



WL | delft hydraulics



Delft Cluster

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

T +31 30 256 42 56
F +31 30 256 44 75
info-BenO@tno.nl

*Onderzoek naar effecten van stopzetting
grondwateronttrekking DSM Delft
Fase 1: Monitoringstrategie voor
grondwaterstijging, waterkwaliteit en geotechniek
Hoofdrapport*

Datum	11 november 2007
Auteur(s)	F. Roelofsen (TNO) J. Buma (TNO) G. Oude Essink (TNO) L. Garming (TNO) N. van Oostrom (TNO) J. Gehrels (TNO) T. Peters (GeoDelft) H. van Meerten (GeoDelft) T. Vergroesen (WLDelft Hydraulics) R. Penailillo (WLDelft Hydraulics)
Opdrachtgever	Gemeente Delft Hoogheemraadschap van Delfland Provincie Zuid-Holland Delft Cluster II Kennisinvestering TNO Bouw en Ondergrond Kennisinvestering GeoDelft Kennisinvestering WL Delft Hydraulics
Projectnummer	034.69215
Aantal pagina's Aantal bijlagen	92 (incl. bijlagen)

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 TNO.

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 TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

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



WL | delft hydraulics



Delft Cluster

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

T +31 30 256 42 56
F +31 30 256 44 75
info-BenO@tno.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Achtergrond	5
1.2	Doelstelling en opzet van de strategie.....	5
1.3	Leeswijzer.....	6
2	Stijghoogte eerste watervoerend pakket.....	7
2.1	Doelstelling monitoringstrategie wateroverlast	7
2.2	Plan van aanpak DSM Delft meetnet.....	9
2.3	Kort overzicht bestaande meetnetten	10
2.4	Regionale meetraaien.....	10
2.5	Analyse, signalering en actieplan	18
2.6	Geschatte inspanning, kosten en beheer	19
3	Freatische grondwaterstand	21
3.1	Meetdoelen	21
3.2	Plan van aanpak freatisch meetnet DSM	21
3.3	Geschatte inspanning, kosten en beheer	34
4	Geotechniek	37
4.1	Geotechnische effecten stopzetting onttrekking	37
4.2	Doelstelling monitoringstrategie.....	38
4.3	Overzicht bestaande meetnetten	38
4.4	Plan van aanpak	39
4.5	Principeopzet meetnet.....	41
4.6	Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer	46
4.7	Inschatting kosten	47
5	Grondwaterkwaliteit	48
5.1	Inleiding	48
5.2	Doelstelling monitoringstrategie grondwaterkwaliteit.....	49
5.3	Bepaling risicogebieden.....	50
5.4	Chemische processen in het ondiepe grondwater- en oppervlaktewatersysteem.....	54
5.5	Analyse bestaande locaties van meetpunten voor grondwaterkwaliteit.....	55
5.6	Opzet Delft-DSM meetnet grondwaterkwaliteit	58
5.7	Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer	61
5.8	Frequentie van metingen en inschatting kosten	61
6	Oppervlaktewaterkwaliteit	65
6.1	Inleiding	65
6.2	Doelstelling monitoring oppervlaktewaterkwaliteit.....	65
6.3	Beknopte beschrijving van het oppervlaktewatersysteem	66
6.4	Bepaling risicogebieden.....	69
6.5	Analyse huidige meetnet voor oppervlaktewaterkwaliteit	71
6.6	Opzet Delft-DSM meetnet oppervlaktewaterkwaliteit.....	75
6.7	Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer	77
6.8	Inschatting kosten	77
7	Overzicht van de monitoringskosten.....	79

8	Referenties	81
9	Ondertekening.....	82

Bijlage(n)

- A Overzicht bestaande stijghoogtemeetpunten
- B Geschikte freatische meetpunten Waterstad 2000
- C Figuren bij het thema geotechniek
- D Locaties oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnet

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Delft en omliggende gemeenten zullen in de komende jaren moeten anticiperen op de mogelijke veranderingen in het onttrekkingsregime voor grondwater van DSM Gist en de geplande aanleg van de spoortunnel onder Delft. Deze veranderingen hebben invloed op het watersysteem en daarmee op het waterbeheer.

In het kader van het onderzoeksprogramma ‘Integraal Stedelijk Waterbeheer’ uitgaande van Delft Cluster (DC) is onderzoek gestart naar de effecten en oplossingen voor DSM Gist. Het DC-onderzoek wordt uitgevoerd door een consortium van TNO Bouw en Ondergrond, GeoDelft en WL | Delft Hydraulics en aangestuurd vanuit direct betrokken overheden, te weten de Provincie Zuid-Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de Gemeente Delft.

De eerste stap van het DC-onderzoek betrof de ‘Quickscan DSM-spoorzone’ die in 2005 is afgerond (Gehrels e.a. 2005). De rapportage geeft een kwalitatief overzicht van de effecten van de combinatie van de twee genoemde ingrepen op drie thema’s: Grondwaterstijging, Geotechniek en Waterkwaliteit. Daarnaast bevat het een uitwerking van oplossingsrichtingen voor het tegengaan of verminderen van de effecten.

Het huidige vervolgonderzoek bouwt voort op de opgedane kennis, resultaten en aanbevelingen uit de Quickscan en richt zich op het zoveel mogelijk kwantificeren van de effecten die in de Quickscan op een kwalitatieve manier zijn geïnventariseerd. De belangrijkste fasen van het huidige vervolgonderzoek zijn het:

1. opstellen van een monitoringstrategie voor trenddetectie in risicogebieden op alle drie thema’s;
2. ontwikkelen van een numeriek instrumentarium om de belangrijkste processen te kunnen simuleren;
3. uitwerken van alternatieven en maatregelpakketten

Deze rapportage is het resultaat van fase 1 en beschrijft de ontwikkeling van de monitoringstrategie.

1.2 Doelstelling en opzet van de strategie

Het doel van deze fase is het opstellen van een monitoringstrategie voor de themagebieden Grondwaterstijging, Geotechniek en Waterkwaliteit. De strategie kan als basis dienen voor daadwerkelijke uitvoering en inrichting van het meetnet

In de strategie worden alle hoofdthema’s (Grondwaterstijging, Geotechnische effecten en Waterkwaliteit) uitgewerkt. TNO draagt zorg voor het grondwaterdeel, GeoDelft werkt de strategie uit voor geotechnische effecten en WL | Delft Hydraulics neemt het thema oppervlaktewaterkwaliteit voor haar rekening.

Het verdient aanbeveling om snel over te gaan tot de inrichting van het meetnet en het uitvoeren van de metingen. Feit is namelijk dat eind 2005 al een kleine reductie in de DSM winning heeft plaatsgevonden. Vanaf dat moment wordt gedurende het hele jaar

permanent het lagere winterdebiet onttrokken. Effecten van die reductie moeten zo snel mogelijk gemonitord worden. Daarnaast zijn de metingen zeer bruikbaar bij het ontwikkelen van het modelinstrumentarium waarmee simulaties zullen worden uitgevoerd.

Bij mogelijke reductie in de toekomst zijn metingen van belang zodat de maatregelen goed afgestemd kunnen worden op de veranderingen in de situatie. Ook voor het beperken of voorkomen van schades is het van belang snel te weten hoe de situatie zich ontwikkelt. Ten slotte is het goed om te kijken of veranderingen conform de voorspellingen van het onderzoek zijn.

Zodra het modelinstrumentarium gereed is kan het gebruikt worden om op basis van meer detailkennis het monitoringnetwerk te optimaliseren. De resultaten van die optimalisatieslag zullen in een later stadium als aanvulling op onderliggende rapportage worden uitgebracht.

1.3 Leeswijzer

Drie monitoringthema's worden in de hoofdstukken 2 t/m 6 uitgewerkt waarbij het thema Grondwateroverlast is verdeeld over hoofdstuk 2 (stijghoogte 1e watervoerend pakket) en hoofdstuk 3 (freatische grondwaterstand). In elk hoofdstuk komen dezelfde onderdelen aan de orde om tot opzet van de strategie te komen. Het bevat een inventarisatie van bestaande meetnetten, een toelichting op het ontwerpprincipe van het nieuwe meetnet en een principe-opzet ervan. Waar mogelijk wordt een inschatting gegeven van de kosten van opzet en beheer en suggesties voor beheer van de gegevens. Hoofdstuk 7 geeft een globaal overzicht van de kosten van de meetnetten. Voor een korte vergelijking van de meetnetten op uitgangspunten wordt verwezen naar de samenvatting van dit rapport.

Veel gebruikte referenties

IWACO-model

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 DSM (Van der Linden 1999). Dit model zal in de tekst worden aangeduid als het **IWACO-model**.

PZH model

Daarnaast 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 2004). In dit rapport wordt het afgekort tot het **PZH model**.

2 Stijghoogte eerste watervoerend pakket

2.1 Doelstelling monitoringstrategie wateroverlast

Voor een zinvolle meetstrategie is het belangrijk om de meetdoelstellingen van tevoren goed te formuleren. Dit houdt in dat goed moet worden nagedacht over:

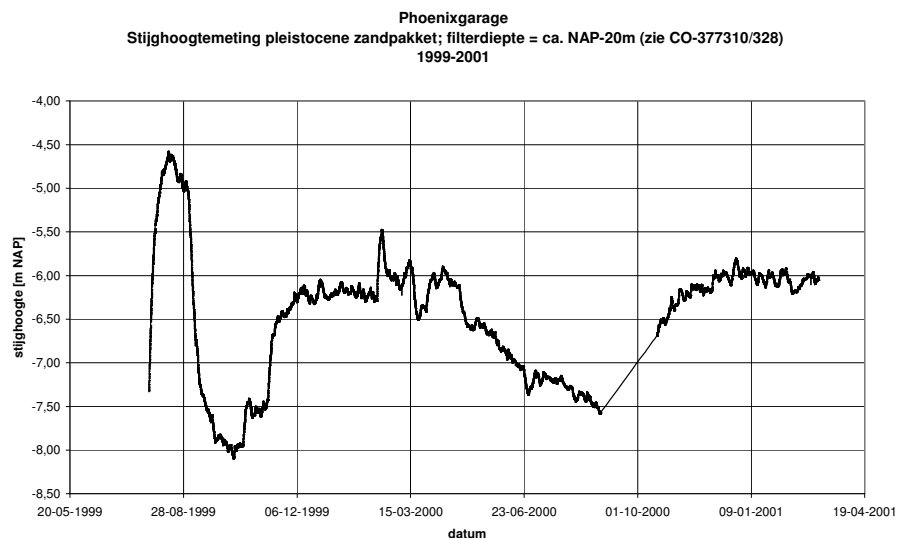
- Welke maatschappelijke of beleidsdoelstellingen vormen de aanleiding voor de monitoring;
- Welke concrete meetdoelstellingen, in termen van te meten grootheden, vloeien hieruit voort;
- Welke statistische meetdoelstellingen zijn aan de orde, in termen van meetfrequentie en signaalwaarden.

Verder moet er al een conceptueel model van het te monitoren systeem voorhanden zijn, d.w.z. men moet een idee hebben van de processen in het systeem. Van het grondwatersysteem in relatie tot de DSM grondwaterwinning bestaan er al conceptuele en ook numerieke modellen (IWACO- en PZH-modellen).

Voor het monitoren van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket kunnen de volgende doelstellingen worden geformuleerd:

1. Het vaststellen van de invloed van stijghoogtetoeename als mogelijke oorzaak van (freatische) grondwateroverlast kan gezien worden als een belangrijke beleidsdoelstelling. In het geval dat wateroverlast daadwerkelijk door het stopzetten van de winning wordt veroorzaakt kunnen monitoringsgegevens de lokale waterbeheerder argumenten verschaffen om aan te tonen dat zijn eigen beheer doelmatig is geweest; dit kan met het in werking treden van de Wet gemeentelijke watertaken als een zeer actuele doelstelling worden beschouwd. Ook kunnen bij een tijdige vaststelling van deze invloed maatregelen worden genomen nog vóór er grote schade ontstaat. Voor deze doelen moet zowel de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket als de freatische grondwaterstand worden gemeten. Om een betrouwbare interpretatie van de metingen te kunnen uitvoeren al enkele jaren na stopzetting van de winning, is een meetfrequentie van eenmaal per dag optimaal. In paragraaf 2.5. wordt verder (kort) ingegaan op de analyse van de meetgegevens.
2. Een tweede maatschappelijke meetdoelstelling is monitoring van bezwijkrisico's van ondergrondse gebouwen en infrastructuur. Mocht de stijghoogte na stopzetting van de winning een vooraf vastgestelde kritische waarde (signaalwaarde) naderen, dan kunnen nog op tijd maatregelen worden genomen om schade te voorkómen. Daarvoor is het dan wel nodig om per object signaalwaarden vast te stellen op basis van de constructie en de hydrogeologische opbouw van de ondergrond ter plaatse. De te meten grootheid is de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Deze reageert zeer snel op grootschalige ingrepen, zoals onder meer blijkt uit de stijghoogtetoeename na het zgn. 'melasse-incident' in juli 1999 waarbij de installatie die het grondwater oppompt tijdelijk uitviel. De stijghoogte nam toen in ongeveer een week toe van NAP -6 m, een normale waarde voor de winterperiode, naar NAP -5 m. Afhankelijk van de signaalwaarde per object kan het derhalve een kwestie van dagen zijn voordat een kritische situatie wordt bereikt na stopzetting van de winning. Ook voor deze meetdoelstelling is dus een meetfrequentie van eens per

dag nodig.



Figuur 2-1: Stijghoogteverloop in het eerste watervoerend pakket tijdens en na het zgn. melasse-incident.

3. IJking van het modelinstrumentarium. Een betere ruimtelijke dekking van meetpunten betekent dat het modelinstrumentarium nauwkeuriger kan worden geijkt, waardoor de voorspellingen van effecten van ingrepen en maatregelen verbetert. Hiervoor geldt dat in alle meetpunten de stijghoogte, maar ook het zoutgehalte moet worden gemeten omdat deze laatste parameter mede de werkelijke stijghoogte bepaalt. Het zoutgehalte kan eenmalig, of eens in de paar jaar, worden gemeten omdat het naar verwachting weinig zal variëren in de tijd. Voor de stijghoogte geldt echter dat variaties daarin veel informatie verschaffen over de opbouw van de ondergrond. Het is dan ook zinvol om de nulmeting gedurende een jaar uit te voeren om de seizoensvariaties mee te kunnen nemen. Mocht de winning worden stopgezet, dan levert bovendien het volgen van de reactie van de stijghoogte in de tijd en ruimte zeer bruikbare informatie op voor het model. Strikt genomen is in de huidige situatie een meetfrequentie van bv. eens per week voldoende voor dit meetdoel, en na stopzetting van de winning eens per dag. Hierbij wordt aangenomen dat de stopzetting van te voren bekend wordt gemaakt. Overigens zullen ook enkele metingen van de stijghoogte in het tweede watervoerend pakket nodig zijn voor een goede modelijking. Hierop wordt verder ingegaan in hoofdstuk 5.
4. Bijdrage leveren aan inzicht in verandering van kwel en/of infiltratie. Dit kan gezien worden als een verbijzondering van de voorgaande doelstelling.

Wat hier niet wordt genoemd is monitoring van bezwijkrisico's van kaden langs (boezem)wateren. Dit is een belangrijk onderdeel van de geotechnische monitoring, maar ook kwel speelt hier een rol. Omdat de meetdichtheid vanuit geotechnisch oogpunt vele malen hoger zal zijn dan vanuit hydrologisch oogpunt, is er voor gekozen om het stijghoogtemeetnet hier niet specifiek op af te stemmen.

Een gewenste meetfrequentie van eenmaal per dag vereist de inzet van automatische drukopnemers (divers). Divers hebben normaal gesproken een opslagcapaciteit van minimaal 16.000 metingen (meestal meer). Bij een dagelijkse meetfrequentie is het geheugen dan pas na 44 jaar vol. De minimaal vereiste uitleesfrequentie wordt bepaald

door het moment waarop de DSM-winning zal worden verminderd of stopgezet; de eerste uitlezing moet ruim voor dit moment plaatsvinden om analyse, verwerking en presentatie van de meetresultaten tijdig te kunnen uitvoeren. Waarschijnlijk is dit al na een paar jaar.

In onderstaande tabel zijn de verschillende typen meetdoelstellingen nog eens samengevat. In de tabel is onderscheid gemaakt in twee typen signalering: signalering van overlast voor de betreffende gebruiksfunctie (in dit geval het bezwijkrisico bij een bepaalde stijghoogte), en signalering van trends. Voor het eerste type kan een duidelijke actie aan de signalering worden gekoppeld, bijvoorbeeld het (weer) opvoeren van de onttrekking of het inschakelen van lokale voorzorgsmaatregelen. Voor het tweede type geldt dit alleen als de stijghoogten in de buurt komen van een type 1 signaleringswaarde; verder gaat het vooral om het leggen van verbanden met effecten in andere domeinen (freatische grondwaterstand, geotechniek, waterkwaliteit).

Maatschappelijk meetdoel	Concreet meetdoel (grootheid)	Meetfrequentie	Signalering
Invloed stijghoogte 1 ^e wvp op freatische grondwaterstand	Stijghoogte 1 ^e wvp en freatische grondwaterstand	Dagelijks	d.m.v. statistische analyse en tijdreeksmodellering
Bezwijkrisico diepe objecten / infra	Stijghoogte 1 ^e wvp	Dagelijks	specifiek bepalen per object op basis van constructie en lokale hydrogeologie
IJking modelinstrumentarium en inzicht in kwel en infiltratie	Stijghoogte 1 ^e en 2 ^e wvp	Wekelijks, na stopzetting dagelijks	n.v.t.
IJking modelinstrumentarium en inzicht in kwel en infiltratie	Zoutgehalte	1x per 3 tot 5 jaar	n.v.t.

Tabel 2-1: meetdoelstellingen en bijbehorende gewenste meetfrequenties

2.2 Plan van aanpak DSM Delft meetnet

Omdat ten tijde van het opstellen van de monitoringstrategie nog geen gedetailleerde modelresultaten met bijbehorende ruimtelijke beelden van nauwkeurigheden en betrouwbaarheden voorhanden waren, is gekozen voor een pragmatisch alternatief. De werkwijze bestaat in het kort uit de volgende stappen, die in het vervolg elk per paragraaf aan de orde komen:

- Om inzicht te krijgen in het regionale verloop van de stijghoogte worden vier meetraaien uitgelegd, beginnend op de DSM-locatie en grofweg loodrecht op elkaar; deze regionale meetraaien worden aangevuld met bestaande locaties, met name vanuit DINO ;
- Bij het plannen van de raaien wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande meetpunten;
- Bij het plannen van de raaien wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met risicogebieden die uit de enquête van de Quickscan naar voren zijn gekomen;
- Risicolocaties die buiten de raaien vallen krijgen een extra meetpunt toegewezen;

- Bij diepe infrastructuur zoals parkeergarages en tunnels moet er ook een filter in eventueel vóórkommende tussenzandlagen komen. In veel gevallen zal dit pas duidelijk worden na een proef- of voorboring. De stijghoogte in tussenzandlagen kan maatgevend zijn voor de hydrologische situatie ter plaatse.
- Elke gemeente krijgt minimaal één stijghoogtemeetpunt (uit het oogpunt van communicatie / zorgplicht / loketfunctie);
- Waar mogelijk wordt rekening gehouden met de ligging van oude krekken in de ondergrond; dit zijn de locaties waar de deklaag geheel of gedeeltelijk wordt doorsneden door geulafzettingen, met als gevolg een grotere doorwerking van effecten op de stijghoogte naar boven;
- Nieuwe meetpunten komen zo dicht mogelijk bij recentelijk vervallen DINO-meetpunten om de (vaak lange) historische meetreeks zo goed mogelijk voort te zetten;
- Stijghoogtemeetpunten worden zoveel mogelijk geïntegreerd met meetpunten voor monitoring van grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit.

Op bovenstaande manier wordt een meetnet nagestreefd dat:

- een adequaat ruimtelijk beeld zal geven van de optredende effecten;
- voldoende dekking geeft aan risicolocaties, in de zin van preventieve monitoring of verklarende meetpunten in geval van optredende schade of overlast;
- niet onnodig duur is;
- draagvlak heeft onder de belanghebbende partijen.

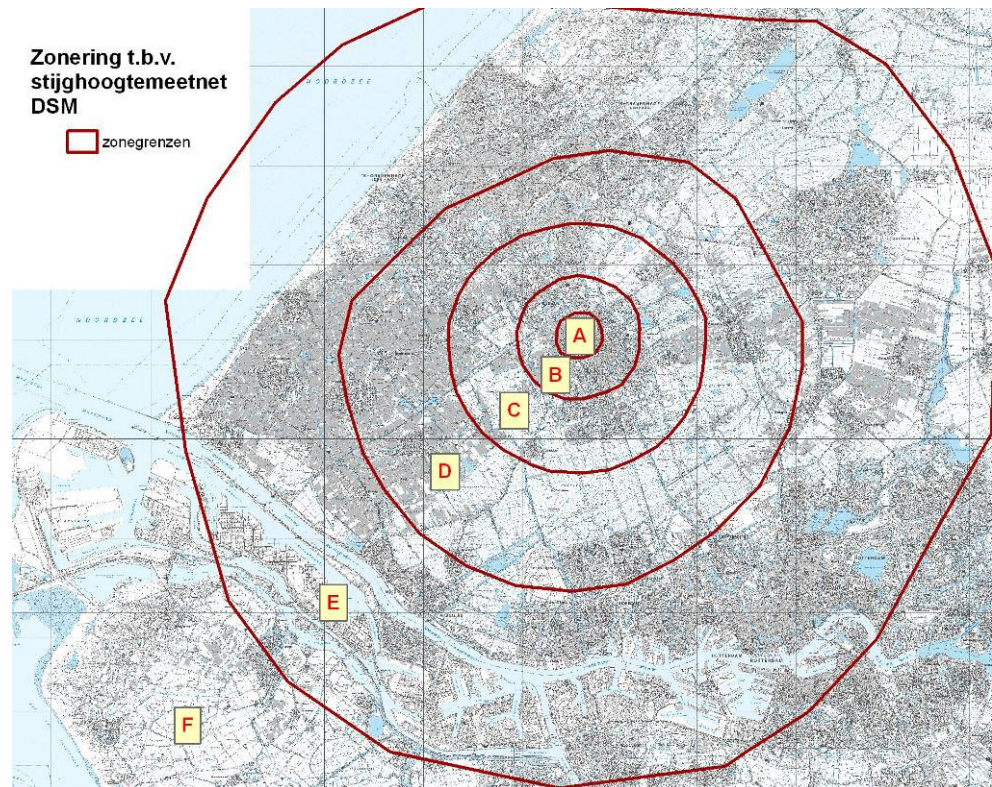
2.3 Kort overzicht bestaande meetnetten

- DINO-database van TNO (zie referentie onder Hoofdstuk 9)
- Stijghoogtemeetreeks Phoenixstraat (*bron: GeoDelft*)
- Spoorzone meetnet (*ProRail 2006*)
- DZH (*bron: persoonlijke communicatie*). Het meetnet bestaat uit een verzameling filters in stedelijk gebied die gebruikt kunnen worden als nooddrinkwatervoorziening. Gegevens over de locaties zijn niet openbaar.
- Waterstad 2000 meetnet van de gemeente Delft
- Gemeentelijke meetnetten van Den Haag, Rotterdam, Leidschendam-Voorburg en Pijnacker-Nootdorp (*persoonlijke communicatie*)
- Peilbuisgegevens rondom stortlocaties (*bron: Provincie*)

2.4 Regionale meetraaien

2.4.1 Overzicht

Om het aantal meetpunten per raai te bepalen is het gebied verdeeld in een aantal zones die elk tenminste één stijghoogtemeetpunt toegewezen krijgen. De zones zijn gebaseerd op de verlagingscontouren zoals berekend met het IWACO-model. De zonering is zodanig dat de afstand tussen opeenvolgende zonegrenzen steeds toeneemt met een factor 1,5 tot 2.



Figuur 2-2: Zonering ten behoeve van het stijghoogtemeetnet

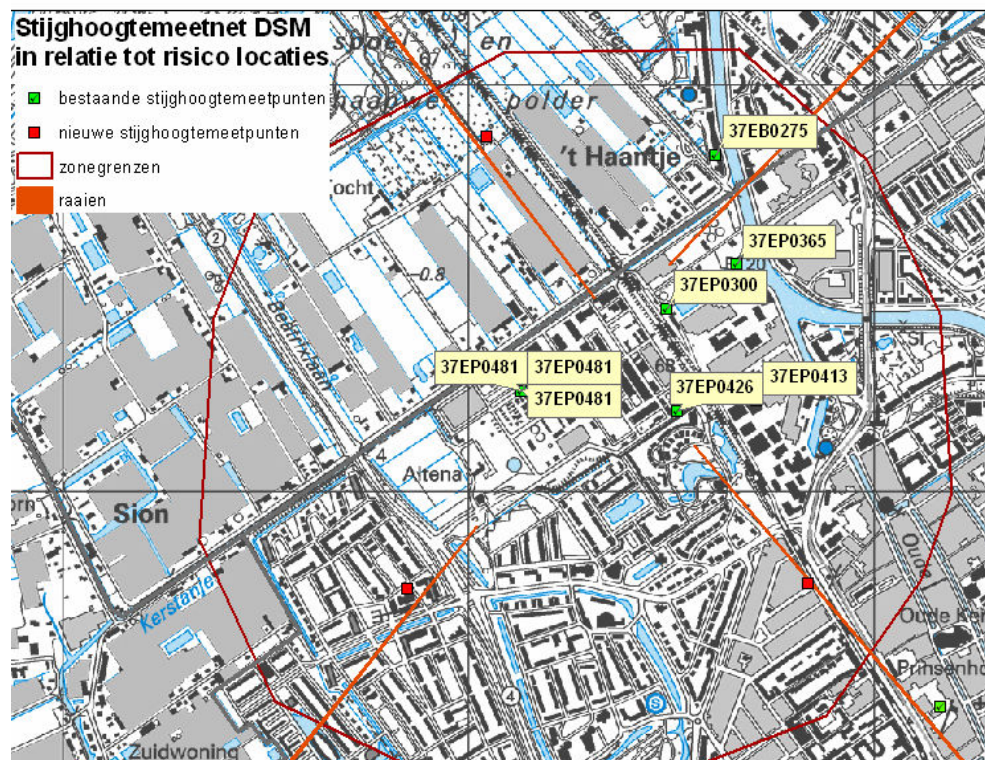
- Zone A: gebied binnen de 9 m verlagingscontour. De directe omgeving van de DSM-winning, binnen een afstand van 1 km. De effecten op de stijghoogte zullen zeer groot en ruimtelijk uniform zullen zijn.
- Zone B: gebied tussen de 3 m en 9 m verlagingscontouren. De verwachte effecten zijn groot, maar de ruimtelijke variatie neemt toe onder invloed van de hydrogeologische factoren.
- Zone C: gebied tussen de 1 m en 3 m verlagingscontouren. De verwachte effecten zijn redelijk groot, maar de ruimtelijke variatie is ook groot.
- Zone D: gebied tussen de 25 cm en 1 m verlagingscontouren. De onzekerheid omtrent de effecten is groot. In verhouding tot de natuurlijke variatie zijn de verwachte effecten beperkt, maar nog steeds groot genoeg om lokaal gevolgen te kunnen hebben.
- Zone E: gebied tussen de 5 cm en 25 cm verlagingscontouren. De verwachte effecten zijn zeer beperkt en variëren zeer sterk in de ruimte.
- Zone F: gebied buiten de 5 cm verlagingscontouren. Hier worden geen merkbare effecten verwacht.

Uitgangspunt is dat in zone E en F in ieder geval gebruik wordt gemaakt van bestaande meetpunten. In zones A t/m D komen zonodig nieuwe meetpunten. In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van alle beschikbare meetpunten die opgenomen worden in de Delft DSM monitoringstrategie.

2.4.2 Zone A

Op het DSM-terrein zelf zijn vijf bestaande DINO-meetpunten beschikbaar: 37EP0300, -0365, -0413, -0426 en -0481. Deze meetpunten worden gezien als een zone op zichzelf en maken formeel geen deel uit van de hier gepresenteerde monitoringstrategie. Buiten

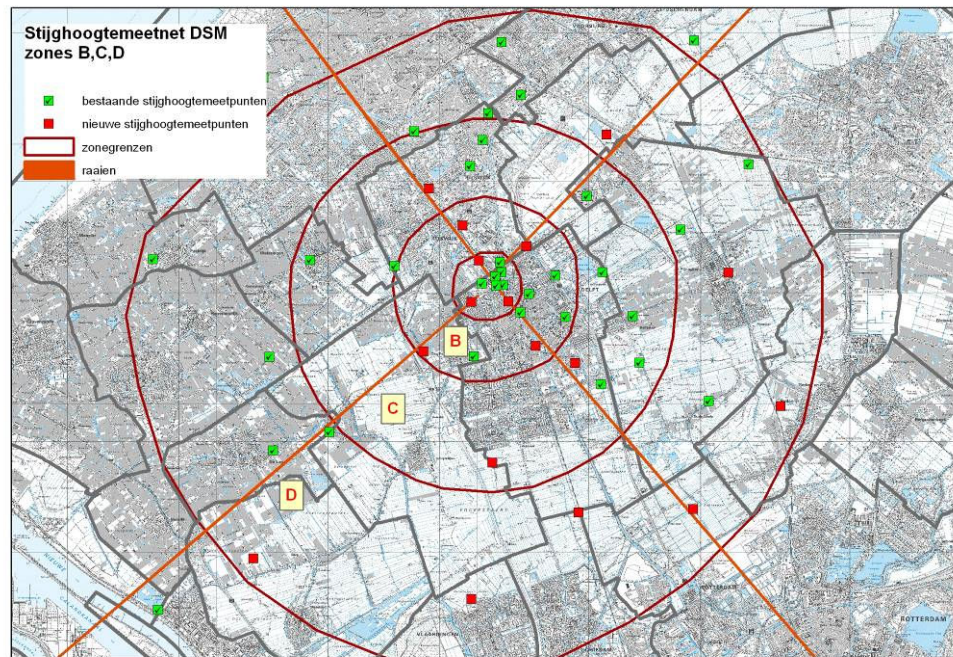
het DSM-terrein is alleen in noordoostelijke richting een DINO-meetpunt beschikbaar (37EB0275). Langs de overige drie raaien komen nieuwe meetpunten, waarvan twee in de gemeente Delft en één in de gemeente Rijswijk. De meetpunten langs de zuidwestelijke en zuidoostelijke raaien zijn zo gekozen dat ze samenvallen met bestaande freatische meetpunten uit het Waterstad 2000 meetnet van de gemeente Delft (14-1.08 en 13-1.07). Zie onderstaande figuur.



Figuur 2-3: Nieuwe en bestaande stijghoogtemeetpunten zone A.

2.4.3 Zones B, C en D

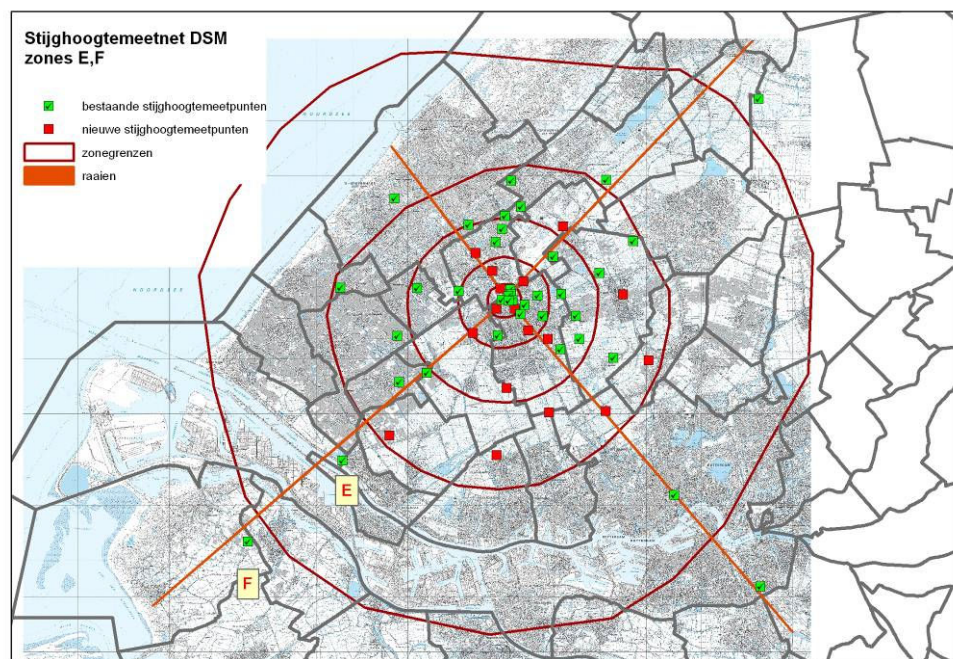
In onderstaande figuur zijn alle bestaande en nieuwe meetpunten in zones B, C en D afgebeeld die worden opgenomen in het DSM-meetnet. De meetraaien zijn zodanig georiënteerd dat de benodigde nieuwe meetpunten zoveel mogelijk gebruikt kunnen worden bij risicolocaties (zie paragraaf 2.4.5) en/of samenvallen met geplande meetpunten voor grondwaterkwaliteit (hoofdstuk 5). Van de stortplaatsmeetpunten worden er vijf in ieder geval opgenomen in het DSM-meetnet. Het betreft de meetpunten 095/006/A1 (of /05y), 310/004/05y (of A3y of A4y), 310/003/07y (of /A1 of /A2), 495/018 en 095/152. In zone D zijn voor de noordwestelijke raai geen meetpunten afgebeeld, maar wel beschikbaar. Het betreft 2 noodputten van DZH waarvan de locatie niet openbaar mag worden gemaakt.



Figuur 2-4: Ontwerp stijghoogtemeetnet zones B, C en D.

2.4.4 Zones E en F

In zones E en F zijn voldoende DINO-meetpunten beschikbaar. In de zuidoostelijke raai kan gebruik worden gemaakt van meetpunten uit het stijghoogtemeetnet van Gemeentewerken Rotterdam, bijvoorbeeld 129567-00091 en 134561-00091. In de noordwestelijke raai kan gebruik worden gemaakt van een (niet afgebeelde) noodput van DZH.



Figuur 2-5: Ontwerp stijghoogtemeetnet zones E en F.

