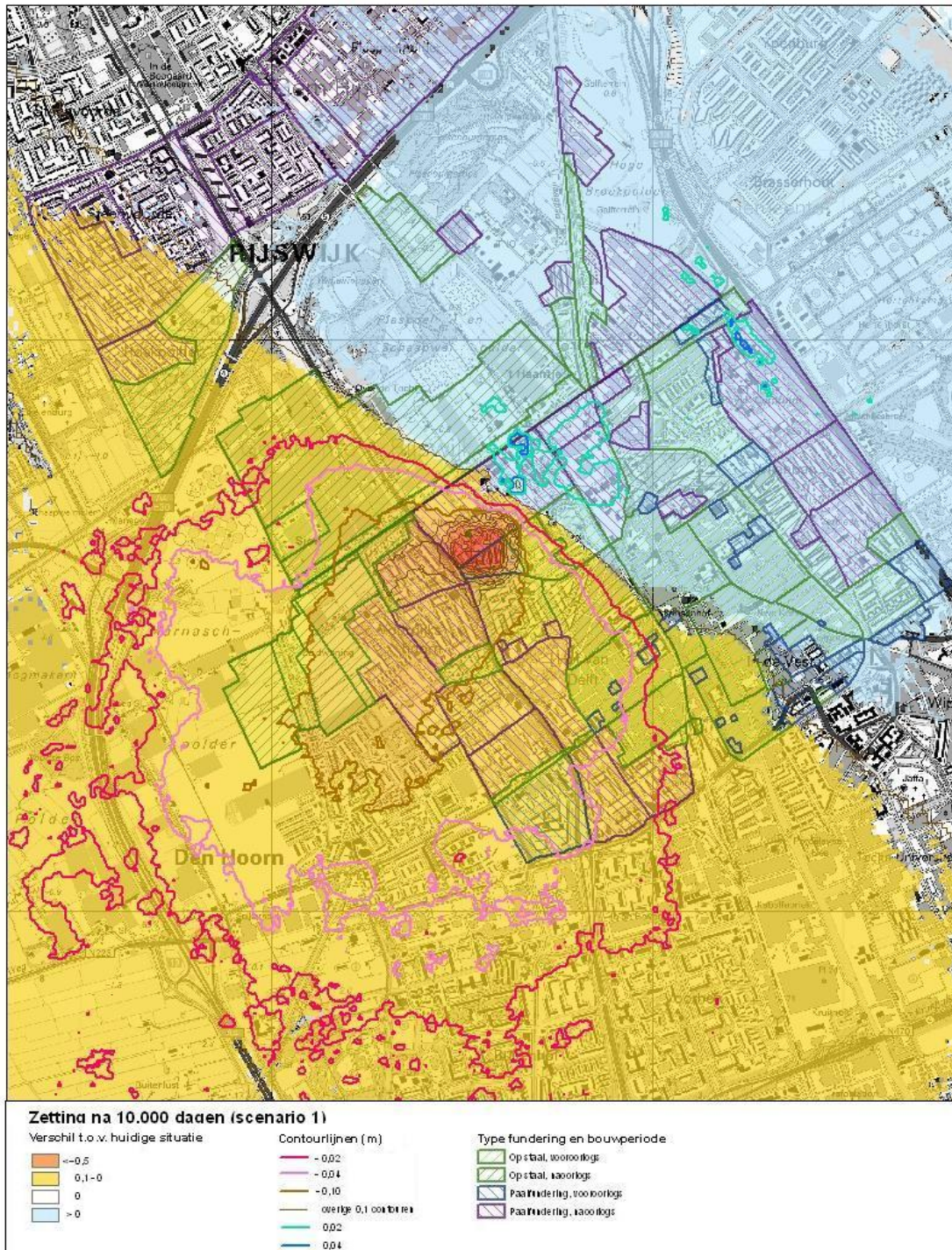
Panden in Voordijkshoorn (Kuiperswijk Noord) zijn volgens de inventarisatie vooral op palen gefundeerd. Schade aan deze panden wordt nauwelijks verwacht. Wel dient voor dit gebied te worden nagegaan wat het effect zal zijn op huisaansluitingen ten gevolge van maaiveldzakking en zakkende