

**Bodem- en
grondwatersystemen**
Princetonlaan 6
Postbus 85467
3508 AL Utrecht

www.deltares.nl

T +31 30 256 47 50

F +31 30 256 48 55

info@deltares.nl

Deltares-rapport

2008-U-R0511/B

Monitoringsplan Waterdunen en omgeving

Datum 13 mei 2008

Auteur(s) J.T. Buma
G.H.P. Oude Essink
P.G.B. de Louw

Opdrachtgever Provincie Zeeland

Projectnummer 092.81109

Goedgekeurd door J.C. Gehrels

Aantal pagina's 39

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Conceptueel model	7
2.1	Plan 'Waterdunen'.....	7
2.2	Huidige situatie.....	8
2.2.1	Beknopte gebiedsbeschrijving.....	8
2.2.2	Zoet grondwater: lenzen en bellen.....	9
2.3	Mogelijke faalmechanismen in relatie tot plan Waterdunen.....	11
2.3.1	Faalmechanisme 1: Landbouwschade door hogere grondwaterdrukken.....	11
2.3.2	Faalmechanisme 2: Nat- en zoutschade aan objecten in en rond het plangebied.....	12
2.3.3	Faalmechanisme 3: Achterwaartse verzilting.....	14
2.4	Meetdoelen.....	15
2.5	Invloed van onzekerheden volgens de MER.....	15
3	Monitoringsontwerp	17
3.1	Meetdoel 1: Landbouwschade door toename kwel in omgeving.....	17
3.1.1	Ontwerpprincipes.....	17
3.1.2	Begrenzing van het te monitoren gebied.....	18
3.1.3	Het monitoringsplan in concreto.....	20
3.1.4	Praktische aspecten.....	22
3.1.5	Analyse.....	23
3.1.6	Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.....	23
3.2	Meetdoel 2: Nat- of zoutschade aan objecten in en rond het plangebied.....	24
3.2.1	Ontwerpprincipes.....	24
3.2.2	Begrenzing van het te monitoren gebied.....	25
3.2.3	Het monitoringsplan in concreto.....	25
3.2.4	Analyse.....	27
3.2.5	Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.....	28
3.3	Meetdoel 3: Achterwaartse verzilting.....	28
3.3.1	Ontwerpprincipes.....	28
3.3.2	Analyse.....	29
3.3.3	Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.....	29
4	Optimalisatie	31
4.1	Optimalisatie 1: Vaststellen signaalwaarde met behulp van een grondwatermodel.....	31
4.2	Optimalisatie 2: metingen van het zoutgehalte in het bodemvocht.....	32
4.3	Optimalisatie 3: als het invloedsgebied groter of kleiner is dan verwacht.....	32
4.4	Planning.....	32
5	Samenvatting en kosten	35
6	Literatuur	39

2 Conceptueel model

2.1 Plan 'Waterdunen'.

Plan 'Waterdunen' is een combinatie van kustversterking, ontwikkeling van recreatieve voorzieningen en ontwikkeling van brakke/zoute en zoete natuur. Voor het onderhavige monitoringsplan is vooral het aspect natuurontwikkeling van belang. Voor het plan is in 2007 een Milieu Effect Rapportage afgerond (Oranjewoud, 2006). In het kader hiervan zijn de waterhuishoudkundige aspecten van de ingreep, inclusief mogelijke effecten op de omgeving, op hoofdlijnen onderzocht door Stark et al. (2006). In de MER zijn vier varianten beschouwd, die onderling verschillen voor wat betreft de indeling en arealen aan getijden- en zoetwaternatuur, en ook voor wat betreft de te realiseren waterpeilen in het beoogde getijdengebied. Momenteel is de variant 'Gevarieerd Waterdunen' het uitgangspunt voor het verdere besluitvormingsproces. Figuur 2 geeft deze variant weer. Binnen deze variant bestaan echter weer subvarianten voor wat betreft de te realiseren getijdenslag: hetzij tussen NAP -25 en +25 cm, hetzij tussen NAP -30 en +30 cm. Beide varianten kennen een gemiddeld peil van NAP.



Figuur 2. Schetsontwerp Gevarieerd Waterdunen. Bron: Oranjewoud (2006).

2.2 Huidige situatie

2.2.1 Beknopte gebiedsbeschrijving

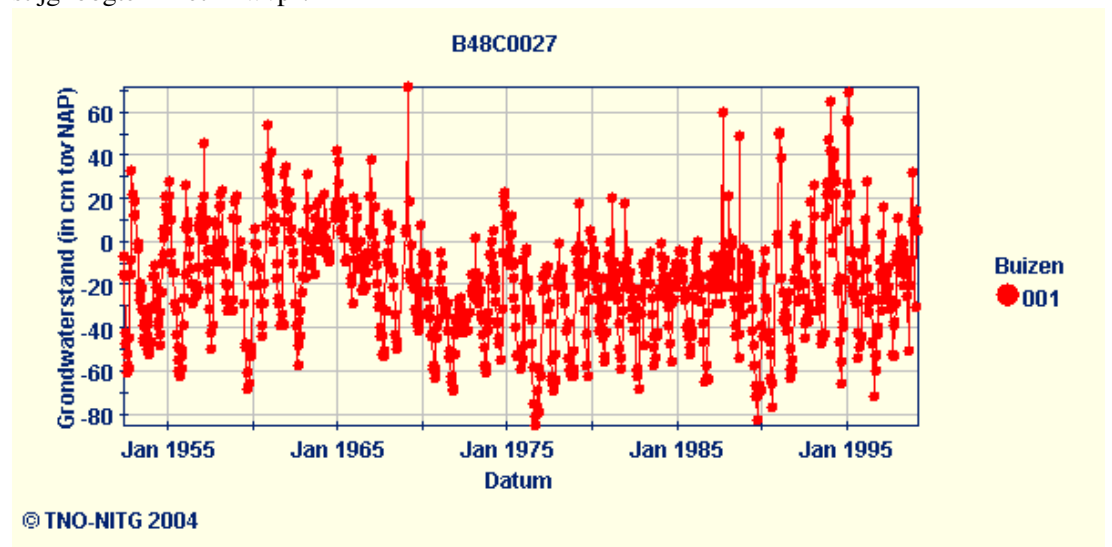
Het plangebied 'Waterdunen' bestaat uit de duinen van de zeereep en de achterliggende polders. Dit monitoringsplan betreft het plangebied en aangrenzende gebieden waarin mogelijk effecten zullen optreden. Deze aangrenzende gebieden worden hierna aangeduid als het 'aandachtsgebied'. De polders in plangebied en aandachtsgebied liggen met hun maaiveld op ca.

NAP +0.75 m tot meer dan NAP +1.50 m. Het polderpeil ligt in de winter op NAP -0.90 m en in de zomer op NAP -0.60 m. De ondergrond is als volgt opgebouwd:

- Vanaf maaiveld tot ongeveer NAP -2.5 m: afwisselend fijn zand en klei van de Formatie van Naaldwijk, hierna te noemen 'deklaag'. De waterremmende werking van de deklaag wordt bepaald door de kleilagen, en wordt uitgedrukt met de term 'hydraulische weerstand' (c). Volgens de REGIS¹-kartering in Zeeland is de weerstand in dit gebied 50 tot 100 dagen; een lage waarde in vergelijking met andere delen van West-Nederland;
- vanaf NAP -2.5 m tot ca. NAP -30 m: goed doorlatende zanden van de Formatie van Boxtel, hierna te noemen 'eerste watervoerend pakket' of '1^e wvp'. Een belangrijk kenmerk van watervoerende pakketten is het doorlaatvermogen (kD): het product van de doorlatendheid en de dikte. Volgens REGIS ligt kD in en rond het plangebied in de orde-grootte van 100 m² per dag.

Het leeuwendeel van de weerstand zit dus in de bovenste meters.

Vanuit DINO zijn in het aandachtsgebied of plangebied geen actieve waarnemingspunten beschikbaar van de freatische (ondiepe) grondwaterstand en de stijghoogte in het 1^e wvp².



Figuur 3. Tijdsreeks grondwaterdruk 1^e wvp, DINO-meetpunt langs de N58 bij Breskens, ca. 500 m ten oosten van plangebied Waterdunen. Filterstelling is NAP -13.65 m tot NAP -14.50 m. Bron: DinoLoket.

¹ Uitleg REGIS

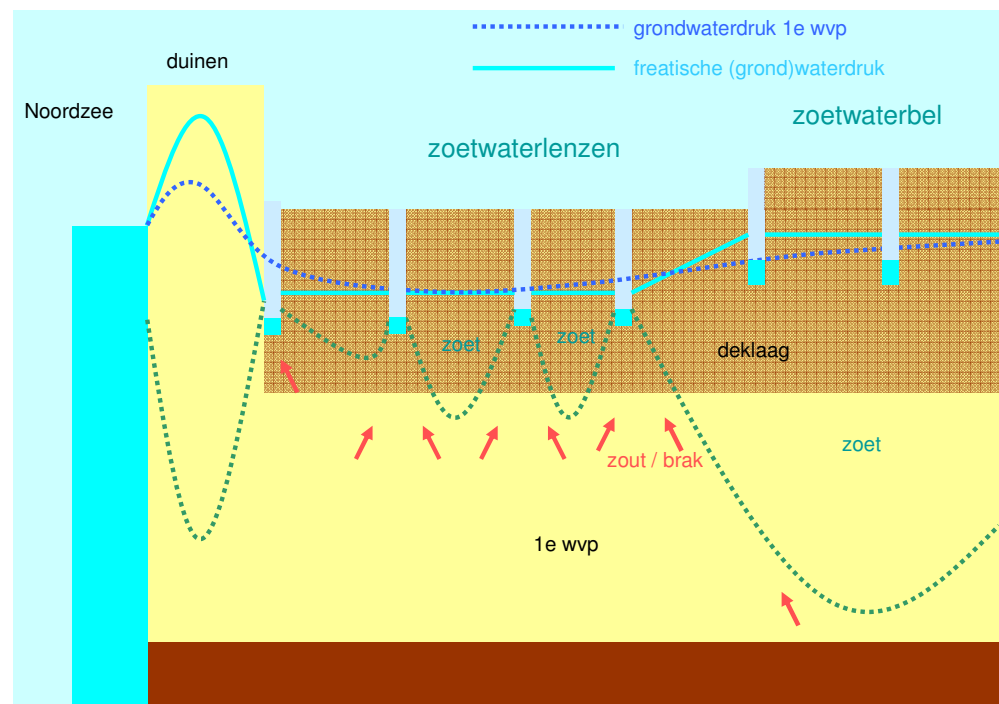
² De DINO-meetpunten die in DINO-loket te vinden zijn, worden sedert jaren niet meer bemeten, of hebben ongeschikte filterstellingen. Bij de Puijendijk ligt bijvoorbeeld meetpunt B48C0196, maar deze heeft alleen een filter op NAP -120 m

In het dichtstbijzijnde, inmiddels vervallen DINO-meetpunt (zie figuur 3) varieerde de grondwaterdruk in het 1^e wvp van enkele decimeters boven NAP tot enkele decimeters eronder. Volgens de grondwatertrappenkaart komen in het gebied de grondwatertrappen V*, VI en VII voor. Dit komt overeen met freatische grondwaterstanden die in de winter enkele decimeters boven NAP liggen, en 's zomers rond of iets boven het zomerpeil (NAP -0.60 m).

Voor een uitgebreidere gebiedsbeschrijving wordt verwezen naar Stark et al. (2006).

2.2.2 Zoet grondwater: lenzen en bellen

Het vóórkomen van zoet grondwater hangt samen met de drukverdeling van het grondwater. Als de freatische grondwaterdruk (in het perceel) hoger is dan in het 1^e wvp, dan krijgt het zoete regenwater de kans tot relatief grote diepte te infiltreren. Is omgekeerd de druk in het 1^e wvp hoger, dan is dat niet of veel minder het geval. Deze verticale drukverschillen worden veroorzaakt door het feit dat overgangen in freatische waterdrukken vaak abrupt zijn, maar gedempt en uitgevlakt worden met toenemende diepte, onder invloed van waterremmende lagen. Voorbeelden van dergelijke overgangen zijn bv. de overgang van zee naar polder, of tussen twee polders met sterk verschillende drainageniveaus. Concreet betekent dit voor een laaggelegen polder, dat de grondwaterdruk in het 1^e wvp vlakbij de overgang veel hoger is dan de freatische grondwaterdruk. Met toenemende afstand tot de overgang wordt het verschil kleiner, en is uiteindelijk niet meer merkbaar. De relatie tussen grondwaterdrukken en het vóórkomen van zoetwaterlenzen en –bellen is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Grondwaterdrukken en het vóórkomen van zoet en zout grondwater.