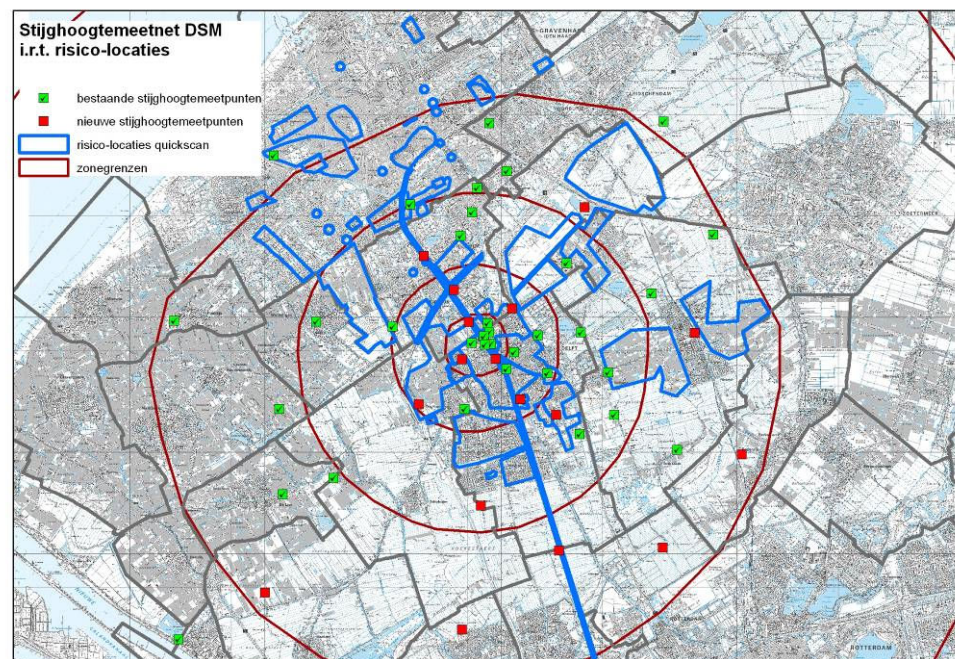
2.4.5 Monitoring rond risicolocaties

In onderstaande tabel zijn groepsgewijs de risicolocaties opgenomen die uit de Quickscan zijn gevolgd en uit aanvullende gesprekken met enkele belanghebbende partijen.

Risicolocaties
Bebouwd gebied Delft (monumenten, wijken met wateroverlast)
TU-wijk (o.a. warmte- en koude opslag)
Parkeergarage Koningsveld
Wijken met (toekomstige) wateroverlast en parkeergarages Den Haag
VINEX Ypenburg
VINEX Leidschenveen
Verdiepte A4 Rijswijk, Bedrijventerrein Plaspoelpolder
Treintunnel en parkeergarage Rijswijk
Kassengebied Nootdorp
Kassengebied Pijnacker
Tuinbouwgebied ten NW van Delft / Harnaschpolder (AWZI)
Spoorlijn Den Haag HS – Rotterdam
Tuinbouwgebied Westland
VINEX Wateringseveld
Onderdoorgang N470 / Emerald

Tabel 2-2: Risicolocaties uit de Quickscan

In onderstaande figuur is het voorgestelde meetnet in relatie tot deze risicolocaties weergegeven. Wederom zijn de noodputten van DZH niet afgebeeld.



Figuur 2-6: meetpuntlocaties ten opzichte van de risicolocaties uit de Quickscan

- Het bebouwde gebied van Delft wordt goed gedekt met de voorgestelde meetpunten uitgezonderd de zuidelijke wijken. Om deze leemte op te vullen kan gebruik worden gemaakt van een nieuw grondwaterkwaliteitsmeetpunt (zie hoofdstuk 5) in het landelijk gebied ten zuiden van de wijk Tanthof;
- In de TU-wijk komt een nieuw stijghoogtepunt als onderdeel van de zuidoostelijke raai (zone C). De exacte locatie hiervan moet worden afgestemd met de ligging van WKO-installaties in deze wijk. Er is een bestaand meetpunt van het landelijk of provinciale meetnet voor grondwaterkwaliteit aan de Jaffalaan. Bij voorkeur worden dergelijke meetpunten niet gebruikt voor stijghoogtemeetpunten in verband met mogelijke beïnvloeding van analyses voor zware metalen en sporenelementen.
- Bij parkeergarage Koningsveld komt een extra meetpunt.
- Het meetnet van stijghoogtemeetpunten van DZH is dicht genoeg om de stijghoogte bij de risicolocaties (wijken met wateroverlast en parkeergarages) in Den Haag afdoende te kunnen inschatten. Het gaat in totaal om 17 meetpunten in zone D. Eén hiervan is ook DINO-meetpunt: 30GB0119.
- Uitzondering hierop vormt de Vinex-locatie Ypenburg waar bij het deelgebied De Bras langs de A13 een extra meetpunt wordt voorzien. In dit gebied is verticale drainage toegepast bij het bouwrijp maken waardoor de deklaagweerstand mogelijk sterk is verminderd. Hiervoor kan het nieuwe meetpunt in de NO-raai, zone C worden ingezet. Het meetpunt ligt aan de westkant van de A13 in plaats van de oostkant omdat daar een oppervlaktewaterkwaliteitsmeetpunt is voorzien.
- Deze problematiek speelt ook in de Vinex-locatie Leidschenveen. Aan de zuid- en noordgrens van deze locatie zijn twee meetpunten voorzien. Het zuidelijke meetpunt is geïntegreerd met het meetpunt voor de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit en ligt daarom niet in Leidschenveen zelf, maar bij de plas Ypenburg (een waterlichaam volgens de KRW).
- Voor monitoring van de verdiepte A4 bij Rijswijk en het bedrijventerrein Plaspoelpolder kan het nieuwe meetpunt in de noordwestelijke raai, zone B worden gebruikt.
- Voor monitoring van de treintunnel en parkeergarage in Rijswijk kan het nieuwe meetpunt in de noordwestelijke raai, zone C worden gebruikt.
- Het kassengebied bij Nootdorp wordt doorsneden door de noordoostelijke raai, hier worden geen nieuwe meetpunten voorzien.
- Voor Pijnacker en de omliggende kassengebieden wordt één extra meetpunt bij het centrum van Pijnacker voorzien, bijvoorbeeld langs de Hofpleinlijn (NS). Hiervoor kan een meetpunt worden gebruikt dat al is voorzien in het kader van het nieuwe grondwatermeetnet van de gemeente Pijnacker-Nootdorp (#referentie en meetpuntnummer). Samen met de DINO-meetpunten 37EP0312 (langs de A13) en 37EP0314 vormt dit een extra oostelijke raai.
- Voor de nieuwbouwlocatie en AWZI Harnaschpolder en het tuinbouwgebied ten NW van Delft (Beatrixlaan en omgeving) kan het nieuwe meetpunt in de ZW-raai, zone B worden gebruikt, aangevuld met bestaand meetpunt 37EP0561 (begraafplaats Eykelenburg) en het nieuwe meetpunt in de noordwestelijke raai (zone B bij de verdiepte A4 Rijswijk).
- Het spoortraject tussen Den Haag HS en Delft Zuid is met de bestaande en voorziene meetpunten afdoende voorzien van stijghoogtemeetpunten. Tussen Delft-Zuid – Schiedam Centrum wordt een extra nieuw meetpunt voorzien op het grondgebied van de gemeente Schiedam.
- Om de effecten in het Westland te kunnen meten kunnen drie bestaande DINO-meetpunten worden ingezet (37BP0233, 37BP0211, 37BP0159). Een vierde meetpunt (37BA3229) maakt deel uit van het landelijk of provinciaal

grondwaterkwaliteitsmeetnet. Mogelijk kan hier ook gebruik van worden gemaakt in overleg met de beheerder van dit meetnet (RIVM / provincie). Er bestaat wel een kans op beïnvloeding van analyses op sporenelementen, bijvoorbeeld wanneer er divers worden geplaatst. Vooralsnog wordt dit meetpunt buiten beschouwing gelaten.

- De nieuwbouwlocatie ‘Wateringseveld’ is niet als risicolocatie aangemerkt. Toch is het goed om ook hier te monitoren aangezien de wegzijging er kan omslaan in kwel met mogelijke gevolgen voor de grondwaterstand. Bestaand meetpunt 37EP0561 kan hiervoor worden ingezet. Dit meetpunt ligt aan de Delftse kant van de nieuwbouwlocatie.
- Als extra risicolocatie is de onderdoorgang van de verlengde N470 onder de Zuideindseweg bij Delfgauw-Emerald aangemerkt. Het meetpunt kan worden opgenomen in het ontwerpmeetnet van de gemeente Pijnacker-Nootdorp door een gepland stijghoogtemeetpunt in Oud-Delfgauw te verplaatsen. Het N470-meetpunt is in deze rapportage als ‘bestaand’ aangemerkt.

2.4.6 *Meetpunten grondwaterkwaliteit*

Zoals in hoofdstuk 5 wordt toegelicht, bestaat het voorgestelde meetnet voor grondwaterkwaliteit (verzilting en eutrofiëring) onder andere uit 20 stijghoogtemeetpunten. Hiervan zijn 11 reeds bestaand: 9 DINO-meetpunten waarvan 5 opgenomen zijn in het in dit hoofdstuk besproken DSM-stijghoogtemeetnet, 1 DZH-noodput en 1 meetpunt bij een stortplaats (De Lier). Van de 9 nieuw voorgestelde grondwaterkwaliteitsmeetpunten vallen er 6 samen met de hiervoor besproken nieuwe stijghoogtemeetpunten op basis van raaien of risicolocaties. Van de overige 3 nieuwe grondwaterkwaliteitsmeetpunten worden er nog twee opgenomen in het stijghoogtemeetnet. Het gaat om een meetpunt in de Holierhoekse Polder (gemeente Vlaardingen) en een reeds besproken meetpunt ten zuiden van de wijk Tanthof West (hier kan de vervallen stijghoogtemeetreeks 37EP0029 worden voortgezet). Het andere meetpunt is optioneel en wordt niet in de kostenraming aan het slot van dit hoofdstuk meegenomen. Het gaat om een meetpunt langs de Gaag tussen Schipluiden en Maasland.

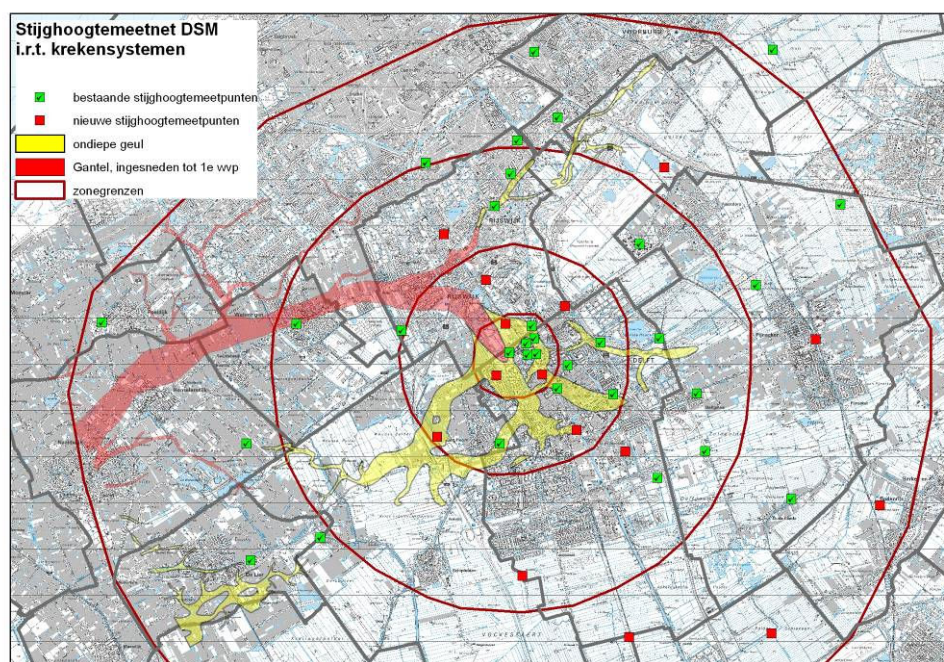
2.4.7 *Gemeentelijke monitoring*

Vanuit algemene beweegredenen als communicatie en loketfunctie is het aan te bevelen dat elke gemeente tenminste één stijghoogtemeetpunt op haar grondgebied heeft. Vanuit de nieuwe wet gemeentelijke watertaken en de DSM-problematiek komt daar bij dat de gemeente zodoende bij optredende (grond)wateroverlast kan nagaan in hoeverre deze het gevolg is van aanpassingen aan de DSM-winning. Op basis van de raaien, risicolocaties of grondwaterkwaliteitsmonitoring zijn bijna alle gemeenten in het aandachtsgebied al voorzien van stijghoogtemeetpunten. Uitzonderingen zijn de gemeenten Leidschendam-Voorburg en Berkel en Rodenrijs. In Leidschendam-Voorburg kan gebruik worden gemaakt van bestaande DINO-meetpunten (30GB0480 en 30GB0015). In Berkel en Rodenrijs wordt in zone D een nieuw meetpunt langs de Hofpleinlijn voorgesteld.

Voor Rotterdam wordt er van uitgegaan dat het daar aanwezige stijghoogtemeetnet toereikend is om eventuele wijzigingen in stromingsrichtingen als gevolg van aanpassingen aan de DSM-winning vast te stellen. De gemeente Rotterdam heeft tot nu toe geen specifieke problematiek of risicolocaties doorgegeven.

2.4.8 Meetnet locaties in relatie tot de ligging van krekens

De ligging van fossiele krekens in de ondergrond is van belang omdat deze vaak zandige insnijdingen in de deklaag hebben achtergelaten. Gevolg is een verminderde deklaagweerstand en een versterkte doorwerking van stijghoogte-effecten vanuit het eerste watervoerend pakket naar het freatisch grondwater. In onderstaande figuur is de ligging van het belangrijkste krekensysteem (Gantel) in de regio weergegeven. De kartering is uitgevoerd door GeoDelft. Het merendeel van de stijghoogtemeetpunten ligt in zones die zijn gekarteerd als ondiepe geul, m.a.w. een verminderde deklaagweerstand ter plekke is aannemelijk. In Rijswijk is geen stijghoogtemeetpunt gepland in de hoofdgeul van de Gantel; monitoring van de risicolocaties in deze gemeente wordt belangrijker geacht. Wel komt deze zone met name in aanmerking voor een freatisch meetpunt, zie hoofdstuk 3.



Figuur 2-7: Kartering van het Gantelsysteem in relatie tot het DSM-stijghoogtemeetnet

2.4.9 Overige meetpunten

Er liggen nog meer bestaande stijghoogtemeetpunten in zones A t/m D die hiervoor nog niet expliciet besproken zijn. Het is aan te bevelen om de volgende daarvan in de monitoringstrategie op te nemen:

- DINO-meetpunt 37EP0382 (Oude Leede)
- 37EP0394 (Pijnacker-Noord)
- 30HP0126 (bij Zoetermeer)
- een ongecodeerd DINO-meetpunt in het stedelijk gebied van Den Hoorn
- het Waterstad 2000 stijghoogtemeetpunt in de Doelenstraat in Delft
- meetpunten 30GB0017, 30GB0021 en 30GB0377 in Rijswijk.
- meetpunt rond een stortplaats in Delfgauw-Swanekampen
- selectie 1 meetpunt van 3 rond stortplaatsen in Delft, locatie Delftse Poort
- optioneel (niet in kostenraming meegenomen): selectie 1 meetpunt van 3 rond stortplaatsen in Delft, locatie Tweemolentjeskade.

2.4.10 *Filterstellingen*

De filters van de bestaande meetpunten zijn 1 a 2 meter lang en zitten meestal tussen NAP -25 en -30 m. Enkele filters zijn langer dan 10 m, dit zijn brandputten. De nieuwe meetpunten dienen aan te sluiten bij de eerstgenoemde groep; filters van 1 of 2 meter lang, tussen NAP -25 en -30 m. Bij meerdere bestaande filters in het eerste watervoerend pakket wordt de bovenste geselecteerd voor uitrusting met een diver (zie paragraaf 2.4.11).

2.4.11 *Meet- en uitleesfrequentie*

Zoals gezegd is een dagelijkse meetfrequentie aan te bevelen om de wisselwerking tussen stijghoogten en freatische grondwaterstanden te kunnen vast stellen en om bezwijkrisico's te monitoren. Dit betekent dat gebruik zal worden gemaakt van automatische drukopnemers (divers). Uitzonderingen kunnen gemaakt worden voor de meetpunten in zones E en F omdat deze voornamelijk als controlemeetpunten dienen waar niet of nauwelijks effecten worden verwacht. Hieronder vallen ook de meetpunten van GW Rotterdam. De huidige meetfrequentie in de bestaande meetpunten is tweemaal per maand of lager. Dit betekent dat in totaal 70 bestaande en nieuwe meetpunten moeten worden uitgerust met divers (29 bestaande DINO-meetpunten in zones A t/m D, het geplande stijghoogtemeetpunt langs de N470 van de gemeente Pijnacker-Nootdorp, het GeoDelft meetpunt aan de Phoenixstraat, het Waterstad 2000 meetpunt aan de Doelenstraat, 5 bestaande meetpunten rond stortplaatsen, 16 DZH-noodputten en 17 nieuwe meetpunten).

2.5 **Analyse, signalering en actieplan**

De analysemethode hangt uiteraard af van het meetdoel en het type signalering waarop men wil reageren: zijn we op zoek naar een verandering in de grondwaterstand of willen we de overschrijding van een bepaalde waarde monitoren? De effectiviteit van de monitoring staat of valt vervolgens met het vastleggen van een actieplan: bij welke signalering moet er actie genomen worden, waaruit bestaat de actie en welke partij is daarvoor verantwoordelijk? Het projectgebied en de inliggende risico-locaties zijn te talrijk en divers om daar in deze rapportage diep op in te gaan. Bij bezwijkrisico's is het relatief eenvoudig: de stijghoogte mag een vooraf vastgestelde, aan de constructie gerelateerde signaalwaarde niet overschrijden. Zo ja, dan moet er actie worden genomen in de vorm van bijvoorbeeld een lokale bemaling of extra drainagecapaciteit, waarbij nog wel de vraag is *wie* dat dan moet doen.

Bij het bepalen van de wisselwerking stijghoogte 1e wvp - freatische grondwaterstand ligt het voor de hand om een significant effect in de stijghoogte aan te grijpen om tijdens de daaropvolgende analyseronde te toetsen of dit zichtbaar is in de freatische grondwaterstand, met andere woorden is er een mogelijk overlastprobleem in aantocht. De daarin te volgen werkwijze hangt af van de relatie tussen de fluctuaties in de freatische grondwaterstand als gevolg van lokale factoren (neerslag en verdamping, drainage, peilbeheer, rioollekkage) en het verwachte effect van de stopzetting. Als het verwachte effect van minimaal dezelfde orde van grootte is als de lokale invloeden, is de kans groot dat de stopzetting rechtstreeks kan worden opgespoord met tijdreeksmodellen van de freatische grondwaterstand. Als het verwachte effect (veel) kleiner is dan de lokale invloeden is dit veel minder waarschijnlijk, maar in deze gevallen bieden de meetreeksen van de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket uitkomst (Maas, 2006). Het effect van de stopzetting op de stijghoogte is over veel grotere afstanden detecteerbaar dan op de freatische grondwaterstand. Door te

onderzoeken of er een sprong in de freatische grondwaterstand optreedt vóór en ná de periode waarin het effect van de stopzetting op de stijghoogte detecteerbaar wordt, kan alsnog een relatie worden gelegd. De betrouwbaarheid van deze analyse wordt groter naarmate er meer metingen voorhanden zijn. Dit betekent dan ook dat met dagelijkse frequentie gemeten moet worden, wil men al na een paar jaar iets kunnen zeggen over deze relatie.

2.6 Geschatte inspanning, kosten en beheer

In Tabel 2-3 zijn de geschatte inspanning en daaraan verbonden kostenramingen, voor zover mogelijk, weergegeven. Hierbij is er van uitgegaan dat de coördinatie van het stijghoogtemeetnet bij één instantie berust.

Het is sterk aan te bevelen om de opslag van de meetgegevens die in het kader van het DSM-vraagstuk worden verzameld te centraliseren. De DINO-database is daarin een voor de hand liggende keuze, gezien zijn rol als centrale opslagplaats voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland. In principe accepteert DINO gegevens van nieuwe meetpunten onder de volgende voorwaarden:

- De meetgegevens worden digitaal aangeleverd, duidelijk voorzien van de waarnemingsdata, de meeteenheid en indien van toepassing het referentieniveau. Bij analoge aanlevering worden extra kosten in rekening gebracht voor de omzetting naar digitale informatie;
- De meta-informatie van de meetpunten wordt goed gedocumenteerd en aangeleverd: X- en Y-coördinaten volgens het Rijksdriehoeksmetingenstelsel, maaiveldhoogte t.o.v. NAP, hoogte van de bovenkant van de peilbuis, filterstellingen t.o.v. een duidelijk aangegeven referentieniveau
- De lengte van de meetperiode bedraagt minimaal 5 jaar;
- Bij handmatige grondwaterkwantiteitsmetingen is de meetfrequentie minimaal tweemaal maandelijks op de 14^e en 28^e van de maand; in geval van divermetingen is de meetfrequentie minimaal dagelijks.

Het onder beheer brengen van het meetnet in het DINO-archief is vooralsnog gratis. Afhankelijk van de ontwikkelingen rond de Basisregistratie kan dit veranderen; een en ander zal in overleg tussen DINO en de toeleverende partij moeten worden afgesproken.

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 17 nieuwe stijghoogtemeetpunten incl. waterpassen (waarvan 8 samenvallend met nieuwe grondwaterkwaliteitsmeetpunten)	50 (eenmalig)
Aanschaf 70 divers à EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	11 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	10 (jaarlijks)
TOTAAL	50 (eenmalig) + 21 (jaarlijks)

Tabel 2-3: overzicht kosten meetnet stijghoogte eerste watervoerend pakket

De prijzen zijn gebaseerd op DINO/TNO-opgave voor pulsboeren, waarbij alle meetpunten in één campagne worden geïnstalleerd. Het spuiten of ‘drukken’ van stijghoogtemeetpunten wordt afgeraden, er is dan minder controle op een adequate afwerking van het meetpunt en vaak is minder goed bekend in welke bodemlaag het filter terecht komt. Er is van uit gegaan dat geen van de nieuwe peilbuizen kan worden

gefinancierd vanuit reguliere meetnetuitbreidingen (mogelijk is dit in Delft wel het geval).

De raming is inclusief de kosten voor installatie van de 9 grondwaterkwaliteitsmeetpunten, zodat deze niet in hoofdstuk 5 zullen worden opgevoerd. Voor deze meetpunten zullen daar wel de kosten voor het installeren van meetfilters op andere diepten (deklaag en tweede watervoerend pakket) worden opgevoerd.

3 Freatische grondwaterstand

3.1 Meetdoelen

Zoals in hoofdstuk 2 gezegd is het vaststellen van de invloed van stijghoogtetoeename als mogelijke oorzaak van (freatische) grondwateroverlast een belangrijke beleidsdoelstelling. Afgezien van de DSM-problematiek zijn er echter ook andere redenen voor een freatisch grondwatermeetnet:

- Anticiperen op de ontwikkelingen rond de Wet gemeentelijke watertaken; met name het geven van inzicht in het ondiepe grondwatersysteem t.b.v. oorzaakanalyse 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;

In hoofdstuk 2 is al aangegeven dat een meetfrequentie van minimaal eens per etmaal nodig is om de eventuele invloed van een stijghoogtetoeename op de freatische grondwaterstand betrouwbaar te kunnen bepalen.

3.2 Plan van aanpak freatisch meetnet DSM

3.2.1 *Algemene aanbevelingen*

Los van locatiespecifieke kenmerken kunnen een aantal generieke aanbevelingen worden gedaan voor de freatische monitoringstrategie. Belangrijk is in ieder geval om op voorhand te bedenken in welke typen gebieden een eventueel stijghoogte effect maximaal tot uiting kan komen in de freatische grondwaterstand. Dit zijn de gebieden die het minst onder invloed staan van vaste (beheerste) peilen. Meetpunten nabij open water met beheerste peilen zijn dan ook niet geschikt vanuit de DSM-problematiek.

Straatmeetpunten staan ook eerder onder invloed van dempende waterpeilen dan meetpunten in binnenterreinen of groenstroken. Dit geldt met name in gebieden die met de cunettenmethode bouwrijp zijn gemaakt; het geldt minder of niet voor integraal opgehoogde gebieden. Zandige straat- en rioolcunetten vormen in dit geval de verbinding tussen open water en meetpunt. Ook kan er een directe dempende werking uitgaan van beheerste drainage of rioollekages in straatlichamen.

Daar staat tegenover dat cunetten ook kunnen insnijden in de deklaag, zodat als gevolg van een geringere deklaagweerstand de invloed van de diepe stijghoogte ter plekke juist groter kan zijn. In de Delftse regio echter, is de deklaag over het algemeen dik vergeleken met de diepte van een cunet. Bovendien zit de grootste hydraulische weerstand onderin, waar de lagen het sterkst zijn samengedrukt. Het dempende effect door open water zal dan ook in de regel groter zijn dan het versterkende effect door de insnijding.

Samengevat betekent dit dat freatische straatmeetpunten weliswaar zeer bruikbaar zijn, maar aangevuld zouden moeten worden met meetpunten in binnenterreinen / groenstroken. Daarom gelden de volgende aanbevelingen voor meetpuntlocaties:

- Niet bij open water met beheerste peilen;
- Niet te dicht bij (toekomstig) grote bomen;
- In straatcunetten mag, maar niet vlakbij drainage of riolen waarvan bekend is of vermoed wordt dat ze drainerend werken, tenzij het meetnet ook specifiek bedoeld is om de werking ervan te evalueren;
- Vandalismebestendig, dus goed afsluitbaar en stevig verankerd in de grond;
- Toegankelijk;
- Eigendomssituatie waarborgt een langdurig gebruik; het is van belang dat er langjarige meetreeksen gegenereerd worden.
- Bij voorkeur in of boven geulafzettingen van kreekssystemen in de ondergrond, in verband met versterkte doorwerking van stijghoogteveranderingen op freatische grondwaterstanden;
- Bij voorkeur in gebieden met klachten, bestaande grondwateroverlast, een geringe huidige ontwateringssituatie en/of kwetsbare objecten bv. funderingen;

3.2.2 *Hydromorfe kenmerken*

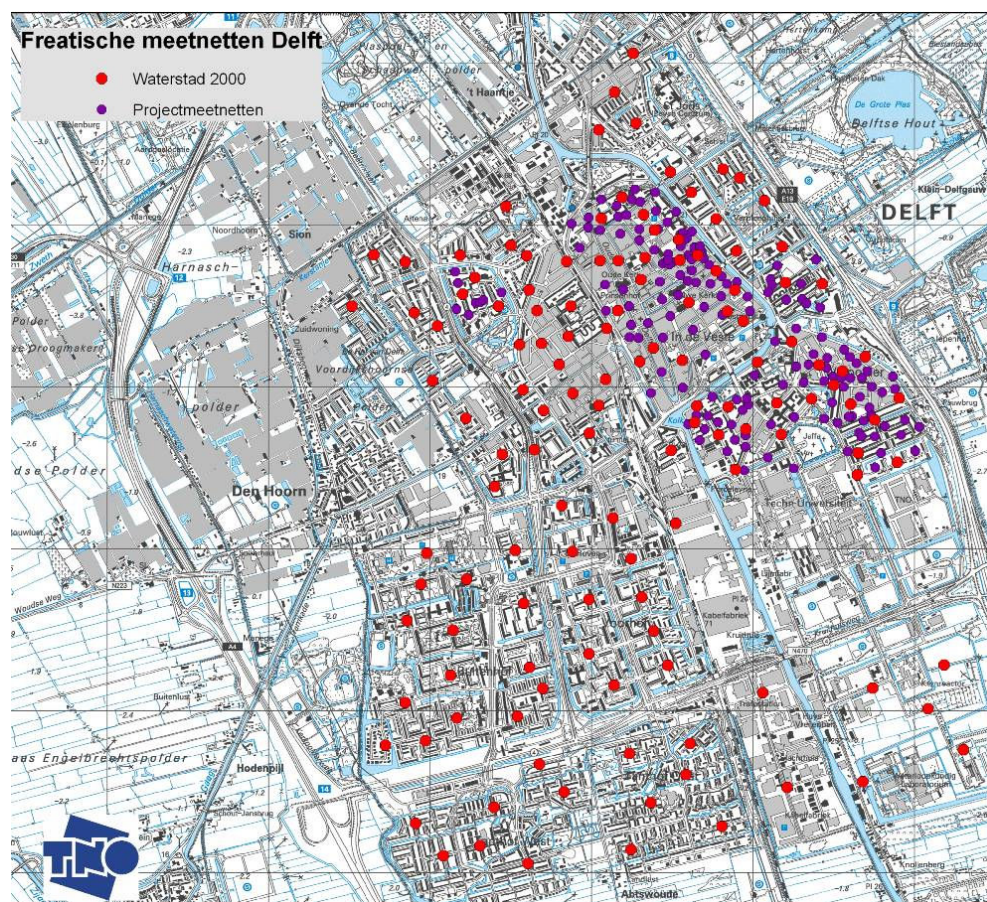
Een laatste, uitermate belangrijk aandachtspunt is dat hydromorfe kenmerken in bodemprofielen (zoals roestvlekken, mangaan en de overgang naar de gereduceerde zone) veel informatie kunnen geven over het grondwaterregime van de afgelopen decennia. Dergelijke informatie wordt bij boringen zelden genoteerd. Juist wanneer er weinig tijd is voor een goede nulmeting, zoals hier bij de DSM-kwestie, kan deze informatie erg waardevol zijn tegen weinig meerkosten. Deze kenmerken moeten in ieder geval bij het plaatsen van nieuwe meetpunten in het kader van de DSM-strategie genoteerd worden, als onderdeel van een gedegen boorbeschrijving. Maar voor een goede gebiedsdekking is het sterk aan te raden om er ook bij boringen voor andere doeleinden (bv. bodemonderzoek) gewoonte van te maken.

3.2.3 *Signalering*

Evenals voor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket kunnen voor de freatische grondwaterstand twee typen signaleringswaarden worden geformuleerd: de signalering van overlast voor de gebruiksfunctie, en de signalering van trends. Het gebiedsdekkend vaststellen van het eerste type signaleringswaarden is bij freatische grondwaterstanden een onmogelijke opgave. Niet alleen omdat elk grondwatermeetnet maar een beperkte gebiedsdekking kent, maar ook omdat de tolerantie voor een bepaalde grondwaterstand, zelfs binnen een gebruiksfunctie, van veel factoren afhangt, onder meer bouwwijze, ouderdom van de bebouwing, acceptatieniveau, bodemgesteldheid en type begroeiing. Een betrouwbare klachtenregistratie en / of een gedegen gebiedskennis worden dan ook gezien als een betere signalering dan een grondwatermeetnet. Het meetnet is wel functioneel voor het tweede type signalering: het bepalen van trends in de grondwaterstanden, en het door middel van tijdreeksmodellering toewijzen van de trendeffecten aan de onderliggende oorzaken. Aan de trendsignalering kan een duidelijke actie worden gekoppeld als er vanuit de gebiedservaring het vermoeden bestaat dat daardoor de grondwaterstand zodanig stijgt dat er klachten over grondwateroverlast zullen komen; verder gaat het ook hier om het leggen van causale verbanden met de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.

3.2.4 Gemeente Delft, stedelijk gebied

Sinds 2000 is Delft uitgerust met een uitgebreid meetnet van ca. 160 voornamelijk freatische peilbuizen vanuit het project Waterstad 2000, waarin elk uur de grondwaterstand wordt gemeten. De gemeente Delft heeft aangegeven dit meetnet onverkort te willen handhaven en zelfs uit te willen breiden, los van de DSM-problematiek. Daarnaast zijn er verschillende lokale, projectmatige meetnetten ingericht, bijvoorbeeld in het kader van infiltratie- of drainage projecten. Ofschoon niet alle meetpunten nog aanwezig zullen zijn (met name van de lokale meetnetten), wordt vanuit dit project zoveel mogelijk bij deze meetnetten aangesloten. Onderstaande figuur toont deze meetnetten. Geadviseerd wordt om de in onderstaande paragrafen geselecteerde projectmeetpunten nader te verkennen op aanwezigheid en bruikbaarheid.



Figuur 3-1: Bestaande freatische meetnetten gemeente Delft

De Waterstad 2000 meetpunten zijn goed gepositioneerd tussen het open water in de stad en daarmee geschikt om de opbolling tussen deze wateren te bepalen. Ze zijn echter zonder uitzondering langs straten en wegen geplaatst. Verder zijn er tot nog toe weinig meetpunten in de TU-wijk, maar hierin zal worden voorzien bij de reguliere uitbreiding van Waterstad 2000.

Vanuit de DSM-problematiek wordt voorgesteld om 2 ‘binnenterreinmeetpunten’ per wijk in te richten. Uitgangspunt hierbij is de officiële wijkindeling: Tanthof, Buitenhof, Voorhof, Voordijkshoorn, Hof van Delft, Vrijenban, Binnenstad, Wippolder oude gedeelte, TU Wijk, Ruyven, Schieweg. Idealiter staan de binnenterreinmeetpunten tussen twee straatmeetpunten in, om een goed inzicht te krijgen in de opbolling van het

grondwater op het binnenterrein. De Waterstad 2000 meetpunten staan echter over het algemeen te ver van elkaar om een nette raai straat – binnenterrein – straat in te richten. In alle wijken uitgezonderd de TU-wijk moeten de binnenterreinpeilbuizen daarom worden gerelateerd aan één straatmeetpunt. In de Binnenstad, Wippolder oude gedeelte en gedeelten van Voordijkshoorn en Vrijenban kunnen dergelijke raaien wel worden ingericht, gebruik makend van projectmeetpunten uit de lokale meetnetten. In onderstaande tabel zijn per raai de geselecteerde meetpunten weergegeven. Deze meetpunten hebben prioriteit bij de voorgenomen uitbreiding van het Waterstad 2000 meetnet.

Wijk	Raai
Binnenstad 1	Proj. 77716-pb5,pb6,pb7
Binnenstad 2	Proj. 77701-pb22, -pb44; proj. 77716-pb04 of 77702-pb70; proj. 77716-pb3A of 77702-pb69
Voordijkshoorn	Proj. Kc52-pb5,6,7
Vrijenban	Proj. Kc50-pb2,3
Wippolder (oud) 1	28-1.13, Proj. 65201-72, 28.1-15
Wippolder (oud) 2	28-1.18, proj. 65201-60

Tabel 3-1: geselecteerde meetpunten per meetraai en wijk

In de TU-wijk kan bij de uitbreiding van het meetnet wel de gewenste configuratie straat – binnenterrein – straat worden aangehouden. Vanuit DSM wordt een minimum van twee van dergelijke raaien in die wijk voorgesteld. De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden. De wijk Tanthof-West is integraal opgehoogd terwijl in Tanthof-Oost juist problemen vermoed worden die verband houden met het ophogen volgens de cunetten methode. De binnenterreinmeetpunten voor Tanthof moeten dan ook geconcentreerd worden in Tanthof Oost. Voor Schieweg en Ruyven is gezien de wijkgrootte c.q. het landgebruik gekozen voor één raai in plaats van twee.