leidingen. Er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

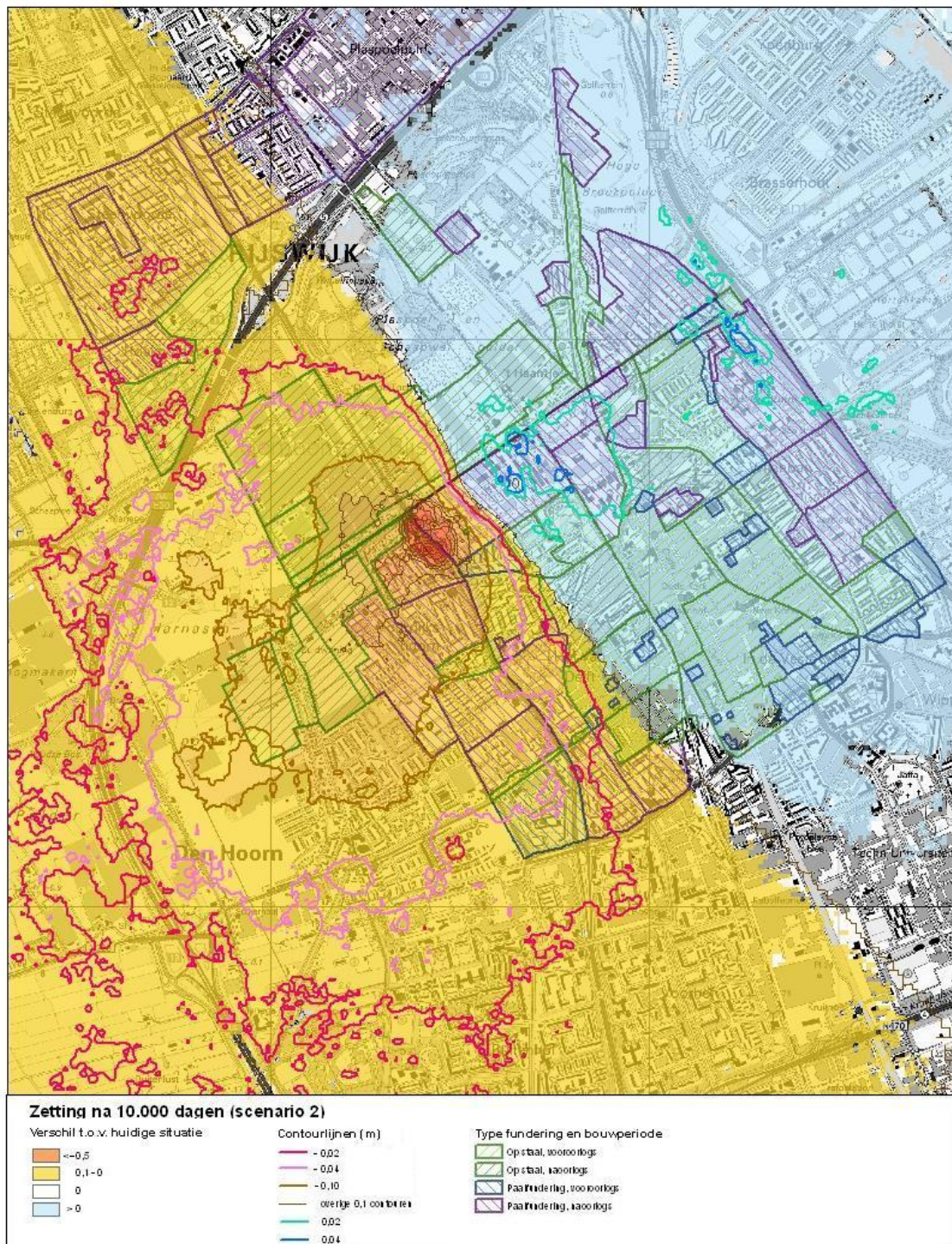
De infrastructuur die kans op schade heeft, betreft mogelijk leidingen nabij de Beatrixlaan en de fundering van de verkeersbrug bij 't Haantje. Van deze constructies dienen gegevens te worden opgezocht indien dit scenario verder wordt uitgewerkt.