In gebieden met niet of nauwelijks verticale grondwaterdrukverschillen speelt de drooglegging een belangrijke rol. Hoe dieper de slootpeilen, hoe meer dieper (brak) grondwater daar naartoe wordt aangetrokken, en hoe dieper het infiltrerende regenwater midden onder het perceel kan doordringen. Daarvoor mag de buisdrainage dan echter

weer niet te diep liggen. Al met al zijn de volgende situaties dus indicatief voor de ontwikkeling van een zoetwatervoorraad in het grondwater (figuur 4):

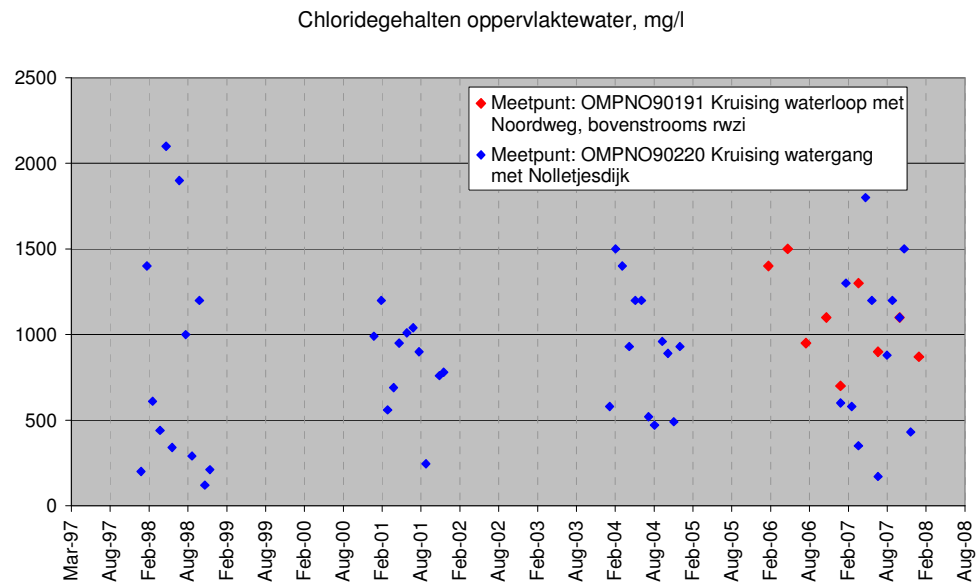
- Indicatief voor zoetwaterbel: een duidelijke infiltratiesituatie d.w.z. een grondwaterdruk in het 1e wvp die lager is dan de druk in het perceel, bij voorkeur in combinatie met een goed doorlatend bodemprofiel. In de Zeeuwse situatie zijn dit gebieden met een relatief hoge maaiveldligging, daardoor hoge drainageniveaus en dus hoge ondiepe grondwaterstanden in vergelijking met de directe omgeving;
- Indicatief voor zoetwaterlens: een minder uitgesproken infiltratiesituatie, danwel een situatie met weinig verschil in verticale grondwaterdrukken, maar wel een grote drooglegging, d.w.z. diepe slootpeilen ten opzichte van maaiveld, en een zo ondiep mogelijke ligging van de buisdrainage. In de Zeeuwse situatie zijn dit gebieden die niet uitgesproken hoog of laag liggen ten opzichte van de directe omgeving, een grote drooglegging kennen, en een relatief ondiepe ontwatering (buisdrainage).

Voor wat betreft waterdrukken ligt het aandachtsgebied iets lager in vergelijking met de omgeving. Onder 'omgeving' wordt verstaan (1) de Noordzee en de duinen, en (2) een hoger gelegen rug waar Groede op ligt, en waaronder zich onder invloed van de neerwaartse grondwaterstroming een zoetwaterbel³ heeft ontwikkeld. De afstand van het aandachtsgebied tot deze gebieden is echter behoorlijk groot, zodat er weinig verschil te verwachten is in verticale drukverdeling. Zoals beschreven trekken de sloten met hun relatief diepe peilen wel brak grondwater aan. De sloten zijn dan ook overwegend brak, zoals blijkt uit figuur 5a/b.



Figuur 5a. Meetpunten oppervlaktewaterkwaliteit, waterschap Zeeuws-Vlaanderen.

³ Een zoetwaterbel is dikker dan een zoetwaterlens. Exacte grenzen tussen beide zijn niet gedefinieerd, maar bij lenzen moet gedacht worden aan dikten van enkele meters. Lenzen worden bellen als ze dikker worden dan ca. 10 meter.



Figuur 5b. Chloridemetingen door Waterschap Zeeuws-Vlaanderen.

Recentelijk is de eerste fase van een meetcampagne naar het vóórkomen van zoet en zout grondwater in Zeeland afgerond (Oude Essink et al, 2007). Tijdens deze campagne is op 25 locaties de zoet-brak-zout verdeling van het grondwater in kaart gebracht. Uit de resultaten blijkt dat op de locaties die qua maaiveldhoogte en drainageniveaus vergelijkbaar zijn met het aandachtsgebied, zoetwaterlenzen van enkele meters dikte vóórkomen. Het dichtstbijzijnde voorbeeld hiervan is een perceel bij Cadzand.

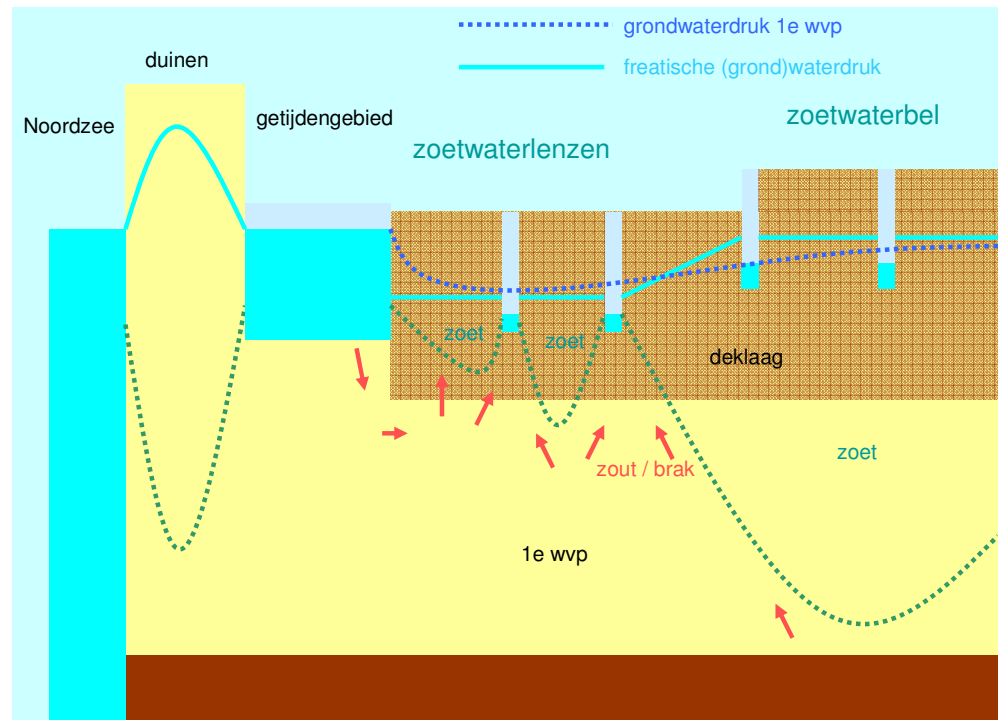
In het onderzoek van Oude Essink et al (2007) is de seizoenale variatie in lensdikten op enkele percelen onderzocht. Na het droge voorjaar van 2007 bleken de zoetwaterlenzen van enkele meters dikte een zeer beperkte verkleining te hebben ondergaan. Op grond hiervan is de inschatting, dat in het aandachtsgebied in de huidige situatie permanent zoetwaterlenzen in de percelen aanwezig zijn.

2.3 Mogelijke faalmechanismen in relatie tot plan Waterdunen

Als plan Waterdunen wordt uitgevoerd, heeft dit effecten op de omgeving (het aandachtsgebied). Daarnaast zijn er effecten te verwachten op bebouwing en andere objecten in het plangebied. Als een effect, of combinatie van effecten, resulteert in schade, wordt gesproken van een faalmechanisme. Achtereenvolgens worden nu de faalmechanismen besproken die mogelijk relevant zijn.

2.3.1 Faalmechanisme 1: Landbouwschade door hogere grondwaterdrukken.

Door de komst van het getijdengebied met gemiddeld peil op NAP, wordt de effectieve grondwaterdruk in het plangebied hoger. Vlakbij de grens met het plangebied wordt daardoor de grondwaterdruk in het 1^e wvp hoger. Doordat de freatische grondwaterdruk buiten het plangebied veel minder of niet verandert, betekent dit dat de zoet-zoutwaterverdeling zich zal instellen naar een nieuw evenwicht, waarbij het zoet-brak grensvlak naar boven zal opschuiven, en de zoetwaterlens dunner zal worden. Eén en ander is weergegeven in figuur 6.



Figuur 6. Veranderingen in zoet en zout grondwater als gevolg van het getijdengebied.

Dit dunner worden hoeft voor de landbouw geen probleem te zijn, tenzij één van de volgende twee situaties aan de orde is:

- 1 De zoetwaterlens wordt zo dun dat deze in droge perioden geheel verdwijnt. Het ondiepe grondwater wordt dan ook brak, kan capillair opstijgen tot in de wortelzone, en kan daar schade aanrichten aan gewassen. Zoals in de vorige paragraaf aangegeven is de inschatting dat dit in de huidige situatie niet aan de orde is in het aandachtsgebied. Dit sluit echter niet uit dat het in de toekomst wel kan optreden, en daarom is dit mechanisme relevant voor de Waterdunen-monitoring;
- 2 De zoetwatervoorraad is in de huidige situatie (potentieel) geschikt om grondwater uit te onttrekken voor beregening, maar wordt daarvoor ongeschikt als gevolg van het opschuiven van het zoet-brak grensvlak. Beregening uit zoet grondwater vindt in Zeeland echter alleen plaats uit zoetwaterbellen met dikten van 15 meter of meer. Een voorbeeld is de bel van Groede, ten zuiden van het aandachtsgebied. De zoetwaterlenzen in het aandachtsgebied zijn echter te dun om uit te beregenen. Deze situatie is dan ook niet relevant voor de Waterdunen-monitoring.

Een ander effect van de nieuwe drukverdeling in het grondwater is dat de stroming van brak grondwater naar het oppervlaktewater toeneemt, en daarmee de zoutbelasting. In perioden met veel afvoer zal de verdunning met water uit het achterland groot zijn en zal deze hogere belasting daardoor gedempt worden. In droge perioden zal het effect groter kunnen zijn. Zoals eerder aangegeven zijn de sloten echter nu al brak. Het is dan ook de vraag of het effect echt een probleem zal vormen. Met het oog op mogelijke waterkwaliteitsverplichtingen van het waterschap zal monitoring op dit effect toch deel uitmaken van de monitoring.

- 2.3.2 *Faalmecanisme 2: Nat- en zoutshade aan objecten in en rond het plangebied.*
 Binnen het plangebied zal vrijwel alle huidige bebouwing gehandhaafd blijven. Een onderscheid in 3 typen bebouwing is handig:

- 1 Bebouwing die als (schier)eilanden in het getijdengebied zal komen te liggen;
- 2 Bebouwing die zal komen te liggen in de zoetwaternatuurzone;
- 3 Bebouwing in of buiten het plangebied, met name ten noorden en noordoosten ervan.