In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van Waterstad 2000 meetpunten die zijn geselecteerd voor koppeling aan een binnenterreinmeetpunt, voor zover niet genoemd in bovenstaande tabel. Dit zijn bovendien de meetpunten die op basis van de meetreeksen tot nu toe als meest geschikt worden beoordeeld voor het opsporen van eventuele effecten van stopzetting van de DSM-winning op de freatische grondwaterstand. De selectie heeft plaatsgevonden op basis van de volgende criteria, in volgorde van belangrijkheid:

- Consistentie van de meetreeksen, aanwezigheid van onverklaarbare waarden of uitschieters;
- Dynamiek van de gemeten grondwaterstanden, visueel ingeschat: hoe groter de dynamiek, hoe geschikter;
- Aanwezigheid van een extra filter in de deklaag of een tussenzandlaag;
- Aanwezigheid van een meetpunt in het eerste watervoerend pakket, zie hoofdstuk 2;
- Kritische ontwateringssituatie; hoe ondieper de grondwaterstand, hoe geschikter;
- Spreiding van de meetpunten over de wijk.

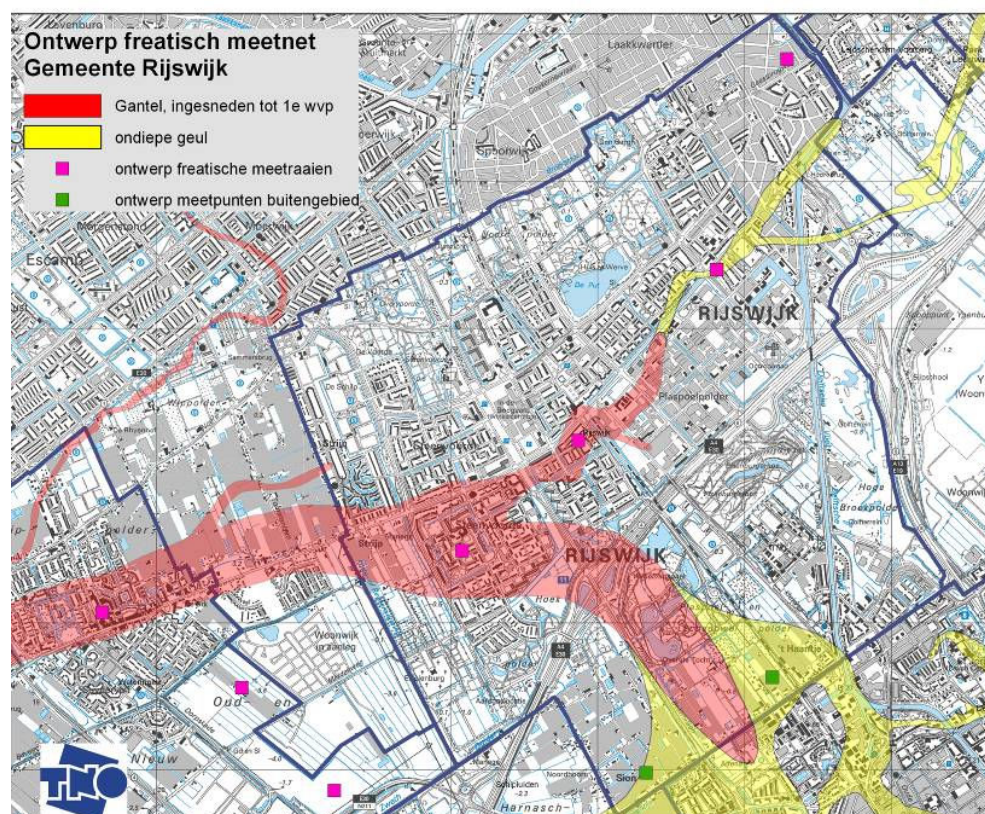
In de Binnenstad zijn 6 meetpunten gewenst bij monumenten die (1) niet langs het open water liggen en (2) waar momenteel geen Waterstad 2000 meetpunten bij in de buurt

liggen. Deze monumenten zijn ontleend aan de lijst uit de Quickscan rapportage: Molen De Roos, Stadhuis / Waag / Hippolytuskapel / De Genestetkerk (2 meetpunten), Prinsenhof / Waalse Kerk, Oude Kerk, Nieuwe Kerk. Bij de drie laatstgenoemden zijn mogelijk nog projectbuizen aanwezig, respectievelijk proj.77701-pb4, -pb12 en -pb26.

In de spoorzone is tot november 2004 gemeten in een aantal freatische peilbuizen (ProRail 2006). Er is van uitgegaan dat deze tijdens de bouwwerkzaamheden rond de spoorzone zullen verdwijnen. Mocht de verwachting hieromtrent anders worden, dan kunnen ze alsnog worden geïntegreerd in het DSM-meetnet.

3.2.5 Gemeente Rijswijk (stedelijk gebied)

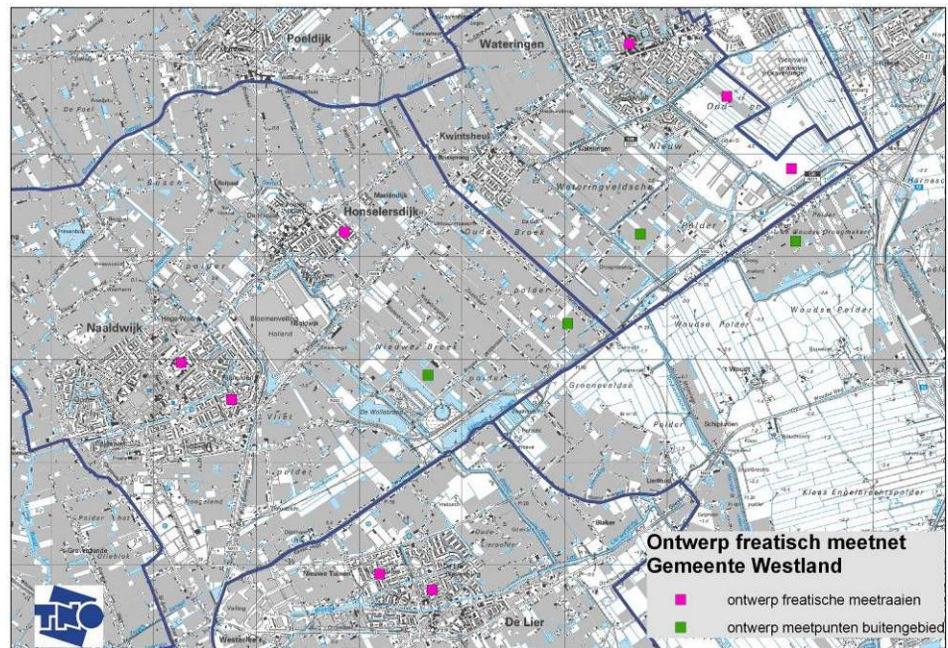
De gemeente Rijswijk beschikt niet over een grondwatermeetnet; wel worden 6 DINO-stijghoogtemeetpunten periodiek gepeild. De gemeente geeft aan signalen van (grond)wateroverlast in haar grondgebied te ontvangen. Gezien de korte afstand tot de DSM-winning worden 4 raaien straat – binnenterrein – straat voorgesteld, ruwweg op de locaties aangegeven in onderstaande figuur. Drie van de vier raaien liggen in / boven het krekensysteem van de Gantel, waar een versterkte wisselwerking met de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket wordt verwacht. De twee noordelijke raaien kunnen worden gecombineerd met bestaande DINO-stijghoogtemeetpunten (30GB0017 en 30GB0377). De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden. De locaties zijn in onderstaande figuur afgebeeld. De eveneens weergegeven ontwerp meetpunten buitengebied komen later in dit hoofdstuk aan de orde.



Figuur 3-2: Ontwerp freatische meetraaien, gemeente Rijswijk

3.2.6 *Gemeente Westland*

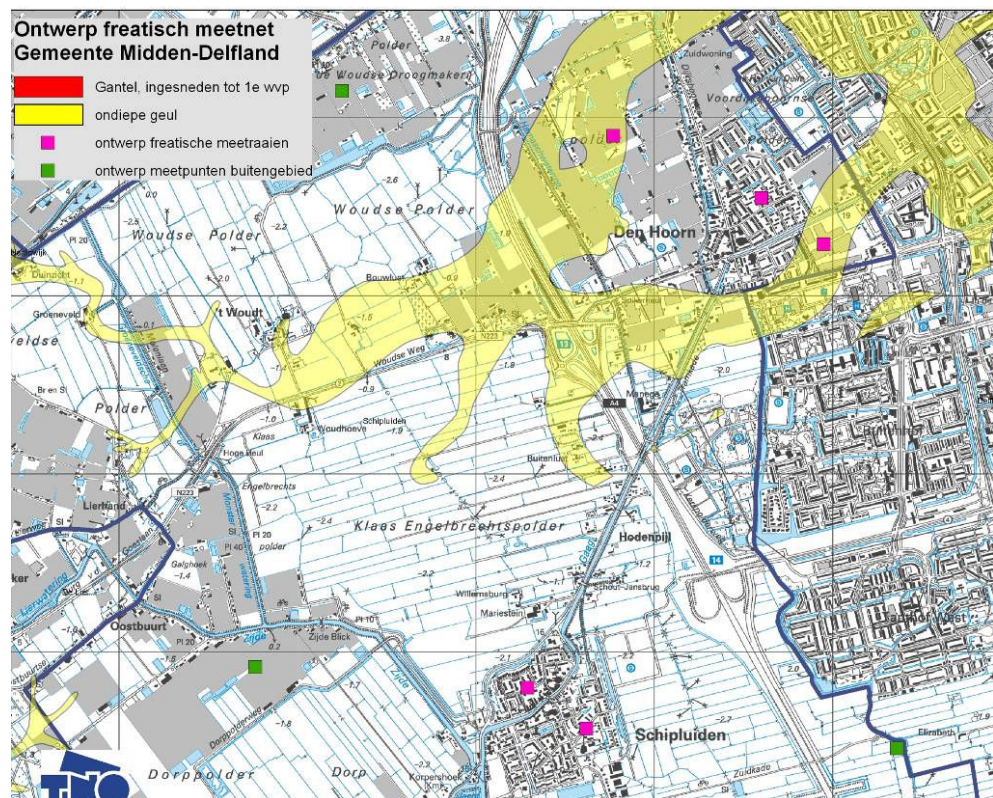
De gemeente Westland beschikt nog niet over een grondwatermeetnet. Er worden in totaal 8 raaien straat – binnenterrein – straat voorgesteld, verdeeld over de kernen Naaldwijk (2), Honselersdijk (1), Wateringen (3) en De Lier (2). In Naaldwijk, De Lier en Wateringen is één van deze raaien gepland liggen in / boven het krekensysteem van de Gantel of andere krekken. In Wateringen zijn twee van de drie raaien gepland in het bedrijventerrein Wateringse Veld, dat door de gemeente wordt gezien als een potentiële probleemlocatie voor grondwateroverlast. De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden.



Figuur 3-3: Ontwerp freatische meetraaien, gemeente Westland

3.2.7 *Gemeente Midden-Delfland*

De gemeente Midden-Delfland beschikt nog niet over een grondwatermeetnet. Er worden in totaal 5 raaien straat – binnenterrein – straat voorgesteld, verdeeld over de kernen Den Hoorn (3) en Schipluiden (2). Aanvankelijk was ook een meetraai in Maasland gepland, maar gezien de afstand tot de winning en de geplande gebiedsontwikkeling wordt een raai in de Harnaschpolder bij Den Hoorn zinvoller geacht. In Den Hoorn is één van de raaien gepland in / boven het krekensysteem van de Gantel. In Schipluiden komt aan weerszijden van de Gaag een raai. De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden.

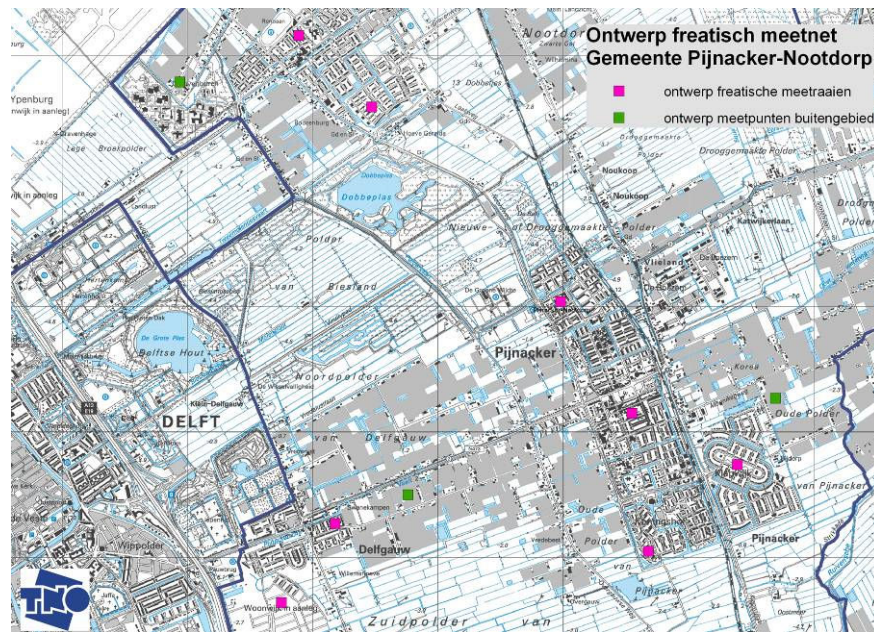


Figuur 3-4: Ontwerp freatische meetraaien, gemeente Midden-Delfland

3.2.8 *Gemeente Pijnacker-Nootdorp*

De gemeente Pijnacker-Nootdorp heeft een ontwerp grondwatermeetnet gereed (Wareco 2007). In dit meetnet zijn geen binnenterreinmeetpunten opgenomen. Er worden in totaal 8 extra binnenterreinmeetpunten voorgesteld, verdeeld over de kernen Nootdorp (2), Pijnacker (4) en Delfgauw (2). Pijnacker-Koningshof, -Centrum en -Noord, Nootdorp-Centrum, Nootdorp Achter het Raadhuis, Oud-Delfgauw en Delfgauw-Emerald. Hierbij moet een raai worden gevormd met een meetpunt dat al in het ontwerp is opgenomen. Als extra meetpunten ongewenst zijn kan worden overwogen om te schuiven met de ontwerpmeetpunten, d.w.z. een straatmeetpunt vervangen door een binnenterreinmeetpunt. De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden.

Indien de gemeente kiest voor handmatige peilingen van het ontwerpmeetnet is het vanuit DSM gewenst om voor de 8 binnenterreinmeetpunten en daaraan gekoppelde straatmeetpunten toch met divers te meten. Deze 16 meetpunten zijn dan ‘geselecteerd’ voor de DSM-monitoringstrategie. Als de gemeente sowieso voor divers kiest dan heeft deze selectie formeel minder betekenis en kunnen ook de overige meetpunten worden gebruikt voor de analyse in het kader van de DSM-problematiek.

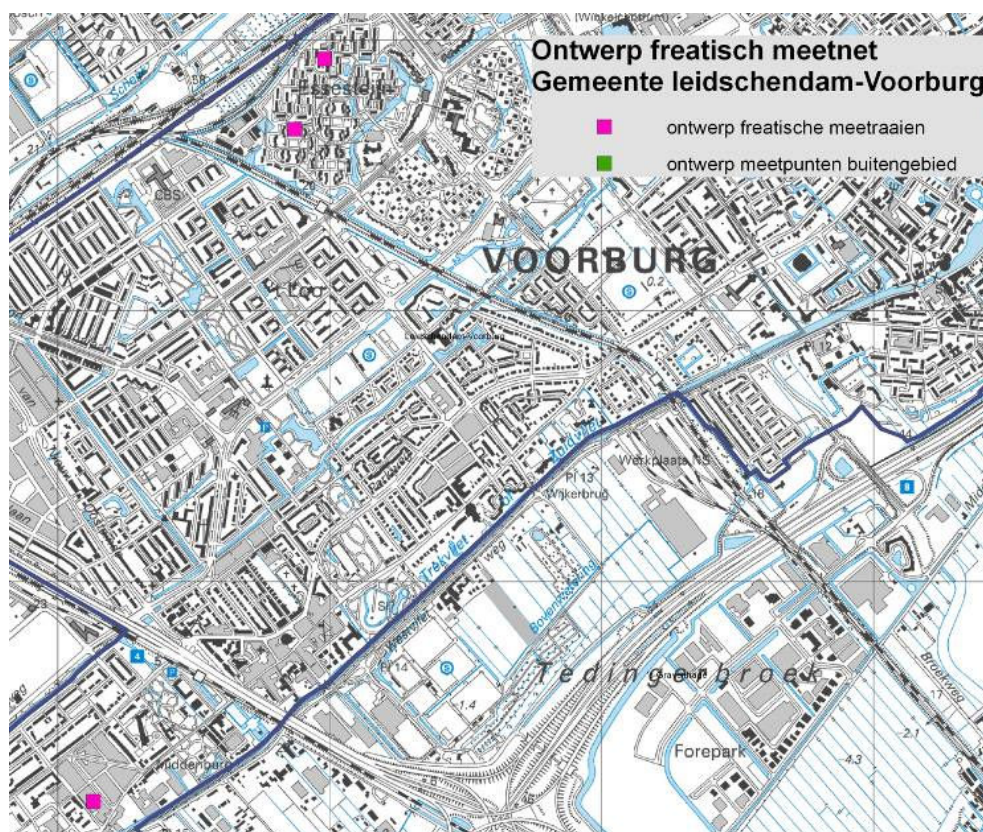


Figuur 3-5: Ontwerp freatische meetraaien, gemeente Pijnacker-Nootdorp

3.2.9 Gemeente Leidschendam-Voorburg

In de gemeente Leidschendam-Voorburg wordt het bestaande grondwatermeetnet op korte termijn uitgebreid (Fugro, 2004). In dit meetnet zijn geen binnenterreinmeetpunten opgenomen. Er worden 3 extra (binnenterrein)meetpunten voorgesteld in relatief kwetsbare gebieden binnen de gemeente: Voorburg-West (relatief dicht bij DSM-winning) en 2 in Essesteijn (nu al grondwateroverlast). Hierbij moet een raai worden gevormd met een meetpunt dat al in het ontwerp is opgenomen. Als extra meetpunten ongewenst zijn kan worden overwogen om te schuiven met de ontwerpmeetpunten, d.w.z. een straatmeetpunt vervangen door een binnenterreinmeetpunt. De exacte locaties kunnen op basis van lokale gebiedskennis worden aangewezen mits met de eerder genoemde aanbevelingen rekening wordt gehouden. Voorburg-Centrum (kwetsbare bebouwing) ligt op een strandwal. Vanwege de zandige ondergrond is de toegevoegde waarde van binnenterreinmeetpunten hier klein.

Indien de gemeente kiest voor handmatige peilingen van het ontwerpmeetnet is het vanuit DSM gewenst om voor de 3 binnenterreinmeetpunten en daaraan gekoppelde straatmeetpunten toch met divers te meten. Deze 6 meetpunten zijn dan ‘geselecteerd’ voor de DSM-monitoringstrategie. Als de gemeente sowieso voor divers kiest dan heeft deze selectie formeel minder betekenis en kunnen ook de overige meetpunten worden gebruikt voor de analyse in het kader van de DSM-problematiek.



Figuur 3-6: Ontwerp freatische meetraaien, gemeente Leidschendam-Voorburg

3.2.10 Gemeente Den Haag

De gemeente Den Haag beschikt over een grondwatermeetnet van 581 peilbuizen, welke voornamelijk de freatische grondwaterstanden meten (zie ook hoofdstuk 2). De peilbuizen worden periodiek (1x per 6 weken, 9x per jaar) handmatig gemeten. Recent zijn peilbuizen geslagen in de nieuwe gebieden Waringse Veld, Ypenburg, Forepark en Leidschenvveen.

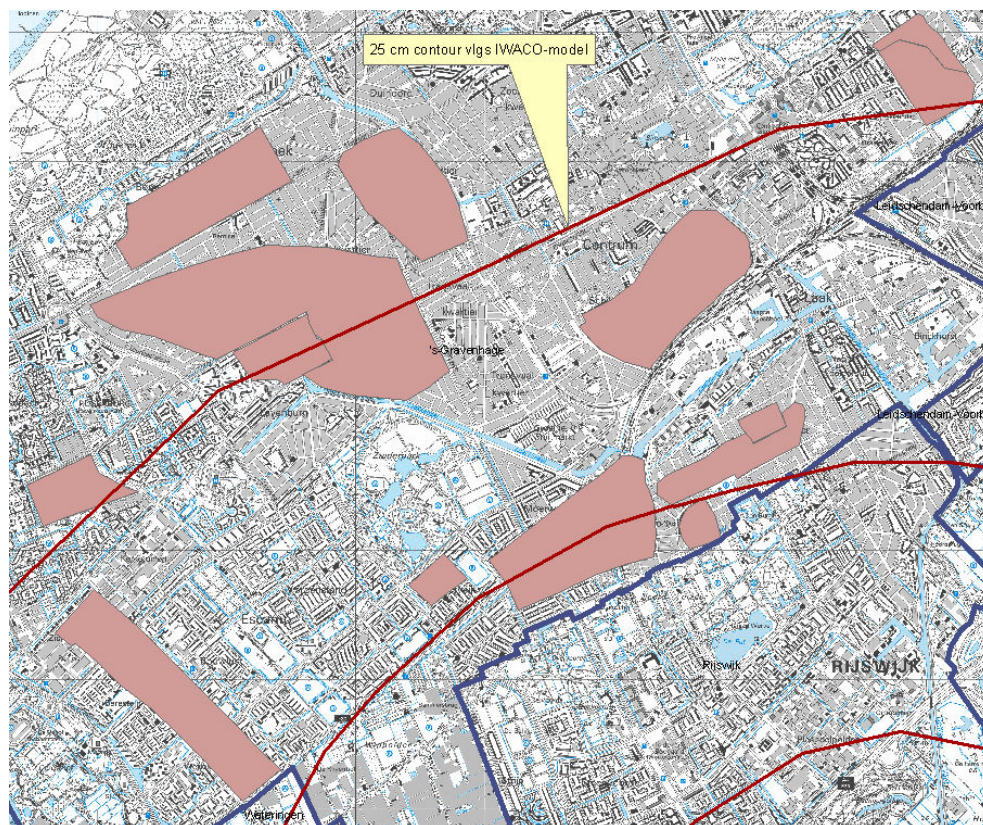
De gemeente Den Haag geeft aan dat lekkende riolen en drainage er nauwelijks een rol spelen. Daarnaast is de bodemopbouw voornamelijk zandig. Er is daarom geen aanleiding om te veronderstellen dat de grondwaterstand onder de percelen hoger zou liggen dan onder de straten. De peilbuislocaties zijn representatief. Uitzonderingen zijn de nieuwbouwlocaties Ypenburg-De Bras, Waringse Veld en Leidschenvveen. Dit betekent dat de afstemming van het grondwatermeetnet van Den Haag met de DSM-problematiek uit de volgende inspanning bestaat:

- Selectie van een beperkt aantal representatieve bestaande peilbuizen voor opname in de DSM-monitoringstrategie;
- Bijplaatsen van enkele nieuwe peilbuizen in gebieden waar nu de meetpunt dichtheid relatief laag is;
- Bijplaatsen van enkele nieuwe peilbuizen in binnenterreinen in Ypenburg-De Bras en Leidschenvveen;
- Uitrusten van deze meetpunten met divers om één of meerdere malen per dag te meten;

Voorgesteld wordt om de selectie te beperken tot meetpunten die liggen in of bij de risicolocaties binnen de 25 cm verlagingscontour volgens het IWACO-model zoals genoemd in hoofdstuk 2, met uitzondering van diepe infrastructuur (tunnels, garages); en om deze selectie vervolgens uit te breiden met enkele meetpunten om de grotere leemten op te vullen. Afhankelijk van de afstand tot de DSM-winning en het oppervlak van de risicolocatie zijn er meer of minder peilbuizen per risicolocatie nodig. De volgende verdeelsleutel wordt voorgesteld:

- VINEX - Wateringseveld: 6, waarvan 2 bestaand (bestaand te kiezen uit cluster CP0447-0470) en 4 nieuw, te verdelen over 2 raaien straat-binnenterreinmeetpunten;
- VINEX - Ypenburg/De Bras: 6 bestaand (keuze uit cluster CP0488-0520) en 3 nieuwe binnenterreinmeetpunten, te koppelen aan bestaande;
- VINEX - Leidschenveen - Forepark: 4 bestaand (keuze uit cluster CP0402-0443 & CP0518) en 2 nieuwe binnenterreinmeetpunten, te koppelen aan bestaande;
- Vrederust: 2, alle bestaand (keuze uit CP0332-0336);
- Moerwijk: 2. In het westelijk deel van de risicolocatie is een nieuw meetpunt op grotere afstand van het oppervlaktewater nodig; het bestaande meetpunt CP0084 staat vlak naast een watergang. In het oostelijke deel keuze uit CP0031,0081,0327-0329.
- Spoorwijk/Laakkwartier: 2, alle bestaand. Keuze uit CP0079,-330,-372,-373.
- Stationsbuurt/Schilderswijk: 2, alle bestaand. Keuze uit CP230-31,237-38,251-53.
- Rustenburg-Oostbroek: 2, alle bestaand. Keuze uit CP0022,0301,0304,0314.
- Houtwijk: 1: CP0319.
- Meetpunten in overblijvende leemten: CP0027, CP0073, CP0384 en CP0235.

Totaal gaat het om 36 meetpunten met diver, waarvan er 10 nieuw geplaatst moeten worden.



Figuur 3-7: Risicolocaties in Den Haag die genoemd zijn in deze paragraaf (bestaande grondwateroverlast of overlast na stopzetting winning). Niet afgebeeld zijn de VINEX-locaties.

Bij de selectie van deze meetpunten is uitgegaan van de informatie in de gemeentelijke database aangeleverd in juni 2006. Deze informatie is op bepaalde punten niet eenduidig: bij een aantal meetpunten is de kolom 'Datum vervallen' niet ingevuld terwijl de metingen al jaren geleden lijken te zijn gestopt. Recente metingen zijn dan in veel gevallen wel weer te raadplegen via www.grondwaterindenhaag.nl. Er is dan ook van uitgegaan dat alle meetpunten zonder vervaldatum fysiek nog aanwezig zijn. De uiteindelijke keuze is verder afhankelijk van:

- Ligging t.o.v. de risicolocatie: liever er middenin dan aan de rand, tenzij de overlast zich lokaal sterk concentreert;
- Lengte van de meetreeks: hoe langer hoe beter;
- Consistentie van de meetreeks, aanwezigheid van onverklaarbare waarden of uitschieters;
- Dynamiek van de gemeten grondwaterstanden: hoe groter de dynamiek, hoe geschikter;
- Spreiding van de meetpunten over de wijk.

3.2.11 *Meetpunten in de buitengebieden*

Ook in de buitengebieden kunnen als gevolg van stopzetting of vermindering van de DSM-winning negatieve effecten ontstaan. Te denken valt met name aan natschade voor de land- en tuinbouwsector. Een aantal glastuinbouwgebieden in de regio is als kwetsbaar aangemerkt in de Quickscan DSM-spoorzone. Aangezien hier ook al rekening mee is gehouden bij de planning van stijghoogtemeetpunten ligt het voor de hand om dit ook voor freatische meetpunten te doen. De hier voorgestelde meetpunten moeten worden beschouwd als een minimum, om inzicht te krijgen in de effecten van een eventuele stopzetting op de freatische grondwaterstand in deze gebieden. Daarnaast

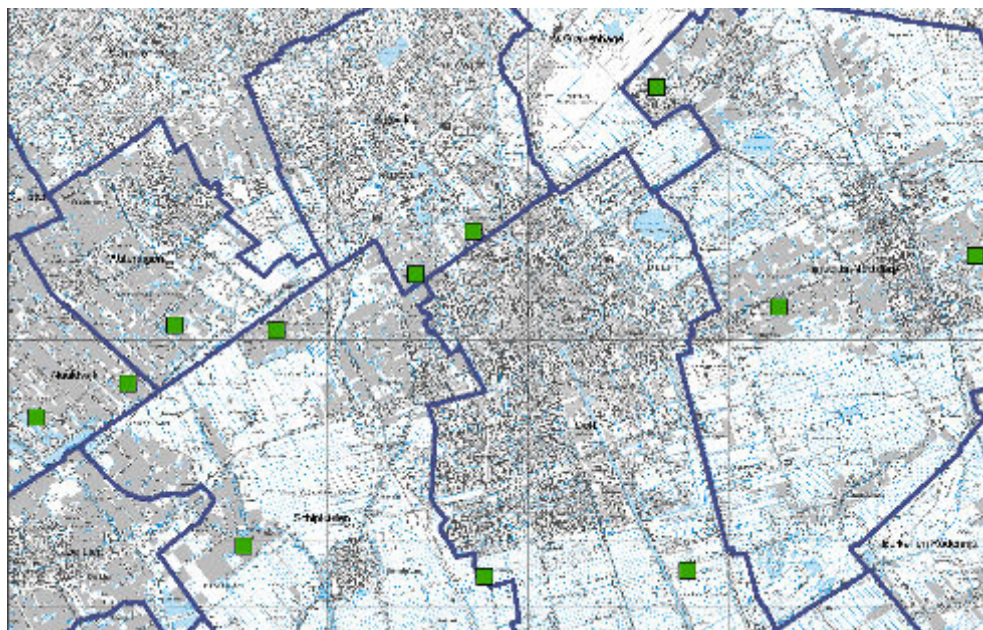
adviseren wij dat alle tuinders in de kwetsbare gebieden worden gewezen op de mogelijkheid om zelf peilbuizen te (laten) plaatsen om eventuele beïnvloeding door de stopzetting op de freatische grondwaterstand aan te tonen. Gezien de nieuwe wet gemeentelijke watertaken ligt hier een rol van de gemeente voor de hand.

Er is een aantal actieve freatische DINO-meetpunten in de omgeving van Delft aanwezig. Vrijwel al deze buizen liggen langs wegen, taluds of dijken. Wellicht zijn deze geschikt voor geotechnische metingen, maar ze zijn niet representatief voor vernattingsmonitoring. Er wordt één representatief meetpunt per risicogebied voorgesteld. Representatief betekent op zo groot mogelijke afstand van openwater, m.a.w. waarschijnlijk particulier terrein. Er zal dan ook medewerking moeten gevraagd van een boer of tuinder.

Meetpunt	Gebiedstype	Gemeente
Akerdijkse Polder	Grasland	Delft
Pijnacker-Oost	Glastuinbouw	Pijnacker-Nootdorp
Pijnacker-West	Glastuinbouw	Pijnacker-Nootdorp
Nootdorp-West	Glastuinbouw	Pijnacker-Nootdorp
Tuinbouwgebied Beatrixlaan e.o.	Glastuinbouw	Rijswijk
Tuinbouwgebied 't Haantje	Glastuinbouw	Rijswijk
Woudse Droogmakerij	Glastuinbouw	Midden-Delfland
Ten zuiden van Delft-Tanthof (vm. DINO 37EP0029)	Grasland	Midden-Delfland
Wateringveldsche Polder	Glastuinbouw	Westland
Oostbuurt (De Lier)	Glastuinbouw	Westland
Oude Broekpolder	Glastuinbouw	Westland
Nieuwe Broekpolder	Glastuinbouw	Westland

Tabel 3-2: overzicht meetpunten in het buitengebied

Bij een combinatie met een grondwaterkwaliteitsmeetpunt is van belang dat het freatische meetpunt op grote afstand van de watergangen moet komen, terwijl het deklaagmeetpunt juist zo dicht mogelijk bij de watergang moet komen. Onder de watergang is de kans op het aantreffen van kwel namelijk het grootst als gevolg van de aanwezigheid van (zoete) neerslaglenzen onder de percelen.



Figuur 3-8: Ontwerp freatische meetpunten buitengebied

3.2.12 *Filterstelling*

Indien er een ophooglaag aanwezig is, moeten de filters bij voorkeur daarin komen, maar hoe dan ook onder de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand). Deze kan bijna altijd aan de hand van hydromorfe kenmerken van het bodemprofiel (roestvlekken e.d.) vastgesteld worden. Tijdens de plaatsing moet de definitieve filterstelling dus worden bepaald.

3.2.13 *Frequentie*

Zoals gezegd is een meetfrequentie van één of meerdere malen daags aan te bevelen om de wisselwerking tussen stijghoogten en freatische grondwaterstanden vast te kunnen stellen en om bezwijkrisico's te monitoren. Dit betekent dat gebruik zal worden gemaakt van automatische drukopnemers (divers). Inzicht in de reactie van grondwaterstanden op neerslag, als aspect van het ondiepe grondwatersysteem, is sowieso een belangrijke meetdoelstelling (zie paragraaf 3.1).

3.2.14 *Analyse, signalering en actieplan*

Het kan geen kwaad het nog eens te stellen: de effectiviteit van de monitoring staat of valt met het vastleggen van een actieplan: bij welke signaalwaarde moet er actie genomen worden, waaruit bestaat de actie en welke partij is daarvoor verantwoordelijk? In paragraaf 2.5 is hier al het nodige over opgeschreven. Voor de freatische grondwaterstand is hieraan toe te voegen dat het kiezen van een signaalwaarde niet altijd eenvoudig is. Illustratief hiervoor is dat als norm voor de ontwateringsdiepte standaard de waarde van 70 cm beneden maaiveld wordt gehanteerd voor woonfuncties, zonder dat daarbij verder onderscheid wordt gemaakt, en met zeer uiteenlopende toelaatbare overschrijdingsduren. Sleutelbegrippen voor een succesvolle strategie zijn dan ook: lokaal maatwerk, inzet van gebiedskennis, en een goede vastlegging van de afspraken.

Het aantal freatische meetraaien is op basis van ervaringskennis vastgesteld, trachtend een balans te vinden tussen enerzijds de kosten en anderzijds de betrouwbaarheid.

Mocht na de eerste analyseronde blijken dat er binnen een kern of stadswijk een grote spreiding in grondwaterdynamiek optreedt, dan moet overwogen worden het meetnet uit te breiden met extra raaien of binnenterreinmeetpunten. Spreiding als gevolg van verschillen tussen straat / binnenterrein, kreek / niet-kreek, enz. moet hierbij natuurlijk eerst worden uitgefilterd.