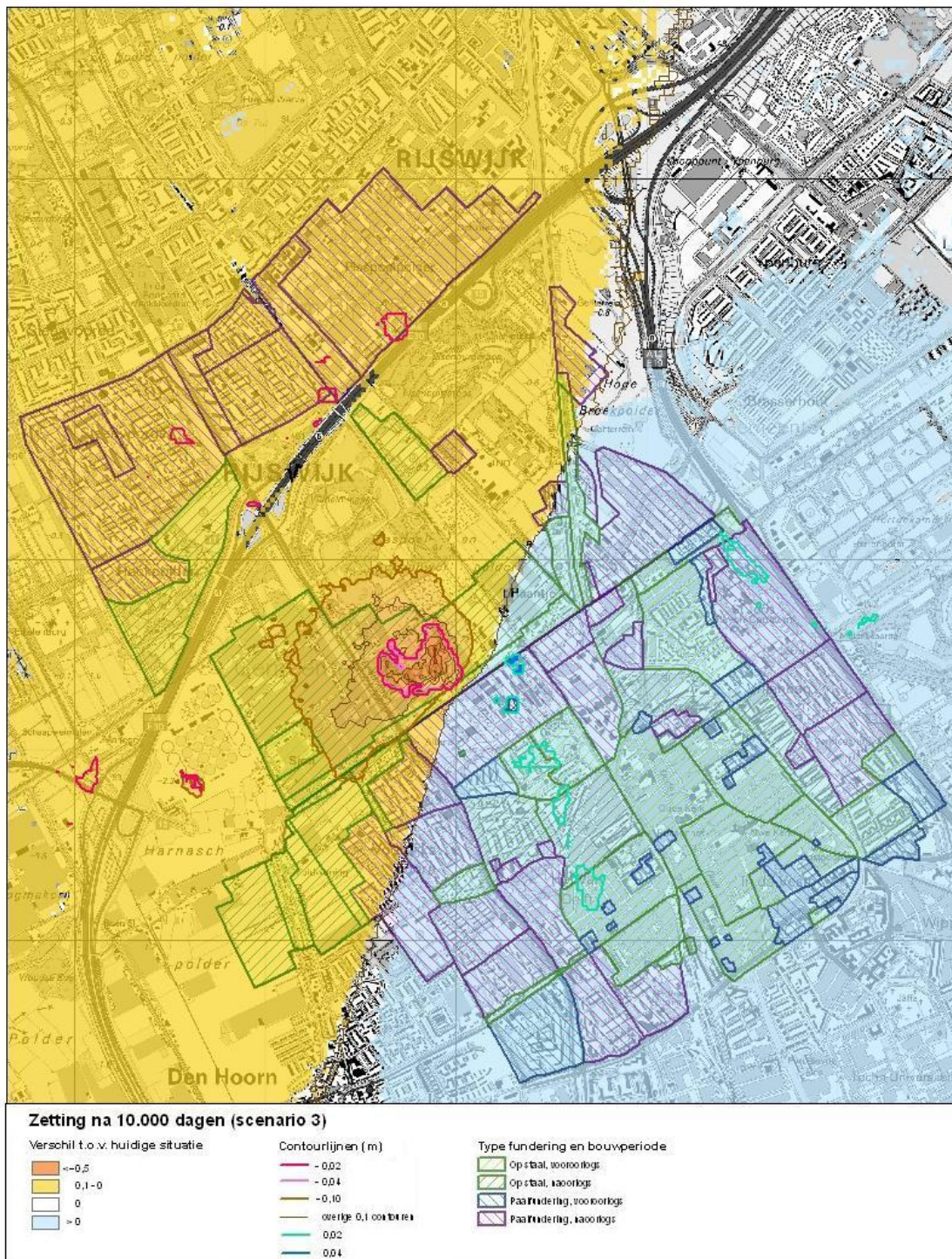
Figuur 5.4 Stijghoogteverandering en zetting scenario 1.

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 Stijghoogteverandering en zetting scenario 2.



Figuur 5.6 Stijghoogteverandering 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 verschilvormingen 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.