Bij de toekomstige eilandbebouwing neemt de drooglegging af, omdat het openwaterpeil omhoog gaat van NAP -0.90 m / -0.60 m naar gemiddeld NAP. Verder kan ook de getijamplitude van invloed zijn op de grondwaterstand, vooral bij een doorlatende ondergrond en een geringe afstand tot het tij. Anderzijds wordt de 'slootafstand' kleiner: het open water komt dichterbij te liggen. Of het resulterend effect per saldo een verhoging of een verlaging van grondwaterstanden zal inhouden, is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden, zoals de aanwezigheid van drainage, en het ontwerp en de aanleg van nieuwe drainage (zie figuur 7). De kleinere 'slootafstand' betekent echter ook een dunnere zoetwaterlens, helemaal als een groot deel van het eilandperceel uit bebouwing bestaat, waar geen neerslag kan infiltreren. Dit kan inhouden dat het ondiepste grondwater periodiek brak wordt, misschien juist als gevolg van de (nieuwe) drainage die het overtollige regenwater snel afvoert. Via capillaire werking kan dan brak water opstijgen.

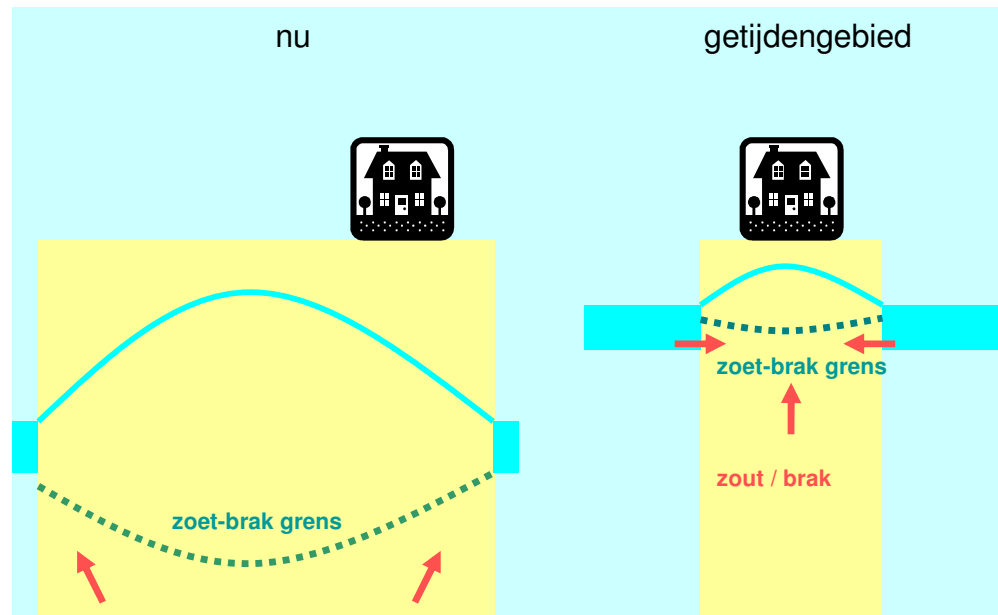
Rond de bebouwing in de zoetwaternatuurzone zijn de toekomstige peilen en slootafstanden nog niet bekend. De uiteindelijke inrichting zal dan ook bepalen of de grondwaterstand per saldo zal stijgen. Zo ja, dan is de kans dat er óók verzilting optreedt erg klein, omdat de vernatting gepaard gaat met het vasthouden van regenwater. Zo nee, dan neemt de kans op capillaire opstijging van brak water toe als gevolg van de druktoename in het 1^e wvp, en het dunner worden van de zoetwaterlens onder het perceel.

Bij de overige bebouwing zal de verandering bestaan uit een druktoename in het 1^e wvp. Dit verhoogt de kans op hogere grondwaterstanden, en in droge perioden de kans op capillaire opstijging van brak water.

Natschade kan zich uiten in o.a. verzakking van transportwegen, optrekkend vocht en schimmelvorming in muren, en schade aan houten vloeren. Zoutschade kan zich uiten in corrosie van ondergrondse objecten, hoewel veel stalen en koperen tanks en leidingen tegen roest beschermd worden door middel van kathodische bescherming (Van de Ven, 1998). Ook kan het zout beton, stuc - en metselwerk aantasten, doordat het uitkristalliseert na verdamping van het vocht, en daarbij uitzet (Lubelli, 2006).

Op deze lokale schaal is niet aan te geven wanneer de grondwaterstand te hoog is voor een bepaald object of grondgebruik, of wanneer het grondwater of bodemvocht te zout is. De monitoring moet zich dan ook vooral richten op *veranderingen* in grondwaterstanden en zoutgehalten, met het doel deze te kunnen relateren aan het optreden van eventuele schade.

In figuur 7 zijn de mogelijke veranderingen schematisch weergegeven.



Figuur 7. Veranderingen in zoet en zout grondwater als gevolg van het getijdengebied, rond bebouwing en objecten.

2.3.3 *Faalmechanisme 3: Achterwaartse verzilting.*

Voor het afvangen van geïnfilterd zeewater uit het getijdengebied is een kwelsloot voorzien langs de grens van het plangebied. Als deze sloot deel gaat uitmaken van het reguliere afwateringssysteem van het waterschap, zal dit een verziltend effect op het oppervlaktewater hebben. In perioden met veel afvoer zal de verdunning met water uit het achterland groot zijn en zal deze hogere belasting daardoor gedempt worden. In droge perioden zal het effect groter kunnen zijn, en kan het water verder het achterland indringen. Een schatting van dit effect is niet te geven, maar het effect is waarschijnlijk groter dan het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit zoals beschreven bij faalmechanisme 1.

Ook hier is de vraag of het effect echt een probleem zal vormen, maar er is wel een faalmechanisme denkbaar. Namelijk als de buisdrainage onder het zomerpeil ligt, kan het verzilte water in droge perioden via de drains tot onder de percelen doordringen en via deze kortsluitroute een risico vormen voor de gewassen. Het verschil tussen de maaiveldhoogten in het gebied (NAP +0.75 m en hoger) en het zomerpeil (NAP -0.60 m) is minimaal 1.35 m. Buisdrainage wordt tegenwoordig meestal op 100 cm diepte aangelegd. Op grond hiervan zou de inschatting zijn dat dit faalmechanisme niet aan de orde is. De landbouwwertegenwoordigers uit het gebied hebben echter aangegeven dat de drainage in het gebied een relatief lange levensduur heeft aangezien het grondwater weinig ijzer bevat. Dit betekent dat de drainage een hoge ouderdom kan hebben. In het verleden werd drainage in de regel dieper aangelegd dan tegenwoordig, en daardoor liggen er in het gebied mogelijk toch drainagebuizen onder het zomerpeil. Hier is als volgt mee om gegaan:

- Vooral nog is het uitgangspunt dat hier niet op gemonitord wordt, het is dan ook niet opgenomen in de kostenraming;
- Voor het geval dat er concreet percelen aan te wijzen zijn waar de buisdrainage wél diep genoeg ligt, wordt in dit plan wél aangegeven hoe de monitoring op dit aspect er uit zou moeten zien.

2.4 Meetdoelen

De in de vorige paragraaf beschreven faalmechanismen zijn 1 op 1 te vertalen naar evenzovele meetdoelen, in die zin dat elk meetdoel kan worden geformuleerd als:

(1) Het signaleren van de kans op schade onder invloed van het faalmechanisme, zodat tijdig maatregelen kunnen worden genomen.

(2) Het verwerven van een zodanig inzicht in het (grond)watersysteem, dat vastgesteld kan worden of het betreffende faalmechanisme inderdaad op gang werd gebracht door de ingreep Waterdunen, of door andere factoren. Dit met het oog op de vraag welke partij verantwoordelijk zou zijn voor het nemen van maatregelen of vergoeden van schade. In theorie kan bijvoorbeeld een kweltoename, relevant voor alle beschreven faalmechanismen, ook worden veroorzaakt door een autonome ontwikkeling als de stijging van de zeespiegel. Overigens gaat de zeespiegelstijging zo langzaam dat een kweltoename als gevolg daarvan pas op een veel langere termijn merkbaar is dan een kweltoename als gevolg van het plan Waterdunen. Hierop wordt teruggekomen in paragraaf 3.1.

Het doel van de monitoring kan schematisch in onderstaande tabel worden samengevat.

Faalmechanisme	Preventie schade door tijdige signalering	Inzicht in sturende factoren van het (grond)watersysteem
Landbouwschade door toename kwel in omgeving	X	X
Nat- en zoutschade aan objecten in en rond plangebied	X	X
Achterwaartse verziltting	X	X

2.5 Invloed van onzekerheden volgens de MER

Een aantal waterhuishoudkundige aspecten van de ingreep moet nog verder worden beschreven of uitgewerkt. Het betreft de volgende zaken:

- 1 *Wel of geen gescheiden kwelafvoer.* Voor het afvangen van geïnfiltreerd zeewater uit het getijdengebied is een kwelsloot voorzien. Onduidelijk is echter nog, of dit een bestaande sloot zal worden, die onderdeel is en blijft van het huidige polderafwateringssysteem, of dat er een geheel nieuw, gescheiden afvoersysteem voor deze kwel zal worden aangelegd. Deze keuze is van invloed op verziltting van het achterliggende poldersysteem;
- 2 *Inrichting zoetwaternatuurzone.* In de zoetwaternatuurzone (de zone recreatienatuur rond het getijdengebied) is de toekomstige inrichting nog niet bekend. De te kiezen peilen en slootafstanden zullen de grondwaterstanden en -drukken in het gebied bepalen, en zullen dan ook van invloed zijn op de grootte van de effecten op de bebouwing in het gebied zelf, en voor de drukverdeling van het grondwater in het aandachtsgebied. Een hoger peil betekent een groter effect op de drukverdeling, een lager peil betekent een grotere zoutwaterflux vanuit het getijdengebied;
- 3 *Diepte geulen getijdengebied.* De beschikbare MER-rapporten geven geen informatie over de beoogde diepte van de geulen in het getijdengebied. Hoe dieper

de geulen, hoe meer grond moet worden weggegraven. Aangezien de grootste hydraulische weerstand van de ondergrond in de bovenste meters zit, heeft de afgraafdiepte invloed op de hydraulische weerstand die na de ingreep nog zal resteren, en daarmee op de grootte van de effecten op stijghoogte en kwel in de omgeving;

- 4 *Andere getijamplitude.* Indien alsnog voor een andere MER-variant gekozen zou worden, verandert de getijamplitude. Het uitgangspunt is de variant 'Gevarieerd Waterdunen', met een gemiddeld peil van NAP en een amplitude van 25 cm (standaard) en 30 cm (max). In de variant 'Natuurlijk Waterdunen' is de hoogste amplitude voorzien, namelijk 55 cm. Omdat grondwatersystemen echter vertraagd reageren op dit soort kortstondige fluctuaties in het oppervlaktewatersysteem, is in het aandachtsgebied alleen het gemiddeld peil van belang voor dit monitoringsplan. Dit is in alle gevallen NAP. Voor de bebouwing in het plangebied zelf is de getijamplitude mogelijk wel van belang.

Met deze onzekerheden is in dit monitoringsplan als volgt rekening gehouden:

- In hoofdstuk 3 wordt per meetdoel eerst een basale monitoringsvariant beschreven, uitgaande van het ontwerp waarbij de minste ongewenste effecten te verwachten zijn. Dit houdt in: (1) gescheiden kwelafvoer, (2) effectieve grondwaterdrukken in de zoetwaternatuurzone zijn gelijk aan die in de huidige situatie, (3) geen afgraving van deklaagweerstand van betekenis;
- Vervolgens wordt aangegeven hoe de monitoring verandert onder invloed van de beschreven onzekerheden in het ontwerp voor Waterdunen.
- Een aanvullende onzekerheid, die echter niet conform de MER is, is een afwijkende zonering van de zoetwaternatuurzone, waarbij deze verder naar het westen toe wordt doorgetrokken. De invloed hiervan zal ook kort worden besproken.

3 Monitoringsontwerp

3.1 Meetdoel 1: Landbouwschade door toename kwel in omgeving.

3.1.1 *Ontwerpprincipes*

De primaire oorzaak van zoutschade aan gewassen is in dit geval een te hoog zoutgehalte in het bodemvocht in de wortelzone. Dit zoutgehalte van het bodemvocht is, via het proces van capillaire opstijging, afhankelijk van het zoutgehalte van het grondwater⁴ en de dikte van de zoetwaterlens.