3.3 Geschatte inspanning, kosten en beheer

In onderstaande tabellen zijn de geschatte inspanning en daaraan verbonden kostenramingen, voor zover mogelijk, weergegeven. Hierbij is er van uitgegaan dat de coördinatie van de freatische meetnetten per gemeente wordt uitgevoerd. Voor coördinatie, analyse en rapportage wordt standaard een jaarlijkse kostenpost van € 5.000 opgevoerd voor kleine ‘alleen-DSM’ meetnetten (< 30 peilbuizen), en grotere, generieke meetnetten (> 30 peilbuizen) waar een combinatie kan worden gemaakt met reguliere meetnetgerelateerde werkzaamheden.

Het is sterk aan te bevelen om de opslag van de meetgegevens die in het kader van het DSM-vraagstuk worden verzameld te centraliseren. Het DINO-archief is daarin een voor de hand liggende keuze, gezien zijn rol als centrale opslagplaats voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland. Zie hoofdstuk 2 voor de voorwaarden.

Gemeente Delft

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 14 nieuwe binnenterreinmeetpunten, 3 nieuwe meetpunten bij monumenten en 1 nieuw meetpunt buitengebied	7 (eenmalig)
Aanschaf divers voor 14 nieuwe binnenterreinmeetpunten, 14 bestaande projectmatige peilbuizen t.b.v. de raaien, 6 extra meetpunten voor monumenten en 1 meetpunt buitengebied à EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	6 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks, efficiënt door combinatie met regulier meetnet)
TOTAAL	7 (eenmalig) + 11 (jaarlijks)

Opmerking: de kosten vallen lager uit naarmate er meer combinatie kan worden gemaakt met de geplande reguliere meetnet uitbreiding. Er is uitgegaan van aanwezigheid en geschiktheid van alle in dit hoofdstuk genoemde projectmatige peilbuizen. Ook is uitgegaan van financiering van nieuwe straatpeilbuizen en divers in de TU-wijk vanuit de reguliere uitbreiding.

Gemeente Rijswijk

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 12 nieuwe meetpunten stedelijk gebied en 2 meetpunten buitengebied	6 (eenmalig)
Aanschaf 14 divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	2 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)
TOTAAL	6 (eenmalig) + 7 (jaarlijks)

Opmerking: de kosten vallen lager uit naarmate er meer combinatie kan worden gemaakt met een reguliere meetnet uitbreiding.

Gemeente Westland

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 24 nieuwe meetpunten stedelijk gebied en 4 meetpunten buitengebied	13 (eenmalig)
Aanschaf 28 divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	5 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)
TOTAAL	13 (eenmalig) + 10 (jaarlijks)

Opmerking: de kosten vallen lager uit naarmate er meer combinatie kan worden gemaakt met een reguliere meetnet uitbreiding.

Gemeente Midden-Delfland

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 15 nieuwe meetpunten stedelijk gebied en 2 meetpunten buitengebied	8 (eenmalig)
Aanschaf 17 divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	3 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)
TOTAAL	8 (eenmalig) + 8 (jaarlijks)

Opmerking: de kosten vallen lager uit naarmate er meer combinatie kan worden gemaakt met een reguliere meetnet uitbreiding.

Gemeente Pijnacker-Nootdorp

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 8 extra binnenterreinmeetpunten stedelijk gebied en 3 meetpunten buitengebied	5 (eenmalig)
Aanschaf 11 extra divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	2 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)
TOTAAL	5 (eenmalig) + 7 (jaarlijks)

Uitgangspunt: de gemeente kiest ervoor divers in haar reguliere meetnet op te nemen.

Gemeente Leidschendam-Voorburg

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 3 extra binnenterreinmeetpunten	2 (eenmalig)
Aanschaf 3 extra divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	0,5 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)
TOTAAL	2 (eenmalig) + 5 (jaarlijks)

Uitgangspunt: de gemeente kiest ervoor divers in haar reguliere meetnet op te nemen.

Gemeente Den Haag

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing 10 nieuwe meetpunten	4 (eenmalig)
Aanschaf 36 divers á EUR 650 met een afschrijving van 4 jaar	6 (jaarlijks)
Coördinatie, analyse, rapportage	5 (jaarlijks)

TOTAAL	4 (eenmalig) + 11 (jaarlijks)
--------	-------------------------------

Uitgangspunt: de gemeente kiest voor voortzetting van handmatige peilingen in haar reguliere meetnet.

TOTAAL (alle gemeenten)

Inspanning	Kostenraming in k€
Plaatsing nieuwe meetpunten	45 (eenmalig)
afschrijving divers, coördinatie, analyse, rapportage	60 (jaarlijks)

4 Geotechniek

[Vooraf: de status van dit hoofdstuk over monitoring van Geotechnische effecten is ‘voorlopig’. Op punten wordt de strategie in de toekomst verbeterd. Onder ander op basis van uitkomsten van de modelresultaten.]

4.1 Geotechnische effecten stopzetting onttrekking

Zoals bekend zullen door de (gefaseerde) stopzetting van de grondwateronttrekking van DSM de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket (pleistocene zand vanaf ca. NAP -15m) fors toenemen. De meest recente analyses geven aan dat een verhoging van deze stijghoogte met 1 m of meer een gebied beslaat van circa 4 km rond de onttrekking. Door de toename van de stijghoogte van het grondwater in het diepe zand zullen geleidelijk de waterspanningen in het pakket holocene slappe lagen boven dit diepe zand ook toenemen.

Door de stijgende waterspanningen in de holocene laag worden de korrelspanningen lager hetgeen zal leiden tot zwel. Dit gedrag is bekend en modellen zijn hiervoor beschikbaar. Er zijn echter een aantal complicerende factoren waardoor de grootte van deze zwel en de verschillen in de praktijk moeilijk voorspelbaar zijn. Er is niet zo veel ervaring met grootschalig optredende zwel in de ondergrond onder een langdurige toename van de waterspanning. Daarnaast speelt de heterogeniteit van de ondergrond in dit gebied een grote rol.

In de bepaling van de stijghoogten in het diepe zand zitten onzekerheden. Gegeven deze stijghoogte geeft dit vervolgens ook onzekerheid over de ontwikkeling van de waterspanningen en deformaties in het pakket slappe lagen. Ook het verloop hiervan in de tijd kent onzekerheid. Het kan tot jaren duren (per gefaseerde stopzetting) voordat een eindsituatie wordt bereikt.

Zoals gezegd zullen door toename van de waterspanningen de korrelspanningen en daarmee de sterkte van de ondergrond afnemen. Vooral door toename van de waterspanningen in het bovenste deel van het slappe lagenpakket wordt hierdoor de stabiliteit van de Delflandse waterkeringen beïnvloed.

De veranderingen in het zettings- of zwelgedrag van de ondergrond kunnen invloed hebben op grondconstructies, funderingen en andere civiele constructies. Door de heterogeniteit van de ondergrond kan namelijk een ongelijkmatig deformatiegedrag (verschillen in zetting of zwel) optreden, waardoor een extra belasting aan de fundering wordt opgelegd. Met name ondiepe funderingen en funderingen die een belangrijk deel van de draagkracht aan kleef ontleen zijn hiervoor kwetsbaar.

Bemoeilijkende factor is, zoals al aangegeven, dat de ondergrond met name in Delft en omstreken erg heterogeen is wat betekent dat de opbouw van de ondergrond variabel is, soms zelfs op vrij korte afstand. De dikte van het pakket slappe lagen is niet overal gelijk en kan (plaatselijk) sterk afwijken. Niet overal is een tussenzandlaag aanwezig. De eigenschappen van de grondlagen zijn ook verschillend. Ter illustratie: bij een pakket slappe lagen bijvoorbeeld dat geen 15 m maar 7 m dik is gaat dit genoemde

tijdsafhankelijke proces 4 maal sneller en is de invloed op de stabiliteit van kaden mogelijk 2 maal groter en dit nog afgezien van verschil in doorlatendheid van de grondlagen. Met beschikbare modellen is dit effect te berekenen. Locale opbouw van de ondergrond en de eigenschappen van de ondergrond zijn de echte onzekere factoren.

4.2 Doelstelling monitoringstrategie

De monitoringstrategie geotechniek is erop gericht om over een lange periode deze veranderingen in de ondergrond en effecten op de omgeving te meten. Aan de inrichting van dit meetnetwerk liggen de volgende doelstellingen ten grondslag:

- Het belangrijkste, maatschappelijk doel is ongetwijfeld dat door het waarnemen van deze effecten de risico's voor de omgeving kunnen worden beheerst. Het meetnetwerk levert tezamen met de voorspellingen uit modellen de basisgegevens waarmee het bevoegde gezag tijdig maatregelen kan treffen om ongewenste effecten tegen te gaan. De ongewenste effecten liggen vooral op het gebied van schadepreventie en veiligheid.
- Daarnaast kunnen de resultaten van metingen worden gebruikt om te verwachten claims van eigenaren van panden en andere constructies te beoordelen. Indien de claims onterecht zijn kunnen de metingen worden gebruikt om dit aantoonbaar te maken.
- Het meetresultaat van de monitoring is uiteindelijk ook bruikbaar voor toetsing en/of kalibratie van bestaande of nieuwe bodemdalingmodellen.

Bij de opzet van de monitoringstrategie is een risicogestuurde methode gebruikt, gebaseerd op het werk¹ van Dunnicliff, waarbij GeoDelft de risicoanalyse en mogelijke maatregelen om bij te sturen (observational method) nadrukkelijker als leidraad kiest dan Dunnicliff.

Het opstellen van een monitoringplan gebeurt in de volgende drie fasen:

- Het opstellen van een Programma van Eisen waarbij uit de probleemstelling en de specifieke projectomstandigheden de basis voor het monitoringplan wordt afgeleid.
- Het opstellen van de (*kwalitatieve*) meetspecificaties en keuze van het type instrument en wijze van uitvoering van de metingen waarmee wordt voldaan aan het Programma van Eisen.
- Het daadwerkelijk (*kwantitatief*) inrichten van de monitoring in het gebied, inclusief aantallen, locaties, inschatting kosten, etc.

4.3 Overzicht bestaande meetnetten

Op dit moment zijn de volgende bestaande meetnetten beschikbaar:

- Boutenboekje gemeente Delft: hoogtemetingen van gebouwen, soms wel 10 à 20 meetpunten per wijk. Historische data analoog beschikbaar. Locaties worden nog opgezocht.

¹ *Systematic approach to planning monitoring programs using geotechnical instrumentation: An update.* Bron: *Field Measurements in Geomechanics*, 1999 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 066 3¹

- Deformatie meetnet DSM: beperkt aantal meetpunten rondom het DSM terrein. In eerste instantie 5 stuks, later zijn daar 11 stuks aan toegevoegd. Historische data analoog beschikbaar.

4.4 Plan van aanpak

4.4.1 Risico analyse Geotechniek

De inrichting van de geotechnische monitoring wordt opgezet volgens een risicogestuurde aanpak met betrekking tot de problematiek van de stopzetting of vermindering van de onttrekking door DSM en de mogelijke effecten daarvan op civiele constructies. Eerst wordt het gebied afgebakend waarbinnen een kans bestaat op verlagingen die een zekere vervorming of sterktevermindering in de ondergrond kunnen veroorzaken. Dan wordt gekeken naar de risico's die door deze grondvervorming of sterktevermindering kunnen optreden. Naarmate het risico's (kans x gevolg) toeneemt is meer waarneming van de effecten (dus metingen) nodig om het risico te beheersen.

Dit betekent concreet dat weinig of geen metingen noodzakelijk zijn in een situatie waarbij bijvoorbeeld de fundering en het daarop staande pand in perfecte staat zijn en de gevolgen van falen klein zijn. Als de fundering en de conditie van het pand kwetsbaar zijn voor de effecten van de stopzetting van de bemaling en ook nog eens de mogelijke gevolgen bij falen groter zijn (bijvoorbeeld als het een belangrijke constructie of monument betreft) dan wordt een intensieve monitoring noodzakelijk.

Op basis van de optredende geotechnische mechanismen als gevolg van stopzetting of vermindering van de onttrekking door DSM zijn de risico's voor de omgeving in kaart gebracht. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van de Quickscan [Gehrels e.a. 2005] en gesprekken met het Hoogheemraadschap van Delfland en de Gemeente Delft. De risico's zijn vervolgens gewogen naar laag – gemiddeld – hoog. Behalve kansen/gevolgen zijn ook de snelheid waarmee de effecten kunnen optreden en de (on-)mogelijkheden van corrigerende maatregelen betrokken in deze beschouwing. In Tabel 4-1 is een samenvatting gegeven van deze gewogen risico's.

Mechanismen	Risico's	Weging
Minder bodemdaling en ongelijkmatig, evt. bodemrijzing(zwel): effecten in (vooral)de bovenste grondlagen	Ongelijke wegen, stoepen, etc. Toename belasting huisaansluitingen. Veranderende belasting op riolen, kabels en leidingen. Beïnvloeding bouwrijp gebieden	Laag en gemiddeld
Effect op ondiep gefundeerde constructies: toename ongelijkmatige belasting	Schade aan monumenten en kwetsbare woningen en bedrijfspanden.	Hoog
	Schade aan taluds, folieconstructies en industriële installaties	Gemiddeld
	Schade aan niet-kwetsbare woningen en bedrijfspanden	Laag
Effecten op paalfunderingen: ongelijkmatig verlies draagvermogen of kleeft	Schade aan monumenten en kwetsbare woningen en bedrijfspanden.	Hoog
	Schade aan hoogbouw en industriële installaties	Gemiddeld
	Schade aan niet-kwetsbare woningen en bedrijfspanden en verdiepte constructies	Laag
Effect op grondconstructies	Stabiliteitsverlies boezemkaden in stedelijk gebied en in kritische situaties	Hoog

Mechanismen	Risico's	Weging
	Stabiliteitsverlies boezemkaden en polderkaden in landelijk gebied en niet-kritische situaties	Laag
Effecten grondwaterstijging op civiele constructies	Toename lekkage tunnels en onderdoorgangen. Wateroverlast in kelders en kruipruimten. Niet voldoen aan eisen t.a.v. drooglegging zandlichamen en ballastbed spoor	Laag en gemiddeld

Tabel 4-1: Samenvatting mechanismen en gewogen risico's

Voor de risicoanalyse kan op basis van Tabel 4-1 de conclusie worden getrokken dat de belangrijkste risico's liggen bij:

- Monumenten vanwege het grote maatschappelijke belang en verder kwetsbare woningen en bedrijfspanden.
- Boezemkaden in stedelijk gebied (grote gevolgen bij falen) en in kritische situaties (kades die nu niet of net wel aan de gestelde stabiliteitsnormen voldoen).
- In iets mindere mate bij taluds, folieconstructies, industriële installaties en hoogbouw omdat corrigerende maatregelen erg complex kunnen zijn.

Wat de overige risico's betreft kan de inrichting van het meetnet volstaan met een beperkte inrichting die tot doel heeft deze conclusie te bevestigen.

Bij de opzet van de monitoringstrategie worden twee belangrijke indelingen voor de objecten gehanteerd, namelijk: (1) kwetsbare/niet kwetsbare woningen en bedrijfspanden en (2) kritisch/niet kritische situaties bij boezemkaden. De indeling kwetsbaar of niet kwetsbaar hangt af van de volgende factoren:

- Ligging van het pand binnen het invloedsgebied van de onttrekking; als het pand dicht bij de onttrekking ligt is daar namelijk meer stijghoogteverandering en dus mogelijk meer effect.
- Type fundering en de staat van onderhoud van panden: bij het ene pand kan men veel meer effect "toestaan" dan het andere.
- Doorlatendheid en zettingsgedrag van de ondergrond. Afhankelijk van de bodemopbouw kunnen de daadwerkelijke effecten op panden variëren.

De indeling kritisch of niet-kritisch hangt af van de volgende factoren:

- Ligging van de waterkering in het invloedsgebied van de onttrekking; als het object dicht bij de onttrekking voorkomt is er namelijk meer stijghoogteverandering en dus mogelijk meer effect.
- Staat van onderhoud van de waterkering. Bij recentelijk versterkte en goed onderhouden kaden kan men bijvoorbeeld veel meer effect "toestaan", voordat de stabiliteit van de kering in gevaar komt.
- Doorlatendheid en zettingsgedrag van de ondergrond. Afhankelijk van de bodemopbouw kunnen de daadwerkelijke effecten op de stabiliteit van de boezemkaden variëren.

4.4.2 Programma van Eisen

Op basis van de risicoanalyse is een keuze gemaakt voor monitoring van bepaalde geotechnische parameters. Per parameter wordt tevens de mogelijke grootte van de verandering aangegeven en de mogelijke snelheid van het optredende mechanisme, omdat op basis hiervan de specificaties voor de metingen kunnen worden afgeleid. Het resultaat hiervan wordt weergegeven in Tabel 4-2. Daarnaast is er nog een aantal algemene uitgangspunten voor de monitoringstrategie geformuleerd:

- Op basis van de optredende processen gaan we ervan uit dat het meetnetwerk een lange levensduur in de ordegrrootte van 10 jaar moet hebben, omdat berekeningen aantonen dat na 2 à 3 jaar pas 50% van de effecten zijn opgetreden. Consequentie is dat er rekening mee moet worden gehouden dat elektronische componenten tussentijds worden gekalibreerd of zullen worden vervangen.
- Het is praktisch niet haalbaar elk relevant object (pand, kade, monument, etc.) te gaan monitoren. Daarom zal gewerkt worden met referentieobjecten, die representatief zijn voor het gedrag van een groep objecten in een bepaald gebied.

Monitoring parameter	Motivatie	Mogelijke grootte verandering	Mogelijke snelheid van de verandering
Maaivelddeformatie	Toetsing en kalibratie modellen	+/- 20 mm per jaar (+ 40 mm eindsituatie)	Geleidelijk verloop
Verticale deformatie ondergrond	Risicobeheersing	+/- 20 mm per jaar (+ 40 mm eindsituatie)	Geleidelijk verloop
Waterspanningen in de ondergrond	Risicobeheersing en toetsing en kalibratie modellen	+80 kPa eindsituatie	Geleidelijk verloop
Verticale deformatie panden, constructies	Risicobeheersing en problematiek schadeclaims	+/- 20 mm per jaar	Relatief snel: plotselinge schade

Tabel 4-2: Keuze monitoringsparameters geotechniek

4.5 Principeopzet meetnet

4.5.1 Kwalitatieve opzet

Op basis van het programma van eisen zijn per monitoringsparameter de meetspecificaties opgesteld; het gaat hierbij om meetbereik, meetnauwkeurigheid, resolutie en meetfrequentie. Dit leidt dan tot een principiële keuze voor een bepaald type instrument.

In Tabel 4-3 wordt per risico aangeven welke monitoringsparameters en type instrumenten worden gebruikt voor de inrichting van het meetnet. Bij hoge risico's worden meer monitoringsparameters gemeten en de uitvoering van de metingen is hoogfrequentier. Door de hogere frequentie worden effecten eerder gemeten. Daarnaast wordt vroegtijdiger in het mechanisme van oorzaak en gevolg gemeten. Bijvoorbeeld: bij monumenten wordt de oplopende waterspanning en verticale vervorming van de ondergrond gemeten om veranderingen waar te nemen voordat de constructie gaat vervormen.

Monitoring parameter	Type instrument	Meetbereik	Meetnauwkeurigheid	Resolutie	Meet frequentie
<i>Risico: minder bodemdaling, mogelijk ongelijkmatig.</i>					
Maaivelddeformatie	Vastpuntconus	+/-200 mm	+/- 1 mm	< 0,5 mm	4x p.jaar
<i>Risico: schade aan monumenten en kwetsbare woningen en bedrijfspanden.</i>					
Verticale deformatie ondergrond	4-punts extensometers	+/-200 mm	+/- 1 mm	< 0,5 mm	12x p.jaar
Waterspanningen in de ondergrond	Waterspanningsmeters: 2 diepten	350 kPa	+/- 0,5 kPa	< 0,1 kPa	12x p.jaar

Monitoring parameter	Type instrument	Meetbereik	Meetnauwkeurigheid	Resolutie	Meet frequentie
Verticale deformatie constructies	Meetboutjes, 4 stuks	+/-200 mm	+/- 1 mm	< 0,5 mm	12x p.jaar
<i>Risico: schade aan taluds, folieconstructies, industriële installaties en hoogbouw</i>					
Verticale deformatie panden of constructies	Meetboutjes, 4 stuks	+/-200 mm	+/- 1 mm	< 0,5 mm	12x p.jaar
<i>Risico: schade aan niet-kwetsbare woningen en bedrijfspanden en verdiepte constructies</i>					
Verticale deformatie constructies	Meetboutjes, 4 stuks	+/-200 mm	+/- 1 mm	< 0,5 mm	4x p.jaar
<i>Risico: stabiliteitsverlies boezemkaden in stedelijk gebied en in kritische situaties</i>					
Waterspanningen in de ondergrond	Waterspanningsmeters: 2 of 3 diepten	350 kPa	+/- 0,5 kPa	< 0,1 kPa	12x p.jaar
<i>Risico: stabiliteitsverlies boezem- en polderkaden landelijk gebied en niet-kritische situaties</i>					
Waterspanningen in de ondergrond	Waterspanningsmeters: 2 diepten	350 kPa	+/- 0,5 kPa	< 0,1 kPa	4x p.jaar
<i>Risico: toename lekkage bij constructies en niet voldoen drooglegging zandlichamen</i>					
Waterspanningen in de ondergrond	Waterspanningsmeters: 2 diepten	350 kPa	+/- 0,5 kPa	< 0,1 kPa	4x p.jaar

Tabel 4-3: Principeopzet monitoring netwerk geotechniek. De aangegeven meetfrequentie is de noodzakelijke meetfrequentie om veranderingen tijdig waar te nemen zodat er tijd beschikbaar is om maatregelen te organiseren. Afhankelijk van de wijze van vermindering cq. stopzetting van de DSM onttrekking kan mogelijk gedurende bepaalde perioden met een lagere meetfrequentie worden volstaan. Overigens dienen deze correctieve maatregelen wel vooraf te zijn doorgedacht en uitgewerkt.

Aandachtspunten en principe meetinstrumenten:

- Een 4-punt extensometer meet op drie diepte en aan maaiveld de verticale gronddeformatie. Als referentiepunt fungeert de diepe, stabiele pleistocene zandlaag.
- Een vastpuntconus meet met hoge nauwkeurigheid de verticale maaivelddeformatie. Als referentiepunt fungeert de diepe, stabiele pleistocene zandlaag.
- De veranderingen van waterspanningen in de ondergrond worden gemeten met waterspanningsmeters. Vanwege de hoge betrouwbaarheid, een heel klein nulpuntsverloop en de snelle respons wordt geadviseerd te kiezen voor het type VWP: Vibrating Wire Piëzometers.
- Meetboutjes worden bevestigd nabij de hoekpunten van een constructie. Hiermee wordt de verticale deformatie gemeten door middel van een nauwkeurigheds-waterpassing. De geplaatste vastpuntconussen kunnen (mede) dienen als referentie voor de waterpassing.

Aandachtspunten uitvoering metingen:

- Gezien de meetfrequentie en de lange meetperiode is veelal gekozen voor handmatige uitvoering van de metingen. Hiermee wordt vermeden dat elektronica tussentijds moet worden gekalibreerd. Een uitzondering hierop vormt de meting van waterspanningen.
- De 4-punts extensometer en vastpuntconus worden gemeten met een micrometer of schuifmaat.
- De hoogte van de meetboutjes wordt landmeetkundig ingemeten met behulp van een nauwkeurigheds waterpassing.
- Waterspanningsmeters worden handmatig afgelezen, maar kunnen indien gewenst ook worden aangesloten op automatische meetsystemen.

4.5.2 *Kwantitatieve opzet*

4.5.2.1 *Strategie monitoring netwerk*

Een belangrijke leidraad bij de inrichting van het monitoring netwerk is dat het netwerk een strategie mogelijk maakt waarbij een minimaal risicoprofiel ten aanzien van effecten op de omgeving kan worden nagestreefd. Het bevoegd gezag kan de resultaten van de monitoring gebruiken om tijdig maatregelen te nemen om nadelige effecten tegen te gaan.

Concreet resulteert dit streven naar een minimaal risicoprofiel de volgende uitgangspunten op:

- Er wordt uitgegaan van een volledige stopzetting van de onttrekking en dus een maximale belasting op de omgeving als gevolg van toename van de stijghoogte.
- Waterkeringen: het gebied tot en met 0,25 m stijghoogte toename kan effecten op de stabiliteit van de waterkeringen ondervinden.
- Panden en constructies: het gebied tot en met 1 m stijghoogte toename kan effecten op de staat van de fundering, gevel en overige constructie ondervinden.
- Bij waterkeringen wordt in het relevante gebied uitgegaan van het pessimistische scenario uit de Fugro quickscan.
- Bij panden en constructies is in het relevante gebied het uitgangspunt dat alle vooroorlogse en ondiepe funderingen bedreigd kunnen zijn.

4.5.2.2 *Basis informatie*

De inrichting van het monitoring netwerk geotechniek is gebaseerd op de informatie zoals deze beschikbaar is medio juli 2007. Dit wordt expliciet zo gemeld omdat een wijziging van deze informatie zal leiden tot een andere aard en omvang van het monitoring netwerk. Op dit moment zijn er bijvoorbeeld nog geen prognoses uit het TNO model ten aanzien van de ontwikkeling van de waterspanningen in de holocene deklaag en de deformatie (zetting, rijzing) van de ondergrond.

In onderstaande tabel wordt concreet een overzicht gegeven op welke informatie dit monitoring netwerk is gebaseerd.

Overzicht algemene informatie	
1	Ondergrond model van TNO: blokken met een oppervlak van 25x25 m ² en een dikte van 0,5 m, waarvan de samenstelling (% zand, % klei en % veen) en de hydraulische weerstand is aangegeven.
2	Hydraulisch model van TNO: prognose toename stijghoogte indien de onttrekking volledig wordt uitgeschakeld.
3	Op basis van deze modellen zijn door GeoDelft GIS kaarten opgesteld die inzicht geven in de volgende zaken in de ondergrond: totale dikte holocene deklaag, hydraulische weerstand onderkant holoceen, ligging onderkant holoceen/bovenkant pleistoceen en de dikte van tussenzandlagen.
4	Topografische ondergrond van het kadaster © 2007
Overzicht informatie waterkeringen	
5	Quickscan effect stoppen grondwater onttrekking DSM op stabiliteit kaden Delfland (Fugro 2005 1205-0027-000).
6	Meest recente IPO veiligheidsklassen indeling van de polders op basis van overschrijdingsnorm en gevolgschade uit Quickscan stabiliteit boezemkaden Delfland (Fugro/DHV 2005 1204-0090-000).

7	Overzicht van kaden in onderzoek of kaden in een verbeteringstraject, zoals verstrekt door het Hoogheemraadschap van Delfland.
8	Overzicht van kaden wel/niet in RRD, groene kaden en polderkaden, zoals verstrekt door het Hoogheemraadschap van Delfland.
	Overzicht informatie panden en constructies
9	Per wijk in Delft en Rijswijk het overwegende type fundering, de aanlegperiode en bijzondere constructies (bijvoorbeeld riolen, gemaal, etc.), een en ander zoals opgesteld door GeoDelft op basis van overleg met de gemeente Rijswijk en gemeente Delft.
10	Per wijk de monumenten en de bijzondere monumenten, zoals aangeleverd door de gemeente Delft.
11	Luchtfoto Delft en omstreken, zoals aangeleverd door de gemeente Delft.

Tabel 4-4: Overzicht informatie

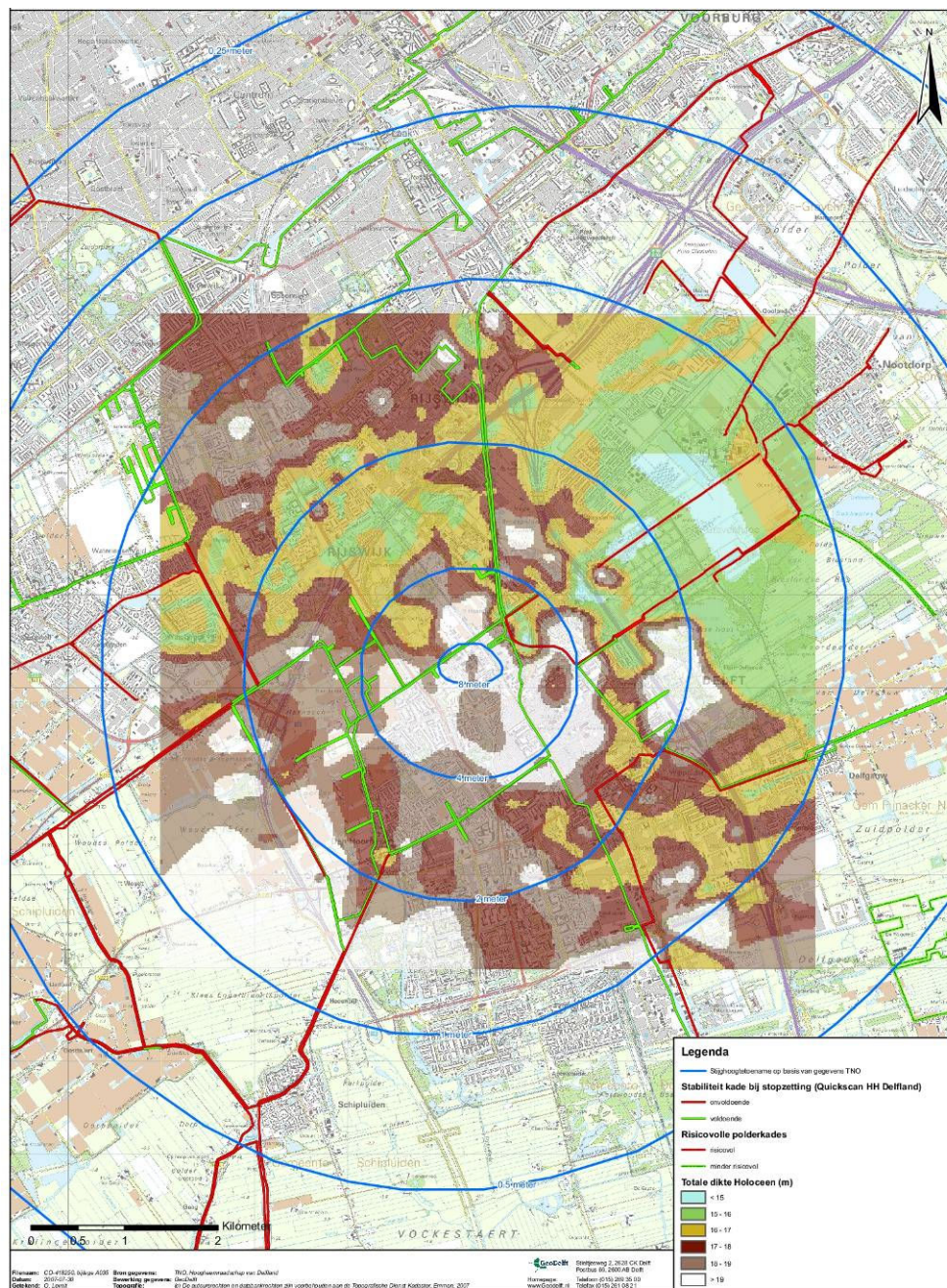
4.5.2.3 *Keuze meetlocaties*

Op basis van de informatie en uitgangspunten is het meetnet ingericht. Dit wordt aangegeven in de figuren op de hierna volgende pagina's: één voor de waterkeringen in het Delfland gebied (Figuur 4-1) en de andere voor de panden en constructies in de gemeente Rijswijk en Delft (Figuur 4-2). Beide kaarten zijn besproken met de direct betrokken partijen; het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeenten Rijswijk en Delft.

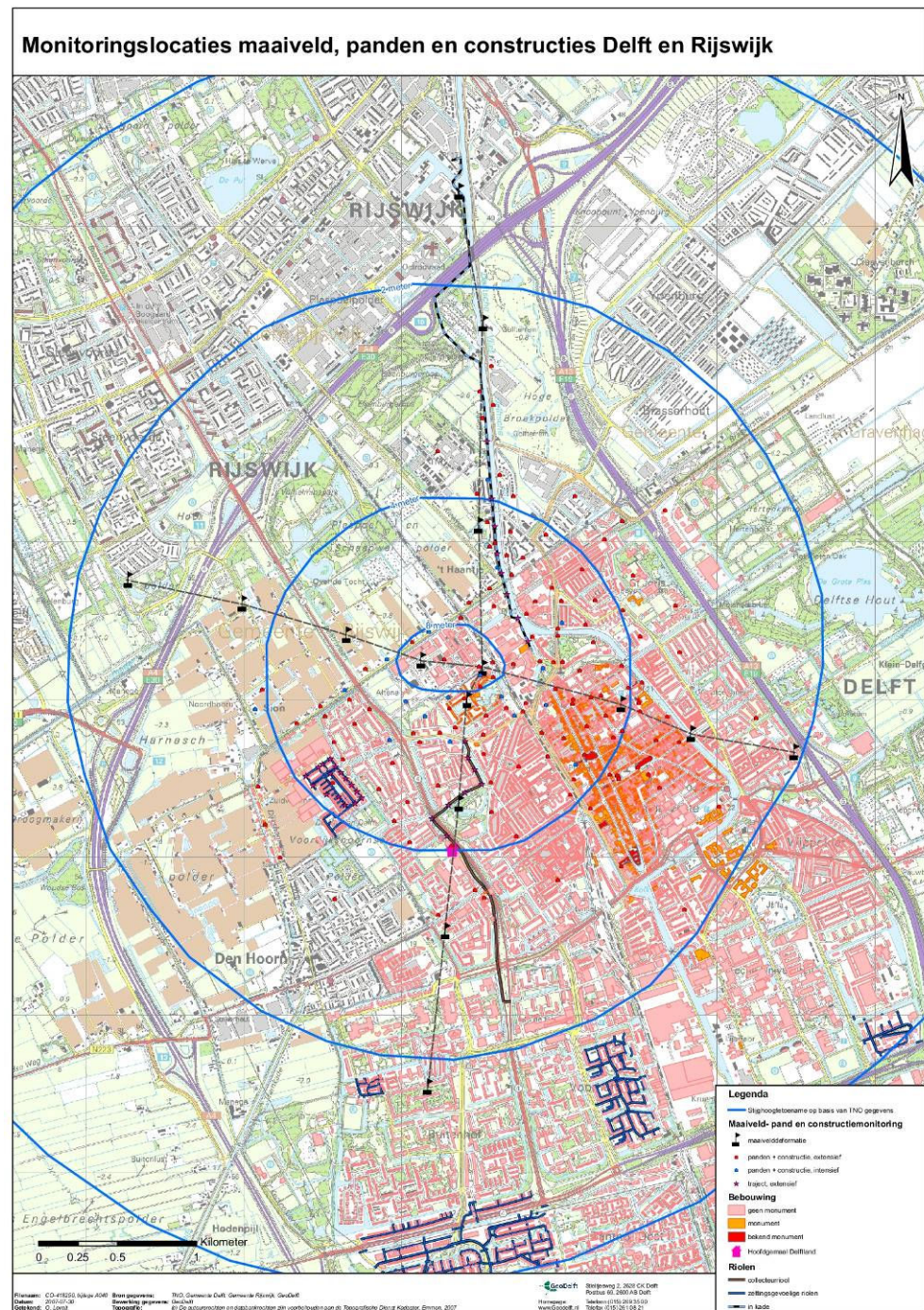
De opzet van deze monitoring kan worden gezien als een maximum opzet om het risicoprofiel zo laag mogelijk te houden. Dit vraagt om een forse investering in deze monitoring, verder uitgewerkt in paragraaf 4.7 "inschatting kosten".