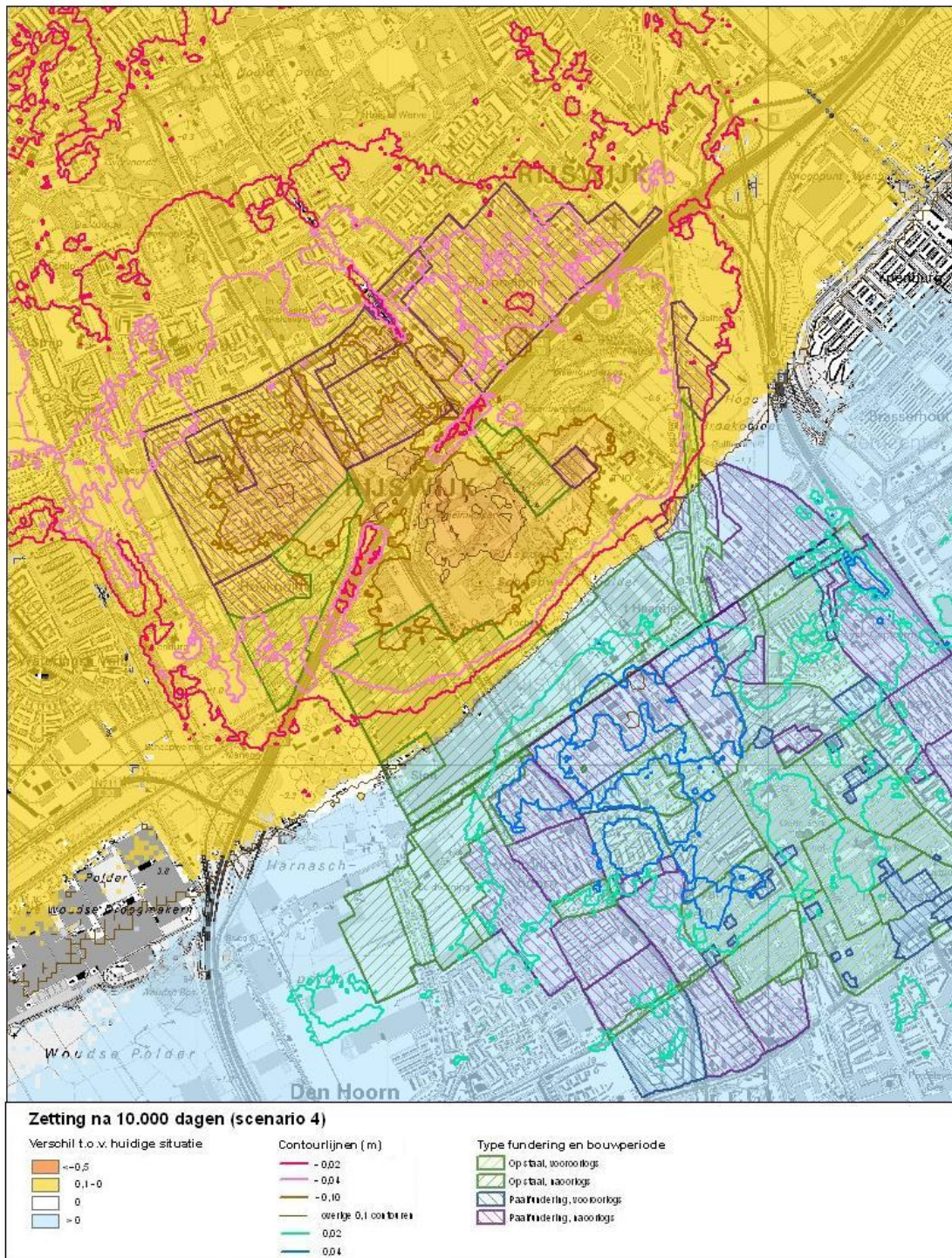
Andere constructies die in het betreffende gebied zakking zullen ondervinden en waar ook wel schade kan optreden, zijn kassen en bedrijfshallen. Deze objecten zijn waarschijnlijk op slieten (korte houten paaltjes) gefundeerd en zakken mee met maaiveld. Reparaties van voorkomende schades in die constructies 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 ($1200 \text{ m}^3/\text{uur}$) 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 $12 - 115 \text{ m}^3$ 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 invloedgebied 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 verstoppert (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 dichter 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 deellocaties) 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 deellocatie 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 naar 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 komt van de drainagebehoefte van volledige sluiting, tot 40% bij scenario 4. Dit heeft uiteraard 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 $\frac{1}{4}$ 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