Zoals aangegeven is de inschatting dat in het aandachtsgebied permanent zoetwaterlenzen vóórkomen. Het dunner worden van een lens kan aanleiding zijn voor het tijdig treffen van maatregelen. In dit geval is dus sprake van preventieve monitoring. Het monitoren van het zoutgehalte in het bodemvocht is dan niet nodig, het ondiepste grondwater is immers altijd zoet. Dit vormt een uitgangspunt voor de monitoring. Het is wel zaak om zo goed mogelijk de monitoringslocaties te selecteren waar de zoetwaterlens relatief dun is, m.a.w. relatief gevoelige locaties. Dit kan met een kartering van het geleidingsvermogen van de ondergrond met behulp van geoelectrische metingen (zie par. 3.1.3.).

De te meten *toestandsvariabele* is dan dus de dikte van de zoetwaterlens. Hiervoor moeten twee parameters gemeten worden: de diepte van het zoet-brak grensvlak, en de freatische grondwaterstand. De dikte van de zoetwaterlens wordt op haar beurt gestuurd door de drukverdeling van het grondwater onder het aandachtsgebied. Deze drukverdeling is de te meten *eerste orde verklarende variabele*. Tenslotte wordt deze drukverdeling weer gestuurd door de polderpeilen, de drainage, de zeespiegelstand, (straks) de peilen in Waterdunen en het neerslagoverschot. Om veranderingen, zeker op de langere termijn, goed te kunnen duiden, moeten al deze factoren worden gemonitord: dit zijn de te meten *tweede orde verklarende variabelen en controlevariabelen*.

De resterende tijd tot de ingreep is vrij kort (2011). Om zinvol statistiek te kunnen bedrijven op de meetresultaten (detectie van trends of sprongsgewijze veranderingen) is het dan ook zaak dat de meetfrequentie minimaal gelijk is aan de tijdschaal waarop de sturende processen fluctueren. Helaas weten we die tijdschaal niet precies. Op grond van de onderzoeksresultaten van Oude Essink et al. (2007) wordt voor de ligging van het zoet-brak grensvlak een tweemaandelijks frequentie voldoende geacht. Om deze inschatting te toetsen is het wel verstandig om in het eerste jaar in de zomerperiode maandelijks te meten. Grondwaterdrukken (stijghoogten en grondwaterstanden) zullen traag reageren op peilveranderingen in het plangebied, maar kunnen wel snel reageren op neerslag en verdamping. Om het grondwatersysteem goed te begrijpen wordt hiervoor een dagelijkse meetfrequentie voorgesteld.

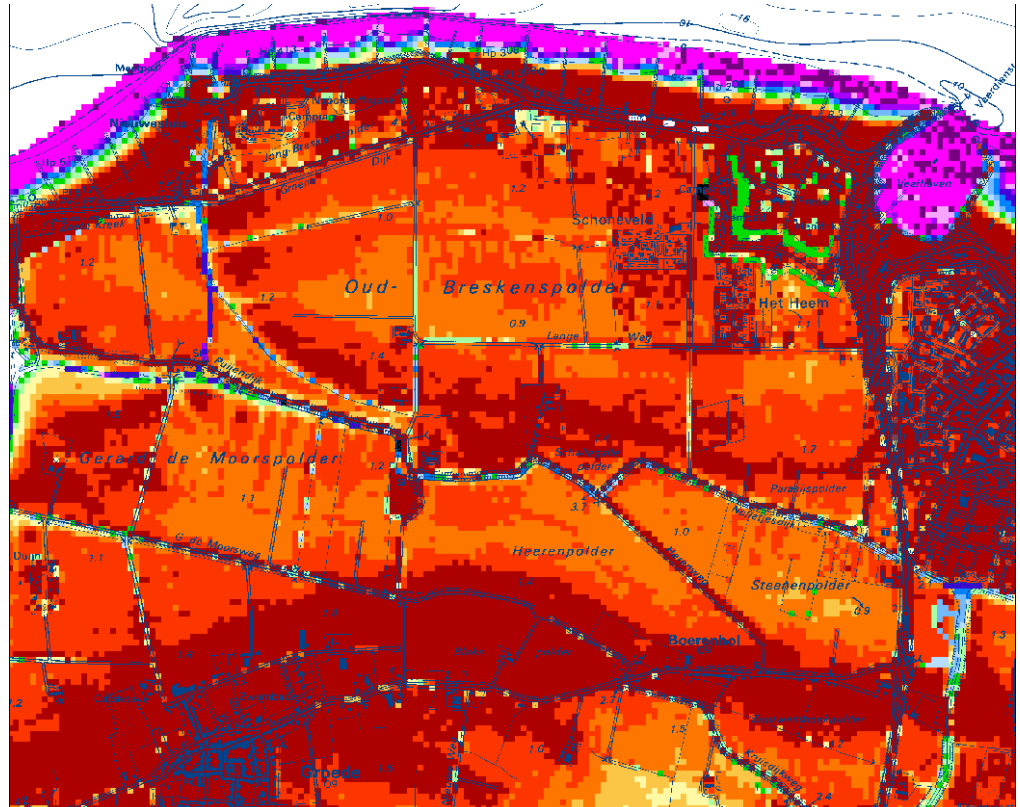
⁴ Aangenomen dat de zoutbelasting als gevolg van bemesting een onderschikte rol speelt in dit gebied.

3.1.2 *Begrenzing van het te monitoren gebied*

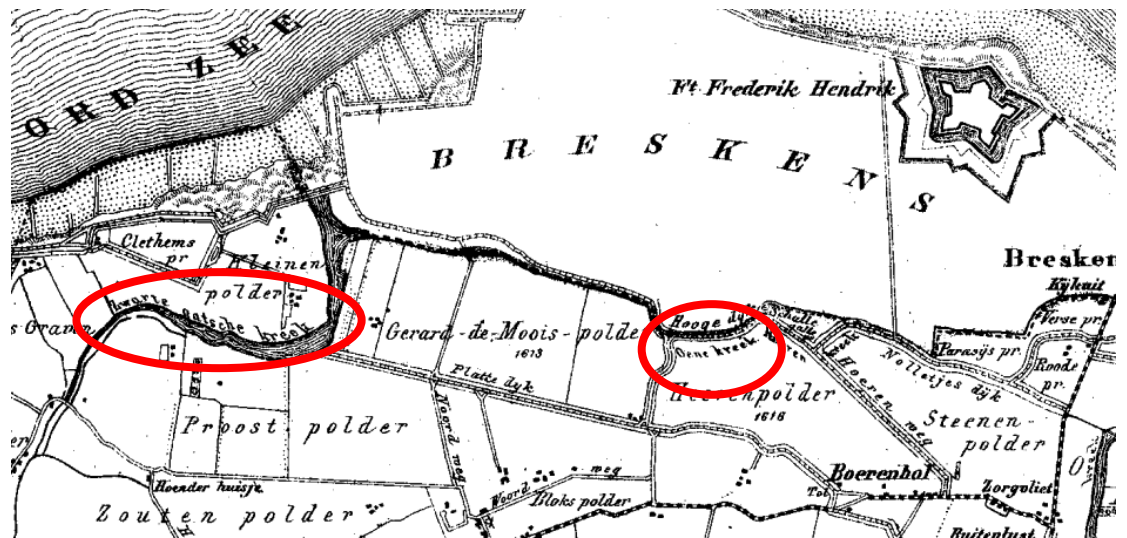
De grens van het aandachtsgebied wordt bepaald door de afstand tot waar een hoger peil / waterdruk in het plangebied Waterdunen doorwerkt. Oranjewoud (2007) berekent op basis van de formule van Huisman dat het effect op de grondwaterdruk in het 1^e wvp op 100 m afstand minder dan 5 cm is. In paragraaf 2.2 is beschreven dat er in de huidige situatie weinig verschil zal zijn in verticale drukverdeling. Een klein effect op de druk in het 1^e wvp kan resulteren in een geringe verticale grondwaterstroming van bijvoorbeeld 0.1 mm/d, maar als de stroming voorafgaand aan de ingreep 0 mm/d was, kan dit kleine verschil toch belangrijk zijn voor de dikte van de zoetwaterlens.

Wanneer een iets ongunstigere (maar niet onrealistische) aanname voor de ondergrondparameter kD in deze formule wordt gehanteerd (100 in plaats van 75 m²/d), wordt een effect op de verticale grondwaterstroming van 0.1 mm/d berekend op een afstand van 275 m. Het berekende invloedsgebied wordt bovendien groter als niet het toekomstige openwaterpeil in het getijdengebied wordt gehanteerd, maar de gemiddelde effectieve (grond)waterdruk. Deze zal iets hoger zijn, omdat een deel van het gebied zal bestaan uit schorren, waar gemiddeld genomen een opbolling van grondwater aan de orde zal zijn. Voor slikken, die steeds bij vloed onderlopen en bij eb droogvallen, is de maaiveldhoogte een goede benadering van de effectieve grondwaterdruk (Van den Broek et al., 2007). Op grond van deze argumenten vinden wij het gepast om aanvankelijk een invloedsgebied van 300 m te hanteren. Het voorgestelde meetprogramma is er mede op gericht om te toetsen of deze schatting klopt. Mocht na de ingreep onverhoopt blijken dat het invloedsgebied toch groter is dan 300 m, dan kan het meetprogramma worden uitgebreid om ook op grotere afstand de effecten op de zoetwaterlens te kunnen monitoren. Hierop wordt teruggekomen in hoofdstuk 4 (Optimalisatie).

Anderzijds is het wel nog steeds zo dat de grootste effecten binnen de eerste 100 m te verwachten zijn. Vanzelfsprekend is dat ten eerste omdat de afstand tot het plangebied daar nu eenmaal het kleinst is. Maar ook omdat verondersteld mag worden dat met toenemende afstand ook de weerstand van de deklaag toeneemt, en daarmee de gevoeligheid van de zoetwaterlens voor veranderingen in de grondwaterdruk in het 1^e wvp. Zowel de historische kaart, de maaiveldkaart (figuren 8 en 9) als de geomorfologische kaart van Stiboka (1987, niet afgebeeld) geven aan dat ten noorden van de Puijendijk een kreek heeft gelegen (Oenekreek). Men mag dan aannemen dat de ondergrond daar zandig is, en verder zuidwaarts kleiiger wordt. Dit patroon werd door de percee-eigenaren ter plekke bevestigd tijdens het veldbezoek. Het zandige karakter van het bodemprofiel bleek ook uit een prikstokmeting: al na een meter liep de prikstok vast, en kon de EC alleen worden gemeten door het boorgat handmatig uit te boren. Al met al betekent dit voor de monitoring: concentreer de monitoring in de eerste 100 m vanaf de plangebiedsgrens, maar controleer de veronderstelling m.b.t. het invloedsgebied door aanvullende metingen aan de grondwaterdruk te doen tot een afstand van ca. 300 m.