Door fasering kan mogelijk worden geoptimaliseerd in de omvang van het meetnetwerk. Stel bijvoorbeeld dat in eerste instantie de onttrekking 20% wordt verlaagd dan zal een veel kleiner gebied worden beïnvloed. Het gebied kan worden bepaald door een nieuwe prognose van de toename van de stijghoogtetoeename.

Zoals al in paragraaf 0 aangegeven is de tijdschaal waarop de effecten gaan optreden een grote onzekere factor. Als ervoor wordt gekozen om in stappen de onttrekking te gaan verminderen dan stellen wij voor op een beperkt aantal locaties de monitoring te intensiveren om het tijdsafhankelijke effect beter te kunnen inschatten. Hierbij wordt gedacht aan extra locaties met 6 waterspanningsmeters en een 4-punts extensometer over de hoogte van het holocene pakket slappe lagen. Door de inzet van dataloggers kan ook de meetfrequentie worden geïntensiveerd naar 1x per dag. Hiermee kan de onzekerheid m.b.t. de tijdschaal worden verkleind, waarmee de periode en intensiteit van metingen mogelijk kan worden geoptimaliseerd.



Figuur 4-1: Monitoringslocaties waterkeringen in het beheersgebied van HH Delfland



Figuur 4-2: Monitoringslocaties maaiveld, panden en constructies in de gemeenten Delft en Rijswijk

4.6 Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer

Er zijn geen prognoses van de ontwikkelingen in de tijd beschikbaar van de waterspanningen en deformaties in het holocene. Daardoor is het nu onmogelijk om hierover uitspraken te doen.

4.7 Inschatting kosten

Op basis van de inrichting van het meetnetwerk kunnen de globale kosten worden berekend. De kosten zijn als volgt op te splitsen:

- Eenmalige aanlegkosten: het aanschaffen van instrumenten, het installeren van deze instrumenten in het veld (inclusief één sondering per meetlocatie voor bepaling van de bodemopbouw) en het afwerken van deze punten aan maaiveld.
- Jaarlijkse kosten beheer en onderhoud: het instandhouden van het meetsysteem, eventuele kalibratie, reparaties en onderhoud.
- Jaarlijkse kosten metingen: handmatige aflezingen, nauwkeurigheid waterpassing, verwerking meetresultaten en dataopslag. Meetfrequentie: deels 1x per maand en deels 1x per kwartaal.

Monitoring netwerk geotechniek	Aantal locaties	Eenmalige aanleg kosten (k€)	Jaarlijkse kosten beheer en onderhoud (k€)	Jaarlijkse kosten metingen (k€)
Onderzoek maaivelddeformatie	15	105	3	6
Dijken en kaden in het gebied HH Delfland	117	342	34	105
Panden en constructies in de gemeente Delft	119	149	6	202
Panden en constructies in de gemeente Rijswijk	31	67	3	66
TOTAAL	282	663	46	379

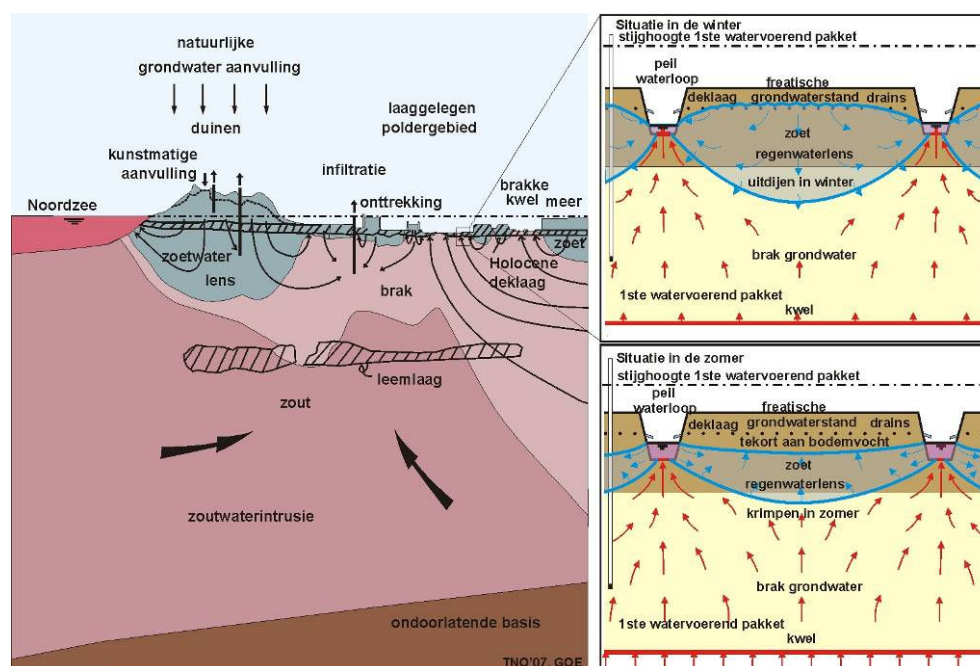
Tabel 4-5: Begroting kosten monitoring netwerk geotechniek

5 Grondwaterkwaliteit

5.1 Inleiding

In dit onderzoek is ervoor gekozen de aandacht in eerste instantie te richten op het conservatieve element chloride² (Cl⁻); dit wegens budgettaire redenen maar ook omdat zout in grondwater de grondwaterstroming rechtstreeks beïnvloedt. Bij de modellering van het grondwaterkwaliteitsverloop zal alleen het gedrag van zoet, brak en zout grondwater worden meegenomen, in zowel het watervoerende pakket als in de deklaag die in direct contact staat met het oppervlaktewatersysteem. Voor de volledigheid zullen de andere variabelen, in het bijzonder de nutriënten N en P (die belangrijke indicatoren zijn van de grondwaterkwaliteit), wel worden meegenomen bij het opstellen van de strategie, maar een ondergeschikte rol spelen bij de keuze van eventueel nieuw in te richten meetpunten. Tijdens het uittreden van kwelwater, maar ook bij het transport door de deklaag, treden er chemische processen op die de samenstelling van het kwelwater beïnvloeden. De processen in de deklaag of bij uittreden worden kort toegelicht in paragraaf 5.4.

De verzilting van de ondergrond kan beschreven worden op twee verschillende schaalniveaus, elk met een karakteristieke snelheid (Figuur 5-1):



Figuur 5-1 Vereenvoudiging van de ondergrond in het studiegebied: a. zoutwaterintrusie, oftewel het binnendringen en/of omhoog komen van zout grondwater in het grondwatersysteem, vindt op regionale schaal plaats omdat het gemiddeld polderpeil enkele meters lager ligt dan het gemiddeld zeeniveau; in de buurt van de DSM-onttrekking infiltreert zoet regenwater in het grondwatersysteem, b. buiten de directe invloedssfeer van de DSM-onttrekking vindt op dit moment op lokale schaal verzilting plaats bovenin het grondwatersysteem omdat het slootpeil laag ligt ten opzichte van de stijghoogte in het watervoerend pakket en de grondwaterstand op de percelen; dit proces kan zich in de toekomst ook voordoen in het studiegebied.

² Het ion chloride is een conservatieve stof hetgeen betekent dat het niet onderhevig is aan geochemische reacties als absorptie, desorptie en afbraak.

1. Transport van zoet-brak-zout grondwater op regionale schaal

De huidige onttrekking veroorzaakt momenteel een verregaande verzilting van het eerste watervoerende pakket. Daarnaast vindt ook infiltratie van zoet neerslagwater van bovenaf plaats. Na een flinke reductie van de DSM-onttrekking zal dit beeld kunnen veranderen. De zoutbelasting door kwel op het oppervlaktewater zal zich anders ontwikkelen. Alleen op de lange termijn van minstens tientallen jaren zijn veranderingen in het eerste watervoerend pakket waarneembaar. De laterale (horizontale) stroming van grondwater met daarin opgeloste stoffen als chloride is namelijk over het algemeen een traag proces. Snelheden van verplaatsing van chloride in het grondwater zijn normaliter in de orde van 1 tot 10 m per jaar. Deze snelheden zijn van een totaal andere orde dan de karakteristieke snelheden die in het oppervlaktewatersysteem gebruikelijk zijn (orde van grootte 0.1 tot 1 meter per seconde). Daarnaast vergt het instellen van een nieuw stijghoogtepatroon als gevolg van stopzetting van de DSM-onttrekking niet meer dan enkele dagen tot weken, zelfs op grote afstand van de onttrekking zelf. Concluderend moet dus bij het monitoren van mogelijke regionale veranderingen in de grondwaterkwaliteit een lange periode van vele jaren in acht worden genomen.

2. Transport van zoet-brak-zout grondwater op lokale schaal

Op dit moment vindt in het studiegebied infiltratie van zoet regenwater plaats (zie Figuur 5.1a ter plaatse van de DSM-onttrekking en Figuur 5.2). Na een flinke reductie van de DSM-onttrekking zal dit beeld waarschijnlijk veranderen: brak en zout grondwater bovenin het topsysteem zal in geval van een regionale kwelsituatie door de Holocene deklaag naar het oppervlaktewatersysteem vertikaal omhoog stromen. De gemiddelde kwelsituatie vanuit het grondwatersysteem zal enkele tienden van mm/dag zijn. Ter plaatse van sloten is de kwel echter groot (minimaal enkele mm/dag) omdat de afscheidende deklaag tussen het grondwater- en het oppervlaktewatersysteem daar dunst is (Figuur 5.1b). Bovendien zullen wellen bijdragen aan de huidige verzilting van het oppervlaktewater (Louw *et al.*, 2007). Weliswaar zijn deze verticale snelheden niet veel groter dan de laterale regionale grondwatersnelheden, het diepe zoute grondwater met hoge chloride concentraties bevindt zich wel relatief dichtbij (op maximaal enkele tientallen meters afstand). Bij het monitoren van mogelijke lokale veranderingen in de grondwaterkwaliteit bovenin het topsysteem moet dus een relatief korte periode van enkele kwartalen/seizoenen in acht worden genomen. Bovendien is door de variatie in neerslag- en verdampingspatronen het lokale stromingsproces bovenin het topsysteem erg dynamisch.

5.2 Doelstelling monitoringstrategie grondwaterkwaliteit

De doelstelling van de monitoringstrategie grondwaterkwaliteit is tweërlei:

- Bepaling veranderingen in grondwaterkwaliteit na reductie van de DSM-onttrekking:

Door reductie, of zelfs stopzetting, van de DSM-onttrekking zullen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakketten veranderen. Hierdoor zou in een gebied van ongeveer 50 km² rondom de onttrekking de kwel- en infiltratiesituatie kunnen omslaan (Gehrels *et al.*, 2005). Wijzigingen kunnen optreden in de waterkwaliteit van het systeem als gevolg van deze veranderingen.

- Bepaling nulmeting

Op basis van het gezamenlijke TNO en Alterra project over de achtergrondbelasting in West-Nederland is duidelijk dat te weinig gegevens beschikbaar zijn van de grondwatersamenstelling (Griffioen, 2002) en dat deze ruimtelijk sterk kan variëren (Van Vliet, 2002). Bovendien kan de verdeling van zoet en zout grondwater een grillig patroon vertonen, zowel ruimtelijk als in tijd. De monitoringstrategie voor grondwaterkwaliteit zal daarom benut worden om een beter ruimtelijk beeld te krijgen van de grondwaterkwaliteit en de achtergrondbelasting op het oppervlaktewatersysteem in de huidige situatie: de nulmeting. Het is namelijk voor het waterschap belangrijk om inzicht te hebben in het grondwater als bron van nutriënten en chloride voor het oppervlaktewater.

Wat betreft de modellering van de verzilting van het grond- en oppervlaktewatersysteem is er nog een reden waarom een nauwkeurige initiële zoet-brak-zout verdeling van essentieel belang is: de dichtheid van het grondwater verandert namelijk door de aanwezigheid van opgeloste stoffen, met name chloride³. Door verschillen in dichtheden van het water wordt het stijghoogtepatroon beïnvloed en verandert de stroming van het grondwater. Dit heeft ook z'n weerslag op de freatische grondwaterstand. Voldoende chloride concentratie metingen in het gehele modelgebied en op verschillende diepten moeten daarom voorhanden zijn om een model te construeren dat betrouwbare voorspellingen kan doen. Het betreft metingen in het ondiepe freatische grondwatersysteem en in het diepe grondwatersysteem (het eerste watervoerend pakket en het diepere tweede watervoerend pakket waar de chloride concentraties normaliter hoger zijn).

Voor zover mogelijk zal gebruik worden gemaakt van bestaande peilbuizen/meetnetten en wordt aansluiting gezocht bij meetpunten zoals ingezet bij de monitoringthema's stijghoogte eerste watervoerend pakket en freatisch grondwater (zie de hoofdstukken 2 en 3).

5.3 Bepaling risicogebieden

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:

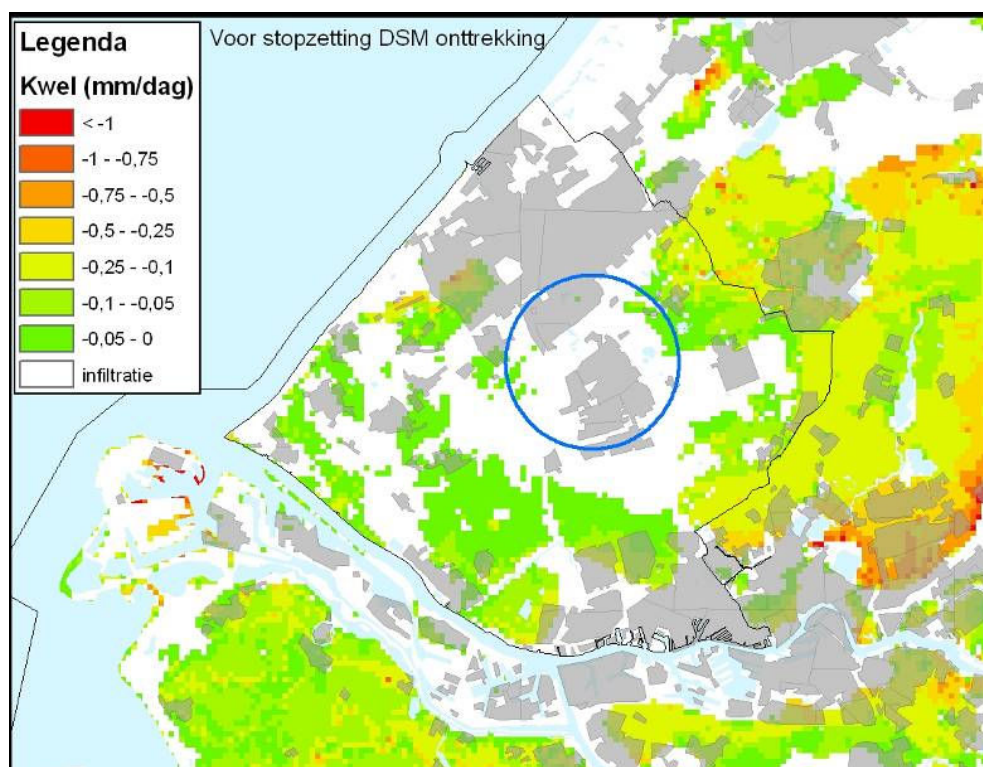
1. de infiltratie omslaat in kwel (nutriëntenrijk kwelwater kan leiden tot eutrofiëring),
2. de chloride/nutriënten concentraties van het grondwater hoog zijn,
3. gevoelige natuur ligt, en
4. bekende verontreinigingslocaties zich bevinden.

Hieronder worden de verschillende aspecten van deze risicogebieden apart behandeld.

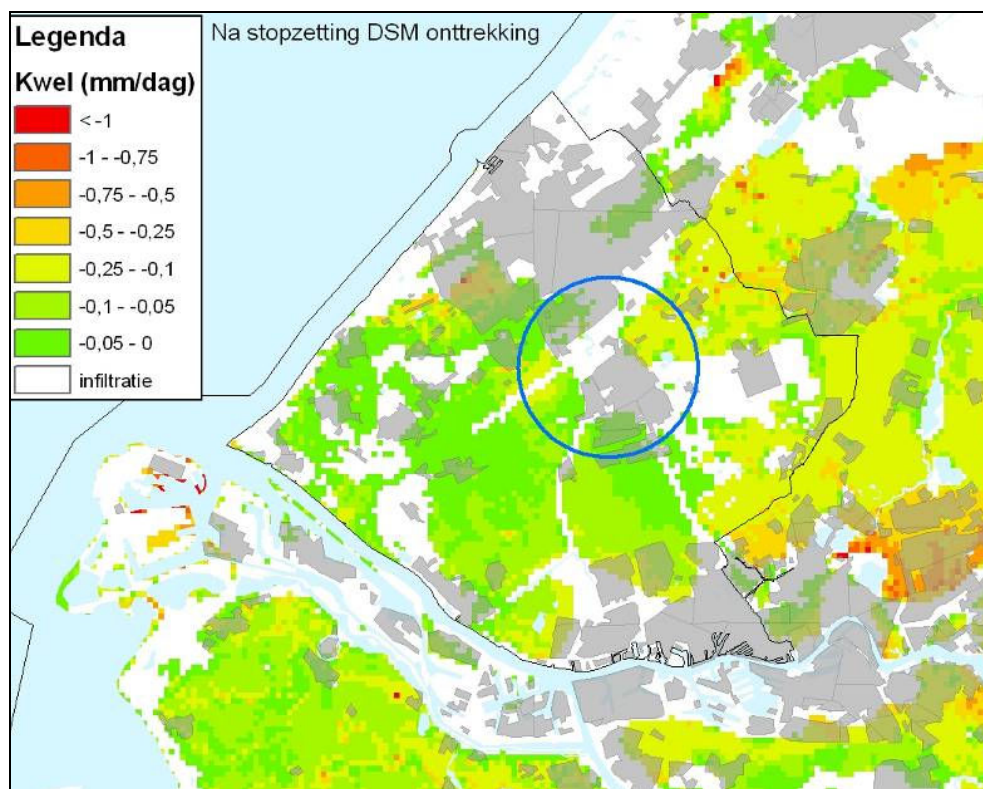
5.3.1 Gebieden waar infiltratie omslaat in kwel

Het huidige kwel- of infiltratiepatroon is in eerste instantie geschat op basis van het relatief grove regionale zoet-zout model voor Zuid-Holland (PZH model met gridcellen van 250m*250m², Minnema *et al.*, 2004). Figuur 5-2 en Figuur 5-3 laten de kwel zien, respectievelijk voor de huidige situatie mét de DSM-onttrekking en een inschatting van de situatie zonder de DSM-onttrekking. Deze informatie is tijdens de Quicksan ook gebruikt (Gehrels *et al.*, 2005). Duidelijk is te zien dat momenteel in grote gebieden rondom de DSM-onttrekking water infiltreert, maar dat voornamelijk in de gebieden westelijk en ten zuiden van de onttrekking een omslag wordt verwacht.

³ Onder natuurlijke omstandigheden is er een sterke correlatie tussen chloride en opgeloste stoffen in het grondwater.



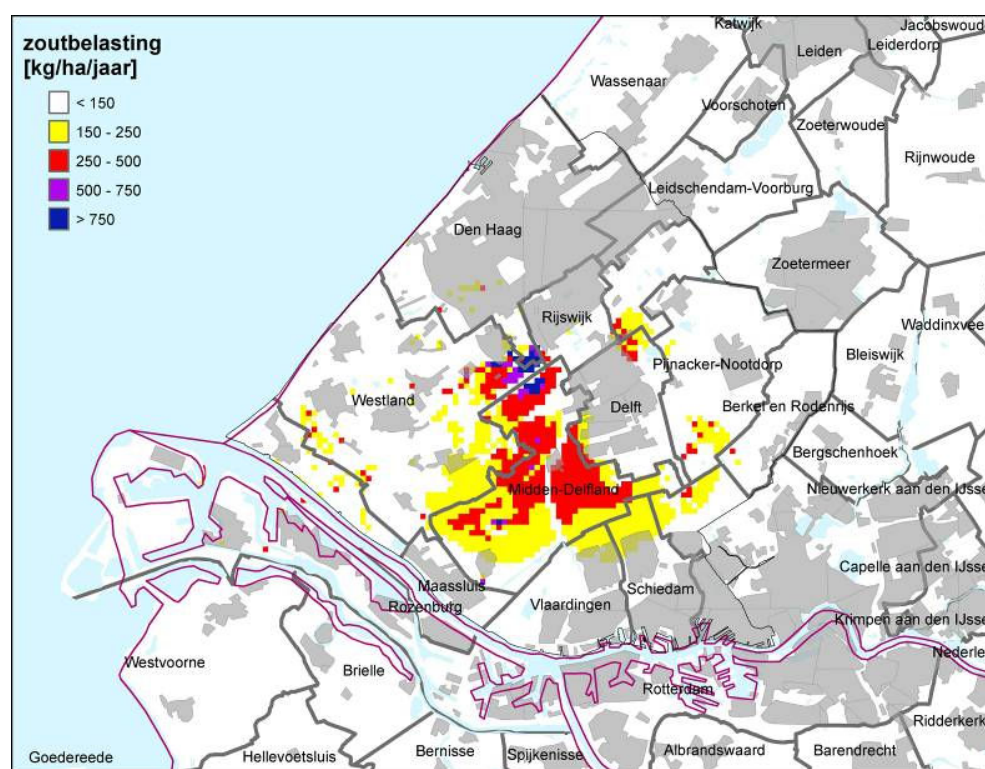
Figuur 5-2: Kwelpatroon (negatieve waarden zijn kwelwaarden, in mm/dag) vóór de stopzetting van de onttrekking, berekend op basis van het regionale zoet-zout model.



Figuur 5-3: Kwelpatroon (negatieve waarden zijn kwelwaarden, in mm/dag) na de stopzetting van de onttrekking, berekend op basis van het regionale zoet-zout model.

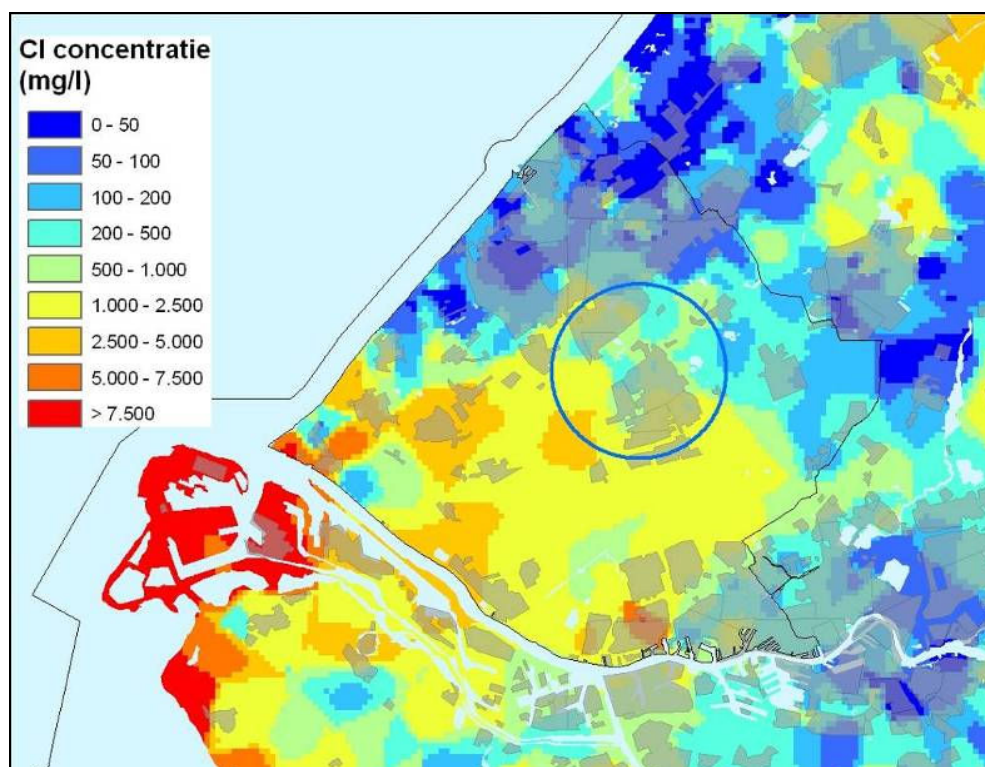
5.3.2 Gebieden waar de chloride/nutriënten concentraties van het grondwater hoog zijn
De omslag van een infiltratie- naar een kwelsituatie is niet alleen de oorzaak voor het mogelijk ontstaan van kwaliteitsproblemen. De combinatie van kwelintensiteit én chloride/nutriënten concentratie van het desbetreffende grondwater zal bepalen in hoeverre de stofbelasting op het oppervlaktewatersysteem zal veranderen. Extra kwel is alleen een kwaliteitsprobleem als de geassocieerde concentraties aan chloride of nutriënten ook hoog zullen zijn.

De toename van zoutbelasting op het oppervlaktewatersysteem door stopzetting van de DSM grondwateronttrekking is op grove wijze berekend op basis van het verschil tussen Figuur 5-2 en Figuur 5-3 en is weergegeven in Figuur 5-4. Ten westen van Delft net onder Wateringen bevindt zich een gebied op ongeveer 4 km van de onttrekking waar op dit moment kwel plaatsvindt (Figuur 5-2). De chloride concentratie in dit gebied, net onder de deklaag, is bepaald door Oude Essink *et al.* (2005) en ligt in dat gebied boven de 1000 mg Cl/l, en kan daarmee als zout⁴ grondwater worden aangeduid (Figuur 5-5). Uit Figuur 5-4 blijkt dat het grove model hier een significante toename in zoutbelasting voorspeld na de stopzetting van de DSM-onttrekking; immers de kwel zal toenemen bij een reeds hoge chloride concentratie. In dit gebied wordt dan ook geadviseerd om de (verandering van de) grond- en oppervlaktewaterkwaliteit intensief te monitoren, om het werkelijke stromingsproces in de ondergrond beter te begrijpen en uiteindelijk het modelinstrumentarium betrouwbaarder te maken met een groter voorspellend vermogen.



Figuur 5-4: Schatting van het gebied met een toename van de zoutbelasting naar het oppervlaktewater (uitgedrukt in kg/ha/jaar) door kwel na abrupte stopzetting van de DSM-onttrekking.

⁴ De grens tussen zoet en brak en tussen brak en zout grondwater wordt over het algemeen gelijkgesteld aan respectievelijk 150 mg/l en 1000 mg/l.



Figuur 5-5: Eerste inschatting van de chloride concentratie (mg Cl/l) aan de onderkant van de deklaag (Oude Essink *et al.*, 2005).

5.3.3 Gebieden waar gevoelige natuur ligt

Voor Delfland zijn er zeven waterlichamen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) aangewezen en een aantal waterparels. Hierbij wordt gekeken naar de mogelijke verspreiding van chloride, nutriënten en verontreinigingen. Het gaat hierbij om de volgende waterlichamen: de boezem opgedeeld in oost en west, waarbij de scheiding ongeveer langs de lijn 'Meer en Bos, Rijswijk, Overschie' loopt; in het oostelijk deel delen van de Zuidpolder Delfgauw, Polder van Nootdorp en de Polder Berkel; in het westelijk deel de Slinksloot in de Holierhoekse en Zouteveense polder, en tenslotte de drinkwater infiltratieplassen in de duinen bij Solleveld en Meijendel samen. Als waterparels zijn het duingebied De Banken, natuurgebied de Scheg en de Akerdijkse Plassen aangewezen. Gezien Figuur 5-4 vallen de westelijke boezem en de Akerdijkse Plassen binnen het risicogebied.

5.3.4 Gebieden waar bekende verontreinigingslocaties zich bevinden

In de Quicksan is aangetoond dat er in het onttrekkingsgebied van DSM meerdere verontreinigingen aanwezig zijn (Gehrels *et al.*, 2005). Het provinciale beleid is erop gericht om zoveel mogelijk grondwaterverontreinigingen te verwijderen en verdere verspreiding tegen te gaan. Bij veel verontreinigingen zijn echter geen saneringsinstallaties aangebracht om de verontreiniging individueel te beheersen.

Het gevolg van stopzetting van de DSM-onttrekking is dat verontreinigingen in het eerste WVP zich in andere richtingen gaan verspreiden dan wanneer de grondwateronttrekking wordt voortgezet. Daarbij kunnen de verontreinigingen mogelijk kwetsbare gebieden bereiken. Indien (plaatselijke) kwel gaat optreden kunnen de

verontreinigingen versneld in het freatisch grondwater- en oppervlaktewatersysteem terechtkomen.

Daarnaast kunnen door wijzigingen in het grondwaterstromingspatroon andere en/of nieuwe geochemische reacties ontstaan. Zo zouden bestaande evenwichten van bijvoorbeeld nutriënten en TOC/DOC zich mogelijk kunnen wijzigen. Juist deze bestaande evenwichten zijn thans benut voor bijv. de afbraak van chloorethenen. In de nieuwe situatie wordt een nieuwe beoordeling/aanpak mogelijkwerwijs noodzakelijk.

In de bijlagen van Gehrels *et al.* (2005) is een lijst opgenomen met verontreinigingslocaties van de gemeenten Delft, Den Haag en Rijswijk. Deze locaties worden niet meegenomen als richtpunten bij het opstellen van de monitoringstrategie. Zodra verderop in het onderzoek het gewijzigde verloop van stroombanen rondom de saneringen is berekend met het modelinstrumentarium zal worden aangegeven op welke manier de bestaande saneringen worden beïnvloed. Van belang daarbij zijn de veranderingen in de geochemische omstandigheden, waarbij ook aandacht besteed moet worden aan de bodemeigenschappen (anisotropie en variabiliteit van de bodemopbouw).

5.4 Chemische processen in het ondiepe grondwater- en oppervlaktewatersysteem

Een beschrijving van de chemische processen die in de deklaag of bij het uittreden op kunnen treden is gegeven in het datarapport dat is opgesteld over Polder de Noordplas (Bardoel, 2003). Hieronder volgt een korte samenvatting.

De chemische processen die kunnen optreden tijdens het uittreden van kwel hebben hoofdzakelijk te maken met de ‘beluchting’ van het water en het ontwijken van CO₂. Diep grondwater is vrijwel altijd anaeroob (zuurstofloos). De door de oxidatie gevormde ijzeroxiden binden ook fosfaat in de vorm van PO₄. De werkelijke PO₄-belasting van het oppervlaktewater door kwel van nutriëntenrijk grondwater kan lager zijn dan de maximale wegens deze vastlegging. Het is daarom belangrijk om inzicht te hebben in de potentiële vastlegging bij het uittreden van het anaerobe en nutriëntrijke grondwater. Griffioen (2006) heeft een metamodel ontwikkeld waarmee de vastlegging van PO₄ aan Fe-oxide en Ca-mineralen berekend kan als functie van de pH en de Ca en Fe-concentraties.

Beluchting van NH₄-houdend grondwater leidt tot nitrificatie van NH₄. Deze nitrificatie hoeft niet compleet te zijn maar intermediaire stoffen zoals N₂O (lachgas, een broeikasgas) kunnen ontsnappen aan de waterfase. Kwantitatief is dit lastig te adresseren aangezien de reacties kinetisch gecontroleerd zijn op een tijdschaal van uren tot dagen, wat ook de tijdschaal is van kwel en verblijf in het oppervlaktewatersysteem. Kwalitatief is bekend dat het om enkele tientallen procenten kan gaan die verdwijnen uit het watersysteem.

Uit de studie van de Groenblauwe Slinger kan verder worden geconcludeerd dat het kwelwater bij doorstroming van de deklaag PO₄ en NH₄ opneemt, waarschijnlijk door mineralisatie van sedimentair organisch materiaal waarbij ook NH₄ en PO₄ vrijkomt (Van Vliet, 2002). Om de actuele nutriëntbelasting door kwel te bepalen worden dus bij voorkeur waarnemingsfilters in de deklaag gebruikt.

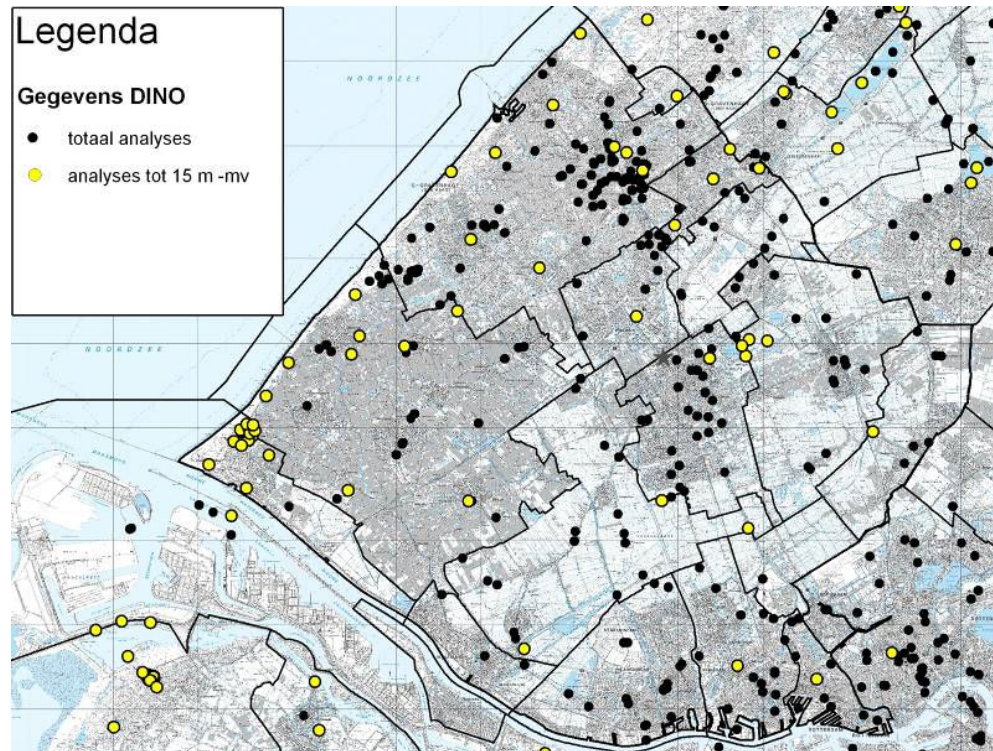
Geïnfiltreerd regenwater ondergaat meer chemische reacties welke afhankelijk zijn van de verblijftijd van het water en de diepte tot waar het water stroomt. De volgende twee reacties zijn het belangrijkste: 1) oplossing van kalk in kalkhoudende bodems en neutralisatie van de pH (want regenwater is zuur) en 2) afbraak van organisch materiaal en oxidatie van pyriet. Bij deze processen kunnen ook nutriënten vrijkomen, naast nutriënten die meekomen met het infiltrerende regenwater door landbouwactiviteiten.

Samenvattend is de eerste vraag of het grondwater hoge nutriëntconcentraties heeft of niet. Als de concentraties laag zijn, zal de belasting ook laag zijn en is er navenant geen potentieel waterkwaliteitsprobleem. Als de concentraties niet laag zijn, is de vervolgvraag wat de potentiële vastlegging (PO_4) of ontsnapping (NH_4) is bij het uittreden van het grondwater. Hiervoor is in geval van PO_4 niet alleen informatie nodig over de nutriëntconcentraties zelf, maar ook over Fe, pH en Ca en liefst over de grondwatersamenstelling als geheel.

Inzicht in de actualiteit van de problematiek wordt verkregen middels een eenmalige bemonsteringsronde van peilbuizen. Zo wordt duidelijk wat de lokale grondwaterkwaliteit is en kan vervolgens geëvalueerd worden of het vraagstuk van nutriëntenbelasting door grondwaterkwel nadere aandacht verdient of niet. Zoals in de inleiding van dit hoofdstuk gesteld, is het met name voor het waterschap belangrijk om inzicht te hebben in het grondwater als bron van nutriënten voor het oppervlaktewater.

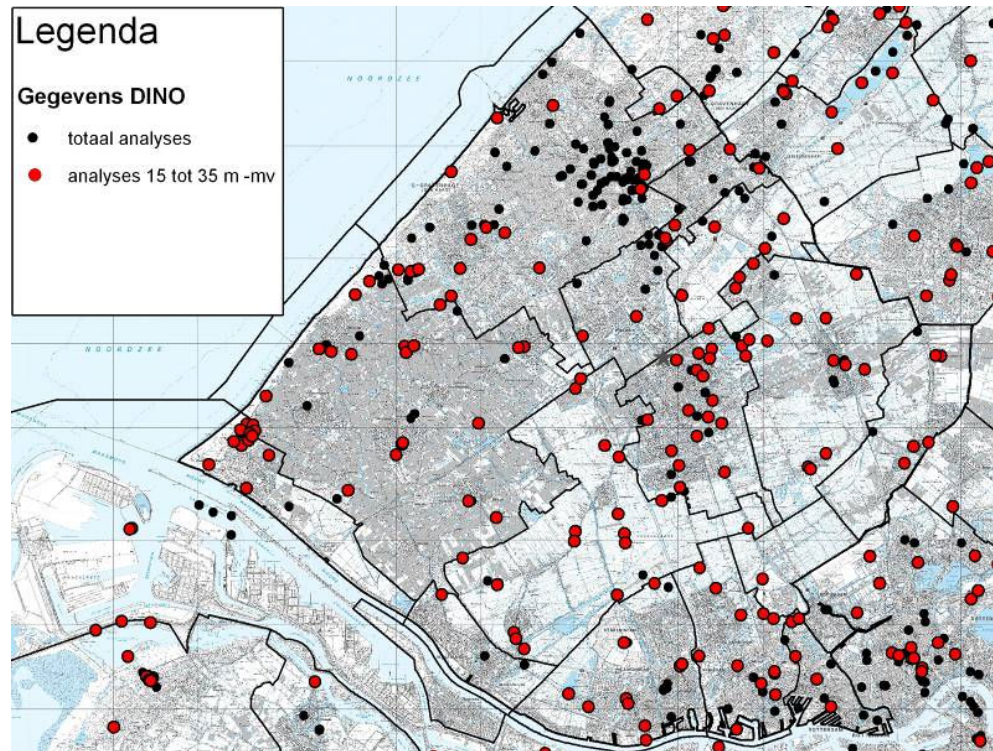
5.5 Analyse bestaande locaties van meetpunten voor grondwaterkwaliteit

In Figuur 5-6 is een overzicht gegeven van de meetpunten voor grondwaterkwaliteit tot 15 meter (gele punten) beneden maaiveld, voor zover deze beschikbaar zijn in de DINO database (vanaf ongeveer 1900 tot heden). De grens van 15 meter beneden maaiveld is gekozen, omdat de deklaag naar het zuidwesten toe in dikte toeneemt van 10 tot meer dan 20 meter. Uit de figuur valt op te maken dat rondom de DSM onttrekking (ster) zeer weinig meetpunten beschikbaar zijn.



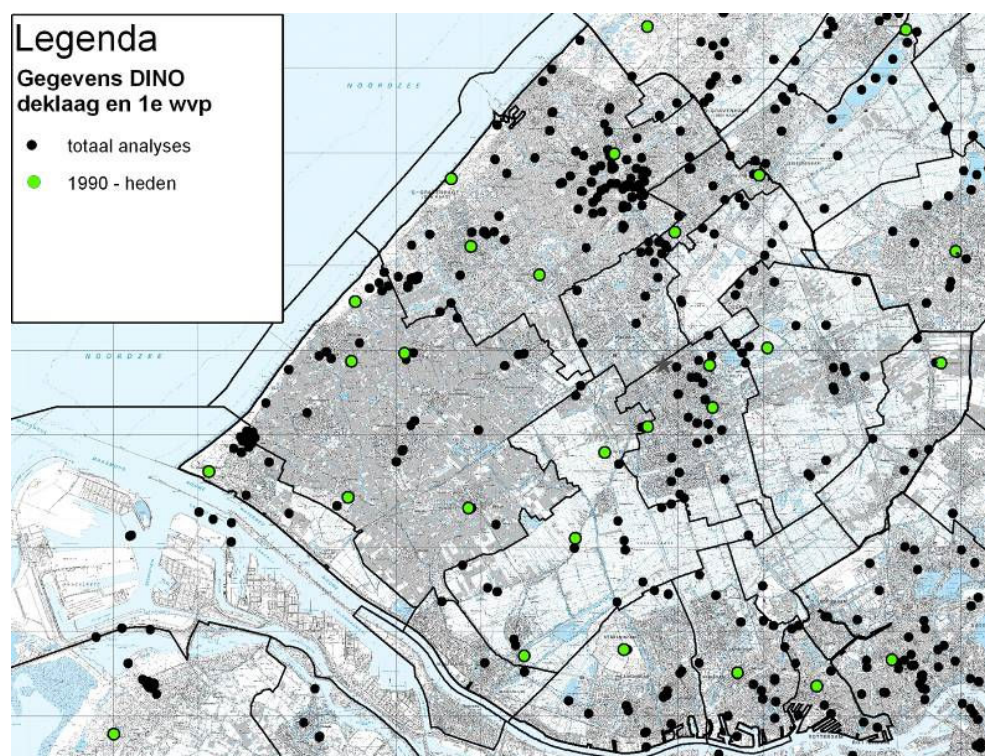
Figuur 5-6: Overzicht van de meetpunten (gele en zwarte bolletjes) voor grondwaterkwaliteit zoals beschikbaar via DINO (1900 – heden): analyse van meetpunten tot 15 m beneden maaiveld (gele bolletjes) en alle overige meetpunten (zwarte bolletjes).

Voor het eerste watervoerend pakket zijn de meetpunten voor grondwaterkwaliteit tussen de 15 en 35 meter beneden maaiveld weergegeven in Figuur 5-7, voor zover deze beschikbaar zijn in de DINO database (~1900 – heden). Deze hebben een grotere dichtheid dan die meetpunten voor de deklaag, echter moet hierbij opgemerkt worden dat slecht enkele punten dicht bij de DSM onttrekking zijn gelegen en gesitueerd zijn in het bóvenste deel van het watervoerende pakket. Er blijken grote concentratieverschillen mogelijk te zijn tussen de boven- en onderzijde van een watervoerend pakket. En juist de concentratieverdeling in de top van het watervoerende pakket bepaalt in hoge mate de concentraties van het kwelwater. Hetgeen betekent dat in de waarnemingsbuizen op meerdere dieptes filters geplaatst moeten worden.



Figuur 5-7 Overzicht van de meetpunten (rode en zwarte bolletjes) voor grondwaterkwaliteit zoals beschikbaar via DINO (1900 – heden): analyse van meetpunten in het eerste watervoerend pakket van 15 tot 35 m beneden maaiveld (rode bolletjes) en alle overige meetpunten (zwarte bolletjes).

De groene punten in Figuur 5-8 zijn locaties (23 binnen het Hoogheemraadschap Delfland) die tussen 1990 en heden nog bemonsterd zijn op grondwaterkwaliteit, voor zover bekend in de DINO database. Van de overige punten is het in de meeste gevallen zeer twijfelachtig of deze nog fysiek aanwezig zijn. Resultaten van deze niet recent bemonsterde meetpunten kunnen echter wel waardevolle informatie leveren over de (vroegere) grondwaterkwaliteit.



Figuur 5-8 Overzicht van recente meetpunten (groene bolletjes) voor grondwaterkwaliteit (1990 – heden) in deklaag en eerste watervoerend pakket en alle overige meetpunten (zwarte bolletjes).

5.6 Opzet Delft-DSM meetnet grondwaterkwaliteit

TNO stelt daarom voor om 9 bestaande en 14 nieuwe meetpunten voor grondwaterkwaliteit (opnieuw) te bemonsteren. Er is daarbij gekeken naar de risicogebieden rondom de DSM-onttrekking die in paragraaf 5.3 aan de hand van modelberekeningen zijn bepaald. Bovendien zijn de gebieden meegenomen ten zuiden, ten westen en ten noordoosten van Delft, waar weinig actuele meetpunten voorhanden zijn (Figuur 5-8). Tenslotte wordt rekening gehouden met het feit dat voor de zoet-zout modellering een nulmeting van chloride concentratie metingen voorhanden moet zijn zowel in het gehele modelgebied als op verschillende dieptelocaties. De voorgestelde meetpunten voor grondwaterkwaliteit zijn:

- **Bestaande locaties voor meetpunten**

Er zijn 9 recent bemonsterde bestaande locaties geselecteerd rondom de DSM-onttrekking, zie Tabel 5-1. Van deze 9 meetpunten voor grondwaterkwaliteit corresponderen er 5 met stijghoogte en freatische meetpunten; deze zijn aangegeven met de asterisk.

Nr.	Meetpunt	Gebiedstype	Gemeente
1.	37BA3229	Woongebied	Westland
2.	30DA3211	Parken en plantsoenen	Den Haag
3.	30GA3834	Woongebied	Leidschendam-Voorburg
4.	37EP0316*	Overig agrarisch gebruik	Pijnacker-Nootdorp
5.	37EP0271*	Bedrijfsterrein	Delft
6.	37EA3472	Openbare voorziening	Delft
7.	37EP0312*	Sociaal culturele gebruik	Delft

Nr.	Meetpunt	Gebiedstype	Gemeente
8.	37EP0305*	Overig agrarisch gebruik	Midden Delfland
9.	37EP0377*	Overig agrarisch gebruik	Midden Delfland

Tabel 5-1: Bestaande recente meetpunten rondom de DSM-onttrekking

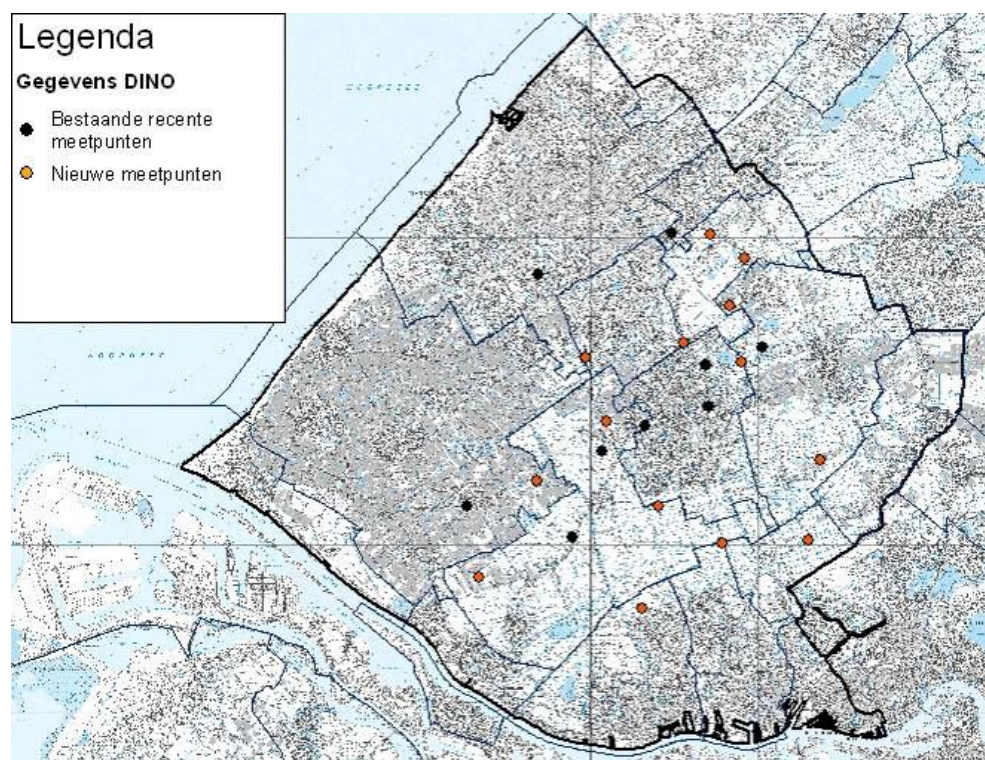
- **Nieuwe locaties voor meetpunten**

Er zijn 14 locaties gekozen waar additioneel grondwaterkwaliteit monitoring wordt aangeraden (Tabel 5-2, Figuur 5-9). Hierbij wordt, waar mogelijk, rekening gehouden met het aantal meetpunten dat aan een gemeente wordt geadviseerd. De nieuwe locaties in Leidschendam-Voorburg (teven nieuw stijghoogte meetpunt), Vlaardingen, Schiedam en Rotterdam hebben een lage prioriteit, daar deze voornamelijk gebaseerd zijn op de N en P belasting (Figuur 5-10 en Figuur 5-11).

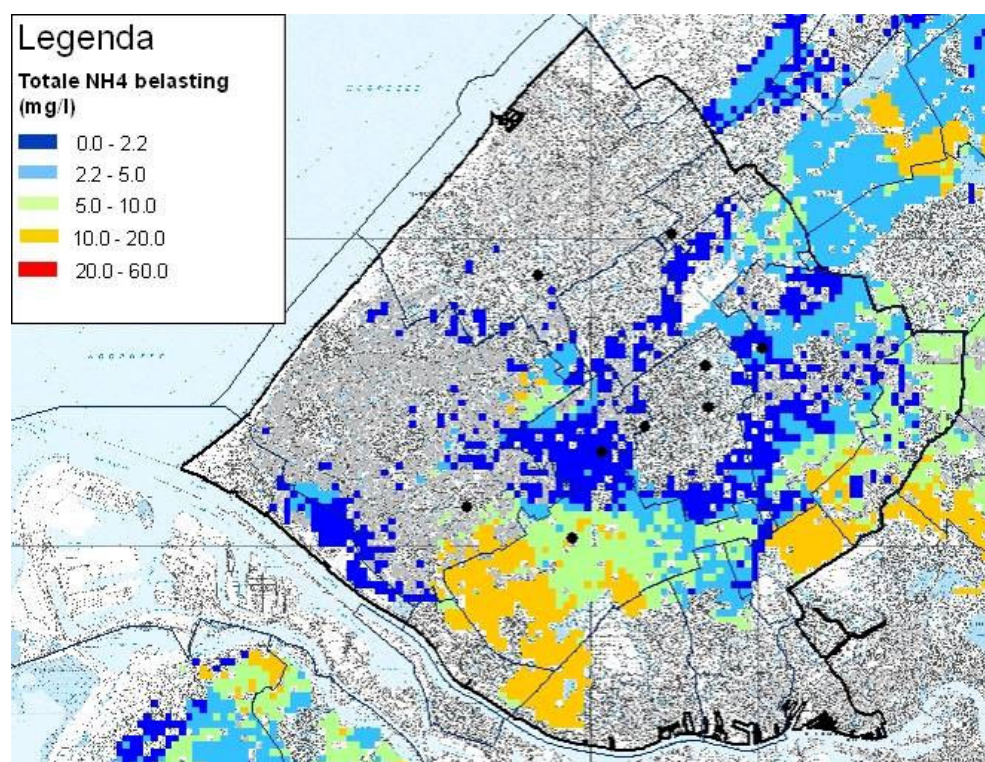
Nr.	Coördinaten		Gemeente	Opmerkingen
	X	Y		
1.	79036	444311	Westland	
2.	84325	449259	Rijswijk	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
3.	80790	448730	Rijswijk	Bestaand stijghoogte en freatisch meetpunt (37EP0561)
4.	86480	452261	Leidschendam-Voorburg	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
5.	85278	453137	Leidschendam-Voorburg	Bestaand freatisch meetpunt (30GP0494)
6.	89223	445083	Pijnacker-Nootdorp	Bestaand stijghoogte en freatisch meetpunt (30EP0382)
7.	85948	450606	Pijnacker-Nootdorp	Bestaand stijghoogte en freatisch meetpunt (30GP0837)
8.	86369	448556	Delft	Bestaand stijghoogte en freatisch meetpunt (37EP0314)
9.	77002	440861	Midden Delfland	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
10.	83410	443420	Midden Delfland	Tevens nieuw stijghoogte en freatisch meetpunt (37EP0029 ⁵)
11.	81565	446432	Midden Delfland	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
12.	82848	439756	Vlaardingen	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
13.	85722	442090	Schiedam	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt
14.	88804	442175	Rotterdam	Tevens nieuw stijghoogte meetpunt

Tabel 5-2: overzicht nieuwe meetpunten

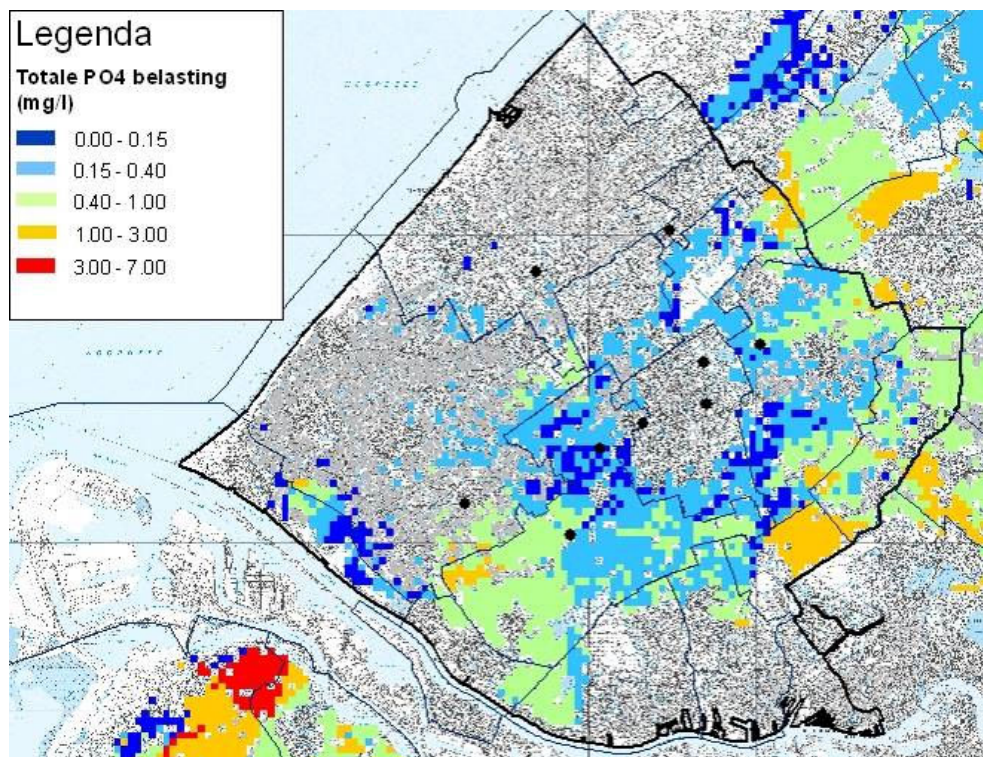
⁵ Oud meetpunt grondwaterkwaliteit en stijghoogte



Figuur 5-9: Voorstel van locaties van te bemeten punten: 9 bestaande meetpunten en 14 nieuwe meetpunten.



Figuur 5-10: Achtergrondbelasting van NH₄ (mg/l) door kwel in de zomer (Griffioen, 2002).



Figuur 5-11: Achtergrondbelasting van PO₄ (mg/l) door kwel in de zomer (Griffioen, 2002).

5.7 Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer

Zoals aangegeven in paragraaf 5.2, zijn de gegevens die tijdens de nulmeting verzameld zijn belangrijk om een betrouwbaar modelinstrumentarium van de grondwaterkwaliteit te verkrijgen. Met deze gegevens kan het model verbeterd worden. Bovendien kan vervolgens een betrouwbare voorspelling worden gedaan van de veranderingen als gevolg van de stopzetting van de DSM-onttrekking. Daarnaast kan worden aangegeven wanneer er aanleiding is om maatregelen te nemen.

De gegevens verkregen uit de verschillende (monitoring)meetnetten kunnen worden opgeslagen in DINO. Hierdoor is alles voor iedereen beschikbaar en kunnen eventuele afwijkingen van de voorspelling sneller geïnterpreteerd worden. Dit moet verder worden afgestemd met de andere thema's.

5.8 Frequentie van metingen en inschatting kosten

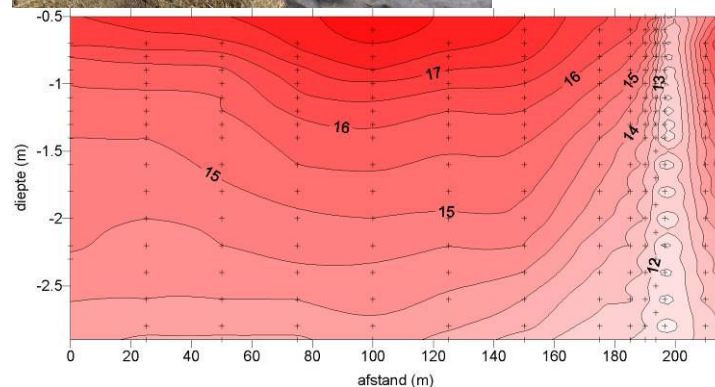
Wat betreft de bepaling van de nulmeting van de chloride concentratie verdeling wordt de monitoring opgesplitst in twee onderdelen:

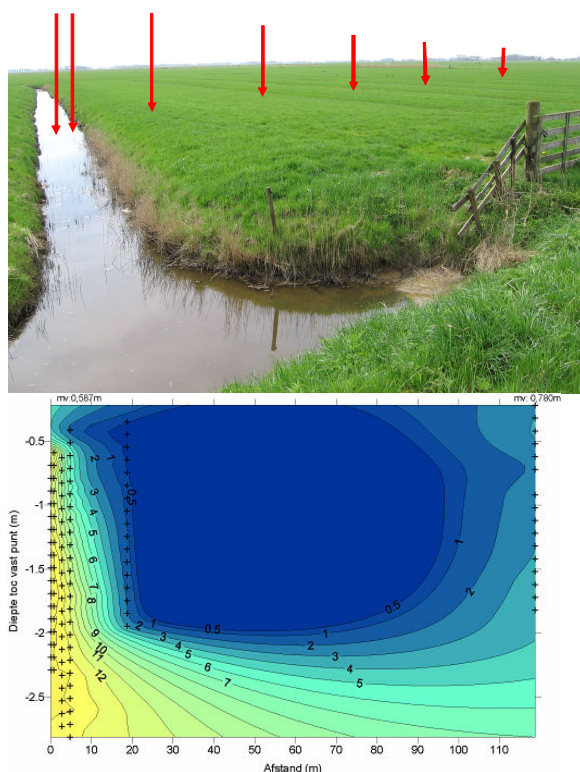
1. het ondiepe freatische grondwatersysteem en
2. het diepe grondwatersysteem (eerste en tweede watervoerend pakket).

5.8.1 *Het ondiepe freatische grondwatersysteem*

Met behulp van de zogenaamde T-EC prikstok (Wirdum, 2004) kan voor elke 10cm van de bodem de temperatuur en elektrische geleidbaarheid (EC) worden gemeten, tot ongeveer een diepte van 4 m, afhankelijk van de bodemopbouw (zie Figuur 5-12). Hiermee kan informatie worden verkregen van het zoutgehalte van het topsysteem in

landbouwpercelen en het stromingspatroon door de deklaag rondom de sloten en de wellen. De methode is uiterst geschikt voor het meten in profielen. Gedacht wordt aan een aantal geselecteerde landbouwpercelen (minimaal 4) en een aantal wellen (minimaal 7) in de risicogebieden (paragraaf 5.3), met een relatief hoge frequentie van één keer per seizoen (dus twee keer per jaar), zowel vóór (nulmeting) als na een verandering van het DSM-onttrekkingsdebiet. De precieze locatiekeuze is afhankelijk van een watersysteemanalyse (ligging van zandbanen) en voorlopige modelresultaten. Kosten: 15 k€ per meetcampagne (dus 30k€ per jaar) inclusief verslaglegging, met als voorwaarde dat gebruik wordt gemaakt van studenten en personeel van het Hoogheemraadschap. Aangezien grondwaterstroming een relatief traag proces is (zeker ten opzichte van het oppervlaktewatersysteem) wordt een minimale looptijd van 10 jaar geadviseerd.





Figuur 5-12: Impressies van de T-EC prikstof: a. T-EC-metingen in de sloot, b. regionaal temperatuurprofiel in een sloot in de Polder Noordplas (ter hoogte van $x=200\text{m}$ is een koude wel zichtbaar, kruisjes geven de locatie van een meting weer), c. voorbeeld van een perceel waarop metingen zijn uitgevoerd (Friesland), d. EC-bodemprofiel van een perceel in Zeeland met EC (mS/cm) waarden van de bodem.

5.8.2 *Het diepe grondwatersysteem*

Er moet een (éénmalige) nulmeting van chloride concentraties plaatsvinden in zo veel mogelijk bestaande (9) als nieuwe (14) meetpunten (zie paragraaf 5.6). Ten behoeve van de zoet-zout modellering moet per meetpunt op verschillende dieptelocaties de zoutconcentratie worden gemeten, bij voorkeur op minimaal drie diepten: in de deklaag, in het eerste watervoerend pakket en in het tweede watervoerend pakket.

De kosten worden geschat op eenmalig 100k€ (alternatief 1), waarbij met name de metingen in het tweede watervoerend pakket in de nieuw te plaatsen meetpunten erg prijzig zijn. Daarbij zijn de kosten voor de installatie van 9 meetpunten reeds in het hoofdstuk 2 (*Stijghoogte eerste watervoerend pakket*) opgenomen (paragraaf 2.5). Er kan echter met minder diepe metingen worden volstaan; tijdens de zoet-zout modellering worden dan een aantal scenario's van de 3D chloride concentratie verdeling in de ondergrond geschat, zodat er een aantal uitkomsten mogelijk zijn. In dit alternatief 2 bedragen de eenmalige kosten eerder 45 k€. TNO adviseert verder jaarlijks 2 keer op 4 locaties opnieuw de chloride concentratie te bemeten, in de directe omgeving van de DSM onttrekking, en met name in de gebieden waar een omslag van infiltratie naar kwel te verwachten is, en wel wederom op dezelfde drie dieptelocaties die voorhanden zijn (schatting kosten 5k€ per jaar).

Alternatief 1	Kostenraming in k€
Plaatsing 5 nieuwe kwaliteitsmeetpunten incl. waterpassen (tot in het tweede watervoerend pakket)	50 (eenmalig)
Verlengen 9 nieuwe kwaliteitsmeetpunten incl. waterpassen (tot in het tweede watervoerend pakket)	36 (eenmalig)
Totale geochemische analyse (3 dieptelocaties in alle 23 meetpunten), coördinatie & rapportage	14 (eenmalig)
2 keer totale geochemische analyse (3 dieptelocaties op 4 locaties), coördinatie & rapportage	5 (jaarlijks)
Ondiep freatisch grondwatersysteem, coördinatie & rapportage	30 (jaarlijks)
TOTAAL	100 (eenmalig) + 35 (jaarlijks)

Alternatief 2	Kostenraming in k€
Plaatsing 5 nieuwe kwaliteitsmeetpunten incl. waterpassen (tot in het eerste watervoerend pakket)	20 (eenmalig)
Totale geochemische analyse (3 dieptelocaties in 9 meetpunten en 2 dieptelocaties in 14 meetpunten), coördinatie & rapportage	12 (eenmalig)
Modellering tweetal extra 3D chloride verdelingen (inclusief drie onttrekkingsscenario's)	13 (eenmalig)
2 keer totale geochemische analyse (3 dieptelocaties op 4 locaties), coördinatie & rapportage	5 (jaarlijks)
Ondiep freatisch grondwatersysteem, coördinatie & rapportage	30 (jaarlijks)
TOTAAL	45 (eenmalig) + 35 (jaarlijks)

6 Oppervlaktewaterkwaliteit

Dit hoofdstuk beslaat de oppervlaktewaterkwaliteit. Na een korte inleiding gaat het eerst in op de doelstelling van de monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit, en op de samenhang daarvan met de andere meetnetten. Daarna volgen een korte systeembeschrijving, een beschrijving van de gebieden die kwetsbaar zijn voor een toename van het chloridegehalte, en komen de verwachte effecten van het reduceren van de DSM-winning aan de orde. Tenslotte volgt een beschrijving van het huidige netwerk, op basis waarvan het monitoringsnetwerk voor oppervlaktewaterkwaliteit wordt opgesteld.

6.1 Inleiding

Het reduceren van de onttrekking van grondwater door DSM zal de kwel- / infiltratiesituatie in Delft en omgeving beïnvloeden. Dat kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit in het watersysteem. Ten gevolge van de winning van DSM is er momenteel sprake van een infiltratiesituatie in grote delen van het gebied rondom DSM (Figuur 5-2 en Figuur 5-3). Bij een toekomstige reductie van de winning zal de toenemende kwel van brak tot zout grondwater op den duur kunnen leiden tot een toenemende chloridebelasting van het oppervlaktewatersysteem (Figuur 5-4). Het is daarom van belang om zo snel mogelijk, maar in ieder geval vanaf de start van de reductie, de effecten op de waterkwaliteit te monitoren. Dan kunnen eventueel benodigde maatregelen goed worden afgestemd op de veranderende situatie.

De aandacht gaat bij de monitoringstrategie oppervlaktewater in de eerste plaats uit naar chloride. Chloride is een conservatieve stof, waarmee de grootte van de verschillende stromen in het watersysteem beter bepaald kunnen worden. Het concentratieverloop van deze stof in grond- en oppervlaktewater zal in de volgende fase van het onderzoek worden gesimuleerd met numerieke modellen. Deze modellen zullen geverifieerd (en zonodig bijgesteld) worden door de metingen. Ook daarom is het van belang dat er op de juiste plaatsen met de juiste frequentie gemeten wordt. Een goede kennis van de verschillende waterstromen is een essentiële basis om uitspraken te kunnen doen over de ontwikkeling van de kwaliteit van het watersysteem. Voor een nog beter begrip van de kwaliteitsontwikkeling in het watersysteem is het ook van belang om andere stoffen, zoals nutriënten, in de analyse mee te nemen.

6.2 Doelstelling monitoring oppervlaktewaterkwaliteit

De doelstelling van de monitoringstrategie oppervlaktewaterkwaliteit is tweërlei:

- **Bepaling veranderingen in oppervlaktewaterkwaliteit na reductie van de DSM-winning**

De reductie van de DSM-winning zal leiden tot veranderde toestroom van grondwater naar het oppervlaktewater, zowel wat betreft grootte en richting als wat betreft kwaliteit. Deze veranderde toestroom zal leiden tot een veranderde kwaliteit van het oppervlaktewater. De monitoring (in ruimte en in tijd) zal zodanig ingericht moeten worden dat de veranderingen ten gevolge van de DSM-winning te scheiden zijn van andere ontwikkelingen in dit gebied. Gezien de verwachte beïnvloeding van het oppervlaktewater door opkwellend grondwater kan de monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit niet los worden gezien van de monitoring van de grondwaterkwaliteit, en evenmin van de waterkwantiteit. Daarom zal het meetnet

voor oppervlaktewaterkwaliteit nadrukkelijk worden afgestemd op de andere meetnetten.

- **Bepaling nulmeting**

Om de effecten van reductie van de DSM-winning zo zuiver mogelijk te kunnen kwantificeren, is een goede nulmeting een vereiste. Omdat het geruime tijd zal duren voor het eerste brak tot zoute grondwater in het oppervlaktewater zal opkwellen, lijkt het op het eerste gezicht niet noodzakelijk om snel een nulmeting uit te voeren. Direct na begin van reductie van de DSM-winning zal de hoeveelheid uittredend grondwater in de sloten echter toenemen. Omdat ook dit grondwater een ander (hoger) chloridegehalte heeft dan het neerslagwater zal er vrij snel een verandering van het chloridegehalte in het oppervlaktewater optreden. In perioden met weinig neerslag zal deze verandering het grootst zijn. Daarom is het ook voor de oppervlaktewaterkwaliteit van belang dat de nulmeting plaatsvindt voordat met reductie van de DSM-winning begonnen wordt.