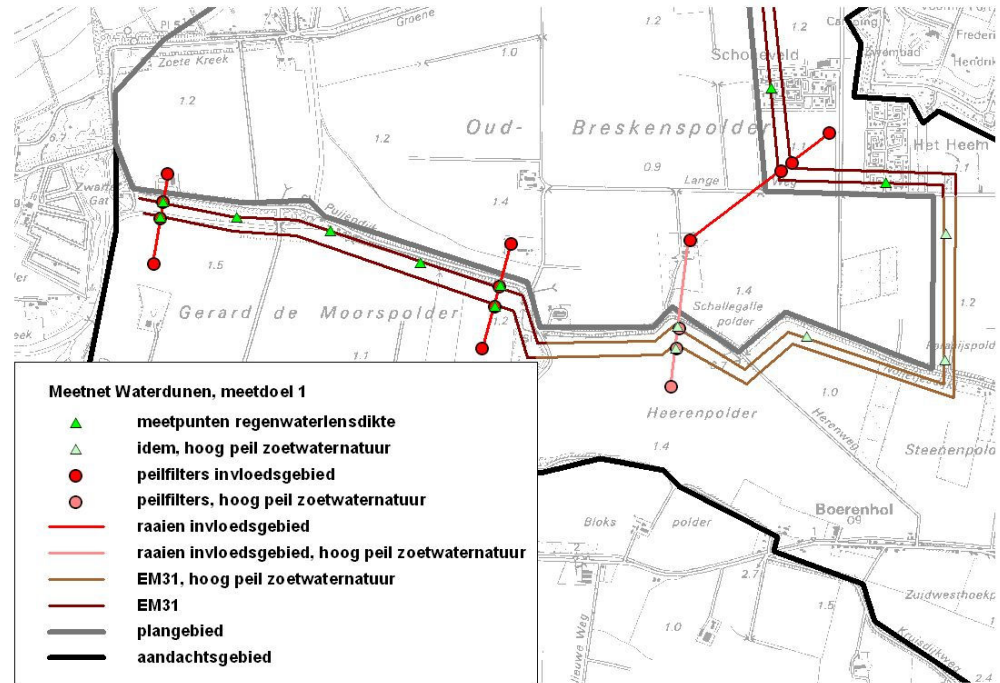
Figuur 8. Maaiveldhoogtekaart (AHN). Duidelijk zichtbaar zijn de donkerrood weergegeven hoogten bij Groede (zoetwaterbel) en langs de Puijendijk. In deze gebieden is het maaiveld hoger dan NAP +1.25 m.



Figuur 9. Historische kaart gemeente Groede, oorspronkelijk uitgegeven in de Gemeente-Atlas van Nederland, uitg. Hugo Suringar, Leeuwarden, 1868. Bron: www.kuijsten.de/atlas/. De kreeknamen zijn omcirkeld.

Uitgaande van effectieve grondwaterdrukken in de zoetwaternatuurzone die gelijk blijven aan die in de huidige situatie, zal het te monitoren gebied dus bestaan uit twee deelgebieden: (1) een strook van 300 m breed evenwijdig aan de Puijendijk, in oost-west richting begrensd door de Zwarte Gatsche Kreek en de Noordweg. (2) een strook van 300 m breed vanaf 't Heem via Schoneveld tot aan de zeereep.

3.1.3 *Het monitoringsplan in concreto*
 Samengevat komen we tot de volgende ingrediënten voor het Monitoringsplan, weergegeven in figuur 10:



Figuur 10. Meetnet voor meetdoel 1.

A1. Kartering van locaties met relatief dunne zoetwaterlenzen in de ondergrond.

Met behulp van de geo-electrische EM31 techniek kan het geleidingsvermogen⁵ van de ondergrond in korte tijd over relatief grote oppervlakken in kaart worden gebracht. De nauwkeurigheid van de methode is beperkt, omdat het geleidingsvermogen in de ondergrond niet alleen wordt bepaald door het zoutgehalte van het grondwater, maar ook door de bodemopbouw en de dikte van de onverzadigde zone. In een toepassing van een soortgelijke meettechniek op Texel (Goes, 2000) werd een goede relatie gevonden tussen het gemeten geleidingsvermogen en EC-waarden boven 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dit maakt de methode, die een dieptebereik heeft tot ca. 7 m, geschikt om grotere ruimtelijke verschillen in zoetwaterlenzen met dikten van enkele meters vast te stellen. De kartering moet zo snel mogelijk plaats vinden, waarschijnlijk kan dit op zijn vroegst na de oogst in augustus. De lengte van de karteerprofielen wordt geschat op 6.5 km: 2 raaien van 2 km evenwijdig aan de Puijendijk, en 2 raaien van ca. 1200 m vanaf 't Heem. Beide raaien liggen op ca. 25 en 100 m afstand.

A2. Vaststelling van het invloedsgebied door monitoring van grondwaterdruk in het 1^e wvp

In drie raaien loodrecht op de grens met het plangebied worden peilfilters in het 1^e wvp geplaatst. De filterdiepte is NAP -4 tot -5m, dieper indien het 1^e wvp dieper begint. Elke raai bestaat uit 3 meetpunten, op afstanden van ca. 25, 75 en 200 m vanaf de grens, en verder uit 1 meetpunt in het plangebied. Dit aantal meetpunten wordt voldoende geacht om het invloedsgebied afdoende vast te stellen. De plaatsing gebeurt bij voorkeur met

⁵ Eigenlijk: schijnbare weerstand

een sondeerwagen, zodat tegelijkertijd ook EC-diepteprofielen kunnen worden gemeten (EC-sonderingen) met het oog op het hierna beschreven onderdeel. Om de mogelijke invloed van de getijdencyclus op de stijghoogten in het gebied vast te stellen zou elke 2 uur met automatische drukopnemers moeten worden gemeten. De huidige gangbare drukopnemers kunnen 24.000 metingen opslaan, dit betekent dat er 5 jaar continu gemeten zou kunnen worden zonder uit te lezen. Om andere redenen is toch een hogere uitleesfrequentie gewenst. Praktisch gezien is het verstandig om de meetpunten in het plangebied zelf te situeren op de bebouwde percelen, omdat deze gehandhaafd blijven. Zodoende is er veel minder risico dat de meetpunten verloren gaan tijdens de uitvoering. De overige meetpunten van de raaien hoeven niet precies in het verlengde van de plangebiedsm Meetpunten te liggen. Ze worden bij voorkeur gekozen op basis van de geo-electrische kartering, zodat ze de relatief gevoelige gebieden doorsnijden.

A3. Monitoring van dikten van zoetwaterlenzen.

Voor het monitoren van de dikte van de zoetwaterlenzen zijn twee meetmethoden mogelijk, namelijk directe metingen van EC- en chloridegehalten, en geo-electrische metingen met EM39.

In het eerste alternatief worden 9 clusters van 4 peilfilters geplaatst, waarvan 7 op ca. 25 m afstand en 2 op ca. 75 m afstand. De locaties vallen grotendeels samen met de onder A2 beschreven raaien. In de peilfilters, die een lengte van maximaal 50 cm hebben, worden EC en chloridegehalten gemeten. De filterstellingen moeten zodanig zijn dat een verschuiving van het zoet-brak grensvlak kan worden gevolgd in de tijd. De ligging van het grensvlak moet dus vooraf bekend zijn. Deze informatie kan worden verkregen uit EC-diepteprofielen, die met de bij het vorige onderdeel genoemde EC-sonderingen kunnen worden gegenereerd. Een diepte van NAP -15 m wordt ruim voldoende geacht om het grensvlak te lokaliseren. Verder is in ieder geval een filter nodig voor de freatische grondwaterstand. Voor de EC-metingen wordt een tweemaandelijks meetfrequentie aanbevolen, met in het eerste jaar een maandelijkse meetfrequentie in de zomer. Mogelijk kunnen deze metingen worden gecombineerd met de maandelijkse metingen van oppervlaktewaterkwaliteit door het waterschap. Om de relatie tussen chloride-gehalte en EC vast te stellen wordt voorgesteld om in het zomerhalfjaar tweemaandelijks chloridegehalten te meten.

In het tweede alternatief wordt een EM-39 sensor in peilbuizen neergelaten, en wordt de schijnbare weerstand rondom de buis gemeten, en daarmee het geleidingsvermogen. Het meetprincipe is hetzelfde als bij EM31 metingen, maar deze methode is nauwkeuriger in de diepte; op elke gewenste diepte kan de sensor een meting doen zodat een gedetailleerd diepteprofiel van het geleidingsvermogen kan worden gemeten. Het gaat bij deze meting om de verandering van dit diepteprofiel in de tijd. Door ook hier tweemaandelijks te meten (in de zomermaanden maandelijks) wordt de (in de tijd constante) invloed van de bodemopbouw uit de meting gefilterd. De benodigde peilbuizen kunnen allemaal tijdens de EC-sonderingen (zie A2) worden geplaatst. Het is van groot belang dat deze buizen wijder zijn dan de diameter van de te gebruiken EM39-sensor. Wel moeten ook in dit alternatief separaat freatische peilbuizen worden geplaatst, en moeten alsnog twee peilfilterclusters worden geplaatst om de gebiedsspecifieke relatie tussen EC en chloridegehalte te kunnen bepalen. Het aantal (9) en de locatie van de meetpunten is hetzelfde als in het eerste alternatief.

Om op meerdere locaties de dikte van zoetwaterlenzen te kunnen monitoren worden vaak profielen met de C-VES methode of EC-prikstok gemeten. De C-VES methode

heeft als nadeel dat het vochtgehalte in de onverzadigde zone een aanzienlijke vertekening in de gemeten zoet-zout verdeling kan veroorzaken (groter dan met EM39 aangezien alleen aan het oppervlak gemeten wordt). Op grond hiervan wordt deze methode voor dit doel minder geschikt bevonden. De prikstokmethode heeft praktisch als nadeel dat deze niet goed toepasbaar is in zandige profielen. Tijdens het veldbezoek op 6 maart 2008 is een prikstokmeting uitgevoerd, maar de meting liep al op 1 m diepte vast in het zand. De bodemopbouw langs de Puijendijk wordt zandig verondersteld, omdat uit historische kaarten blijkt dat hier een oude kreek ligt (zie figuur 9).

A4. Monitoring zoutbelasting oppervlaktewater

Voor het meten van de effecten op de oppervlaktewaterkwaliteit is de huidige meetfrequentie van o.a. chloride en EC door het waterschap voldoende. Wel wordt voorgesteld de in het verleden afgestoten meetlocaties O90190 en O90180 weer standaard mee te nemen, zie figuur 5a.

A5. Monitoring van tweede orde verklarende variabelen en controlevariabelen

Monitoring van de grondwaterdrukverdeling in het 1^e wvp in plangebied Waterdunen is al genoemd bij onderdeel A2.

Het polderpeil wordt dagelijks met een automatische drukopnemer gemeten in de sloot langs de Puijendijk.

Het neerslagoverschot wordt berekend door metingen van de verdamping op KNMI-station Vlissingen te combineren met neerslagradarbeelden⁶.

De zeespiegelstand wordt meermalen daags bij Vlissingen, Breskens en Cadzand gemeten door Rijkswaterstaat. Het meenemen van de zeespiegelstijging dient overigens voornamelijk om te bevestigen dat deze factor op de termijn waarop het plan Waterdunen tot uitvoering zal komen, geen rol van betekenis zal spelen. De KNMI-'06 scenario's voor 2050 gaan uit van 15 tot 35 cm stijging, dit is 4 tot 9 cm in de komende 10 jaar. Aangezien het effect gedempt zal worden in het 1^e wvp, blijft er hooguit enkele cm van over. Op langere termijn kan het wel zinvol zijn om het effect van zeespiegelstijging mee te nemen. Hiervoor kan worden volstaan met het meten van de grondwaterdruk in het 1^e wvp in de beide raai meetpunten op 300 m afstand van het plangebied, onderdeel A2. Om zinvol statistiek te bedrijven op de meetgegevens dient er dan wel lang én frequent (meermalen daags) gemeten te worden.

Bij aanvang van deze opdracht is de suggestie geopperd om een geheel ander gebied als controlegebied te gaan monitoren om voor externe invloeden zoals neerslag/verdamping te kunnen corrigeren. In een dergelijk controlegebied zou echter ook weer de invloed van mogelijk afwijkende omstandigheden zoals de opbouw van de ondergrond, maaiveldligging, buisdrainage, enz. moeten worden onderzocht. De meetinspanning, en vooral ook de analyse-inspanning, zou daardoor sterk toenemen, en betwijfeld wordt of het de kosteneffectiviteit van de monitoring ten goede komt.

3.1.4 Praktische aspecten

De keuze van de meetlocaties zal worden beperkt door de landbouwwerkzaamheden op de percelen. Het is echter bij de verwachte zoetwaterlensdikten niet representatief om

⁶ elke 3 uur beschikbaar op een resolutie van 2.5 bij 2.5 km, www.hydrologic.nl/hydronet/RadarNL.asp, beschikbaar via het waterschap Zeeuws-Vlaanderen

langs sloten te meten, omdat daar eerder zout grondwater zal toestromen. De toestand op de percelen is juist bepalend voor het wel of niet optreden van gewasschade. Gezocht zal daarom moeten worden naar locaties op minimaal 10 m afstand van sloten, zonder daarbij de landbewerking in de weg te zitten. Peilfilters in het 1^e wvp zijn minder gevoelig voor de omstandigheden aan maaiveld, en kunnen bijvoorbeeld op boerenerven worden geplaatst. Om dezelfde reden zal een meetlocatie niet vlak naast een draingebuis moeten komen, maar midden ertussen.