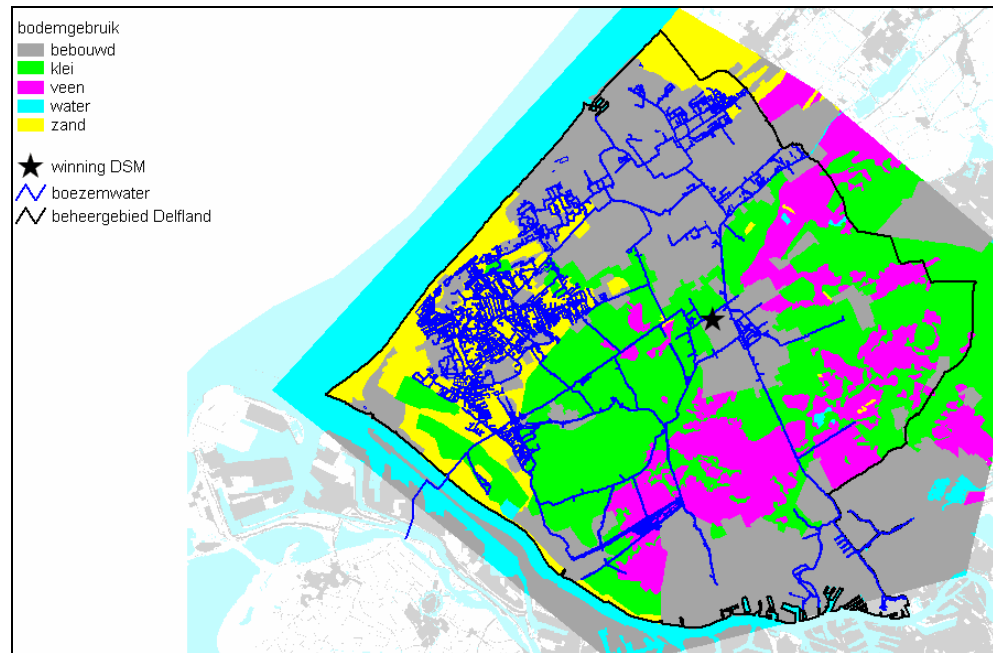
Naast een meetcampagne loopt er ook een modelleertraject. Uiteraard zullen de resultaten van de monitoring ook gebruikt worden om de voorspellingen van de ontwikkelde numerieke modellen te verifiëren. Bij een goede afstemming tussen meten en modelleren kunnen omgekeerd de modellen aangeven waar en hoe het meetnetwerk geoptimaliseerd kan worden.

Bij het opstellen van de monitoringstrategie voor het oppervlaktewater gaan we, net als voor de andere meetnetten, uit van het zgn. *worst case* scenario. Dat betekent volledig stopzetting van de grondwateronttrekking van DSM. We focussen ons bij dit onderzoek op het gebied waarvan we verwachten dat er relevante effecten door deze stopzetting kunnen optreden. Dat is het gebied waar na het volledig stoppen van de onttrekking omslag van infiltratie naar kwel kan optreden en waar op den duur dus een significante toename van de chloridevracht verwacht mag worden (Figuur 5-4).

6.3 **Beknopte beschrijving van het oppervlaktewatersysteem**

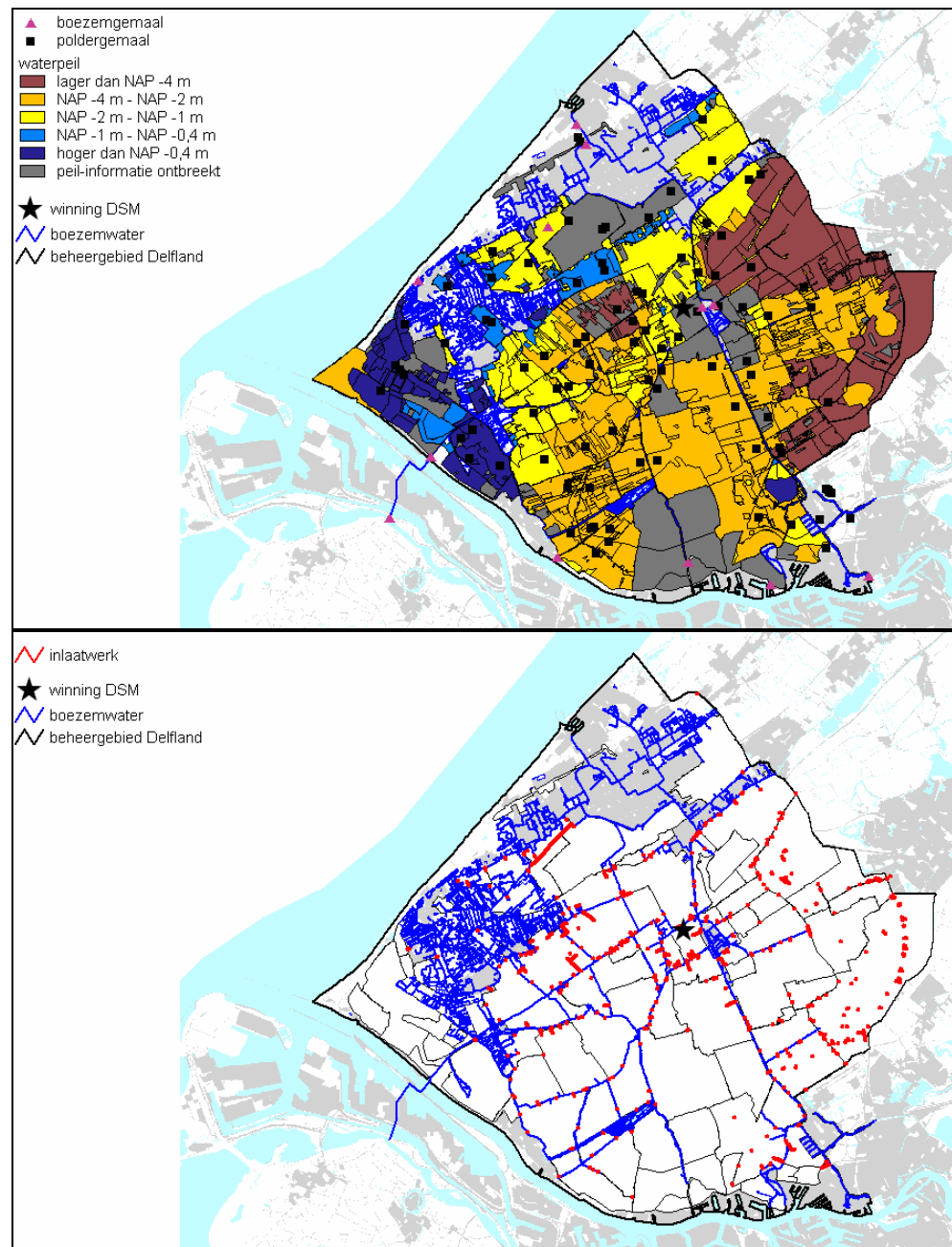
Deze paragraaf geeft een korte beschrijving van het oppervlaktewatersysteem van Delfland. De beschrijving is afkomstig uit het rapport “Herijking ABC-boezem” (HH Delfland, 2004).

Het beheergebied van Delfland (42.000 ha) kan globaal worden verdeeld in boezemland (22%, incl. boezemwater) en poldergebied (78%). Het boezemland watert direct af op de boezem, waarvan het waterpeil gemiddeld NAP – 0,42 m ligt. Figuur 6-1 geeft een overzicht van het gebied van Delfland.



Figuur 6-1: Overzicht van het oppervlaktewatersysteem in Delfland. De ster geeft de DSM-winning weer.

Het overgrote deel van Delfland is onverhard (64%, situatie 1998). Ongeveer 19% is verhard en 13% van het oppervlak is kasgebied, dat verspreid over de polders en boezemlanden voorkomt. De polders lozen hun water op de boezem via gemalen, terwijl de boezemlanden vrij afwateren op de boezem. Een overzicht van de polders en de bijhorende streefpeilen is in het bovenste deel van Figuur 6-2 weergegeven. De boezemwateren vormen één systeem, met bemalingsmogelijkheden naar de Noordzee, de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas. Naar deze laatste twee bestaan ook spui mogelijkheden. De rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) in Delfland lozen niet op de boezem maar direct op het buitenwater.



Figuur 6-2 Boven: Overzicht van de ligging van de polders en de bijbehorende waterpeilen in Delfland, poldergemalen en boezemgemalen. Onder: Overzicht van de inlaten (in rood) in Delfland

Op basis van de gegevens van Delfland is voor ruim 10 % van het beheergebied op geen enkele manier vast te stellen welke waterpeilen in de betreffende polders gehandhaafd worden. Deze gebieden zijn wel gedefinieerd als polders, maar ontbreken in het bestand met peilgebieden. Een belangrijk deel van deze gebieden ligt in de stad Delft, waarvan alleen het oude centrum deel uitmaakt van het boezemland. Daarnaast ontbreken in het bestand met peilgebieden voor ongeveer 15% van deze peilgebieden iedere vorm van gegevens over gehandhaafde waterpeilen. Een aantal van deze peilgebieden blijken onderbemalingen te zijn in polders met een waterpeil van enkele meters onder NAP.

Er zijn binnen Delfland vele honderden inlaten (Figuur 6-2, onder), waarvan onbekend is wanneer en hoeveel er ingelaten wordt. Een deel van de waterinlaat vindt plaats bij of via het gemaal dat in natte tijden het overtollige polderwater de boezem op maalt. Een ander deel van de waterinlaat vindt plaats in de verst afgelegen peilvakken van een polder, waar vandaan het via natuurlijk verval over stuwen of via kleine gemaaltjes van peilvak naar peilvak stroomt om uiteindelijk bij het poldergemaal weer op de boezem gepompt te worden. Hetzelfde geldt voor doorspoeling.

Er is slechts bekend dat er waterinlaat en doorspoeling plaatsvindt. En dat dit deels in droge tijden gebeurt, maar in andere delen van het gebied het hele jaar door. Harde data hierover ontbreken echter.

6.4 Bepaling risicogebieden

Belangrijk bij het opstellen van de monitoringstrategie voor oppervlaktewaterkwaliteit is dat gekeken wordt naar de gebieden waar het risico op kwaliteitsveranderingen het grootst is. Dat zijn gebieden:

1. waar het effect van de reductie van de DSM-winning het grootst is;
2. waar de chlorideconcentratie van het grondwater nu al hoog is;
3. die het meest kwetsbaar zijn voor verandering van de waterkwaliteit.

6.4.1 *Gebieden waar het effect van de reductie van de DSM-winning het grootst is*
Zoals eerder bij de beschouwing van het grondwater al aan de orde is gekomen, zal het stopzetten van de grondwateronttrekking van DSM te Delft leiden tot een significante verandering van de kwel en wegzijging in een groot deel van het beheergebied van Delfland. In grote delen van het gebied, vooral in de directe omgeving van Delft, zal de huidige infiltratie situatie omslaan naar kwel (Figuren 5.2 en 5.3). Hierdoor zal er vrijwel direct (meer) grondwater de sloten instromen. Het grondwater (in deze regio) heeft een hoger chloridegehalte dan het neerslagwater, dus het chloridegehalte in de sloten zal door reductie van de DSM-winning vrijwel direct (licht) gaan toenemen. Waarschijnlijk zal pas na verloop van meerdere jaren brak tot zout grondwater de sloten gaan instromen. Op het moment dat het brak tot zoute kwelwater doorbreekt, zal het chloridegehalte in die sloten wezenlijk kunnen toenemen.

Omdat het waterpeil in de boezem hoger ligt dan in de polders, die op de boezem aflat, zal er in het algemeen geen (brakke) kwel direct naar de boezem stromen. Dat betekent dat de chlorideconcentratie van de boezem alleen kan worden beïnvloed door kwelwater uit de polders. Daarom is het van belang om juist de waterkwaliteit in die polders te monitoren.

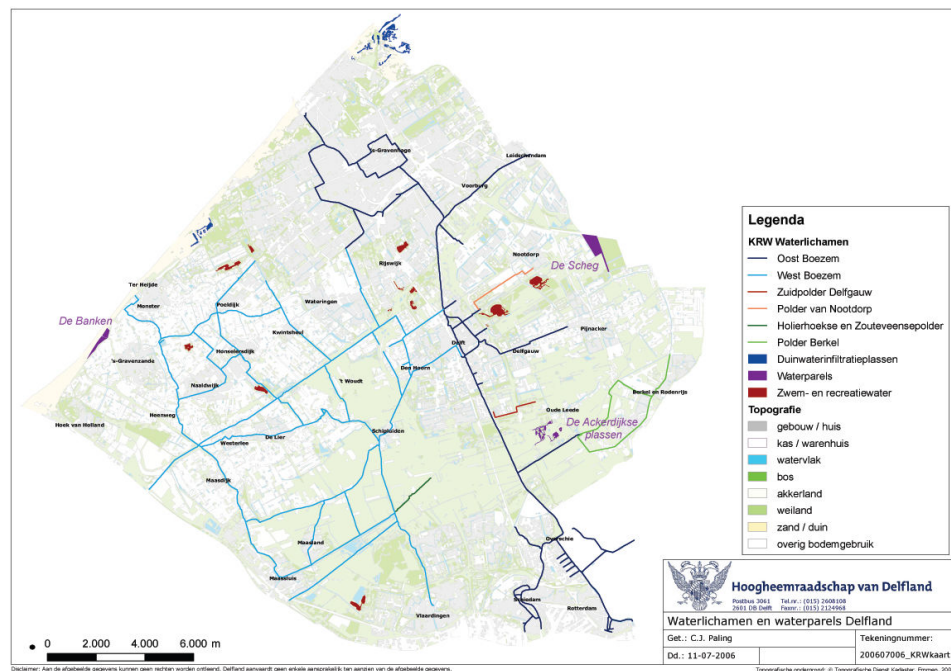
6.4.2 *Gebieden waar de chlorideconcentratie van het grondwater nu al hoog is*
Uit de beschouwing van de grondwaterkwaliteit (hoofdstuk 0) blijkt dat de verwachte toename van de chlorideconcentratie vooral zal optreden ten westen en ten zuiden van Delft (Figuur 5-4). Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door het gegeven dat daar in de huidige situatie de chlorideconcentratie in het watervoerend pakket vlak onder de deklaag al het hoogst is (Figuur 5-5). In de dieper gelegen polders aldaar kan dit met name in droge perioden leiden tot hoge chlorideconcentraties in de sloten. In polders waar ook in droge perioden bemaling nodig is, of in geval van doorspoeling (evt. na inlaat) zal het brak tot zoute kwelwater naar de boezem gepompt worden. In droge perioden overheerst de brak tot zoute kwel over de zoete neerslag. De

chlorideconcentratie in het slootwater zal dan hoger worden dan in natte perioden, wanneer de neerslag overheerst.

6.4.3 *Gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor verandering van de waterkwaliteit*

De gebieden binnen Delfland, die kwetsbaar zijn voor wat betreft de waterkwaliteit en ecologie, zijn bepaald in overleg met het Hoogheemraadschap van Delfland (zie ook Figuur 6-3):

- Waterlichamen volgens de KRW:
 - De boezem is in twee delen gesplitst die ieder als waterlichaam zijn aangemerkt: de Westboezem en de Oostboezem.
 - Daarnaast zijn 4 hoofdwatgangen in grote polders als waterlichaam aangewezen. Zo zijn de Slinksloot in de Holierhoekse en Zouteveense polder, een deel van Binnenboezem van de polder Berkel, een deel van de Karitaats Molensloot in de Zuidpolder van Delfgauw en de hoofdwatgang in de polder van Nootdorp als waterlichaam aangemerkt.
 - Naast de boezem en de polders zijn de drinkwaterinfiltratieplassen in de duinen bij Solleveld en Meijendel samen als waterlichaam aangewezen.
 - Vooral Polder van Nootdorp, Zuidpolder van Delfgauw liggen dicht bij onttrekking. In deze gebieden wordt zoute kwel verwacht, en daarmee samenhangend een mogelijke verspreiding van chloride door de boezem.
- Waterparels. Dit zijn oppervlaktewateren met bijzondere huidige of potentiële natuurwaarden. Het initiatief om waterparels aan te wijzen komt van de provincie Zuid-Holland. De provincie wil hiermee (in potentie) ecologisch waardevolle oppervlaktewateren tegen achteruitgang beschermen en waar mogelijk verbeteren. Delfland heeft het duingebied De Banken, natuurgebied de Scheg en de Akerdijkse Plassen aangewezen als waterparels. Binnen het traject van de KRW onderzoekt Delfland of deze oppervlaktewateren de functie waternatuur of de status van waterlichaam kan worden toegekend. Er wordt in beeld gebracht welke maatregelen nodig zijn om de bijzondere natuurwaarden te realiseren, te behouden of te versterken en wat de kosten van deze maatregelen zijn.
- Zwemgebieden.
- Polder van Biesland, 'boeren voor natuur' en watergang tussen Dobbeplass en Polder van Biesland.
- De 'Vlietlanden' tussen Maassluis en de Holierhoekse en Zouteveense Polder.



Figuur 6-3 KRW waterlichamen voor Delfland

6.5 Analyse huidige meetnet voor oppervlaktewaterkwaliteit

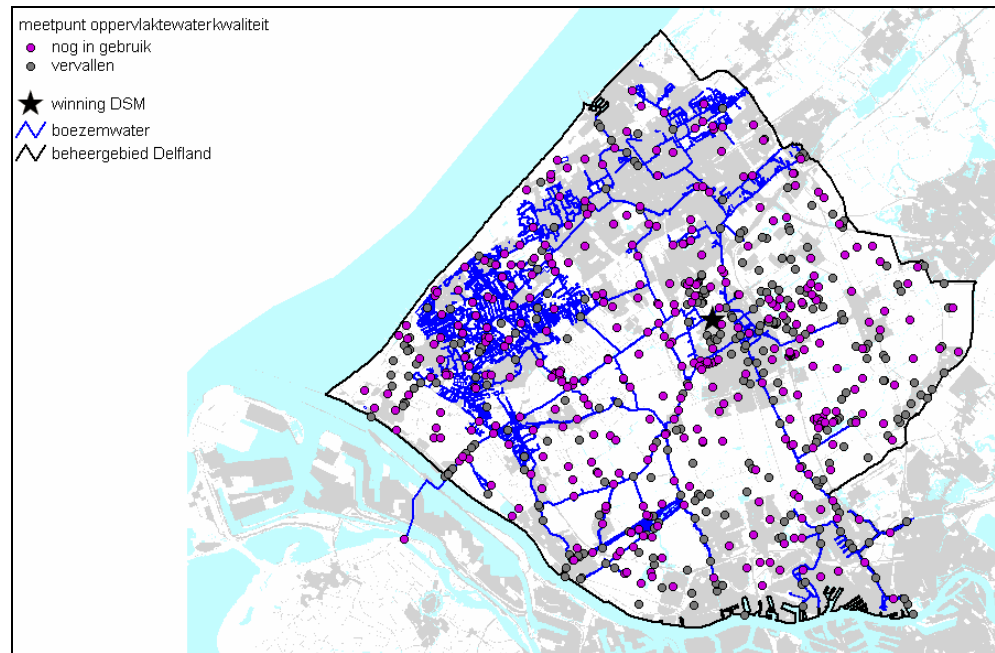
Bij de evaluatie van het huidige meetnet beperken we ons tot de laatste 10 jaar (1996 – 2006). De gegevens zijn afkomstig van een database van het Hoogheemraadschap Delfland. Dit definiëren we als het huidige meetnet oppervlaktewaterkwaliteit. Dit meetnet is gedefinieerd als “locaties waar sinds 1996 de kwaliteit van het oppervlaktewater is gemeten”.

Het huidige meetnet oppervlaktewaterkwaliteit is verspreid over het gehele gebied van Delfland en telt 382 locaties. Figuur 6-4 geeft hiervan een overzicht. De paarse punten in deze figuur zijn de locaties van het huidige meetnet. De grijze punten (333 stuks) zijn locaties waar voor 1996 de waterkwaliteit wel is gemeten, maar waar sindsdien geen metingen aan de waterkwaliteit zijn uitgevoerd.

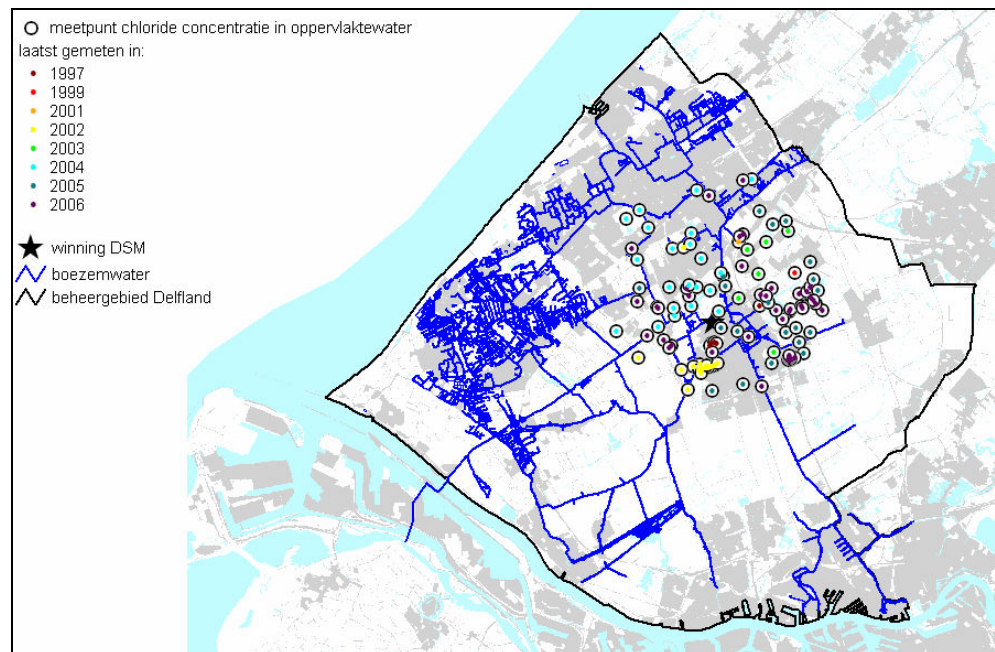
De waterkwaliteitsmetingen die zijn uitgevoerd, zijn in vijf waarnemingspakketten onder te verdelen:

- Algemeen fysisch en chemisch pakket (incl. chloride);
- Standaard metalen pakket;
- Standaard veldpakket;
- Ionen pakket;
- 16 PAK's van het U.S. Environmental Protection Agency (EPA) pakket.

In de meeste punten van het huidige meetnet is chloride gemeten. Voor deze studie hebben we ons gefocust op die punten, die grofweg binnen een straal van 5 km van de DSM-winning liggen. Daarvan zijn de gegevens door het Hoogheemraadschap van Delfland ter beschikking gesteld. Figuur 6-5 geeft van deze meetlocaties een overzicht waar de laatste 10 jaar het chloridegehalte van het oppervlaktewater is gemeten.



Figuur 6-4: Bekende meetlocaties voor oppervlaktewater in Delfland



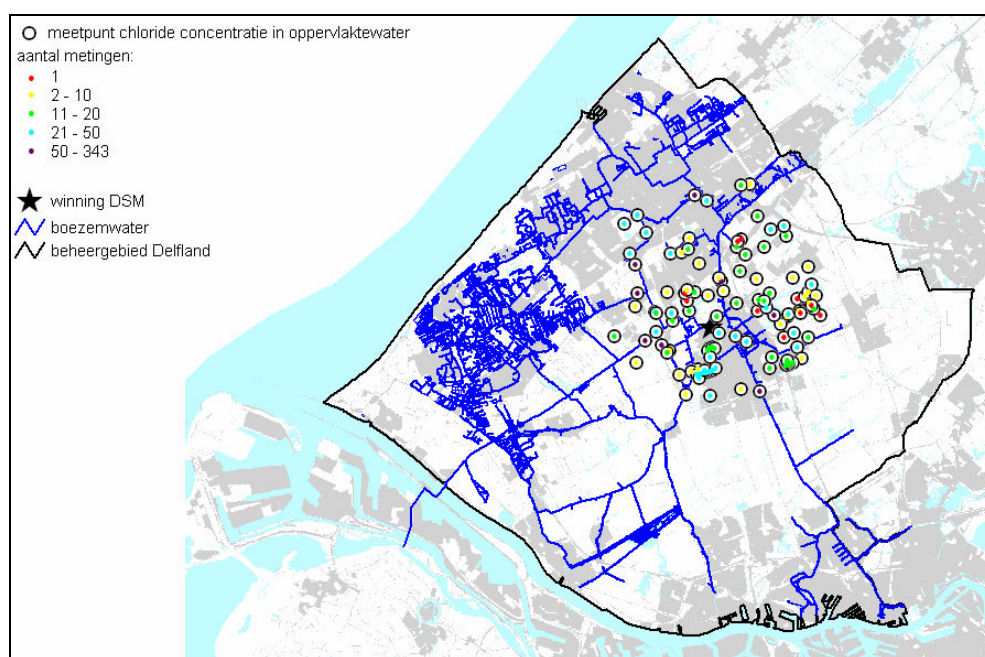
Figuur 6-5: Locaties in de omgeving van de DSM-winning waar na 1996 het chloridegehalte is gemeten

De cirkels in Figuur 6-5 geven de locaties weer waar sinds 1996 chloride gemeten is. Het betreft 115 locaties. De gekleurde stippen binnen de cirkels geven aan in welk jaar voor het laatst chloride is gemeten. Niet ieder jaar wordt op alle locaties gemeten. Zo is er in 2006 op slechts 45 locaties chloride gemeten. Tabel 6-1 geeft een samenvatting van deze aantallen. Uit deze tabel blijkt ook dat er bijna ieder jaar “nieuwe” meetlocaties bijkomen. In 2006 waren dat er nog 17.

Eerste meting in:	Aantal meetlocaties	Laatste meting in:	Aantal meetlocaties
1996	37	1996	-
1997	20	1997	5
1998	9	1998	-
1999	-	1999	1
2000	9	2000	-
2001	1	2001	1
2002	1	2002	16
2003	8	2003	6
2004	1	2004	21
2005	12	2005	20
2006	17	2006	45

Tabel 6-1: Samenvatting van het aantal locaties waar chloride is gemeten voor het huidige en het historische meetnet.

Zowel de periode waarin chloride gemeten is als de frequentie van meten varieert per locatie. Figuur 6-6 geeft een overzicht van het aantal chloridemetingen sinds 1996. De kleur van de stip in het midden geeft het aantal metingen sinds 1996 aan.



Figuur 6-6: Aantal chloridemetingen sinds 1996

Slechts 6 van deze locaties zijn sinds 1996 vaker dan 100 keer gemeten. Drie van deze locaties liggen in de boezem, één ten westen (in de Zweth), één ten zuiden (in de Schie) en één ten noorden van Delft (in de Vliet). Deze drie locaties zijn zelfs gemiddeld meer dan 300 keer bemonsterd. Van de andere drie ligt er één in de Delftse Hout (onderdeel van de binnenboezem), één in de Wippolder (een ondiepe polder) en één in de Woudse Droogmakerij (een diepe polder). De gemiddeld gemeten chlorideconcentraties in de locaties in de boezem liggen alle drie rond de 120 mg/l, terwijl de gemiddeld gemeten concentraties op de andere drie locaties onder de 100 mg/l ligt, die in de Delftse Hout zelfs onder de 70 mg/l. Tabel 6-2 geeft een samenvatting van het aantal chloridemetingen.

Aantal meetjaren	Aantal metingen							Totaal		
	1	2	10	11	20	21	50		51	100
1	10	14	3	-	-	-	-	-	-	27
2	-	-	12	1	-	-	-	-	-	13
3	-	2	-	8	-	-	-	-	-	10
4	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5
5	-	6	1	-	-	-	-	-	-	7
6	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
9	-	10	10	14	2	-	-	-	-	36
10	-	-	1	4	-	2	-	-	-	7
11	-	-	2	3	-	4	-	-	-	9
Totaal	10	32	35	30	2	6	-	-	-	115

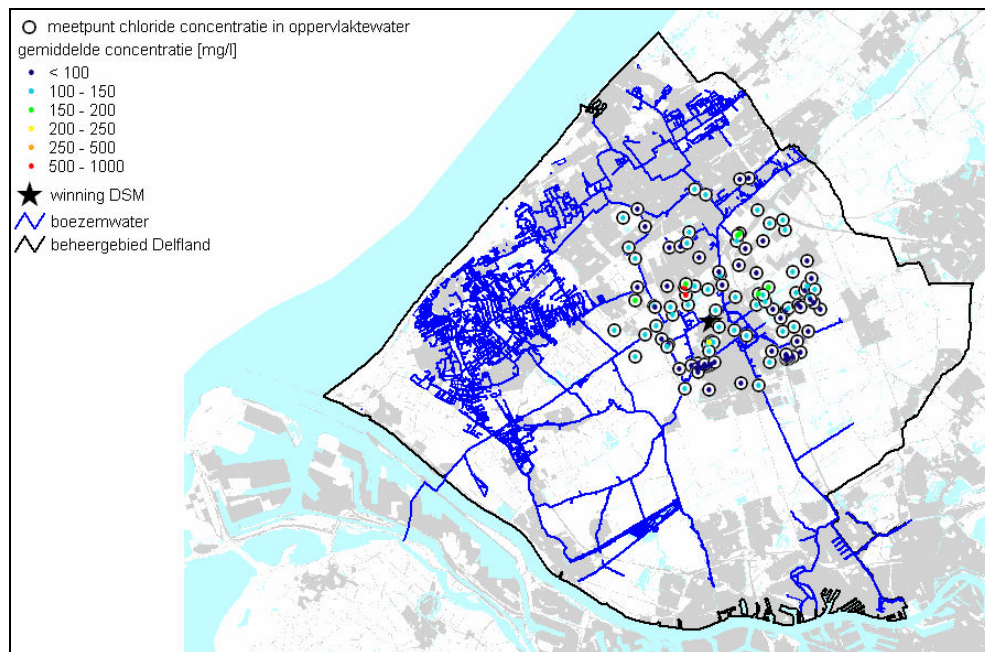
Tabel 6-2 Samenvatting van het aantal chloridemetingen

Figuur 6-7 geeft voor alle locaties waar sinds 1996 chloride is gemeten een overzicht van de gemiddeld gemeten chlorideconcentraties in het oppervlaktewater.

Het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor chloride in oppervlaktewater (de MTR norm) is 200 mg/l. Op drie locaties wordt de MTR voor chloride overschreden. Dat zijn de locaties:

1. OW204-012 in de hoge sloot langs de Ecodusstraat in Delft (250 mg/l – 11 metingen in 1996 en 1997);
2. OW412-022 langs de Rijksweg A4 in de polders Plaspoel- en Schaapweipolder (930 mg/l – 1 meting in 2006);
3. OW412-036 in het Wilhelminapark Rijswijk bij de Avonturen speelplaats (540 mg/l – 1 meting in 2006).

Op de laatste twee locaties berust het gemiddelde op slechts één waarde. Er is er pas in mei 2006 begonnen met meten, maar de chlorideconcentraties zijn hier relatief hoog. De eerste locatie toont in de zomerperiode een gemiddelde concentratie boven de MTR (250 mg/l).



Figuur 6-7 Gemiddeld gemeten chlorideconcentratie sinds 1996

Daarnaast vraagt nog een vierde locatie de aandacht. Dat is meetpunt OW412-038. Deze locatie ligt in de Plaspoel- & Schaapsweipolder, vlakbij OW412-036. De gemiddeld gemeten chlorideconcentratie over de gehele meetperiode (171 mg/l in 8 metingen van 1996 tot 2004) overschrijdt de MTR weliswaar niet, maar in de zomerperioden gebeurt dit wel. De eenmalige meting van meetpunt OW412-036 (540 mg/l) heeft plaatsgevonden in mei 1996, dus ook in het zomerhalfjaar. Zomerperioden zijn voor deze studie van belang omdat in droge perioden de grootste beïnvloeding van het oppervlaktewater door chloride te verwachten is, zeker na stopzetting van de DSM-winning.

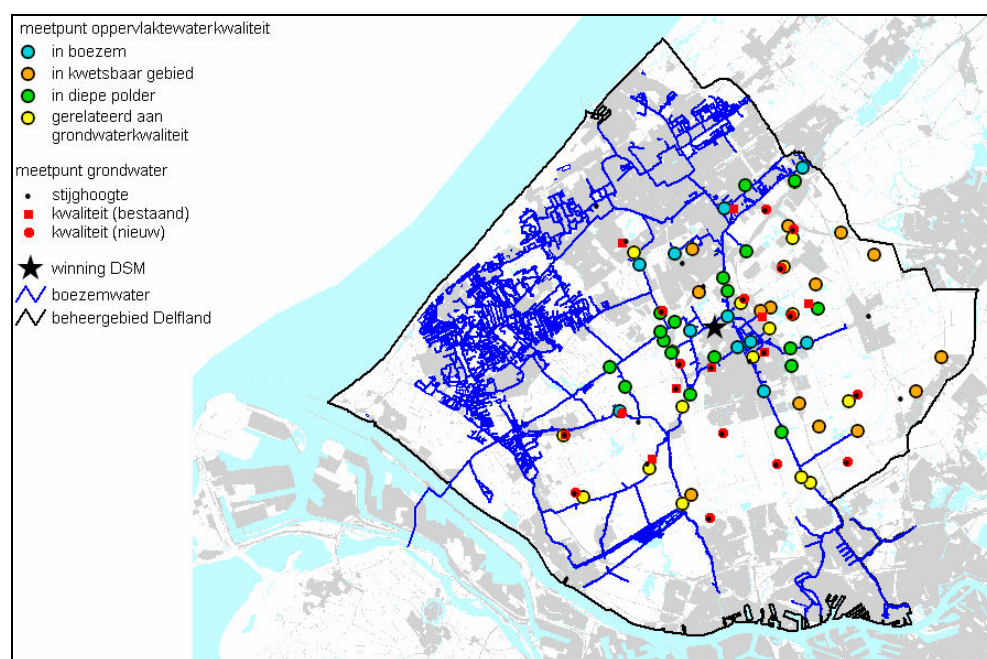
6.6 Opzet Delft-DSM meetnet oppervlaktewaterkwaliteit

Het ontwerpen van een monitoringstrategie voor de oppervlaktewaterkwaliteit is gericht op de locaties waar de effecten van de reductie van de winning van DSM verwacht worden. Het huidige meetnet is feitelijk een ‘papieren meetnet’. Daarmee wordt bedoeld dat er in het algemeen geen vast ingerichte meetlocaties zijn. Er wordt ergens op de beoogde locatie een watermonster genomen, dat vervolgens wordt geanalyseerd. Dat is een belangrijk uitgangspunt voor de opzet van de monitoringstrategie, omdat dit een grote mate van flexibiliteit biedt voor het kiezen van nieuwe meetlocaties, en het veranderen van bestaande locaties. Er zijn immers geen inrichtingskosten mee gemoeid. Anderzijds vormt het belang van continue meetreeksen een belemmering om zomaar oude locaties te wijzigen in nieuwe locaties.