Het gebruik van automatische drukopnemers vergt enige oplettendheid. Ze moeten periodiek worden uitgelezen om te voorkomen dat hun geheugen volloopt (al gebeurt dat bij een dagelijkse meetfrequentie pas na vele jaren). Een minimale uitleesfrequentie van eens per half jaar wordt aangeraden. De levensduur van de batterij is normaal gesproken 5 tot 10 jaar; bij uitval bestaat de kans dat meetgegevens verloren gaan. Periodiek moeten handmatige peilingen worden uitgevoerd om de meetreeksen te kunnen vertalen naar grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld en te corrigeren voor zgn. drift (geleidelijk ontstaande kleine afwijkingen van de drukopnemer).

3.1.5 *Analyse*

De meetresultaten moeten als volgt worden geanalyseerd:

- Op basis van de EM31-metingen wordt een schijnbare weerstandsk kaart gemaakt, waaruit kan worden afgeleid waar de gebieden liggen met de dunste zoetwaterlenzen (lage weerstand = hoge geleiding = veel zout). Dergelijke relatief gevoelige gebieden komen in aanmerking voor de sondeer/stijghoogte/chlorideraai. Deze kaart wordt overigens normaal gesproken al tijdens de kartering gemaakt;
- *Vóór de ingreep* worden basale statistische grootheden van de meetreeksen afgeleid, zoals gemiddelde en variantie. Ook wordt per meetreeks de autocorrelatie bepaald, op basis waarvan kan worden besloten tot het verlagen van de meetfrequentie. *Ná de ingreep* worden de meetreeksen periodiek (bv. jaarlijks) onderworpen aan een statistische test, bv. Students t-test of Mann-Whitney's test, om te bepalen of er sprake is van een significante verandering sinds de ingreep. De verwachting is dat de grondwaterdrukken zich snel (termijn dagen tot max. enkele weken) zullen instellen op het nieuwe, structureel hogere peil van Waterdunen. Een eventuele drukverandering zal dan ook sprongsgewijs plaatsvinden. Mogelijk moeten de data gemeten in winter- en zomerpeilperioden worden gescheiden, omdat de grootste effecten in de zomer te verwachten zijn (Stark et al., 2006);
- Bij een gebleken significante verandering, of het optreden van gewasschade, zal getracht moeten worden deze te duiden door middel van tijdreeksmodellering. Bij tijdreeksmodellering wordt een reeks meetwaarden uiteengehaald in verschillende verklarende componenten. In dit geval zijn dat neerslag en verdamping, oppervlaktewaterpeil ter plaatse, en de grondwaterdruk in het 1^e wvp in het plangebied Waterdunen. De te modelleren tijdreeksen zijn van de stijghoogte en de zoetwaterlensdikte;
- In de nulsituatie wordt beoordeeld of het chloridegehalte (periodiek) duidt op brak of zout water. Zo ja, dan is dit aanleiding voor het opstarten van monitoring en analyse van het zoutgehalte in het bodemvocht.

3.1.6 *Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.*

3.1.6.1 *Geen gescheiden kwel afvoer* Geen invloed op het ontwerp.

3.1.6.2 *Hogere grondwaterdruk in zoetwaternatuurzone*

Als gevolg van de hogere druk in de zoetwaternatuurzone gaan ook de percelen ten oosten van de Noordweg deel uit maken van het invloedsgebied. Derhalve wordt een extra raai voorzien voor onderdeel A2, en worden ook de onderdelen A1 en A3 in dit gebied uitgebreid.

De lengte van de tracéverlenging (van de Noordweg oostwaarts, vervolgens noordwaarts tot de noordgrens van de Paradijsspolder) bedraagt 2.5 km. Dit komt neer op 5 extra meetpunten voor onderdeel A3, en 5 km extra EM31-kartering (wederom 2 raaien evenwijdig aan de grens met plangebied Waterdunen). Enige toelichting is hier wellicht op zijn plaats. In de zoetwaternatuurzone is weliswaar onder invloed van een hogere druk de ontwikkeling van een behoorlijke zoetwaterlens te verwachten, maar dit zoete water komt vooralsnog niet onder de genoemde percelen terecht. Voor de percelen is aanvankelijk de druktoename in het 1^e wvp van belang, en als gevolg daarvan het omhoog komen van het zoet brak grensvlak.

Voor de reeds beschreven metingen heeft de hogere grondwaterdruk geen gevolgen. Deze concentreren zich hoe dan ook op de dichtstbij het plangebied gelegen percelen.

3.1.6.3 *Deklaag in plangebied (deels) vergraven*

Meer doorwerking van het peil in het getijdengebied, dus invloedsgebied wordt groter. Zie vorig punt.

3.1.6.4 *Hogere getijamplitude*

Geen gevolgen voor de gemiddelde waterdruk vanuit het plangebied, dus geen gevolgen voor de monitoring van dit meetdoel.

3.1.6.5 *Zoetwaternatuurzone verder naar het westen doorgetrokken.*

Als de zoetwaternatuurzone verder naar het westen wordt doorgetrokken, als deze daar net zo breed wordt, en als er in deze zone geen sprake is van een hoger peil, dan zal de monitoringsinspanning in de basisvariant beduidend afnemen, omdat het invloedsgebied van het getijdengebied geheel of gedeeltelijk binnen de grenzen van het plangebied komt te liggen. Stel dat in het meest extreme geval het invloedsgebied geheel binnen het plangebied komt te liggen, dan vervallen onder andere twee van de drie raaien (A2) en het grootste deel van onderdeel A3.

3.2 **Meetdoel 2: Nat- of zoutschade aan objecten in en rond het plangebied**

3.2.1 *Ontwerpprincipes*

Bij alle drie onderscheiden typen van bebouwing gaat het om monitoring van de freatische grondwaterstand als toestandsvariabele voor natschade, en van het zoutgehalte van het bodemvocht als toestandsvariabele voor corrosie of zoutschade. De verklarende variabelen zijn respectievelijk het omringende openwaterpeil (eilandbebouwing), stijghoogte in het 1^e watervoerend pakket (overige bebouwing) en het zoutgehalte van het ondiepste grondwater. Voor de freatische grondwaterstand gelden bovendien neerslag en verdamping als verklarende variabelen om eventuele gemeten veranderingen te kunnen duiden.

Zoals aangegeven is de inschatting dat in het aandachtsgebied permanent zoetwaterlenzen vóórkomen. Evenals bij meetdoel 1 is er sprake van preventieve monitoring. Het monitoren van het zoutgehalte in het bodemvocht is dan niet nodig, het

ondiepeste grondwater is immers altijd zoet, en bij een dunner wordende lens kunnen maatregelen worden getroffen.

Metalen tanks, leidingen, beton en betonwapening, erfbeplanting, metsel- en stucwerk komen in aanmerking voor monitoring op zoutshade.

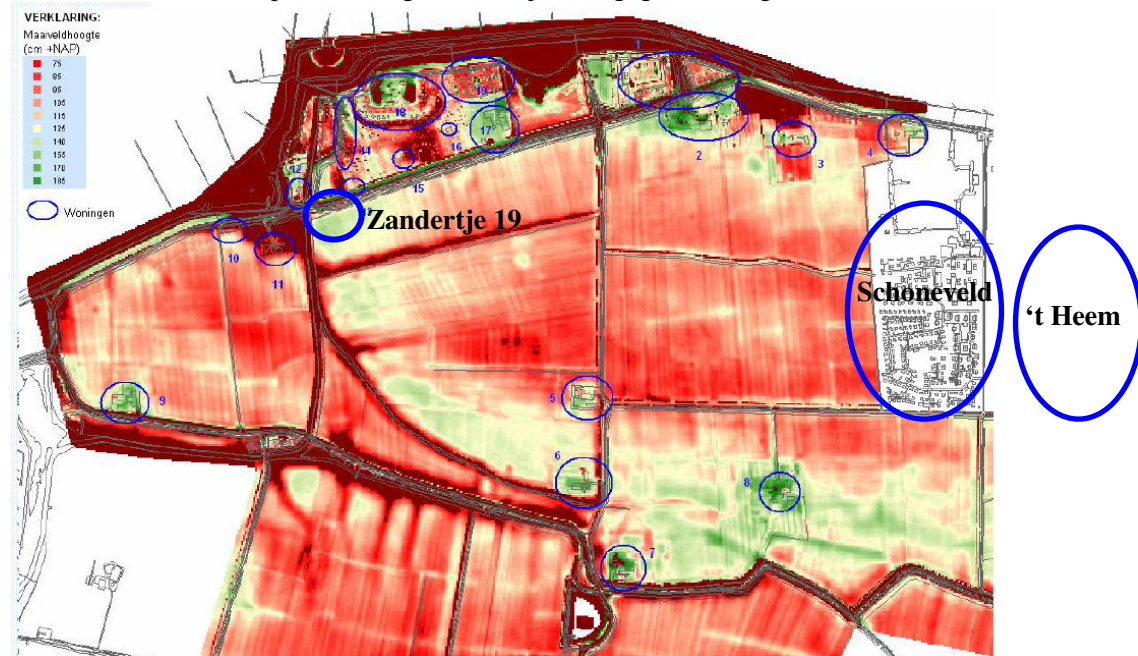
Ook voor dit meetdoel wordt een tweemaandelijks frequentie voor het zoutgehalte aanbevolen, met in het eerste jaar in de zomer een maandelijkse frequentie, en voor grondwaterdrukken een dagelijkse meetfrequentie.

3.2.2 *Begrenzing van het te monitoren gebied*

Het te monitoren gebied bestaat uit de percelen waarop de bebouwing en objecten liggen. Het aantal beoogde percelen wordt als volgt vastgesteld:

- op basis van de informatie van Oranjewoud (1997) zijn 19 percelen in beeld;
- een 20^e perceel wordt gevormd door de bebouwing op het adres Zandertje 19;
- in de gebieden Schoneveld en 't Heem is een groot aantal percelen aanwezig met semi-permanent bewoonde bebouwing. Op grond hiervan en de korte afstand tot het plangebied verdient ook dit gebied de nodige aandacht, en wordt voorgesteld om in beide gebieden 3 percelen te selecteren voor monitoring. Hierbij is niet inbegrepen de beoogde uitbreiding van camping Schoneveld. De te selecteren percelen moeten vallen binnen het invloedsgebied van 300 m zoals berekend bij meetdoel 1. Daarnaast wordt vanuit onderdeel A3 op twee locaties in deze gebieden de dikte van de zoetwaterlens gemonitord, wat het totaal aantal meetpunten op 4 per gebied brengt.

Het totaal aantal meetpunten komt daarmee op 28, waarvan 2 samenvallend met onderdeel A3. De meetpunten en –gebieden zijn weergegeven in figuur 11.



Figuur 11. Percelen die in aanmerking komen voor monitoring, meetdoel 2. Bron: Stark et al. (2007).

3.2.3 *Het monitoringsplan in concreto*

Uitgaande van de ontwerpprincipes bestaat de monitoring per bebouwd perceel uit de hieronder beschreven typen metingen.

B1. Nulmeting van de huidige slootafstanden, inventarisatie van de toestand van relevante objecten.

Voor ondergrondse objecten kan dit kostbaar zijn als er graafwerk nodig is. Deze post is niet in de kostenraming meegenomen. De perceeleigenaar kent zijn eigen perceel als geen ander, dus het ligt voor de hand om de selectie van te inventariseren objecten aan hem/haar over te laten.

B2. Meting freatische grondwaterstanden

Freatische grondwaterstanden worden dagelijks gemeten met automatische drukopnemers in een peilbuis bij een door de perceeleigenaar te selecteren object. In dit stadium kan niet worden beoordeeld op welke percelen er meer kans is op natschade of juist zoutschade, omdat dit afhankelijk is van de uiteindelijke peilen en drainage en lokale omstandigheden. Het beïnvloedt wel de selectie van het te monitoren object. Bij het plaatsen van de peilbuis moeten roestkenmerken zorgvuldig worden geregistreerd. Deze kenmerken kunnen waardevolle informatie geven over het grondwaterregime in de voorafgaande jaren (tot max. ca. 30 jaar terug).