We adviseren om de meetlocatie vlak voor een (polder)gemaal te situeren, omdat op deze manier de kwaliteit van het water dat op de boezem uitgemalen wordt goed gemonitord kan worden. Wanneer er op deze plaatsen tijdelijk water uit de boezem naar de polders wordt ingelaten, wordt zoet boezemwater met brak polderwater gemengd. Bij een continue meting (met divers) is dit tijdelijke effect terug te vinden in de chlorideconcentratie. Op deze manier zijn ook seizoensafhankelijke effecten goed te kwantificeren.

6.6.1 Locatie

Voor een goede analyse zijn van de ontwikkeling van de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater na stopzetting van de DSM-winning komen wij op basis van bovenstaande criteria tot een meetnet van 60 meetpunten. Van deze 60 meetpunten liggen er 11 in de boezem. Daarvan 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. Figuur 6-8 geeft een overzicht van de benodigde meetpunten voor het oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnet. De lichtblauwe punten in deze figuur liggen in de boezem, de oranje punten in kwetsbare gebieden en de groene punten in diepe polders. De gele punten zijn gerelateerd aan grondwaterkwaliteitsmeetpunten, die nog geen relatie met een van de andere meetpunten van het meetnet voor oppervlaktewaterkwaliteit hebben. Met rode punten zijn de locaties van het grondwaterkwaliteitsmeetnet weergegeven.



Figuur 6-8 Meetnet oppervlaktewaterkwaliteit

Een groot aantal van de groen en gele meetpunten uit Figuur 6-8 lijkt ook in de boezem te liggen. Dat komt omdat de meeste van deze punten in de buurt van het gemaal liggen en dus vlakbij de boezem. De meetpunten van het grondwaterkwaliteitsmeetnet zijn vaak juist verder van de boezem gelegen, midden in de diepe polders, omdat na stopzetting van de DSM-winning daar de hoogste chlorideconcentraties in het grondwater verwacht worden. Voor het oppervlaktewater is de concentratie van het uit te malen water uit een dergelijke polder belangrijker. Daarom liggen een aantal gele punten uit Figuur 6-8 op relatief grote afstand van het meetpunt voor grondwaterkwaliteit waar ze aan gerelateerd zijn.

De tabel in bijlage C geeft een overzicht van de meetpunten uit Figuur 6-8. Daarin zijn de coördinaten van de meetpunten van het meetnet voor oppervlaktewaterkwaliteit opgenomen, alsmede de relatie met de meetpunten van het huidige netwerk en de afstand tot deze punten. Slechts vijf punten van het voorgestelde netwerk hebben geen relatie met het huidige netwerk en zijn als compleet nieuw te beschouwen.

6.6.2 *Frequentie*

Chloride is een conservatieve stof, waarmee de grootte van de verschillende stromen in het watersysteem beter kunnen worden bepaald. Wanneer water uit de boezem naar de polders wordt ingelaten, wordt het zoete boezemwater met het brakke polderwater gemengd. Alleen bij een continue monitoring kan dit vaak tijdelijke effect op de chlorideconcentratie worden onderscheiden. We raden aan om in eerste instantie chloride continu te meten (vooral in de eerste jaren). Divers zijn daarvoor uitermate geschikt. Als er divers ingezet worden, kan het effect van discontinue invloeden op de waterkwaliteit, als waterinlaat en neerslaggebeurtenissen worden meegenomen in de analyse. In een polder is een frequentie van 4 metingen per uur daarvoor al voldoende. Een continue meting kan veel informatie opleveren over de relatie tussen het (zoute) kwelwater en het (zoete) neerslag- en inlaatwater. Een alternatief in gebieden die minder aan verandering onderhevig zijn, is een handmeting met een meetfrequentie van twee keer in de maand gedurende de eerste 5 jaar.

6.6.3 *Parameterpakket en uitvoering*

De aandacht gaat bij de monitoringstrategie in de eerste plaats uit naar chloride. Echter, voor een nog beter begrip van de kwaliteitsontwikkeling in het watersysteem is het ook van belang om andere stoffen, zoals nutriënten, in de analyse mee te nemen. In hoofdstuk 0 zijn de chemische processen beschreven die tijdens het uittreden van kwel kunnen optreden alsmede de stoffen die hierbij meespelen. Deze stoffen zijn met name pH, organisch materiaal en nutriënten. Door de beluchting van het opkwellende diepe grondwater zal de pH van het water dalen, en zullen Fe(II), NH₄ en CH₄ oxideren en zal PO₄ aan de gevormde ijzeroxiden gebonden worden. Bovendien neemt het kwelwater bij doorstroming van de deklaag PO₄ en NH₄ op, waardoor de concentraties hiervan toenemen ten opzichte van de concentraties van deze stoffen in het watervoerend pakket. Dit verklaart de mineralisatie van organisch materiaal in de deklaag en het vrijkomen van nutriënten.

In principe zou dit meetnet oppervlaktewater in staat moeten zijn om parameters pH, organisch materiaal en nutriënten (NH₄ en PO₄) mee te nemen. Er zijn meetlocaties van het meetnet grondwater overgenomen. Dat betekent dat de combinatie van beide meetnetten in staat is om een bijdrage van grondwaterbelasting aan oppervlaktewaterbelasting te bepalen. Aan de andere kant is er geen evaluatie gedaan op de ruimtelijke spreiding en meetfrequentie van de bovengenoemde parameters. Hoewel de meeste locaties van het meetnet locaties betreffen waarbij het algemeen fysisch en chemisch pakket is uitgevoerd (pH, nutriënten).

6.7 **Analyse, signalerende functie en suggesties voor databeheer**

Omdat de metingen samenhangen met metingen van de andere thema's (grondwater en geotechniek) is het aan te bevelen de opslag van deze gegevens af te stemmen met de andere thema's. Met de metingen van chloride in grond- en oppervlaktewater zullen in de volgende fase van het onderzoek de ingeschakelde numerieke modellen worden geverifieerd (en zonodig bijgesteld). Omgekeerd kunnen de modellen locaties aanwijzen waar aanvullende metingen noodzakelijk zijn.

6.8 **Inschatting kosten**

De onderstaande tabellen geven een inschatting van de kosten voor drie alternatieven. Alternatieven A en B hebben een meetfrequentie van 2 keer in de maand, terwijl

alternatief C uitgaat van continu meten. De kosten zijn verdeeld in eenmalige uitgaven en jaarlijkse uitgaven.

Alternatief C heeft duidelijk de grootste investeringskosten, maar is na bijvoorbeeld 5 jaar goedkoper dan beide andere alternatieven, doordat de jaarlijkse kosten aanzienlijk lager liggen.

Alternatief A: laboratoriumanalyses	Kostenraming in k€
60 monsters nemen	57,6 (jaarlijks)
60 chloridemonsters analyseren	14,4 (jaarlijks)
TOTAAL	0 (eenmalig) + 72 (jaarlijks)

Alternatief B: sonde	Kostenraming in k€
Aanschaf chloridesonde en portabel pc	5 (eenmalig)
60 metingen met sonde	57,6 (jaarlijks)
Onderhoud en vervanging sonde	1,5 (jaarlijks)
TOTAAL	5 (eenmalig) + 59,1 (jaarlijks)

Alternatief C: on line monitoring	Kostenraming in k€
Plaatsen van 60 divers inclusief datalogger en sms-verzendapparatuur	102,6 (eenmalig)
Onderhoud en verzekering 60 meetapparaten	3,4 (jaarlijks)
TOTAAL	102,6 (eenmalig) + 3,4 (jaarlijks)

7 Overzicht van de monitoringskosten

De verschillende meetnetten zijn in de vorige hoofdstukken besproken, maar voor het overzicht zullen hier nog kort de belangrijkste kenmerken en kosten van de meetnetten opgesomd worden. In de tabellen 7-1 tot en met 7-5 staan de belangrijkste numerieke en financiële gegevens vermeld.

Inspanning	Kostenraming in k€	
	Eenmalig	Jaarlijks
Plaatsing 17 nieuwe stijghoogtemeetpunten	50	21
Installatie van 70 divers in nieuwe en bestaande meetpunten		

Tabel 7-1: Overzicht meetnet stijghoogte eerste watervoerend pakket

Inspanning per gemeente	Nieuwe peilbuizen		Nieuwe divers	Kostenraming in k€	
	Stedelijk	Landelijk		Eenmalig	Jaarlijks
Delft	17	1	35	7	11
Rijswijk	12	2	14	6	7
Westland	24	4	28	13	10
Midden-Delfland	15	2	17	8	8
Pijnacker-Nootdorp	8	3	11	5	7
Leidschendam-Voorburg	3	0	3	2	5
Den Haag	10	0	36	4	11
TOTAAL				45	59

Tabel 7-2: Overzicht meetnet freatische grondwaterstand, uitgesplitst naar gemeente

Inspanning	Aantal locaties	Kostenraming in k€	
		Eenmalig	Jaarlijks
Onderzoek maaivelddeformatie	15	105	9
Dijken en kaden in het gebied HH Delfland	117	342	139
Panden en constructies in de gemeente Delft	119	149	208
Panden en constructies in de gemeente Rijswijk	31	67	69
TOTAAL		663	425

Tabel 7-3: Overzicht meetnet geotechnische effecten

Alternatief	Kostenraming in k€	
	Eenmalig	Jaarlijks
1. Meer locaties op grotere diepte	100	35
2. Minder locaties op grotere diepte met 3D-modellering	45	35

Tabel 7-4: Overzicht meetnet grondwaterkwaliteit voor de twee geformuleerde alternatieven

Alternatief	Kostenraming in k€	
	Eenmalig	Jaarlijks
1. Laboratoriumanalyse van 60 monsters per jaar	0	72
2. 60 metingen verrichten met een chloridesonde	5	59,1
3. Online monitoring met divers en sms-verzendapparatuur	102,6	3,4

Tabel 7-5: Overzicht meetnet oppervlaktewaterkwaliteit voor de drie geformuleerde alternatieven

Voor het vergelijken van de kosten van de meetnetten is de onderstaande tabel gemaakt, waarin tevens een sommatie is gemaakt van de eenmalige kosten en de jaarlijkse kosten voor de eerste 5 jaar. Hieruit blijkt dat het kiezen voor een alternatief met lage investeringskosten niet leidt tot een minimalisatie van kosten over een iets lagere periode. Eigenlijk is een keuze hierover beperkt tot het meetnet oppervlaktewaterkwaliteit, aangezien de jaarlijkse kosten voor beide alternatieven voor het grondwaterkwaliteitsmeetnet gelijk zijn. Bij het meetnet voor geotechnische effecten was al aangegeven dat een fasering van de reductie van de winning gebruikt kan worden voor een eventuele optimalisatie, waardoor de kosten lager kunnen uitvallen. In totaal variëren de totale kosten voor het monitoren van de drie thema's rond de € 3,7 miljoen.

Meetnet	Kostenraming in k€		
	Eenmalig	Jaarlijks	Na 5 jaar
Diepe stijghoogte	50	21	155
Freatische grondwater	45	59	340
Geotechniek	663	425	2.788
Grondwaterkwaliteit: alternatief 1	100	35	275
Grondwaterkwaliteit: alternatief 2	45	35	220
Oppervlaktewaterkwaliteit: laboratoriumanalyses	0	72	360
Oppervlaktewaterkwaliteit: sonde	5	59	301
Oppervlaktewaterkwaliteit: divers	103	3	120
TOTAAL Laagste investering	803	612	3.863
TOTAAL Laagste jaarlijkse kosten	906	543	3.623

Tabel 7-6: Overzicht van de meetnetten (inclusief alternatieven voor de thema's grondwaterkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit).

8 Referenties

- Bardoel, T., et al., 2003, Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas; Datarapport: uitwerking van verzamelde gegevens en eerste water- en stoffenbalans.
- Gehrels, J.C. (2005). Quickscan DSM-spoorzone: verkenning van duurzame oplossingsrichtingen voor het waterbeheer in Delft en omgeving. Delft Cluster TNO-NITG 05-134-B0905
- Griffioen, J. (2006). Extent of immobilisation of phosphate during aeration of nutrient-rich, anoxic groundwater. *Journal of Hydrology*. 320: p. 359-369.
- Griffioen, J, P.G.B. de Louw, H.L. Boogaard en R.F.A. Hendriks (2002). De achtergrondbelasting van het oppervlaktewatersysteem met N, P en Cl en enkele ecohydrologische parameters in West-Nederland. TNO rapport NITG 02-166-A.
- Linden, van der, W. (1999). Effecten stopzetten grootschalige onttrekkingen in de provincie Zuid-Holland, IWACO i.o.v. provincie Zuid-Holland.
- Louw, P. de, Oude Essink, G.H.P. en Maljaars, P. 2007: Achtergrondstudie kwelreductietechnieken, TNO rapport 2007-U-R0357/B, 82 p., april 2006.
- Maas, K. (2006). Monitoring vernatting in de Amsterdamse Waterleidingduinen. KIWA-rapport 06009004, i.o.v. Waternet, Vogelenzang.
- Minnema, B., Kuijper, B., & Oude Essink, G.H.P., (2004), Bepaling van de toekomstige verzilting van het grondwater in Zuid-Holland, TNO-NITG 04-189-B, 89p.
- Oude Essink, G.H.P., B. Goes en H. Houtman, (2005). Chlorideconcentratie onderkant deklaag in Nederland, TNO-NITG rapport 05-056-A, 17 p.
- Vliet, M.E. van, et al. (2002). Kwelwateronderzoek van de Groenblauwe Slinger, Zuid Holland; Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater door grondwaterkwel.
- Wirdum, van, G. (2004) Investigation into the direction and magnitude of water flow through peat at Thorne Moors, UK, TNO-NITG 185-B0709.

9 Ondertekening

Utrecht, <datum>

TNO Bouw en Ondergrond

Dr. J.C. Gehrels
Afdelingshoofd

Ir. F.J. Roelofsen
Projectleider

A Overzicht bestaande stijghoogtemeetpunten

	Meetnet	Meetpunt	Opmerking
1	DINO	30GB0480	
2	DINO	30DB0068	
3	DINO	30GB0015	
4	DINO	30GB0017	
5	DINO	30GB0119	
6	DINO	30GB0021	
7	DINO	30HP0126	
8	DINO	30GB0377	
9	DINO	30GP0837	
10	DINO	30GP0837	
11	DINO	37EP0394	
12	DINO	37BP0211	
13	DINO	37BP0159	
14	DINO	37EB0275	
15	DINO	37EP0561	
16	DINO	37EP0365	
17	DINO	37EP0314	
18	DINO	37EP0312	
19	DINO	37EP0312	
20	DINO	37EP0300	
21	DINO	37EP0481	
22	DINO	37EP0481	
23	DINO	37EP0481	
24	DINO	37EP0413	
25	DINO	37EP0426	
26	DINO	ongecodeerd, Den Hoorn	
27	DINO	37BP0233	
28	DINO	37BP0233	
29	DINO	37EP0382	
30	Pijnacker-Nootdorp	Onderdoorgang N470 – Zuideindseweg	Voorstel aanpassing ontwerp gem.meetnet
31	GeoDelft	Phoenixstraat	
32	Provincie Zuid-Holland	Stortplaats De Lier Oost	Één van 3 kiezen
33	Provincie Zuid-Holland	Stortplaats Oostbuurt (De Lier)	
34	Provincie Zuid-Holland	Stortplaats bij afslag A13 Delft-Zuid	Één van 2 kiezen
35	Provincie Zuid-Holland	Stortplaats bij Delfgauw-Swanecampen	
36	Provincie Zuid-Holland	Stortplaats Delftse Poort	
37	Gemeente Delft Waterstad 2000	11-4.08	
38	DZH	NDWP 051	
39	DZH	NDWP 026	
40	DZH	NDWP 057	
41	DZH	NDWP 061	
42	DZH	NDWP 012	
43	DZH	NDWP 038	
44	DZH	NDWP 055	

	Meetnet	Meetpunt	Opmerking
45	DZH	NDWP 043	
46	DZH	NDWP 049	
47	DZH	NDWP 052	
48	DZH	NDWP 035	
49	DZH	NDWP 008	
50	DZH	NDWP 006	
51	DZH	NDWP 009	
52	DZH	NDWP 073	
53	DZH	NDWP 029	
54	DINO	30HP0172	Zone E/F (geen divers)
55	DINO	37BP0052	Zone E/F (geen divers)
56	DINO	37CP0138	Zone E/F (geen divers)
57	DINO	30GP0838	Zone E/F (geen divers)
58	DZH	NDWP 022	Zone E/F (geen divers)
59	GW Rotterdam	129567-00091	Zone E/F (geen divers)
60	GW Rotterdam	134561-00091	Zone E/F (geen divers)

B Geschikte freatische meetpunten Waterstad 2000

Overzicht Waterstad 2000 die met name geschikt worden geacht voor opname in DSM-monitoringstrategie. Deze komen ook in aanmerking voor koppeling aan een nieuw binnenterreinmeetpunt.

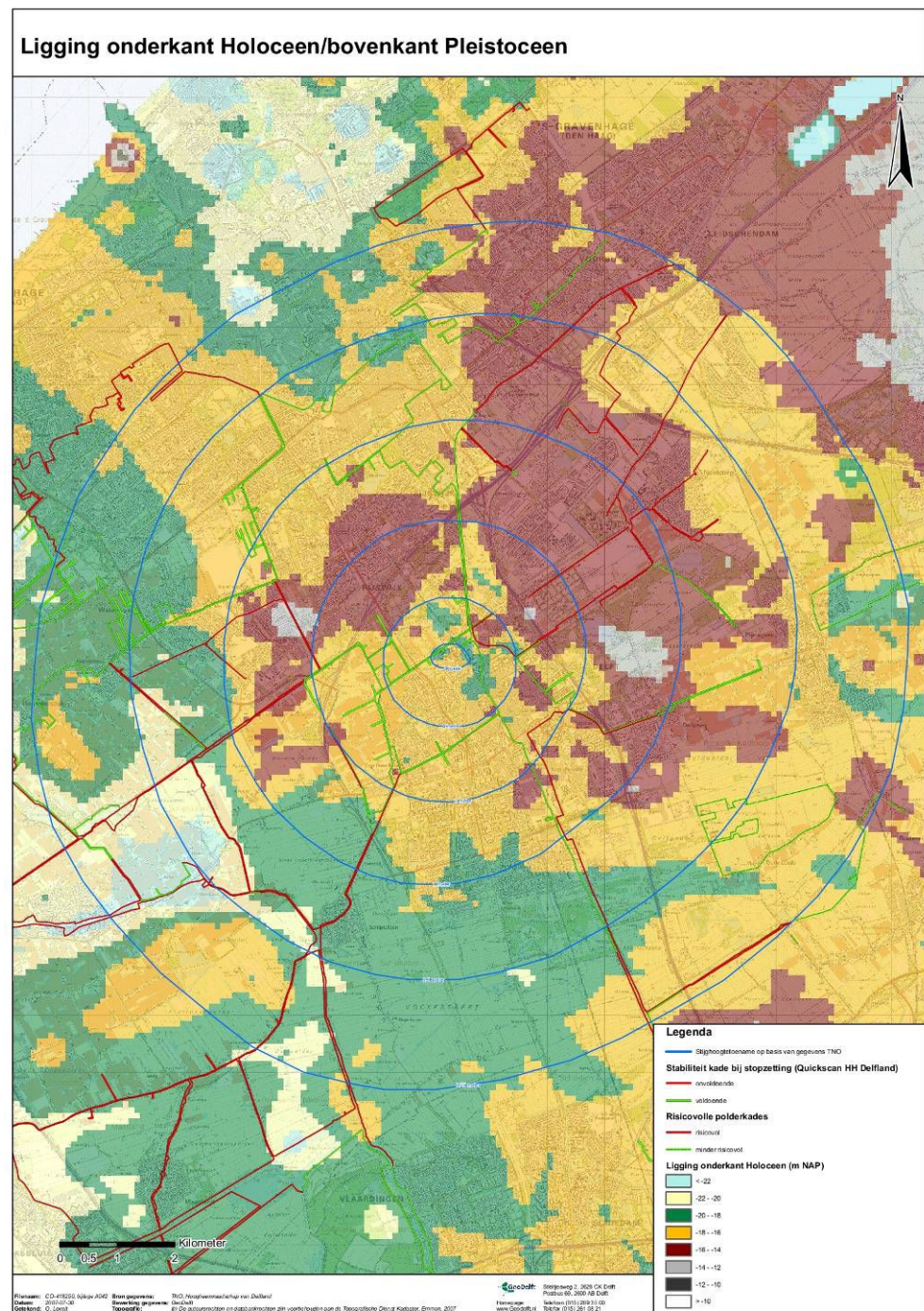
	Meetnet	Wijk	Geschikte meetpunten
1	Waterstad 2000	Tanthof-Oost	23-1.01, 02, 04, 05, 23-2.01
2	Waterstad 2000	Tanthof-West	22-1.01 / 22-2.01
3	Waterstad 2000	Voorhof	24-1.01,02,04,06 24-2.01,02
4	Waterstad 2000	Buitenhof	25-1.01,02,05,07 ¹ , 09 25-2.01,02
5	Waterstad 2000	Binnenstad ²	Alle bestaande meetpunten
6	Waterstad 2000	Voordijkshoorn ³	14-1.02,03,05 14-2.02
7	Waterstad 2000	Hof van Delft	13-1.02,03,11,12,14,18,19,22,23 13-2.02,03
8	Waterstad 2000	Vrijenban ³	12-1.01,08,10
9	Waterstad 2000	Wippolder-oud ²	28-1.08,12,20,02,13,15,18 28-2.02
10	Waterstad 2000	Ruyven	29-1.05
11	Waterstad 2000	Schieweg	27-1.02,2.02

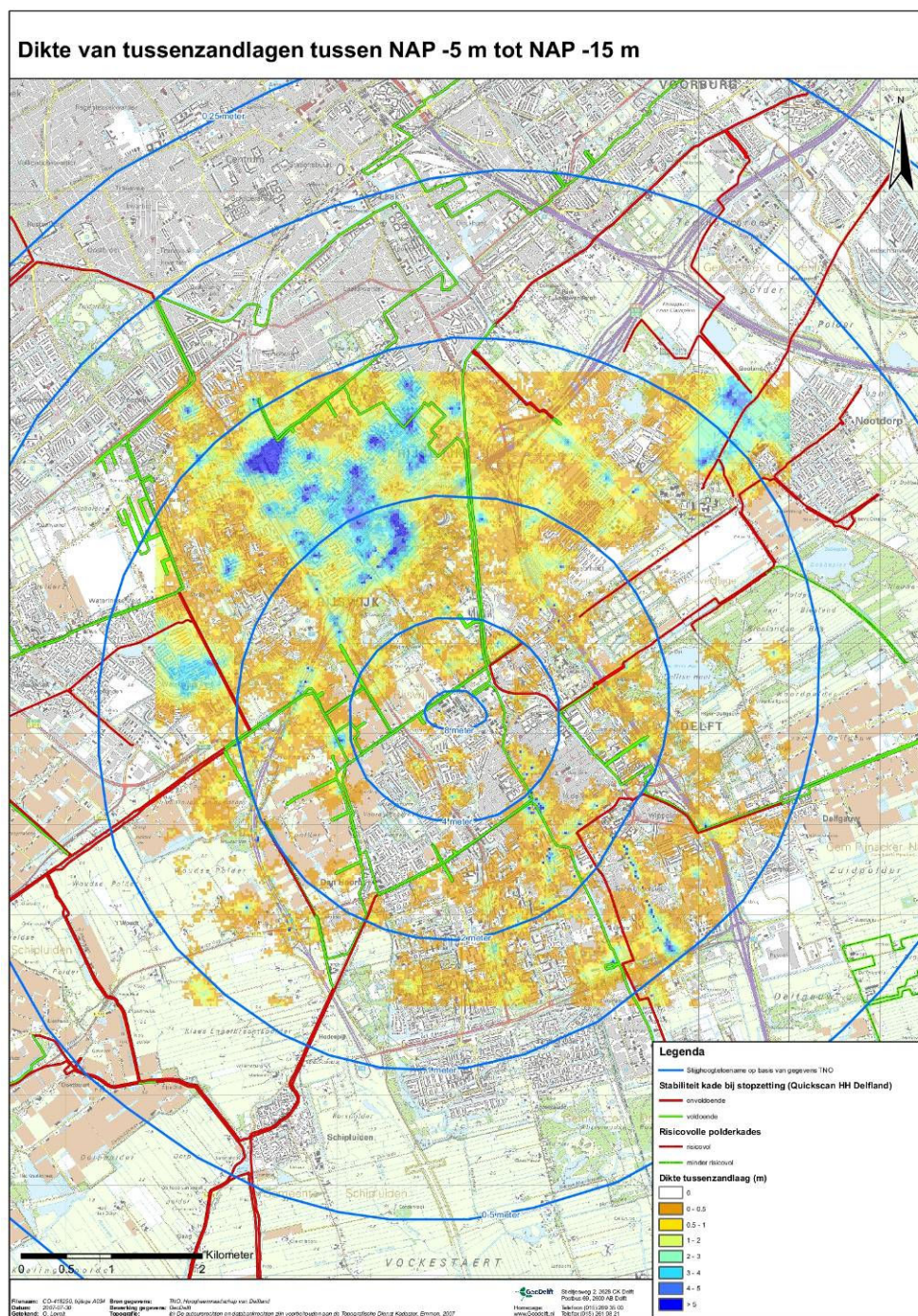
¹ geplande uitbreiding i.v.m. rioolwerkzaamheden

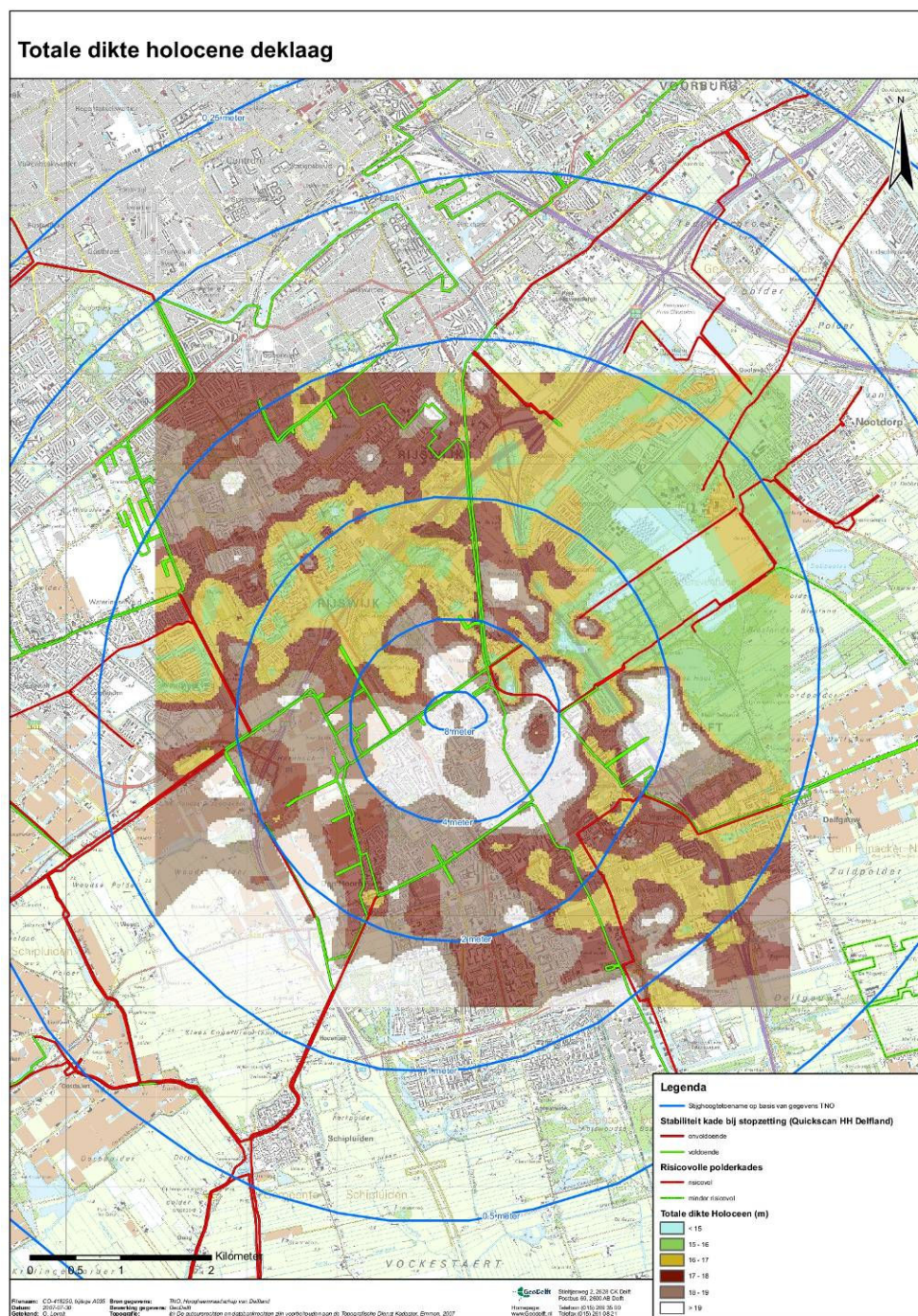
² in principe kunnen de meetraaien in deze wijken met bestaande Waterstad2000- en projectmeetpunten worden ingericht, zie tabel 3-1. mochten deze ontbreken dan geldt de selectie in *deze* tabel als aanbeveling.

³ in principe kan één van de twee meetraaien in deze wijken met bestaande Waterstad2000- en projectmeetpunten worden ingericht, zie tabel 3-1.

C Figuren bij het thema geotechniek











D Locaties oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnet

Meetpunt	X	Y	Relatie met bestaand meetpunt	Afstand tot bestaand meetpunt	Monitoringsdoel
B1	86869	454972	OW047-001	0	Oost Boezem
B2	87063	447381	OW212-000	0	Oost Boezem
B3	82013	447930	OW002-000	0	West Boezem
B4	78968	444455	OW029-000	0	West Boezem Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 1 (79036,444311)
B5	79841	450782	OW010-000	0	West Boezem
B6	85195	445310	OW062-002	0	Oost Boezem
B7	84656	447432	OW069-000	0	Oost Boezem
B8	81350	451249	OW409A000	0	Oost Boezem
B9	83521	453198	OW045-000	0	Oost Boezem Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 3 (30GA3834)
B10	83653	448536	OW048-003	0	Oost Boezem
B11	84087	447215	OW068-004	0	Oost Boezem Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 5 (37EP0271)
KG1	87618	443769	OW201-019	0	Akerdijksche Plassen
KG2	88565	452167	OW215-018	0	Polder van Nootdorp
KG3	90005	451234	OW215-030	0	Polder van Nootdorp, De Scheg
KG4	85496	448928	OW215-014	0	Tweemolentjesvaart
KG5	87463	449936	OW215-023	0	Polder van Nootdorp, Dobbeplass
KG6	86248	452462	OW218-311	0	Zwem en recreatiewater, Plas van Reef
KG7	82410	449588	OW412-023	0	Zwem en recreatiewater, surfvijver in het Wilhelminapark
KG8	82114	451434	OW412-041	0	Zwem en recreatiewater te Rijswijk
KG9	82081	440801	OW111-000	0	Slinksloot in de Holierhoekse en Zouteveense polder
KG10	89257	443578	OW202-000	0	Binnenboezem van de polder Berkel
KG11	92926	446784	OW202-317	0	Binnenboezem van de polder Berkel
KG12	86743	444776	OW221A013	0	Karitaats Molensloot in de Zuidpolder van Delfgauw
KG13	85092	448779	OW215-027	463	Hoofdwatgang in de Polder van Nootdorp
KG14	91786	445297	OW202-320	0	Binnenboezem van de polder Berkel
DP1	86354	447155	-		Noordpolder van Delfgauw: NAP -3.00 m
DP2	82009	445168	OW112-001	0	Kerkpolder: NAP -3.10 m
DP3	80898	447470	OW119-000	202	Woudse Droogmakerij: NAP -4.68 m
DP4	81208	446948	OW120-000	20	Woudse polder: NAP -3.50 m
DP5	83621	449636	OW207-002	0	Hoge Broekpolder: NAP -2.10 m
DP6	85969	443515	OW208-000	13	Lage Abswoudsche polder: NAP -2.90 m
DP7	87565	448858	OW212-016	0	Noordpolder van Delfgauw: NAP -5.00 m
DP8	86392	446383	OW221H001	52	Bouwlocatie Delfgauw (nabij helofytenfilter): NAP - 3.20 m
DP9	81353	448278	OW407A000	136	Hoekpolder: NAP -1.25 m
DP10	80736	447879	OW411-000	3	O&N Wateringsepolder: NAP -4.55 m

Meetpunt	X	Y	Relatie met bestaand meetpunt	Afstand tot bestaand meetpunt	Monitoringsdoel
DP11	79205	445470	OW108-000	0	Groeneveldse polder: NAP -2.30 m
DP12	84473	451333	OW220-000	182	Polder Ypenburg: NAP -4.35 m
DP13	83048	446783	OW219-000	0	Voordijkshoornse polder: NAP -1.50 m
DP14	84385	454226	OW413-000	0	Veen- & Binkhorstpolder: NAP -1.38 m
DP15	78561	446328	OW309-001	32	O&N Broekpolder: NAP -3.80 m
DP16	83468	450222	OW412-000	9	Pp- & Schaapswei polder: NAP -1.25 m
DP17	80729	448673	OW407A001	21	Hoekpolder: NAP -2.65 m Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 3 (80790,448730)
DP18	86562	454388	OW218-200	29	Droogmakerij Zuidpolder van Delfgauw: NAP -4.75 m
GW1	88875	444868	OW221B000	16	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 8 (86369,448556) Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 7 (37EP0312)
GW2	85470	447990	OW203-000	5	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 6 (89223,445083)
GW3	86454	448618	OW214-000	18	Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 4 (37EP0316)
GW4	87211	441330	OW217-000	1	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 14 (88804,442175)
GW5	81709	440445	-		Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 12 (82848,439756) Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 10 (83410,443420)
GW6	86832	441593	OW211-000	4	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 13 (85722,442090)
GW7	80250	441943	OW105-000	1	Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 8 (37EP0305)
GW8	77373	440718	-		Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 9 (77002,440861)
GW9	76548	443382	OW110-000	35	Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 1 (37BA3229)
GW10	81670	444621	OW113-001	7	Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 9 (37EP0377)
GW11	81241	447032	OW109-000	1	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 11 (81565,446432)
GW12	84749	446772	-		Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 6 (37EA3472)
GW13	86062	450666	OW218-301	30	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 7 (85948,450606)
GW14	86482	451927	-		Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 4 (86480,452261)
GW15	86549	454351	OW218-100	2	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 5 (85278,453137)
GW16	84204	449122	OW209-000	0	Nieuw GW-kwaliteitsmeetpunt nr 2 (84325,449259)
GW17	79576	451285	OW401C000	3	Bestaand GW-kwaliteitsmeetpunt nr 2 (30DA3211)