Essentieel is dat de meetlocatie niet naast een object met een vast / beheerst peil mag komen (een sloot, drainage of onttrekkingsput), of daar via een goed doorlatende laag mee in verbinding staat. Het wordt aanbevolen om voorafgaand aan plaatsing van de peilbuis meerdere boorgaten te maken, hier een indruk te krijgen van de grondwaterstand / roestkenmerken en op basis daarvan de meest kritische locatie te selecteren voor de peilbuis.

B3. EC-metingen grondwater

De EC in het ondiepe grondwater wordt gemeten in de peilbuis. Aanbevolen wordt een tweemaandelijkse meetfrequentie, met in het eerste jaar in de zomer een maandelijkse frequentie. Er is efficiëntie te behalen als de metingen zouden kunnen worden gecombineerd met de maandelijkse oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen door het waterschap.

B4. Monitoring van tweede orde verklarende variabelen en controlevariabelen

Voorgesteld wordt om op twee locaties in het getijdengebied de openwaterpeilen automatisch te registreren. Vanwege de getijdenbeweging is hier een meetfrequentie van meerdere malen daags aan te bevelen.

Grondwaterdruk in het 1^e wvp, neerslag en verdamping worden voor meetdoel 1 gemeten, onderdelen A3 en A5.

3.2.4 *Analyse*

De meetresultaten moeten als volgt worden geanalyseerd:

- *Voor de nulsituatie* worden basale statistische grootheden van de meetreeksen afgeleid, zoals gemiddelde en variantie. Ook wordt per meetreeks de autocorrelatie bepaald, op basis waarvan kan worden besloten tot het verlagen van de meetfrequentie. *Na de nulsituatie* worden de meetreeksen periodiek (bv. jaarlijks) onderworpen aan een statistische test, zie meetdoel 1. Voor zover nog geen preventieve drainage was aangelegd, kan deze analyse daar alsnog aanleiding toe geven;
- Bij een gebleken significante verandering, of het optreden van schade, zal getracht moeten worden deze te duiden door middel van tijdreeksmodellering, met neerslag, verdamping, grondwaterdruk in het 1^e wvp en openwaterpeil als verklarende variabelen. De te modelleren tijdreeksen zijn van de freatische grondwaterstand ter plaatse. Ook de gekarteerde roestkenmerken kunnen bij de analyse waardevol zijn;
- In de nulsituatie wordt beoordeeld of het chloridegehalte (periodiek) duidt op brak of zout water. Zo ja, dan is dit aanleiding voor het opstarten van monitoring en analyse van het zoutgehalte in het bodemvocht, zie onderdeel A6.

3.2.5 *Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.*

3.2.5.1 *Geen gescheiden kwel afvoer*
Geen invloed op het ontwerp

3.2.5.2 *Hoger peil in zoetwaternatuurzone*
Deze factor heeft alleen invloed op de monitoring op de in dit gebied aanwezige bebouwing. Hogere grondwaterstanden als gevolg van hogere peilen en/of grotere slootafstanden betekenen dat monitoring op zoutschade niet nodig is.

3.2.5.3 *Deklaag in plangebied (deels) vergraven*
Meer doorwerking van het peil in het getijdengebied, dus meer kwel in de omgeving. Geen veranderingen in de wijze van monitoring, de situatie wordt wel kritischer.

3.2.5.4 *Hogere getijamplitude*
Sterkere doorwerking op de freatische grondwaterstand, met name bij de eilandbebouwing. Geen veranderingen in de wijze van monitoring, de situatie wordt wel kritischer.

3.3 **Meetdoel 3: Achterwaartse verzilting**

3.3.1 *Ontwerpprincipes*

De rechtstreekse beïnvloeding van de oppervlaktewaterkwaliteit als gevolg van het opvangen van zoute kwel vanuit het getijdengebied (bij niet-gescheiden afvoersystemen) is een redelijk directe relatie die geen nadere toelichting behoeft. De meetinspanning kan gecombineerd worden in onderdeel A4 van meetdoel 1.

C1. Inventarisatie diepteligging buisdrainage

Zoals aangegeven in paragraaf 2.3.3. wordt niet verwacht dat achterwaartse verzilting van invloed zal zijn op de grondwatersituatie in het aandachtsgebied. Om deze veronderstelling te toetsen wordt voorgesteld om een inventarisatie van de diepteligging van de in het gebied aanwezige buisdrainage uit te voeren. Mocht op grond daarvan alsnog het tegendeel blijken, dan wordt de volgende monitoringsstrategie voorgesteld.

C2. Monitoring infiltratie verzilt oppervlaktewater via buisdrainage.

De mogelijke invloed van infiltratie van verzilt water in de percelen, via de buisdrainage, zou zich ook nu al moeten weerspiegelen in (tijdelijk) hogere zoutgehalten van het ondiepe grondwater, voornamelijk rond de drainagebuizen. Het slotwater is immers nu ook al brak, chloridegehalten boven 1000 mg/l zijn geen uitzondering, zie figuur 5b.

Voor het vaststellen of infiltratie via drains onder het zomerpeil relevant is, wordt het volgende voorgesteld. Op 5 à 10 m vanaf de monding van de drainagebuis worden freatische peilbuizen geplaatst met filters op 20 cm boven, en 10 cm onder de buisdrainage. Gedurende het zomerhalfjaar (mei t/m oktober) wordt tweewekelijks de grondwaterstand gepeild en de EC bepaald (veldmeting). In warme en droge perioden, waarin de kans het grootst is dat de grondwaterstand tot onder het drainageniveau zakt, wordt de meetfrequentie echter tijdelijk verhoogd naar eens per week, om te kunnen vaststellen of er abnormale zoutgehalten optreden, en of deze samenvallen met de lage grondwaterstanden.

3.3.2 *Analyse*

De analysemethode is identiek aan de andere meetdoelen. Bijzonderheid is, dat de EC-reeksen moeten worden geanalyseerd op het optreden van verhoogde EC-waarden, op momenten dat het grondwater onder de drain staat. Deze analyse kan in ieder geval visueel gebeuren, en eventueel met een statistische toets, bij voldoende metingen. Indien het mechanisme tijdens de nulsituatie wordt geconstateerd, kan dit voor de gezamenlijke partijen aanleiding zijn om voorzorgsmaatregelen (bv. waterconservering) ná de ingreep te overwegen. Na de ingreep is het raadzaam om gedurende droge, warme perioden de meetresultaten direct te analyseren. Indien op dat moment infiltratie van verzilt water vanuit de sloot wordt geconstateerd, kunnen wellicht nog tijdig tegenmaatregelen worden genomen, ook al zal de schaarste aan zoet water het er dan waarschijnlijk niet eenvoudiger op maken.

3.3.3 *Invloed van onzekerheden in het Waterdunen-ontwerp op het monitoringsplan.*

3.3.3.1 *Geen gescheiden kwel afvoer*

Monitoring in het kader van dit meetdoel is alleen aan de orde als gekozen wordt voor niet-gescheiden afvoer van kwel uit het getijdengebied.

3.3.3.2 *Hoger peil in zoetwaternatuurzone*

Geen invloed. De wijze van afwatering van dit gebied heeft mogelijk wel invloed op de omvang van het verziltingseffect, maar niet op de wijze van monitoring.

3.3.3.3 *Deklaag in plangebied (deels) vergraven*

Geen invloed.

3.3.3.4 *Hogere getijamplitude*

Geen invloed.

4 Optimalisatie

Een goed meetprogramma kan niet vanuit het niets worden opgetuigd, en het in dit plan voorgestelde meetprogramma is wat dat betreft dan ook niet als ‘goed’ te classificeren. Er zijn op verschillende momenten verschillende optimalisatiemogelijkheden, en deze zullen in dit hoofdstuk kort worden beschreven.

4.1 Optimalisatie 1: Vaststellen signaalwaarde met behulp van een grondwatermodel.

Om het meetprogramma zinvol te laten bijdragen aan het voorkómen van schade, moeten nl. nog twee aanvullende vragen worden beantwoord:

- 1 wanneer moet in actie worden gekomen om schade te voorkómen?
- 2 waaruit bestaat deze actie?

De beantwoording van de tweede vraag valt strikt genomen buiten dit monitoringsplan, en is een zaak van afspraken tussen de betrokken partijen.

Voor de beantwoording van de eerste vraag moet een zgn. *signaalwaarde* worden vastgesteld, dat wil zeggen een meetwaarde waarbij overgegaan wordt tot een tevoren afgesproken actie. Per meetdoel kan een signaalwaarde worden gedefinieerd, bijvoorbeeld:

- Meetdoel 1: Het vaststellen van het dunner worden van de zoetwaterlens met een zodanige snelheid, dat verwacht mag worden dat deze op een termijn van enkele jaren (periodiek) verdwijnt. In concreto: de procentuele afname van de zoetwaterlensdikte in het eerste jaar na de ingreep;
- Meetdoel 2: Een significante verhoging van de grondwaterstand en/of het zoutgehalte ten opzichte van de nulsituatie, gecorrigeerd voor weersinvloeden;
- Meetdoel 3: significante toename van de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater ten opzichte van de nulsituatie, in combinatie met (1) aanwezigheid van drainage onder het zomerpeil, en (2) vaststelling dat in de nulsituatie het ondiepe grondwater rond deze buisdrainage tijdelijk duidelijk minder zoet is in droge perioden.

Omdat er nog zo weinig bekend is over de dynamiek van regenwaterlenzen, is het vaststellen van een signaalwaarde voor meetdoel 1 geen eenvoudige opgave. Het gebruik van een grondwatermodel kan hier een belangrijke bijdrage leveren. Met het grondwatermodel kan het gedrag van de zoetwaterlens in de nulsituatie en onder invloed van de ingreep worden nagebootst. Op basis van zo'n modellering kan worden ingeschat bij welke afname van de zoetwaterlens in bijvoorbeeld het eerste jaar na de ingreep, moet worden gevreesd voor het op termijn periodiek verdwijnen van de lens, en zo kan het begrip signaalwaarde handen en voeten worden gegeven.

Ook kunnen de modelresultaten bijdragen aan het vormgeven van een schadevergoedingsregeling. Met een grondwatermodel kan worden berekend in welk deel van het gebied de signaalwaarde wordt overschreden. Vervolgens kan worden berekend hoeveel meetpunten nodig zijn om de kans op schade niet groter te laten zijn dan bijvoorbeeld 5%. Schade treedt op als op basis van de monitoring ten onrechte wordt aangenomen dat er géén trend is in het omhoogkomen van het zoet-brak grensvlak. De kans op deze schade, vermenigvuldigd met de kosten van de schade, bepaalt het financiële risico, en daarmee de financiële reservering die gemaakt moet

worden voor de schadevergoedingsregeling. Conform deze redenering betekenen meer meetpunten dan ook een duurder prijskaartje van de monitoring, maar ook een lagere kans op schade, dus een lagere financiële reservering, en vice versa. Het economisch optimale aantal meetpunten is dus een functie van de kans dat schade optreedt (te berekenen met het grondwatermodel) en de kosten van deze schade. Dergelijke kwantitatieve uitspraken over betrouwbaarheden en risico's kunnen echter pas worden gedaan als de variaties in het systeem bekend zijn, met andere woorden als er al enige tijd gemeten is.

Voor dit doel is niet per se een 3-dimensionaal, dichtheidsafhankelijk grondwatermodel nodig. Er kan worden volstaan met een 2-dimensionaal perceelsmodel waarbij dan wel aannamen moeten worden gedaan voor de grondwaterdruk in het 1^e wvp.

De eerste meetresultaten kunnen worden gebruikt om het grondwatermodel de nulsituatie op een bevredigende manier te laten nabootsen. Ook de gedetailleerde proceskennis uit het onderzoeksproject 'Verzoeting en verzilting freatisch grondwater in de provincie Zeeland', dat Deltares momenteel uitvoert, kan hiervoor worden benut. 'Bevredigend' wil overigens niet zeggen dat de meetresultaten exact kunnen worden nagebootst. Zoals gezegd kunnen we niet overal alles te weten komen over de bodemopbouw, de drainageweerstand, en andere randvoorwaarden.

4.2 Optimalisatie 2: metingen van het zoutgehalte in het bodemvocht

Zoals eerder beschreven wordt verwacht dat de regenwaterlenzen in het aandachtsgebied in de huidige situatie permanent vóórkomen. Mocht blijken dat dit niet het geval is, dan bevelen wij aan om ook de zoutgehalten in het bodemvocht in de nulsituatie te meten. Hiervoor kunnen bodemvocht-EC-sensoren worden toegepast, welke commercieel verkrijgbaar zijn (EUR 1500-2000 per stuk). De evaluatie op dit aspect zal dan ook relatief snel moeten gebeuren, zodat de resterende tijd tot de ingreep hiervoor gebruikt kan worden.

4.3 Optimalisatie 3: als het invloedsgebied groter of kleiner is dan verwacht

Mocht uit de metingen van de grondwaterdruk na de ingreep blijken dat het invloedsgebied groter is dan verwacht, dan kan dit aanleiding zijn om ook op grotere afstand van de ingreep de dikte van de zoetwaterlenzen te gaan monitoren. Op deze 'nieuwe' locaties is dan weliswaar niet de nulsituatie gemeten, maar verwacht wordt dat het voorgestelde meetprogramma daarover genoeg informatie kan verschaffen op grond van het grote aantal locaties waar wel langer is gemeten. Omgekeerd zouden meetlocaties kunnen afvallen als blijkt dat het invloedsgebied kleiner is dan aangenomen, bijvoorbeeld doordat de voorziene kwelsloot zeer effectief blijkt te zijn.

4.4 Planning

Indien besloten wordt tot het uitvoeren van de beschreven optimalisaties, moeten deze wel op de juiste momenten worden uitgevoerd. De onderstaande planning zou daartoe moeten worden aangehouden. Daarbij is er van uitgegaan dat het plan Waterdunen vanaf begin 2011 wordt uitgevoerd.

- Zomer 2008: inrichting van het voorgestelde meetprogramma;
- Najaar 2008: controle of alle apparatuur naar wens functioneert;
- Najaar 2009: eerste evaluatie. Afhankelijk van de resultaten: optimalisatie 2;

- Najaar 2010: tweede evaluatie, einde nulsituatie, optimalisatie 1;
- Begin 2011: uitvoering plan Waterdunen;
- Minimaal een half jaar na realisatie getijdenpeilen (in ieder geval na een zomerperiode): derde evaluatie, toetsing aan signaalwaarden. Afhankelijk van de resultaten: optimalisatie 3;
- Vervolgens: periodieke evaluatie(s). De totale duur van de monitoring en de frequentie van de evaluaties zullen volledig afhankelijk zijn van de meetresultaten. Geohydrologisch gezien ligt het voor de hand om de monitoring pas stop te zetten als mag worden aangenomen dat er geen significante verandering in de dikte van de zoetwaterlens (meer) plaatsvindt. Omdat de nulmeting drie jaar in beslag neemt, wordt ook een minimum van drie jaar monitoring na uitvoering van het plan aanbevolen. Blijkt tijdens de eerste evaluatie na uitvoering de zoetwaterlens (lokaal) in rap tempo dunner te worden, dan is dit aanleiding om vaak te blijven evalueren bv. eens per half jaar. Blijkt dit niet het geval te zijn, of blijkt de grondwaterdruk in het eerste watervoerend pakket niet of nauwelijks te zijn toegenomen na de ingreep, dan kan dit aanleiding zijn om de monitoring (lokaal) te beëindigen na een laatste evaluatie 3 jaar na uitvoering. Omdat het aantal benodigde evaluaties niet bekend is, is dit onderdeel niet begroot in de kostenraming in hoofdstuk 5.

Conform deze planning is voor de nulmeting een meetperiode van 3 zomers beschikbaar. Bij voorkeur treedt in één van deze drie zomers een aanzienlijk droge periode op, zodat de reactie van de zoetwaterlens daarop direct gemeten kan worden. Dit hebben we uiteraard niet in de hand, en het is dan ook denkbaar dat in de komende drie zomers geen droge periode van betekenis optreedt. Hoe dan ook echter zal de zoetwaterlens in dikte fluctueren door de jaren heen, onder invloed van de gangbare afwisseling tussen neerslagoverschot in de winter, en verdampingoverschot in de zomer. Door deze seizoensfluctuaties met behulp van een grondwatermodel na te bootsen, kunnen ook extremere fluctuaties, zoals bijvoorbeeld ten gevolge van een extremere droogte, worden gesimuleerd. Een nulmeting van 3 jaar is dan ook voldoende, mits er een extreem droge zomer wordt gemeten OF de gemeten fluctuaties kunnen worden geëxtrapoleerd met behulp van een grondwatermodel.

5 Samenvatting en kosten

In tabel 1 (volgende bladzijde) worden de in hoofdstuk 3 voorgestelde monitoring samengevat en wordt een globale inschatting gegeven van de kosten. Wij bevelen overigens sterk aan om de coördinatie van de monitoring, de inzameling en het beheer van de data, en de (uitbesteding van) de analyse van de gegevens, in handen te leggen van één partij. In de kostenraming is er van uitgegaan dat monitoring voor meetdoel 3 niet nodig is, en er is geen rekening gehouden met de in hoofdstuk 4 beschreven optimalisaties, omdat deze sterk afhankelijk zijn van de meetresultaten. Wel is een raming gemaakt voor de grondwatermodellering, maar deze is als aparte post opgenomen, en buiten de kostenraming voor het meetprogramma gehouden.

De afgebeelde kostenraming is gebaseerd op de variant waarbij in onderdeel A3 gebruik wordt gemaakt van EC- en chloridemetingen in peilfilters. Zoals beschreven in hoofdstuk 3 kan als alternatief gebruik worden gemaakt van EM39-metingen. In dit EM39-alternatief worden kosten bespaard doordat minder clusters peilfilters hoeven te worden geplaatst. Verder wordt bespaard op het aantal benodigde bemonsteringen en analyses. Daartegenover staat dat in het EM39-alternatief extra kosten worden gemaakt voor het separaat plaatsen van freatische peilbuizen, de benodigde mensdagen voor de EM39 metingen (naar schatting 1 dag per meetronde), het geven van een cursus aan de beoogde uitvoerders van de EM39-metingen, het schrijven van een routine voor dataverwerking, en de huur van het EM39 apparaat. Hierbij is er van uitgegaan dat de drie laatstgenoemde kostenposten kunnen worden gedeeld met het project Perkpolder. Al met al verschillen de kosten van beide alternatieven weinig, zoals blijkt uit onderstaande tabel:

	Totale kosten, basis variant (in 1000 EUR)	Totale kosten, bij hoger peil in zoetwaternatuur zone (in 1000 EUR)
Variant onderdeel A3: Directe EC- en Cl-metingen in clusters peilfilters	84 + jaarlijks 15	94 + jaarlijks 19
Variant onderdeel A3: Zoetwaterlensdikte metingen met EM39	84 + jaarlijks 16	94 + jaarlijks 16

Het voordeel van het alternatief peilfilterclusters is dat er geen vertaling nodig is, de metingen zijn direct te relateren aan EC / chloride van het grondwater. Daar tegenover staat dat de EM39 een veel gedetailleerder diepteverloop van de geleidbaarheid (en dus zoutgehalte) laat zien, en dat een eventuele uitbreiding van het meetnet (bv. na optimalisatie 1) waarschijnlijk minder extra kosten met zich meebrengt. Ook nemen de (eenmalige) kosten verder af indien de methode in andere projecten in Zeeland kan worden ingezet.

De extra kosten voor een grondwatermodellering zoals voorgesteld in hoofdstuk 4 bedragen ca. EUR 30.000. Vermeldenswaard is tenslotte nog dat de indirecte kosten (coördinatie, analyse en rapportage) een aanzienlijk deel (bijna 1/3) van de totale raming vormen.

Tabel 1. Kostenraming van het monitoringsplan Waterdunen en omgeving. Alle bedragen zijn afgerond naar duizendtallen. Bedragen in cursief zijn jaarlijks, de andere zijn eenmalig.

Onder-deel	Activiteit	Nadere Beschrijving	Kosten basis, in 1000 EUR	kosten+, in 1000 EUR ⁷	Opmerking
A1	kartering gevoelige gebieden	2 raaien EM31 met gebruik van GPS	5	8	
A2	EC-sonderingen	4 per raai +5 losse monitoringspunten regenwaterlensdikte, tot NAP -15	7	8	
A3	EC- en chloride monitoring grondwater	plaatsing 9 peilfilters x 4	7	11	EUR 3000 per 4x4
A2	Bepaling invloedsgebied en EC-diepteprofielen	aanschaf 12 drukopnemers	6	8	EUR 500 per stuk (excl. afschrijving)
<i>A3</i>	<i>EC- en chloride monitoring grondwater</i>	<i>8 x per jaar EC, (3x ook Cl), in 9x4 peilfilters</i>	<i>6</i>	<i>9</i>	<i>EUR 17 per EC, EUR 10 per Cl (opg. waterschap)</i>
<i>A4</i>	<i>EC- en chloride opp.water</i>	<i>Maandelijks EC en Cl in 2 extra meetpunten</i>	<i>0.6</i>	<i>0.6</i>	<i>zie A3</i>
A5	controle metingen	drukopnemer polderwatersysteem	0.5	0.5	EUR 500 per stuk
B1	Inventarisatie objecten	op 20 percelen, + Schoneveld en 't Heem	12	12	aanname EUR 500 per perceel
B2	grondwaterstanden objecten	plaatsing 26 freatische peilbuizen	9	9	EUR 3500 per 10
B2	grondwaterstanden objecten	aanschaf 28 drukopnemers	14	14	zie A2
<i>B3</i>	<i>EC / chloride objecten</i>	<i>8 x per jaar EC, (1x ook Cl), in 26 monsters</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>Zie A3</i>
B4	Waterpeilen getijdengebied	aanschaf 2 drukopnemers	1	1	zie A2
C1	Inventarisatie buisdrainage		2	2	Aanname ca. 10 huisbezoeken + 1 korte schriftelijke rapportage.
C2	EC-monitoring rond drainagebuizen	plaatsing 2 ondiepe peilbuizen, 8x p/j EC)			raming is per locatie
D1	Evaluaties (3)	3 opdrachten a kEUR 7 + tussentijdse check drukopnemers	22	22	inclusief uitlezen drukopnemers

⁷ Kosten +: in geval van hoger peil in zoetwaternatuurzone

<i>D2</i>	<i>Coördinatie</i>		<i>5</i>	<i>5</i>	
	compensatie landbewerkbaarheid	i.v.m. in de weg staande meetpunten	PM	PM	
O1	Optimalisatie 1	Grondwatermodellering, voorstel signaalwaarden, voorstel optimalisatie	30	30	
		TOTAAL EENMALIG	84	94	
		TOTAAL JAARLIJKS	15	19	

6 Literatuur

- Broek T van den, Jacobse S, Zaadnoordijk WJ & Soetens A (2007) Gebiedsontwikkeling westelijke Perkpolder. Deelonderzoek analyse van het watersysteem. Rapport 9S7564a0/R/Rott1, RoyalHaskoning.
- Goes BJM (2000) Onderzoek naar de ondiepe zoet-brak-zout grondwater verdeling in Dorpzicht en Sir Robert Peel, Texel. TNO-rapport NITG 00-277-B, Utrecht.
- Lubelli B (2006) Sodium chloride damage to porous building materials. Profeschrift TU Delft.
- Oranjewoud (2006) MER Waterdunen. Kustversterking en gebiedsontwikkeling in de Jong- en Oud Breskenspolder. projectnr. 1907-161911, versie 04.
- Oude Essink G, Stevens S., De Veen B, Prevo C, Marconi V, Goes B & De Louw P (2007) Meetcampagne naar het voorkomen van regenwaterlenzen in de provincie Zeeland. TNO-rapport 2007-U-R0925/A.
- Stark M., Ravenstijn P., Korf J. & Walraven R. (2006) Inlaatduiker Waterdunen. Definitief rapport, projectnr. 162531, revisie 02.
- Ven, F.H.M. van de (1998) Waterbeheersing stedelijke gebieden. Collegedictaat CTIw5510, TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen.