

Plan Waterdunen

Nulmeting grondwater

drs. J.T. Buma

CONCEPT

1201872-000

Titel
Plan Waterdunen

Opdrachtgever
Provincie Zeeland

Project
1201872-000

Kenmerk
1201872-000-BGS-0002-

Pagina's
41

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	juni 2010	drs. J.T. Buma		drs. P.G.B. de Louw		dr. J.C. Gehrels	
		e.a.					
2.0	September 2011	drs. J.T. Buma		drs. P.G.B. de Louw		dr. J.C. Gehrels	

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

CONCEPT

Inhoud

1 Aanleiding en doelstellingen	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstellingen	2
1.2.1 Beknopte uitleg faalmechanismen	2
1.3 Leeswijzer	4
2 Geplaatste peilbuizen	4
3 Verzilting akkerbouwpercelen door toename kwel	4
3.1 Bodemgeleidingskartering vanaf maaiveld	4
3.1.1 Meetmethode	4
3.1.2 Resultaten	4
3.2 Stijghoogtemetingen	4
3.3 Metingen zoet en brak grondwater	4
3.3.1 EC-sonderingen	4
3.3.2 EM-boorgatmetingen in peilbuizen	4
3.3.3 Chloridemetingen	4
4 Vernatting en verzilting huispercelen	4
4.1 Meetmethode	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.2 Grondwaterstanden	4
4.3 Chloride	4
5 Achterwaartse verzilting	4
5.1 Meetmethode	4
5.2 Stand van zaken	4
5.3 Resultaten	4
6 Conclusies en aanbevelingen	4
6.1 EM-boorgatmetingen	4
6.2 Stijghoogtemetingen	4
6.3 Samenvatting aanbevelingen	4

1 Aanleiding en doelstellingen

1.1 Aanleiding

De provincie Zeeland heeft Deltares opdracht gegeven voor het uitvoeren van de nulmeting grondwater in het kader van het plan 'Waterdunen'. Dit plan behelst onder meer het creëren van een getijdengebied en een zoetwaternatuurgebied in wat nu nog binnendijks akkerbouwgebied is, ten westen van Breskens. Het doel van de nulmeting is om het huidige grondwatersysteem in beeld te brengen voor wat betreft de diepten van zoet, brak en zout grondwater, stijghoogten en freatische grondwaterstanden. Op basis van een goed inzicht in het huidige systeem kunnen mogelijke effecten als gevolg van de uitvoering van plan Waterdunen, zoals vernatting en verzilting, in een vroeg stadium worden gesignaleerd zodat tijdig maatregelen kunnen worden genomen. Voor deze nulmeting is in 2008 door Deltares (toen nog TNO Bouw en Ondergrond) een monitoringsplan opgesteld¹. Het gebied waar mogelijke effecten voorzien worden, wordt in deze rapportage aangeduid als 'aandachtsgebied'. In figuur 1 zijn het plangebied 'Waterdunen' en het aandachtsgebied weergegeven.



Figuur 1. Plangebied Waterdunen wordt begrensd door de rode lijn. Bron: Inrichtingsplan Waterdunen (2009).

Deze rapportage is een voortgangsrapportage met als belangrijkste doelstelling het geven van een overzicht van de tot nu toe verzamelde meetresultaten en van het actuele monitoringsnetwerk. Ook worden enkele conclusies op hoofdlijnen afgeleid t.a.v. het voorkomen van de zoetwaterbel. Tenslotte worden enkele aanbevelingen gegeven m.b.t. voortzetting van de monitoring. Hierbij wordt wel opgemerkt dat er meer uit de verzamelde meetresultaten te halen valt dan t.b.v. deze rapportage kon worden gedaan.

1. Buma JT. Oude Essink G & De Louw PGB (2008) Monitoringsplan Waterdunen en omgeving, TNO-rapport 2008-U-R0511/B, Utrecht.

1.2 Doelstellingen

De doelstellingen van de nulmeting kunnen schematisch in onderstaande tabel worden samengevat.

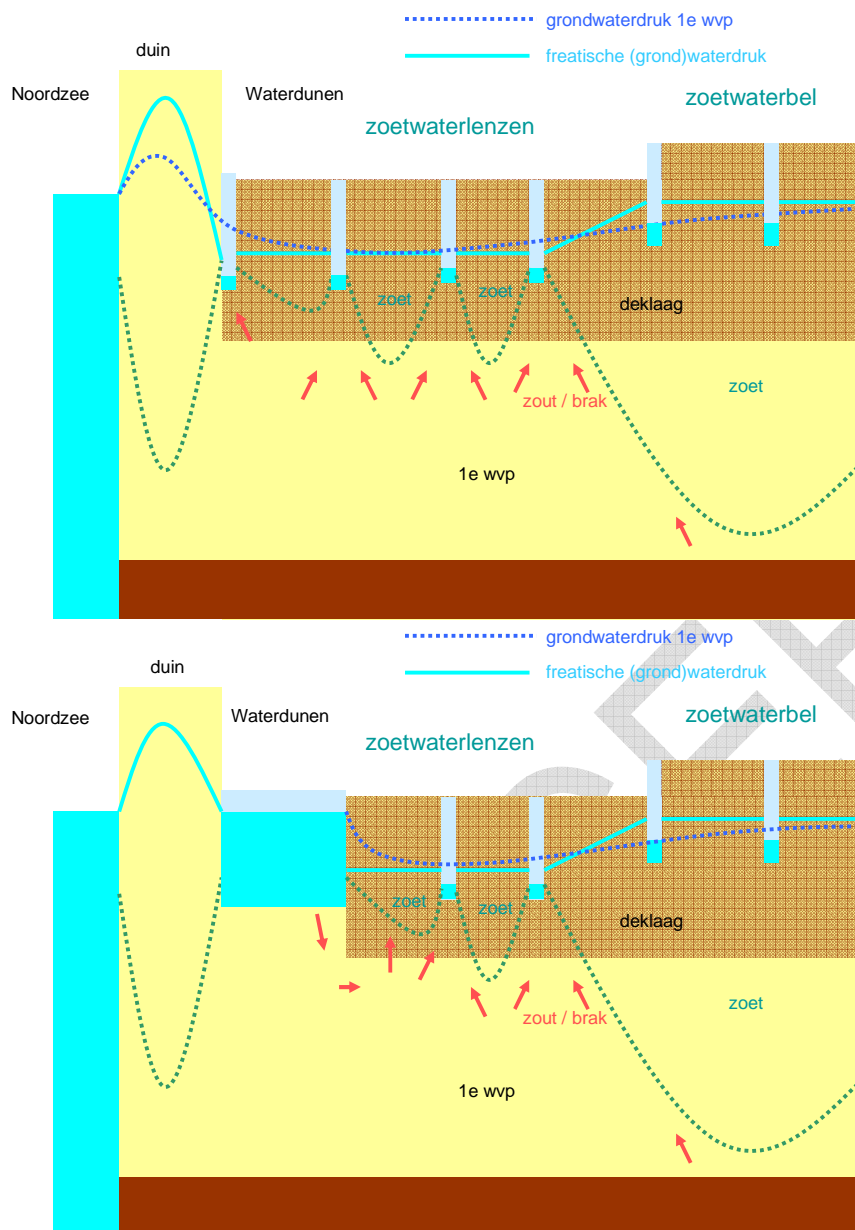
Tabel 1.1. Doelstellingen nulmeting grondwater, plan Waterdunen

<i>Faalmechanisme</i>	<i>Activiteit</i>
Verzilting akkerbouwpercelen en afname zoetwaterbel door toename kwel	Plaatsing peilbuizen Bodemgeleidingskartering vanaf maaiveld (EM31 en EM34) Stijghoogtemetingen met automatische drukopnemers EC-sonderingen EM-boorgatmetingen Chloridemetingen
Vernatting en verzilting huispercelen	Interviews, visuele inspecties en DGPS-metingen Plaatsing peilbuizen Grondwaterstandsmetingen met automatische drukopnemers
Achterwaartse verzilting	Interviews, visuele inspecties en DGPS-metingen buisdrainages

1.2.1 Beknopte uitleg faalmechanismen

1.2.1.1 *Faalmechanisme: verzilting akkerbouwpercelen door toename kwel.*

Door de komst van het getijdengebied met gemiddeld peil op NAP, wordt de effectieve grondwaterdruk in het plangebied hoger. Vlak buiten het plangebied wordt daardoor de grondwaterdruk in het 1e wvp hoger. Doordat de freatische grondwaterdruk buiten het plangebied veel minder of niet verandert, betekent dit dat de zoet-brakwaterverdeling zich zal instellen naar een nieuw evenwicht. Het zoet-brak grensvlak kan dan naar boven gaan opschuiven, waarbij de zoetwaterlens dan dunner kan worden. De zoetwaterlens zou dan in theorie zo dun kunnen worden dat deze in droge perioden geheel verdwijnt (figuur 1.1). Een risico voor landbouwgewassen is dan dat het ondiepe grondwater via capillaire opstijging kan doordringen tot in de wortelzone.



Figuur 1.2. Mogelijke veranderingen in zoet en zout grondwater. Boven: uitgangssituatie. Onder: na realisatie plan Waterdunen.

1.2.1.2 Faalmechanisme : Vernatting en verzilting huispercelen

Omdat het openwaterpeil in het plangebied omhoog gaat en de invloed van het getij daar toeneemt, bestaat de kans dat de ontwateringsdiepte² zal afnemen en / of dat het bovenste grondwater brak wordt. Eventuele natschade als gevolg hiervan kan zich uiten in o.a. verdrinking van beplanting, verzakking van transportwegen, optrekkend vocht en schimmelvorming in muren, en schade aan houten vloeren. Eventuele zoutschade als gevolg hiervan kan zich uiten in corrosie van ondergrondse objecten en aantasting van beton, stuc- en metselwerk en erfbeplanting.

2. verschil tussen maaiveld en grondwaterniveau

1.2.1.3 Faalmechanisme : Achterwaartse verzilting

Wanneer op een agrarisch perceel de buisdrainage onder het zomerpeil ligt, kan verzilt water uit het oppervlaktewatersysteem in droge perioden via de drains tot onder de percelen doordringen en via deze kortsluitroute een risico vormen voor de gewassen. Dit proces wordt aangeduid met de term 'achterwaartse verzilting', en speelt vooral wanneer een kwelsloot rond het plangebied in verbinding staat met het achterland en zilter water afvangt dan tot nog toe in het gebied aanwezig was..

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is (op hoofdstuk 2 na) ingedeeld volgens de hierboven beschreven indeling in faalmechanismen. Dit leidt tot de volgende hoofdstuk-indeling:

- Hoofdstuk 2: Geplaatste peilbuizen
- Hoofdstuk 3: Meetresultaten Verzilting akkerbouwpercelen door toename kwel
- Hoofdstuk 4: Meetresultaten Vernatting en verzilting huispercelen;
- Hoofdstuk 5: Meetresultaten Achterwaartse verzilting;
- Hoofdstuk 6: Aanbevelingen vervolg

2 Geplaatste peilbuizen

In figuur 2.3 is weergegeven op welke locaties peilbuizen zijn geplaatst. De met handboring geplaatste peilbuizen zijn 2 à 3 meter diep en meten de freatische grondwaterstand op de huispercelen.

Om overlast zoveel mogelijk te voorkómen zijn de peilbuizen op de akkerbouwpercelen geplaatst door middel van handmatige spoelboringen met een boorlans. Het water werd via brandweerslangen aangevoerd vanuit sloten. De met spoelboring geplaatste peilbuizen zijn dieper dan 4 meter en meten de stijghoogte in een diepere watervoerende laag. De filterdiepten zijn afhankelijk gesteld van de diepten waarop in de sonderingen een zandige laag werd aangetroffen. De einddiepten van de peilbuizen zijn, voor zover mogelijk, afhankelijk gesteld van de diepten waarop overgangen in geleiding in de sondering werden aangetroffen die niet gerelateerd zijn aan de bodemopbouw, maar aan het zoutgehalte van het grondwater. Ter plaatse van de doorsnijdingen van waterremmende lagen zijn de boorgaten afgedicht met zwelklei (Mikolit 300[®]).

Tegelijk met de diepe peilbuizen op de akkerbouwpercelen zijn ook ondiepe peilbuizen geplaatst. Hierin zijn tijdens de EM-boorgatmetingen enkele malen peilingen uitgevoerd om een indruk te krijgen van de verticale stijghoogteverschillen. Tot nu toe zijn deze ondiepe peilbuizen niet uitgerust met automatische drukopnemers.

De peilbuis EC-14 is per abuis aan de noordkant van de sloot langs de Puijendijk geplaatst in plaats van aan de zuidkant op het akkerbouwperceel. De inschatting is dat dit geen invloed heeft op de representativiteit voor de meetgegevens. De peilbuis staat namelijk net zo ver ten noorden van de sloot (ca. 15 meter) als dat hij volgens plan ten zuiden daarvan zou zijn geplaatst. Peilbuizen EC-09 en EC-10 zijn in maart 2011 op verzoek van de eigenaar van het perceel circa 10 meter naar het westen verplaatst.

In tabel 2.1. zijn de karakteristieken van de peilbuizen weergegeven. Voor de bijbehorende sondeer- en boorgegevens wordt verwezen naar bijlage A.

In alle peilbuizen op de huispercelen en een deel van de peilbuizen op de agrarische percelen wordt met drukopnemers gemeten. De meetfrequentie is één keer per uur.

Tabel 2.1. Karakteristieken peilbuizen. De filter- en einddiepten zijn t.o.v. NAP behalve waar geen DGPS-sigitaal werd ontvangen; die gevallen zijn t.o.v. maaiveld weergegeven.

peilbuis	locatie	Maaiveld (m t.o.v. NAP)	Bovenkant filter	Onderkant filter	einddiepte	drukopnemer (situatie okt. 2011)
EC-01	akkerbouw	0.87	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.1	
EC-02	akkerbouw	0.88	-5.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-14.1	
EC-03	akkerbouw	0.29	-7.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-8.7 ca. -3 (ondiep)	-13.7	D7168
EC-04	akkerbouw	0.75	-3.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.3	
EC-05	akkerbouw	0.65	-2.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-3.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-9.4	
EC-06	akkerbouw	0.59	-4.7 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.7 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.4	D5656
EC-07	akkerbouw	0.98	-5.0 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.0 (diep) ca. -3 (ondiep)	-15.0	
EC-08	akkerbouw	0.93	-4.1 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.1 (diep) ca. -3 (ondiep)	-13.1	
EC-09	akkerbouw	0.74	-3.3 (diep) ca. -2 (ondiep)	-4.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.0	D7154
EC-10	akkerbouw	0.62	-4.9 (diep) ca. -2 (ondiep)	-5.9 (diep) ca. -3 (ondiep)	-8.4	
EC-11	akkerbouw	1.17	-5.3 ca. 2 (ondiep)	-6.3 (diep) ca. -3 (ondiep)	-10.8	D7162
EC-12	akkerbouw	0.87	-5.5 (diep) ca. -2 (ondiep)	-6.5 (diep) ca. -3 (ondiep)	-11.1	
EC-13	akkerbouw	0.29	-11.3 ca. -2 (ondiep)	-12.3 ca. -3 (ondiep)	-12.0	
EC-14	akkerbouw ³	0.57	-6.5 ca. -2 (ondiep)	-7.5 ca. -3 (ondiep)	-10.0	
W-8	Plangebied	0.81	-5.0	-6.0	6.0	D7163 ⁴
EC-15	Plangebied	1.3	-2.5	-3.5	-3.5	D1413
EC-16	Plangebied	1.27	-4.5	-5.5	-5.5	D7177
EC-13*	oppervlaktewater	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	D7169
H-1	Sch'veld/Heem	1.09	-5.0	-6.0	6.0	
H-2	Sch'veld/Heem	1.25	-5.0	-6.0	6.0	⁴
S-3	Sch'veld/Heem	1.16	-5.0	-6.0	6.0	D7134
S-4	Sch'veld/Heem	0.92	-5.0	-6.0	6.0	
S-5	Sch'veld/Heem	1.17	-5.0	-6.0	6.0	D7131
S-6	Sch'veld/Heem	0.87	-5.0	-6.0	6.0	
S-7	Sch'veld/Heem	0.87	-5.0	-6.0	6.0	
SB05.1	huisperceel	geen DGPS ⁵	3.0	4.0	4.00	D7164
KB06.2	huisperceel	1.12	-0.7	-1.7	-1.68	
KB08.2	huisperceel	1.63	-0.4	-1.4	-1.37	G7258
KB10.1	huisperceel	1.36	-0.2	-1.2	-1.24	
NB09.1	huisperceel	1.08	-0.6	-1.6	-1.62	D7186
NB11.2	huisperceel	0.95	-0.7	-1.7	-1.65	G5544

- De peilbuis staat op ca. 15 m afstand van de sloot, in de teen van de Puijendijk.
- (oorspronkelijk geplaatste) drukopnemer niet teruggevonden tijdens uitleesronde
- Als gevolg van de aanwezigheid van bomen, struiken of bebouwing was het op deze locaties niet mogelijk om plaats- en hoogtebepaling uit te voeren op basis van satelliet signalen (DGPS)

PG01.1	huisperceel	geen DGPS	2.5	3.5	3.50	D7178
WG02.1	huisperceel	0.66	-1.3	-2.3	-2.34	D7118
WG04.3	huisperceel	0.59	-1.3	-2.3	-2.31	D7127
ZB19.1	huisperceel	1.52	-0.7	-1.7	-1.69	D7147
ZB17.1	huisperceel	geen DGPS	1.8	2.8	2.80	D7133
LB103.2	huisperceel	geen DGPS	1.9	2.9	2.9	D7176

CONCEPT

3 Verzilting akkerbouwpercelen door toename kwel

3.1 Bodemgeleidingskartering vanaf maaiveld⁶

3.1.1 Meetmethode

Met behulp van de geo-electrische EM31 techniek is het geleidingsvermogen van de ondergrond in kaart gebracht, hoe zouter het grondwater – hoe geleidender de bodem. De methode is geschikt om relatief grote ruimtelijke verschillen in zoetwaterlenzen vast te stellen. Op basis van dit inzicht zijn locaties voor peilbuizen boorgatmetingen bepaald.

De nauwkeurigheid van de methode is beperkt, omdat de EM31 vanaf het maaiveld in de bodem 'kijkt' en zodoende een gemiddelde waarde voor de bovenste ca. 7 meter oplevert. Het geleidingsvermogen in de ondergrond wordt niet alleen bepaald door het zoutgehalte van het grondwater, maar ook door de bodemopbouw en de dikte van de onverzadigde zone.



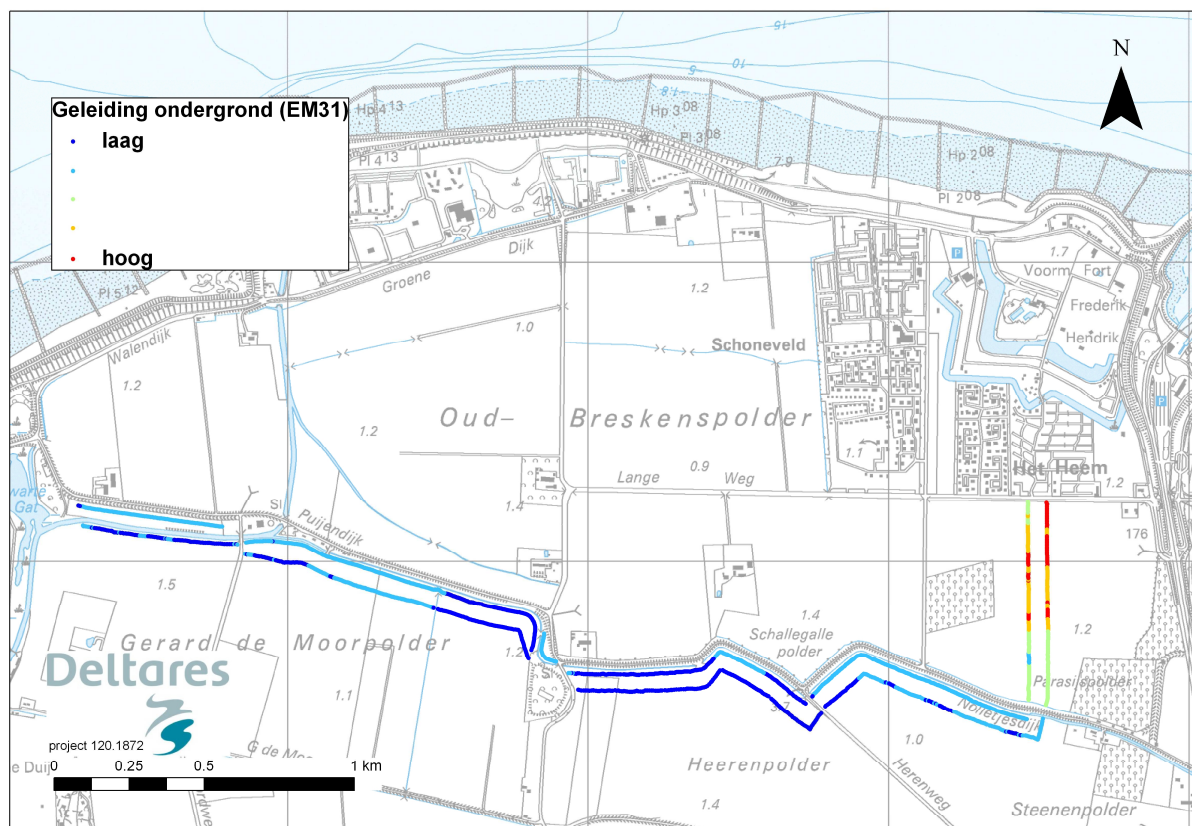
Figuur 3.1. Uitvoering EM31 en EM34 metingen.

3.1.2 Resultaten

De kartering is conform het monitoringsplan in april 2009 uitgevoerd langs twee raaien evenwijdig aan, en op ca. 25 en 100 m afstand van de plangebiedsgrens.

Figuur 2.2 toont het gemeten geleidingsvermogen. De meetresultaten laten zien dat het geleidingsvermogen over het algemeen relatief laag is. De blauwe tinten langs de Puijendijk en Nolletjesdijk vertegenwoordigen waarden van enkele honderden $\mu\text{S}/\text{cm}$, wat duidt op zoete omstandigheden. De bodem bestaat hier uit doorlatende, zandige jonge kreekafzettingen. Langs de oostgrens van het plangebied is het gemeten geleidingsvermogen relatief hoog (meetwaarden 500 tot 1700 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Op basis van de meetresultaten zijn in de agrarische percelen langs de oostgrens ook meetpunten geïnstalleerd. Dit is een aanpassing op het oorspronkelijke monitoringsplan.

6. In het monitoringsplan is deze activiteit omschreven als 'Kartering van locaties met relatief dunne zoetwaterlenzen in de ondergrond'.



Figuur 3.2. Resultaten EM-31 metingen geleidingsvermogen ondergrond.

3.2 Stijghoogtemetingen

In bijlage B zijn de resultaten van de stijghoogtemetingen weergegeven. De drukopnemers in peilbuizen W8 en H2 zijn in mei 2011 niet teruggevonden. De drukopnemer in het oppervlaktewater is wel teruggevonden, maar op een andere locatie dan waar hij was ingehangen. De meetlocatie is hersteld en de data zijn gelogd, maar de meetresultaten zijn voornamelijk niet betrouwbaar genoeg bevonden om te rapporteren.

In vrijwel alle peilbuizen is een duidelijke seizoensgang te zien, met hogere grondwaterstanden in het winterseizoen en lagere grondwaterstanden in het zomerseizoen. Opvallend daarbij is dat vrijwel nooit het oppervlaktewaterpeil (zomerpeil NAP -0.6 m) wordt onderschreden, ook niet aan het eind van het droge voorjaar van 2011.

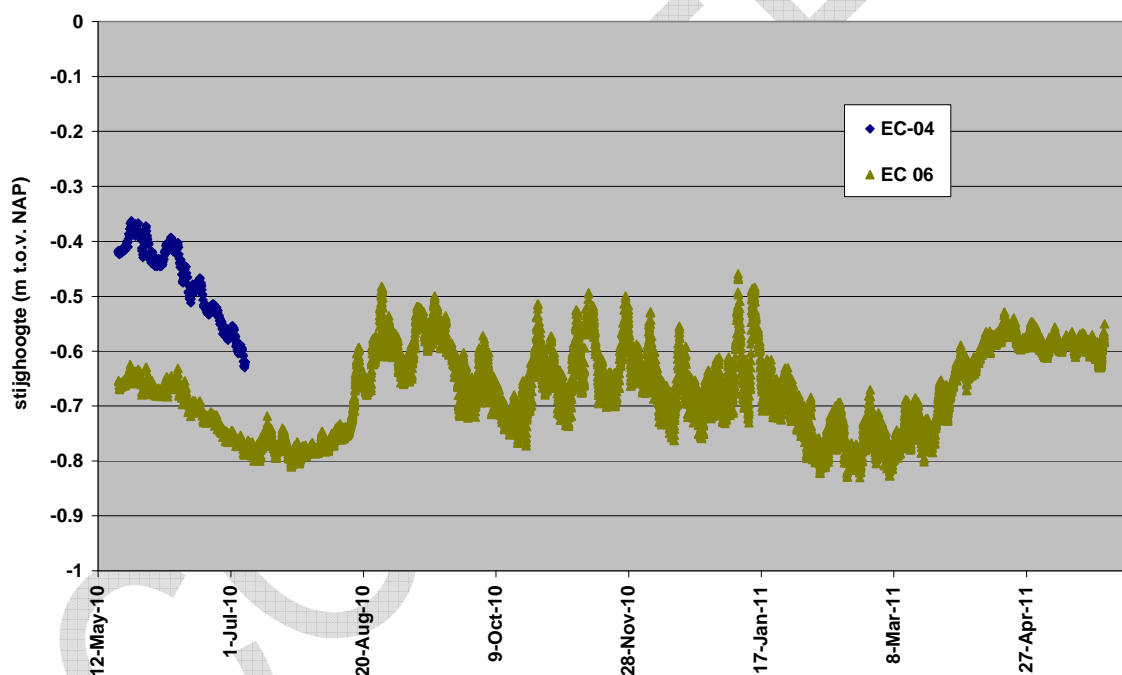
In EC-06 is een vlakker verloop te zien, met als opvallende kenmerken een grondwaterdaling in oktober en een stijging in april. Mogelijke oorzaak hiervan is de overgang achtereenvolgens van zomer- naar winterpeil (NAP -0.6 naar -0.9 m) en vice versa.

Verder is duidelijk dat de peilbuizen in raaien (EC-03/02/01, EC-07/08/11 en EC-09/10) vergelijkbare verlopen hebben die alleen op details onderling afwijken (zie figuur 3.3). De meetreeksen van EC-03, EC-11 en EC-09 kunnen de overige meetreeksen in de raaien voor 90 tot 99% verklaren. Door gebruik te maken van een tijdreeksmodel zal dit percentage

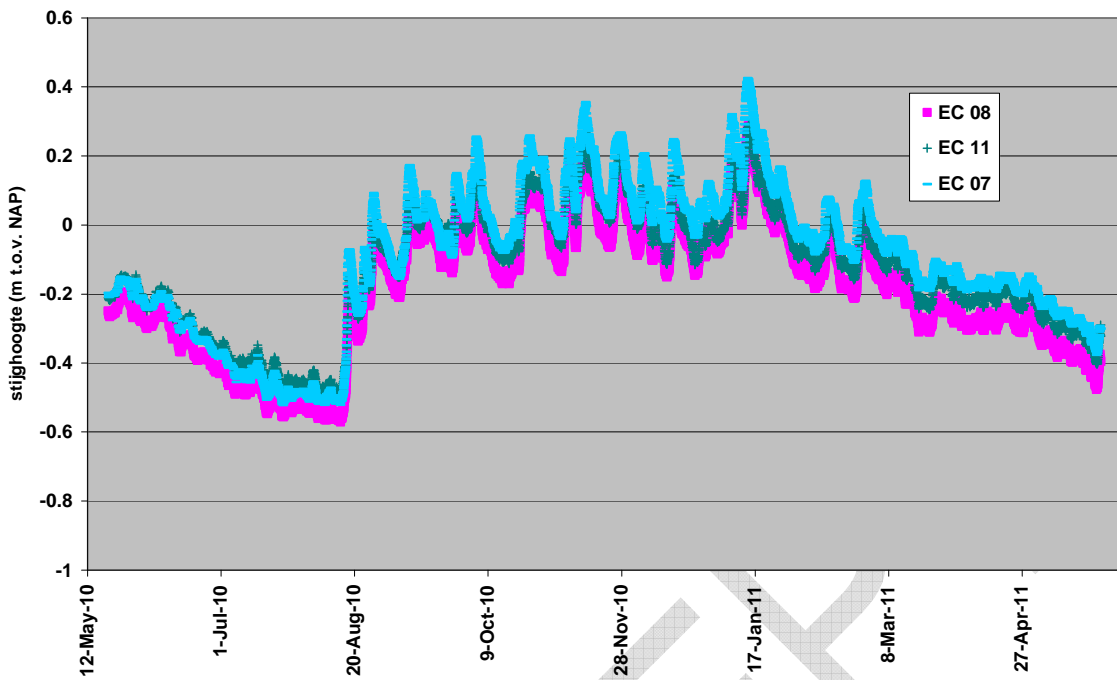
vermoedelijk nog kunnen worden verhoogd. Met andere woorden het grote aantal drukopnemers heeft hier een beperkte toegevoegde waarde, zolang de peilen in plangebied Waterdunen niet worden aangepast.

De stijghoogtemetingen zijn geen zoetwaterstijghoogten, d.w.z. ze zijn niet gecorrigeerd voor chloridegehalten (zout water is zwaarder dan zoet water). Gelet op de chloridegehalten in deze peilbuizen (variërend tussen enkele tientallen en ca. 5400 mg/l, uitschieter 9900 mg/l in EC-13, zie bijlage D) en de inhangdiepten van de drukopnemers (doorgaans tussen 4 en 6 m, uitschieter EC-13, ca. 12 m) levert dit een onderschatting van de stijghoogte variërend tussen 0 en 4 cm. Uitschieter is echter EC-13, waar als gevolg van het hoge chloridegehalte en de grote waterkolom boven de sensor de zoetwaterstijghoogte ca. 16 cm hoger is dan de gemeten stijghoogte.

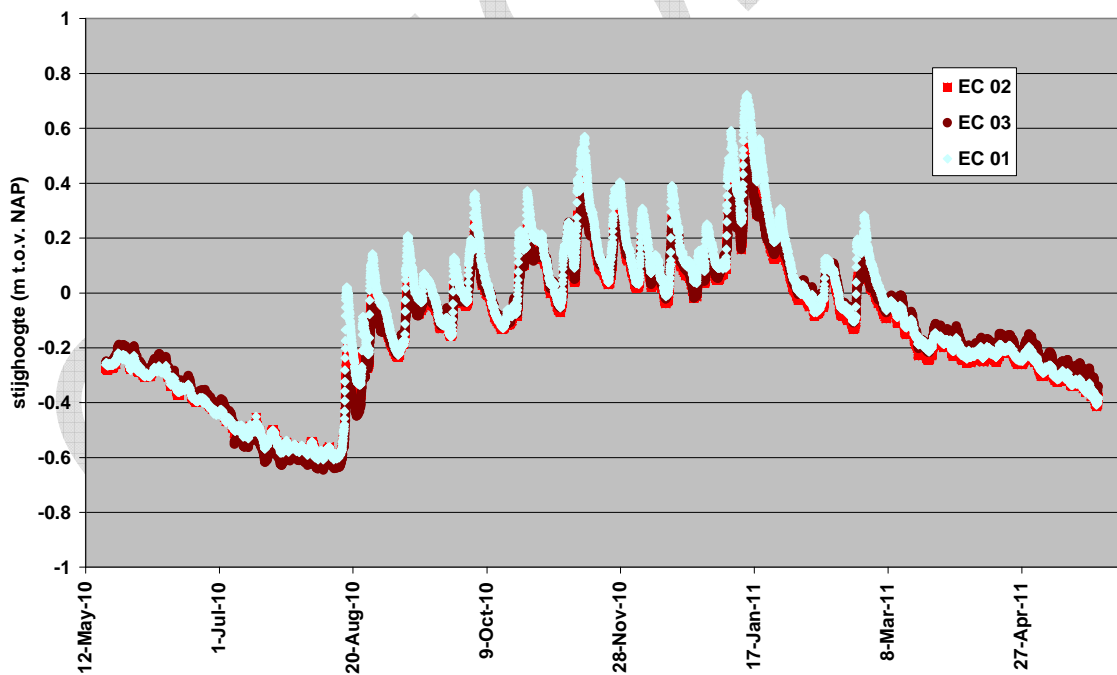
Om zo efficiënt mogelijk gebruik te kunnen maken van de beschikbare drukopnemers zijn de drukopnemers van EC-07, EC-08, EC-01, EC-02, EC-10 en EC-12 per mei 2011 elders ingezet. De huidige situatie kan met voldoende nauwkeurigheid herleid worden op basis van de overgebleven drukopnemers in EC-03, EC-11 en EC-09. Wel is het belangrijk dat het meten wordt hervat, vanaf 3 maanden voorafgaand aan de herinrichting in het plangebied.



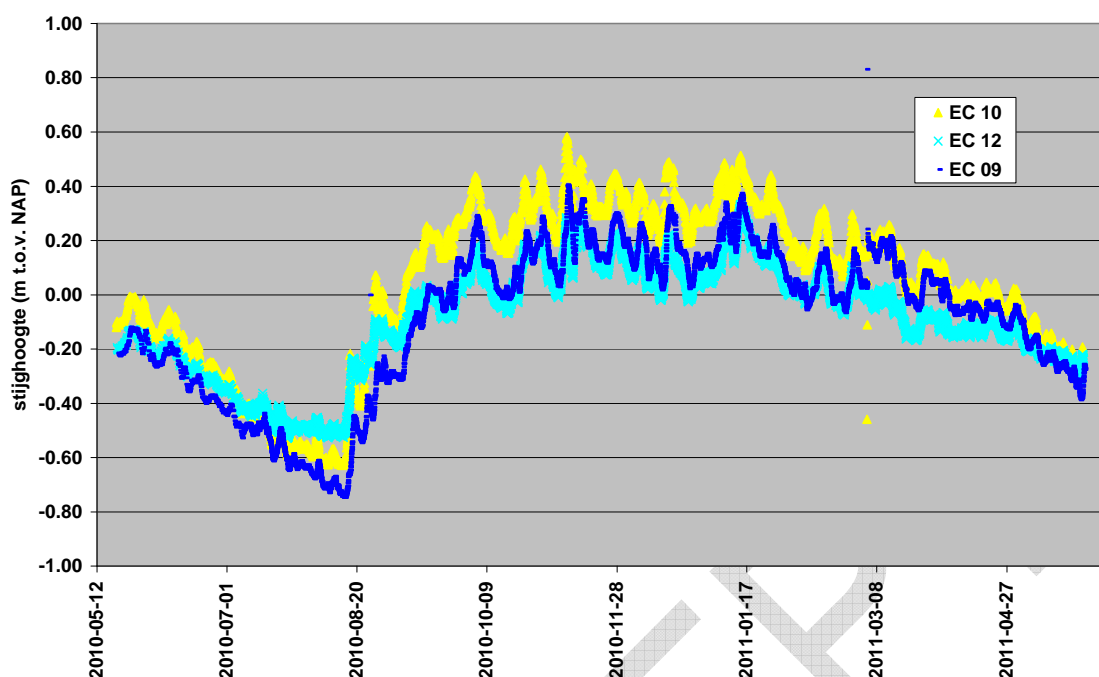
Figuur 3.3a. Stijghoogtemetingen. Filterstellingen NAP -4.7 / -5.7 (EC-06), NAP -3.5/-4.5 (EC-04). NB EC-04 staat niet in een raai en is alleen niet bedoeld voor EM-boorgatmetingen. Daarom is de drukopnemer juli 2010 verwijderd.



Figuur 3.3b. Stijghoogtemetingen. Filterstellingen NAP -5.0 / -6.0 (EC-07), NAP -4.1/-5.1 (EC-08) en NAP -5.3/-6.3 (EC-11).



Figuur 3.3c. Stijghoogtemetingen. Filterstellingen NAP -4.1/-5.1 (EC-01), NAP -5.9/-6.9 (EC-02) en NAP -7.7/-8.7 (EC-03).



Figuur 3.3d. Stijghoogtemetingen. Filterstellingen NAP -3.3 / -4.3 (EC-09), NAP -4.9/-5.9 (EC-10) en NAP -5.5/-6.5 (EC-12).

In figuur 3.3. is ook te zien dat de filterdiepte weinig invloed lijkt te hebben op de gemeten stijghoogten. Dit blijkt ook uit de peilingen in ondiepe en diepe peilbuizen, waaruit blijkt dat het verticale stijghoogteverschil op dezelfde meetlocatie niet groter is dan ca. 5 cm. Hierbij wordt wel opgemerkt dat deze peilingen tot nu toe alleen tijdens enkele meetronden in de zomerperiode zijn uitgevoerd. Op grond van de metingen op de huispercelen (zie Hoofdstuk 4) wordt verwacht dat in het winterhalfjaar wel sprake is van verticale stijghoogteverschillen, als gevolg van kortdurende pieken in de ondiepe grondwaterstand na neerslag.

3.3 Metingen zoet en brak grondwater

3.3.1 EC-sonderingen

Met EC-sonderingen worden zowel de conusweerstand, wrijvingsweerstand, wrijvingsgetal alsook het geleidingsvermogen van de ondergrond geregistreerd. In geval van een hoge geleiding kan op basis van deze meetgegevens worden vastgesteld of deze wordt veroorzaakt door de bodemopbouw, door zout in het grondwater, of beide. Het doel van de EC-sonderingen is: (1) inzicht in de bodemopbouw, en (2) vaststellen van de overgang van zoet naar brak en eventueel zout grondwater. Deze informatie is onder meer nodig voor het bepalen van de filterdiepten van de peilbuizen.



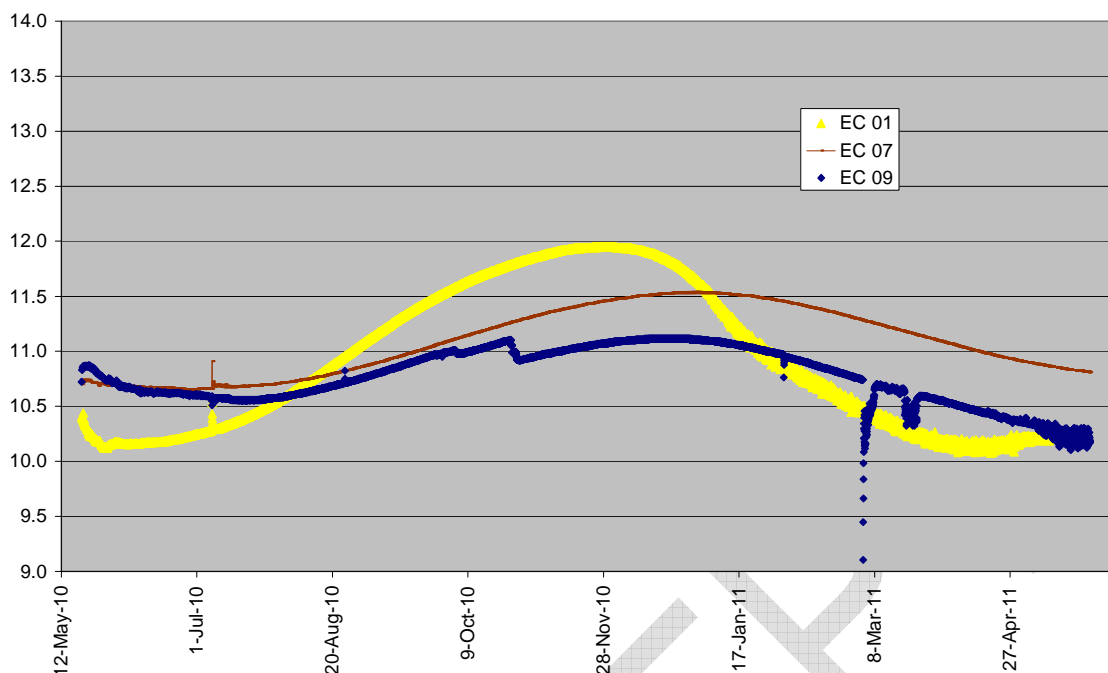
Figuur 3.4. EC-sondering. Foto: Bouw- en Management Service b.v.

In principe is doorgesondeerd tot een watervoerend zandpakket werd bereikt en bovendien een overgang van lage naar hoge geleiding werd geregistreerd, met een maximale diepte van NAP -14 à -15 m.

In bijlage A zijn de sondeerresultaten weergegeven. Van elke sondering is tevens een bodemprofiel afgeleid volgens de methode van Lunne, Robertson en Powell⁷. In alle sonderingen is een duidelijke overgang van lage naar hoge geleiding zichtbaar (de roze curven). De hoogste sondeergeleidingswaarden, op diepten van NAP -13 tot -19 meter gemeten, variëren tussen 300 en 1000 mS/m (3000-10.000 μ S/cm). In de bovenste meters is de sondeergeleiding als regel lager dan 50 mS/m (500 μ S/cm). Deze geleidingswaarden in combinatie met het tijdens de sonderingen ook gemeten wrijvingsgetal geven aanleiding tot de inschatting dat het grondwater in de bovenste meters zoet is en op de grootste sondeerdiepten brak. Opmerkelijk is dat op de westelijke sondeerlocaties de meest zandige (watervoerende) lagen in het algemeen boven de overgang van zoet naar brak grondwater liggen, en in het oosten doorgaans juist onder deze overgang.

De gemeten geleidingswaarden zijn niet gecorrigeerd voor temperatuur. De temperatuur van het diepere grondwater schommelt rond 11° C (zie figuur 3.5). De omrekening van sondeergeleidingen naar chloridegehalten gebeurt met behulp van een formatiefactor en een omrekening van geleiding naar chloridegehalte. Formatiefactoren zijn vastgesteld voor een temperatuur van 25 ° C. Dit betekent dat bij een meer diepgaande interpretatie de gemeten geleiding eerst omgerekend moet worden naar een hogere temperatuur (dit betekent een hogere geleiding).

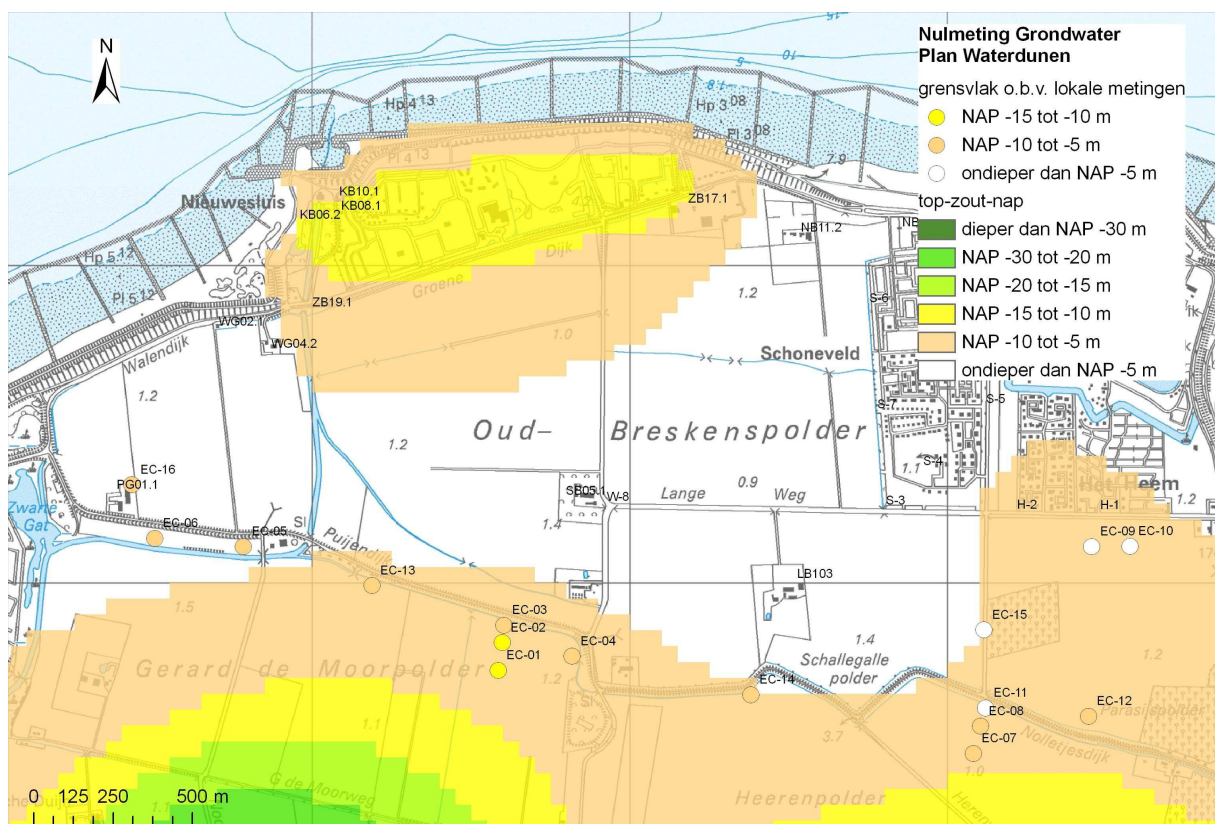
7. Lunne T, Robertson PK & Powell JJM (1997) *Cone penetration testing in geotechnical practice*. E & FN SPON, London.



Figuur 3.5 Temperatuurmetingen met drukopnemers. Voorbeelden zijn willekeurig gekozen.

Op basis van de overgang van lage naar hoge geleidingswaarden, zoals aangetroffen in de uitgevoerde EC-sonderingen, is een ruimtelijk beeld samengesteld van het vóórkomen van zoet en brak / zout grondwater: figuur 3.6. De puntmetingen zijn weergegeven te zamen met de diepte van het 1000 mg/l chloride grensvlak volgens REGIS-Zeeland. De waarde van 1000 mg/l vormt in de landbouwkundige classificatie volgens TNO/Provincie Zeeland de grens tussen zoet en brak grondwater, en is daarmee vergelijkbaar met de in de EC-sonderingen aangetroffen overgang.

Uit figuur 3.6 blijkt dat de lokale metingen aanleiding geven tot nuancering van het beeld volgens REGIS-Zeeland. Richting Breskens is de in de EC-sonderingen aangetroffen zoetwaterdikte op enkele plaatsen kleiner dan REGIS-Zeeland opgeeft. Langs de Puijendijk is juist het omgekeerde het geval; de lokaal gemeten zoetwaterdikte is hier groter dan volgens REGIS-Zeeland.



Figuur 3.6. Diepte van het zoet-brak grensvlak, volgens lokale metingen (EC-sonderingen en geo-electrisch onderzoek De Ruiter 1987 en RoyallHaskoning 2004) en volgens REGIS-Zeeland. Ondergrond: Topografische Kaart 1:25.000, Topografische Dienst / Kadaster.

3.3.2 EM-boorgatmetingen in peilbuizen

Met behulp van een electromagnetische sonde wordt de schijnbare weerstand rondom een buis gemeten. Door de sonde neer te laten in een peilbuis (figuur 3.6) kan op elke gewenste diepte een meting worden gedaan, bijvoorbeeld steeds 10 cm dieper. De sonde is circa 1,5 meter lang. De meetwaarde geldt voor het bodemtraject tussen beide meetelektroden, en is daarmee een gemiddelde waarde over minimaal 1,5 meter dieptebereik. Bij een meting elke 10 cm wordt dus een voortschrijdend gemiddelde van de bodemweerstand gemeten.

Doordat de sonde niet meet binnen een straal van ca. 15 cm rond het boorgat, is de methode ongevoelig voor omstortingen van het boorgat, zoals zwelklei (benthoniet), of de schijnbare weerstand van het grondwater dat in de peilbuis zelf aanwezig is; er wordt alleen in de omliggende bodem gemeten.

Vergeleken bij EM-boorgatmetingen geven EC-sonderingen een nauwkeuriger beeld van de zoet-zout overgang, omdat de meetstraal van de sondeerconus minder groot is dan van de boorgatsonde (enkele cm vs. 1,5 meter). Over het algemeen registreert de EM-meetsonde het begin van de overgang van zoet naar brak grondwater dan ook hoger in het profiel dan de EC-sondering. De boorgatmetingen zijn geschikt om verschillen in de tijd te analyseren. Omdat de geologie constant is, zijn gemeten verschillen in de tijd toe te schrijven aan

verschillen in zoet-zoutgehalte in het grondwater, en in het bovenste bodembereik ook aan verschillen in waterverzadigingsgraad van de bodem.

De afstand tussen meetwagen en EM-meetsonde was doorgaans groot omdat de meeste percelen niet werden betreden met de meetwagen. De kabel tussen de meetsonde en de meetwagen mocht de grond niet raken en werd daarom op hoogte gehouden met behulp van een driepoot. Als gevolg van de grote afstand kon de lengte van deze kabel echter variëren (slaphangen). Met de meetsonde werd daarom ook de bodemopbouw kwalitatief gemeten door middel van gammastraling. Met deze informatie kon het gemeten weerstandsprofiel op diepte worden gesteld met doorgaans een nauwkeurigheid van ca. 10 cm, en was een onderlinge vergelijking van de verschillende meetronden mogelijk.

De voor de EM-boorgatmetingen geplaatste peilbuizen hebben een diameter van 2 duim (ca. 51 mm). De meetsonde heeft een uitwendige diameter van 42 mm. Deze vrij kleine marge is het gevolg van de keuze om zo min mogelijk overlast voor de landbouw te veroorzaken tijdens de plaatsing van de peilbuizen. Een grotere diameter (64 mm) had betekend dat een boorwagen nodig was geweest voor de plaatsing. In de praktijk is gebleken dat na verloop van tijd een aantal peilbuizen zijn gaan 'werken' (door kromming of knikken), waardoor de meetsonde plaatselijk tegen de peilbuiswand schuurt. Dit veroorzaakt schade aan de isolatie aan de buitenkant van de meetsonde, en is de oorzaak van het feit dat met name de meetronde van maart 2011 niet voor alle diepten goede resultaten opleverde. In enkele gevallen maakte de werking het meten al na één of twee ronden onmogelijk. De betreffende peilbuizen zijn in maart 2011 herplaatst (EC-04 en EC-05).

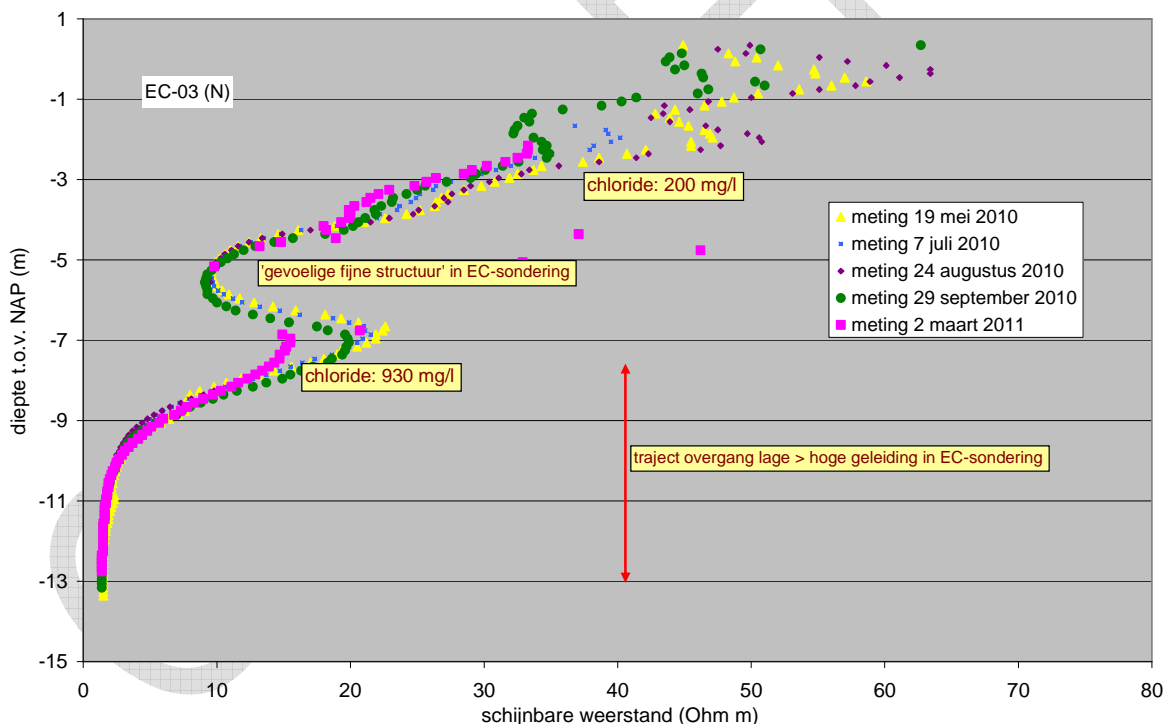
In deze rapportage worden de resultaten van 5 EM-boorgatmeetronden beschreven, nl. mei / juni, juli, augustus en september 2010, en maart 2011. Het aantal tot nu toe uitgevoerde meetronden varieert per meetlocatie. Dit is afhankelijk van het tijdstip van plaatsing, de afstand tot het plangebied (in principe geen meetronden in de verst gelegen peilbuizen), de toestand van de peilbuis (zie hierboven), en de toegankelijkheid tijdens natte terreinomstandigheden.





Figuur 3.6. EM-Boorgatmeting.

De resultaten van de EM-boorgatmetingen zijn opgenomen in bijlage C. Ter vergelijking zijn in de figuren ook de voorjaar 2011 gemeten chloridegehalten ter hoogte van de diepten van de filters weergegeven, en de overgang van hoge naar lage geleiding zoals bepaald in de EC-sondering. Een voorbeeld is weergegeven in figuur 3.7.



Figuur 3.7. Boorgatmetingen op meetlocatie EC-03 (voorbeeld).

Uit de gegevens valt het volgende af te leiden:

- Een schijnbare weerstand van 20 Ω m of hoger lijkt op de meeste locaties te corresponderen met zoet grondwater, d.w.z. een chloridegehalte lager dan de door de provincie Zeeland en TNO vastgestelde zoet-brak grens van 1000 mg/l.
- De gemeten weerstandsdiepteprofielen variëren vanaf een diepte van ca. NAP -3 m weinig in de tijd. Dit zijn de trajecten 0 – 20 Ω m waarbinnen in veel gevallen de zoet-

zout overgang lijkt te vallen (zie vorig punt). Deze meetresultaten zijn in lijn met de meetresultaten op Schouwen-Duiveland, in het kader van het promotieonderzoek van P. de Louw.

- De hoge weerstanden bovenin de profielen worden veroorzaakt door de onverzadigde zone. Bij een eenduidige relatie tussen gemeten weerstand en waterverzadigingsgraad van de bodem zou verwacht worden dat de meetronden bij lagere grondwaterstanden (mei en juli 2010) een hogere bodemweerstand te zien geven dan de meetronden bij een hogere grondwaterstand (september 2010, maart 2011). In grote lijnen is dit inderdaad het geval (bv. EC-03, EC-12), maar er zijn ook duidelijke afwijkingen (bv. EC-13). Variaties in de tijd kunnen ook zijn veroorzaakt door temperatuurverschillen of meetstoringen. De afwijking in meetwaarde tijdens de meetronde van 3 maart 2011, op ca. NAP – 7 m in het voorbeeld, wordt toegeschreven aan een meetstoring.
- De overgang van hoge naar lage weerstand, volgens de EM-boorgatmetingen, begint vrijwel steeds enkele meters eerder dan de overgang van lage naar hoge geleiding zoals gemeten in de EC-sonderingen. Dit verschil wordt toegeschreven aan het feit dat de meetsonde een gemiddelde waarde over minimaal 1,5 meter dieptebereik geeft, terwijl de EC-sondeerconus een meetwaarde geeft voor een bereik van slechts enkele centimeters rondom. Met andere woorden, de EM-meetsonde 'ziet de zoet-brak overgang eerder aankomen'.
- Het verschil tussen EC-sondering en boorgatmeting is het grootst op locatie EC-14, maar in dit geval is een mogelijke verklaring dat de boorgatmeting aan de noordkant van de sloot langs de Puijendijk is uitgevoerd en de EC-sondering aan de zuidkant (zoals eerder gemeld). De afstand tot de sloot is in beide gevallen wel vergelijkbaar, ca. 15 meter.

3.3.3 Chloridemetingen

Naar de chloridemetingen is al verwezen in de vorige paragraaf. Een compleet overzicht van de uitgevoerde metingen is opgenomen in bijlage D.

De gemeten chloridegehalten in de diepe filters variëren van enkele tientallen tot honderden mg/l (zoet) in o.a. EC-01, -02, -05 en -07 tot meer dan 3000 mg/l (zout) in EC-11 en EC-13. Zoals verwacht mag worden zijn de gehalten in de ondiepe filters (meestal aanzienlijk) lager. De ruimtelijke variatie in chloridegehalten stemt in grote lijnen overeen met figuur 3.6. Lokale afwijkingen worden veroorzaakt door het feit dat de filterstelling van de peilbuizen niet overal hetzelfde is. Zo is de filterstelling in EC-13 relatief diep, omdat hier de watervoerende lagen pas op grote diepte werden aangetroffen. Het filter staat daarom onder de overgang van zoet naar brak. Dit is terug te zien in het hoge chloridegehalte.

CONCEPT

4 Vernatting en verzilting huispercelen

4.1 Inventarisaties

Op bebouwde percelen in plangebied Waterdunen is een inventarisatie uitgevoerd bestaande uit de volgende onderdelen: (1) kort interview met de perceeleigenaar of -gebruiker om inzicht te krijgen in eventuele bijzonderheden m.b.t. de waterhuishouding van het perceel, bijvoorbeeld de aanwezigheid van buisdrainage of reeds opgetreden scheuren of vochtproblemen. Tevens is gevraagd of de eigenaar / gebruiker bezwaar heeft tegen de plaatsing van een peilbuis op het perceel; (2) visuele inspectie en foto-opnamen van mogelijk gevoelige objecten op bestaande vocht- en/of zoutverschijnselen of daaraan gerelateerde schade. Hierbij wordt gedacht o.a. aan (houten) vloeren, kruipruimten, kelders, erfbepanting, metalen objecten zonder kathodische bescherming, schimmelvorming, vochtplekken, afbladderend stuc- en metselwerk, scheurvorming en verzakking van gebouwen of transportwegen. (3) meting van maaiveldhoogten op het perceel met behulp van DGPS en vastlegging op de GBKN-kaart. Hiermee kan ook de afstand tot het dichtstbijzijnde oppervlaktewater worden bepaald. (4) het opstellen van een rapportage. Het doel van deze activiteit is het vastleggen van de waterhuishoudkundige en bouwkundige nulsituatie vóór de geplande uitvoering van plan Waterdunen.

Er zijn 24 inventarisaties uitgevoerd op de adressen:

Zandertje	14	BRESKENS
Zandertje	24	BRESKENS
Zandertje	28	BRESKENS
Zandertje	17	BRESKENS
Zandertje	5	BRESKENS
Zandertje	11	BRESKENS
Nieuwesluisweg	11	BRESKENS
Nieuwesluisweg	9	BRESKENS
Nieuwesluisweg	7	BRESKENS
Killetje	2	BRESKENS
Killetje	4	BRESKENS
Killetje	6	BRESKENS
Killetje	8-10	BRESKENS
Walendijk	3	BRESKENS
Zandertje	19	BRESKENS
Walendijk	4	GROEDE
Walendijk	2	GROEDE
Hogedijk	1	BRESKENS
Slikkenburgseweg	5	BRESKENS
Slikkenburgseweg	1	BRESKENS
Puijendijk	1	GROEDE
Langeweg	103	BRESKENS
Zandertje	26	BRESKENS
Het Heem	20	BRESKENS

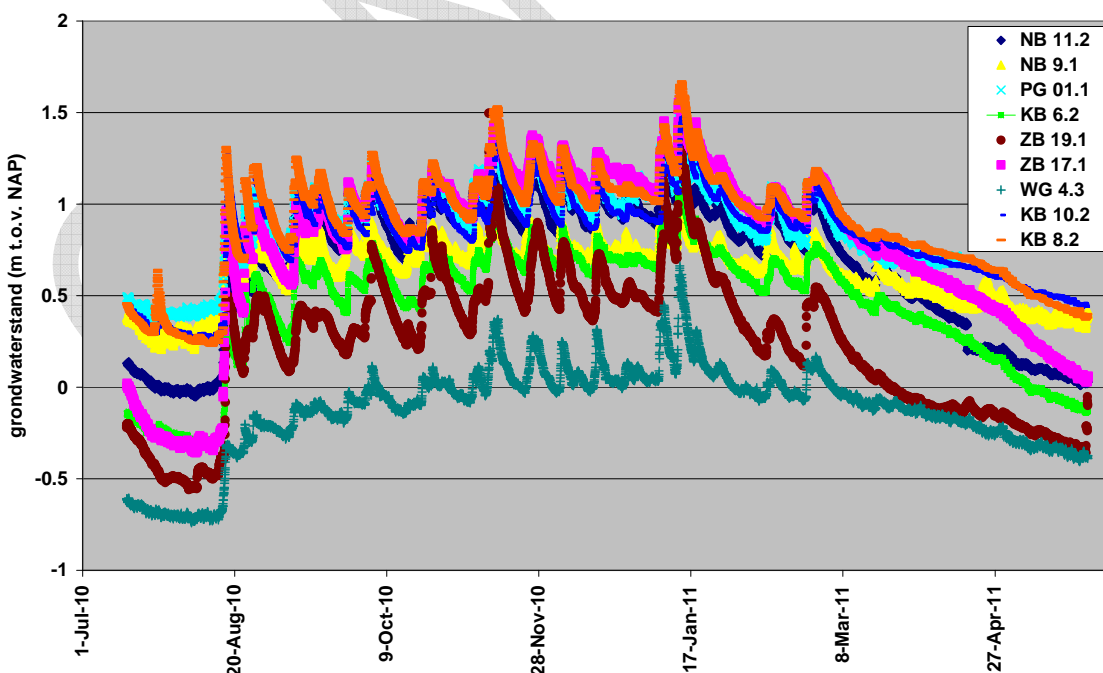
De inventarisaties zijn uitgevoerd en gerapporteerd door Bouw- en Management Service b.v. te Terneuzen. De rapportages zijn ter ondertekening aangeboden aan de geïnterviewden, en vervolgens, na reproductie, verstuurd naar de geïnterviewden. De afzonderlijke rapportages zijn opgenomen in bijlage E..

De rapportages bevatten naast een verslag van het interview en een GBKN-kaart met maaiveldhoogten en de ligging van het oppervlaktewater, veel foto-materiaal van zowel buitenkant als interieur van de verschillende opstallen op de percelen.

4.2 Grondwaterstanden

Het monitoren van grondwaterstanden op huispercelen heeft tot doel de nulsituatie in en rond het plangebied Waterdunen vast te leggen.

In vervolg op de uitgevoerde inventarisaties is voor 11 adressen toestemming verkregen om een peilbuis te plaatsen. De peilbuizen zijn geplaatst door middel van handboringen, waarbij een boorstaat is opgetekend volgens NEN 5140. De einddiepte van de peilbuizen is afhankelijk van de aangetroffen of ingeschatte diepte van de gemiddeld laagste grondwaterstand en varieert tussen 2 en 4 m. De boorstaten en filterstellingen van deze peilbuizen zijn opgenomen in bijlage A. In de peilbuizen zijn drukopnemers geïnstalleerd. De resultaten zijn voor 9 van de 11 meetlocaties weergegeven in figuur 4.1. De overige twee locaties zijn later beïnstroomd. Duidelijk is dat alle peilbuizen eenzelfde beeld te zien geven, namelijk een seizoenale gang in de grondwaterstand. In het winterhalfjaar komen hier nog eens kortdurende pieken bij. In beide doorgemeten zomers zakt het grondwater uit zolang er sprake is van droog en zonnig weer. Opvallend daarbij is dat vrijwel nooit het oppervlaktewaterpeil (zomerpeil NAP -0.6 m) wordt onderschreden.

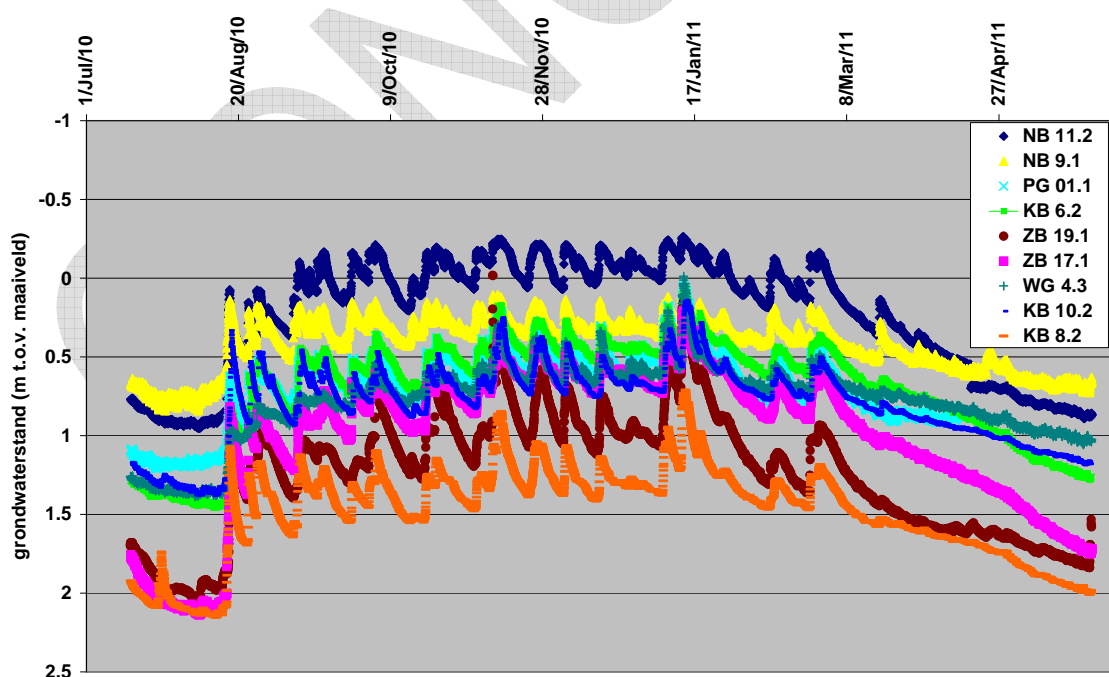


Figuur 4.1. Grondwaterstanden huispercelen. De absolute hoogte van reeks Kb8.2 is geschat op basis van DGPS-metingen die tijdens het interview zijn uitgevoerd. De NAP-hoogte van deze peilbuis kon niet worden bepaald bij gebrek aan DGPS-sigitaal.

De meetreeksen in de peilbuizen ter plaatse van 't Killetje (nrs. 6, 8 en 10) vertonen grote overeenkomsten. De meetreeks op nr. 8 kan de meetreeksen op nrs. 6 en 10 voor 94% resp. 98% verklaren. Door gebruik te maken van een tijdreeksmodel zal dit percentage vermoedelijk nog kunnen worden verhoogd. Met andere woorden het toegepaste aantal drukopnemers heeft hier een beperkte toegevoegde waarde, zolang de peilen in plangebied Waterdunen niet worden aangepast.

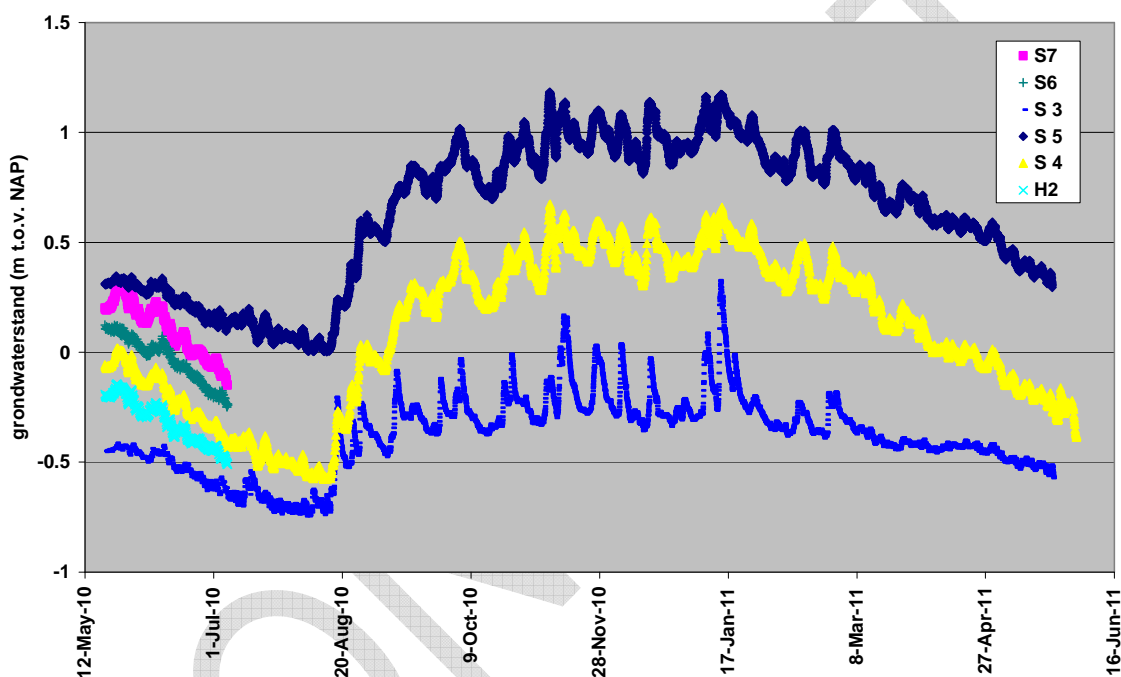
Om zo efficiënt mogelijk gebruik te kunnen maken van de beschikbare drukopnemers zijn de drukopnemers op nrs. 6 en 10 elders ingezet. Van belang is wel dat in deze peilbuizen het meten moet worden hervat vanaf 3 maanden voorafgaand aan de voorgenomen herinrichting van het plangebied.

Figuur 4.2. toont opnieuw de grondwaterstanden op de huispercelen, maar dan ten opzichte van maaiveld (dus de ontwateringsdiepte). In Nederland wordt vaak een ontwateringsdiepte van 70 cm gehanteerd als ontwerpnorm voor bebouwing met een woonfunctie. Deze norm mag gedurende een beperkte periode per jaar worden overschreden (maximaal ca. 10 dagen). Deze ontwerpnorm kan overigens niet als argument worden gebruikt om bij bestaande bebouwing een minimale ontwateringsdiepte af te dwingen. Uitgaande van deze norm is in de huidige situatie de ontwateringsdiepte in het merendeel van de peilbuizen niet voldoende. Uitschieter is Nieuwesluisweg 11, waar het water geruime tijd boven maaiveld staat. De uitvoerder van de metingen kon uit eigen ervaring bevestigen dat dit in natte perioden vaak voorkomt.



Figuur 4.2. Ontwateringsdiepten (grondwaterstanden t.o.v. maaiveld) huispercelen.

In 't Heem en Schoneveld zijn 7 peilbuizen geplaatst door middel van spoelboringen met filterstellingen van 5 tot 6 meter – mv. Omdat tot nu toe in dit gebied geen overeenkomsten voor de plaatsing van peilbuizen zijn gesloten, is besloten tot het 'ad hoc' plaatsen van deze peilbuizen (wel met medeweten en toestemming van de terreinbeheerder) toen de aannemer voor plaatsing van de peilbuizen op de akkerbouwpercelen toch al in het gebied werkzaam was. Om die reden zijn er (vooralsnog) geen boorbeschrijvingen gemaakt voor deze locaties. De filters zijn tussen 5 en 6 m – maaiveld afgesteld. De peilbuizen S3, S4 en S5 vormen een raai waarin drukopnemers zijn geïnstalleerd. In figuur 4.3 zijn de meetresultaten tot nu toe weergegeven. De stijghoogten liggen in hetzelfde bereik als de zuidelijker gelegen landbouwpercelen, met uitzondering van S5 waar een duidelijk hogere stijghoogte heerst.



Figuur 4.3. Stijghoogtemetingen Schoneveld en 't Heem.

4.3 Chloride

Een compleet overzicht van de uitgevoerde metingen is opgenomen in bijlage D. Hierin valt op dat in sommige peilbuizen, ook op de huispercelen, in de huidige situatie al brak of zout grondwater wordt gemeten (chloridegehalten > 3000 mg/l volgens classificatie Provincie Zeeland / TNO). De variatie is soms binnen een perceel erg groot (bv. van 43 tot 14.000 mg/l bij vergelijkbare filterdiepten, Slikkenburgseweg 5).

5 Achterwaartse verzilting

5.1 Meetmethode

Wanneer op een akkerbouwperceel de buisdrainage onder het zomerpeil ligt, kan water uit het oppervlaktewatersysteem in droge perioden via de drains tot onder de percelen doordringen. Als dit oppervlaktewater brak is, kan het via deze kortsluitroute een risico vormen voor de gewassen. De beschikbare waterkwaliteitsgegevens van Waterschap Zeeuws-Vlaanderen laten zien dat het chloridegehalte van het oppervlaktewater in de huidige situatie kan oplopen tot meer dan 1500 mg/l, hetgeen als brak te beschouwen is. Voor het afvangen van geïnfiltreerd 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, kan dit een (verder) verziltend effect op het oppervlaktewater hebben. Om die reden maken inventarisaties van de aanwezigheid van buisdrainage op akkerbouwpercelen deel uit van de monitoring. Wanneer buisdrainage aanwezig is, worden de hoogteligging van de mondingen en de maaiveldhoogten steekproefsgewijs gemeten ten opzichte van NAP, door middel van DGPS⁸.

5.2 Stand van zaken

Tot nu toe zijn voor negen agrarische percelen inventarisaties uitgevoerd. Dit zijn de percelen (allen Oostburg) S422, S1118, S1333, S425, S1272, S516, S876, S877 en S408. De afzonderlijke rapportages zijn opgenomen in bijlage F.

5.3 Resultaten

Op drie van de geïnventarieerde percelen is vastgesteld dat er buisdrainage aanwezig is met een (steekproefsgewijs gemeten) hoogteligging van de drains van respectievelijk NAP - 0.84, NAP -0.95 m, en NAP -0.61 / -0.82. Het zomerpeil van het oppervlaktewater is NAP - 0.60 m. Dit betekent dat de drainage in de zomerpeilperiode onder water staat.

In de overige percelen is geen buisdrainage aanwezig, of is buisdrainage aanwezig boven het zomerpeilniveau, of is er niet bekend of er buisdrainage ligt.

Geconcludeerd wordt dat lokaal buisdrainage aanwezig is met een diepte onder het zomerpeil. Of dit een verziltingsrisico vormt via het oppervlaktewater, is afhankelijk van de aanleg van een kwelsloot rond het plangebied, en hoe deze zal worden gedimensioneerd.

8. DGPS = differential global positioning system

CONCEPT

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 EM-boorgatmetingen

Dankzij de medewerking van de perceeleigenaren en –gebruikers verloopt de grondwatermonitoring grotendeels volgens plan. Een uitzondering hierop vormen de EM-boorgatmetingen. De door onszelf in het monitoringsplan voorgestelde meetfrequentie blijkt in de praktijk niet haalbaar. Hiervoor is een combinatie van oorzaken aanwijsbaar.

In de eerste plaats is er het uitgangspunt om zo min mogelijk schade en overlast voor de perceelgebruikers te veroorzaken tijdens het meten. Daarom is bij het plaatsen van de peilbuizen gekozen voor een handmatige methode (spoelboring met wateraanvoer vanuit sloten). Het is voorts niet gewenst om met een meetwagen naar de peilbuizen te rijden. Voor dit soort toepassingen van boorgatmetingen is een rupsvoertuig (mini-tractor) ontwikkeld om de zware meetsonde te vervoeren. Met een in de meetwagen ingebouwde lier wordt de kabel tussen meetwagen en meetsonde uitgerold zonder dat deze de grond raakt. Met behulp van een extra driepoot – naast de driepoot die nodig is om de meetsonde gecontroleerd in de buis te laten zakken - wordt gezorgd dat ook bij grote afstanden tussen peilbuis en meetwagen de kabel de grond niet raakt.

Bij natte terreinomstandigheden leverde het gebruik van het rupsvoertuig problemen op in de vorm van sporen in het land enerzijds, terwijl de zware klei tot beschadigingen aan het rupsvoertuig leidde (bv. gebroken aandrijfjas, winter 2011). Daarom zijn de meeste meetronden te voet afgelegd (vanaf meetwagen naar meetlocatie). Dit betekende echter wel dat de inzet van een tweede medewerker noodzakelijk werd.

Een aantal peilbuizen is op perceelscheidingen geplaatst, of liggen om andere redenen ver van de dam die over de sloot tussen perceel en openbare weg voert. Daardoor is vaak een omweg noodzakelijk. Het maken van dergelijke omwegen te voet, met een zware meetsonde, vergt veel van het veldpersoneel, vooral bij natte terreinomstandigheden. Er zijn als gevolg daarvan niet elke keer aanvullende metingen verricht zoals peilingen in de peilbuizen. De beschikbare stijghoogtemetingen in de diepe peilbuizen kunnen echter ook worden gebruikt bij de interpretatie van de EM-boorgatmetingen, gezien de waarschijnlijk geringe hydraulische weerstand in de bodem. Dit moet wel nader onderbouwd worden met automatische drukopnemers in ondiepe peilbuizen (zie aanbevelingen).

Voorgesteld wordt om alleen meetronden uit te voeren in relatief droge perioden, met als richtlijn dat in ieder geval aan het einde van de winter en de zomer gemeten wordt (maart en september). Afhankelijk van de weersomstandigheden kan hiervan worden afgeweken. Op grond van de tot nu toe verzamelde meetresultaten, waarin weinig variatie in de tijd te zien is beneden ca. NAP -3 m in de weerstandsdiepteprofielen, is de indruk dat deze meetfrequentie voldoende is om de zoet-zoutwaterhuishouding onder de percelen in kaart te brengen.

Momenteel wordt bij Deltares een dunnere meetsonde ontwikkeld ("slimflex"). Deze past in één-duims peilbuizen en is lichter dan de huidige meetsonde. De slimflex is naar verwachting begin 2012 klaar voor gebruik. Tot die tijd blijft de huidige meetsonde in gebruik, waarbij een zorgpunt is de toenemende problemen met storingen als gevolg van contact tussen meetsonde en peilbuiswand. Geprobeerd wordt dit probleem zoveel mogelijk te voorkómen

door voorafgaand aan elke meetronde de isolatie te vervangen en deze zo dun mogelijk rond de meetsonde aan te brengen.

6.2 Stijghoogtemetingen

Er zijn momenteel in en rond plangebied Waterdunen 36 meetlocaties, waarvoor 20 drukopnemers in gebruik zijn. De reden voor dit verschil is, dat bij aanvang van de monitoring niet duidelijk was hoeveel peilbuizen daadwerkelijk geplaatst zouden gaan worden, en er niet overdadig is ingekocht. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 is bij enkele raaien en clusters van peilbuizen besloten om drukopnemers uit te nemen en elders in te zetten. Dit op grond van de grote overeenkomsten tussen de meetreeksen van deze raaien.

De verdeling van drukopnemers over de meetlocaties, zoals weergegeven in tabel 2.1, is het absolute minimum dat nodig is voor een adequate stijghoogtemonitoring. Aanbevolen wordt in ieder geval de inzet van vervangende drukopnemers in de peilbuizen op de huispercelen Killetje 6 en 10. Een aanvullende drukopnemer wordt verder aanbevolen voor de diepe peilbuis EC-13. De reden is dat het filter van deze peilbuis dieper staat dan de omliggende peilbuizen EC-05 en EC-03 (omdat de watervoerende laag hier dieper voorkomt). Het is de moeite waard om meer inzicht te krijgen in de stijghoogte op verschillende diepten.

Verder wordt tot nu toe weinig gebruik gemaakt van de ondiepe peilbuizen op de akkerbouwpercelen. Aanbevolen wordt om ook een ondiepe peilbuis met een drukopnemer uit te rusten, om het vermoeden te bevestigen dat ondiepe en diepe grondwaterstanden weinig onderling verschillen.

6.3 Samenvatting aanbevelingen

- Opnieuw installeren drukopnemers in de peilbuizen op de huispercelen Killetje 6 en 10.
- Installeren drukopnemers in diepe en ondiepe peilbuis EC-13.
- Frequentie EM-boorgatmeting 2x per jaar, afhankelijk van weersomstandigheden kan hiervan worden afgeweken.
- Bij overstap op SlimFlex: gepaarde meetronde huidige meetsonde en SlimFlex.
- Inventarisaties huispercelen en buisdrainage: op aanvraag.

A Bijlage: Geotechnisch bodemonderzoek Waterdunen

CONCEPT

CONCEPT

B Bijlage: Diverdata projectgebied Waterdunen

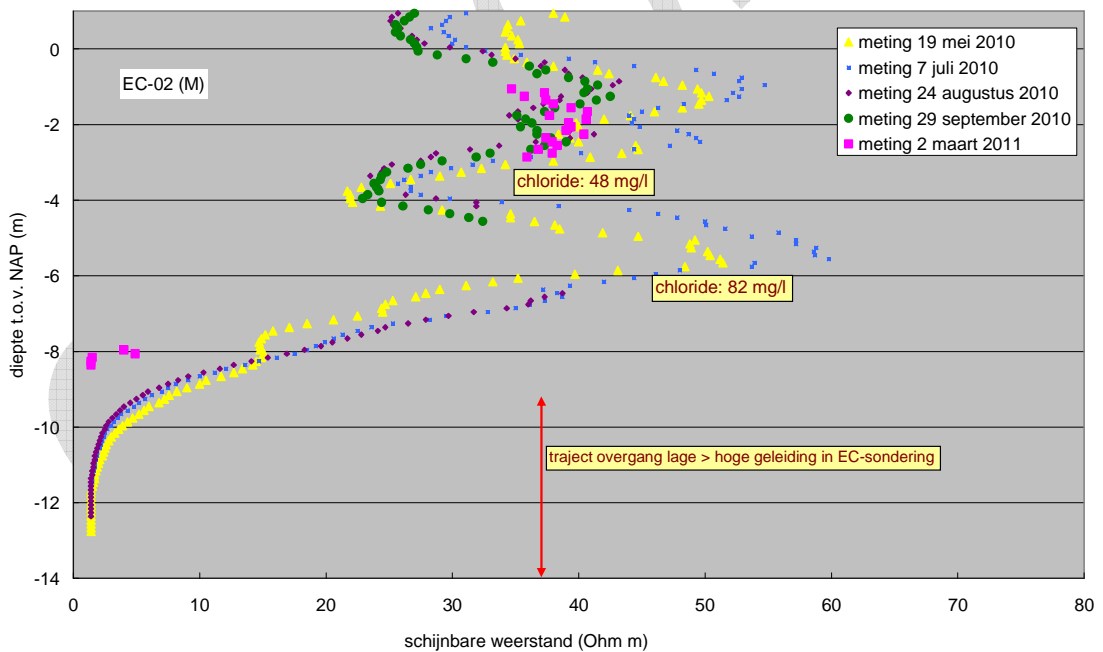
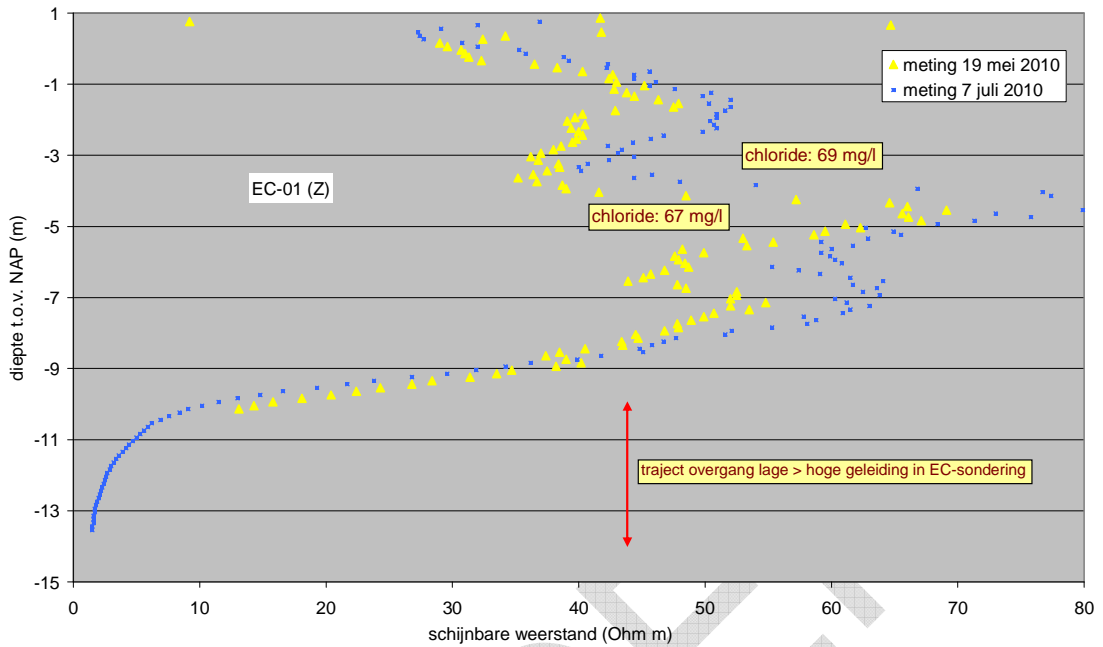
CONCEPT

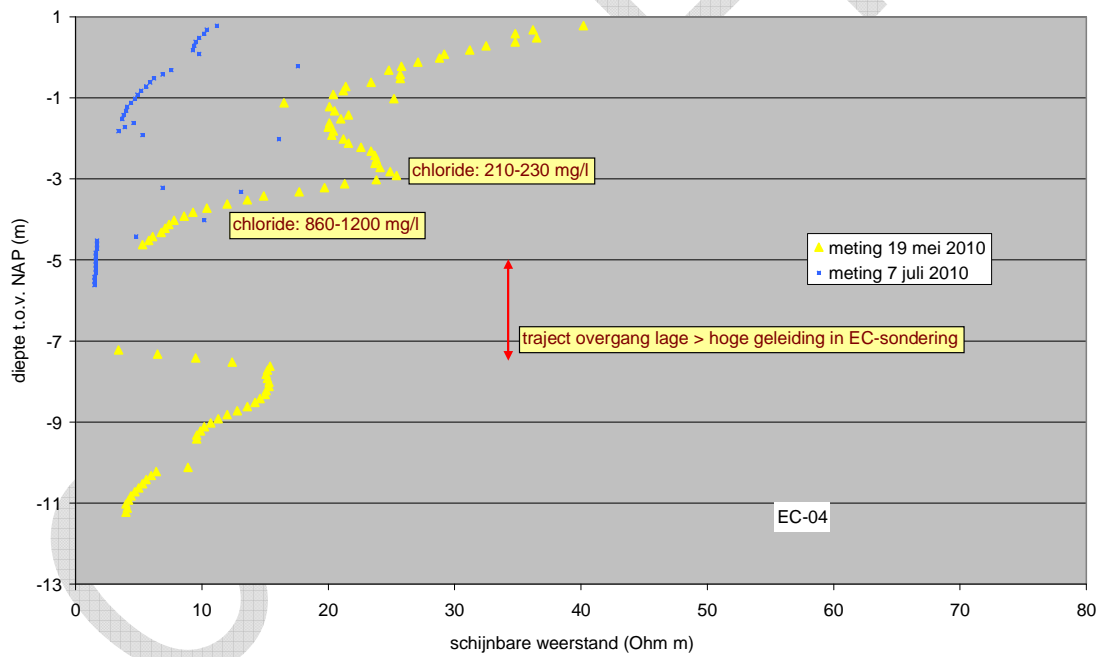
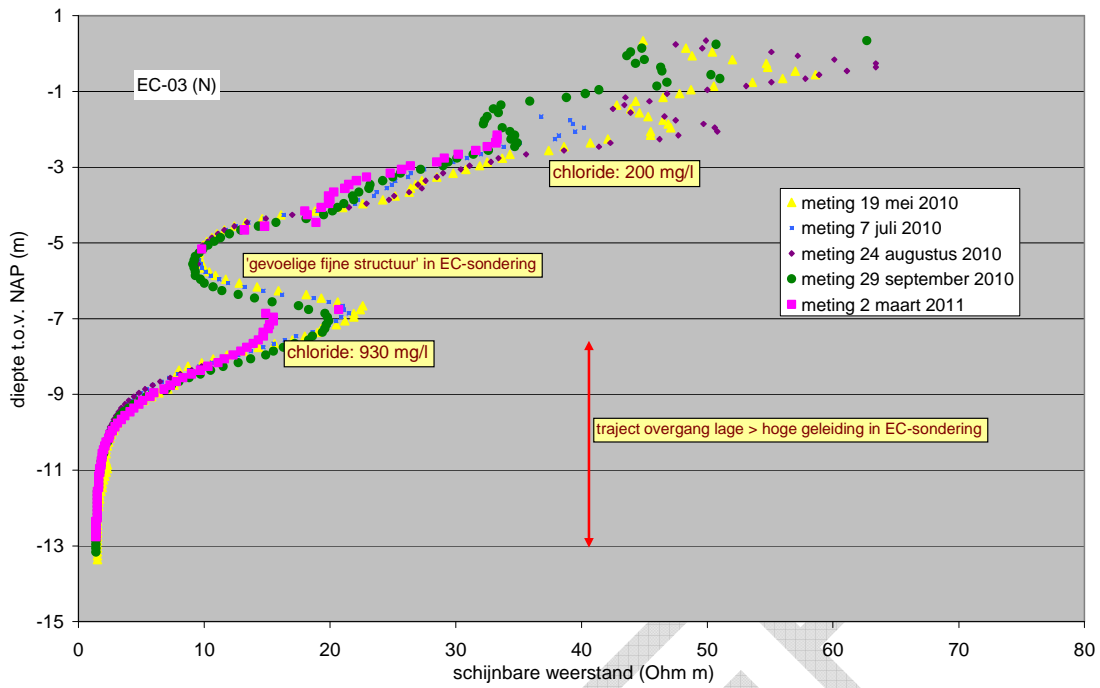
CONCEPT

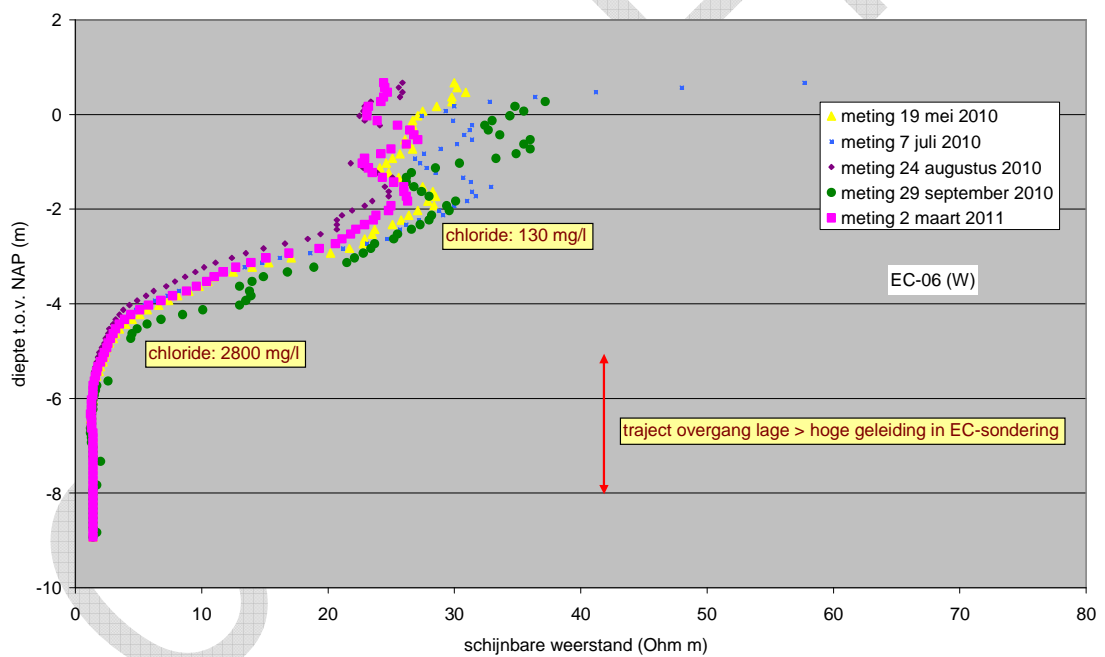
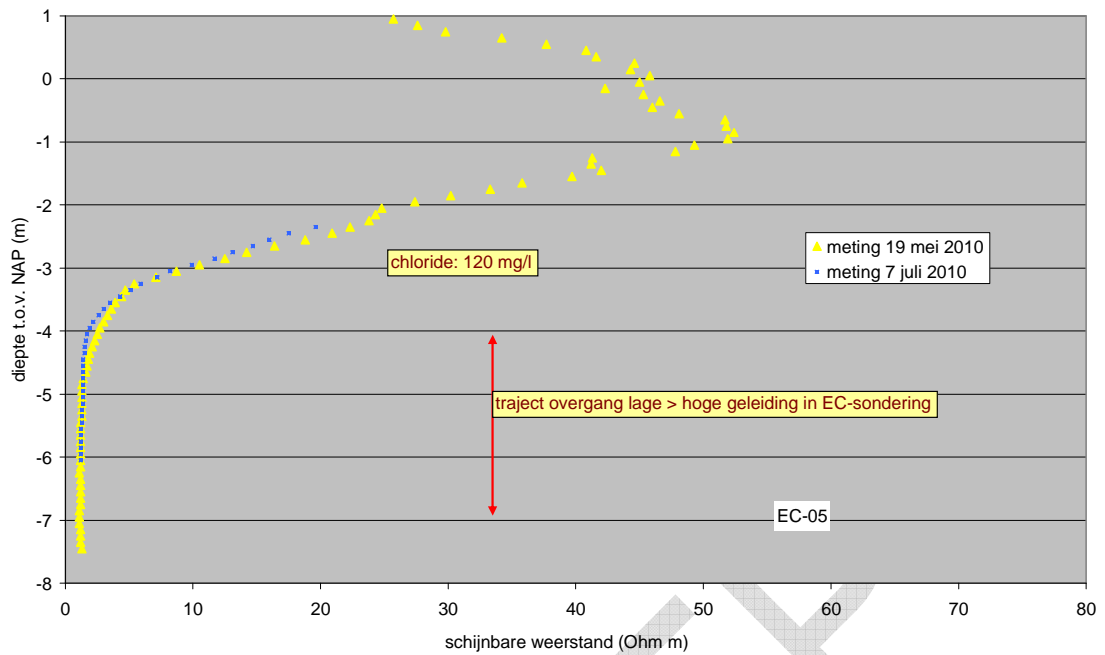
C Bijlage: boorgatmetingen

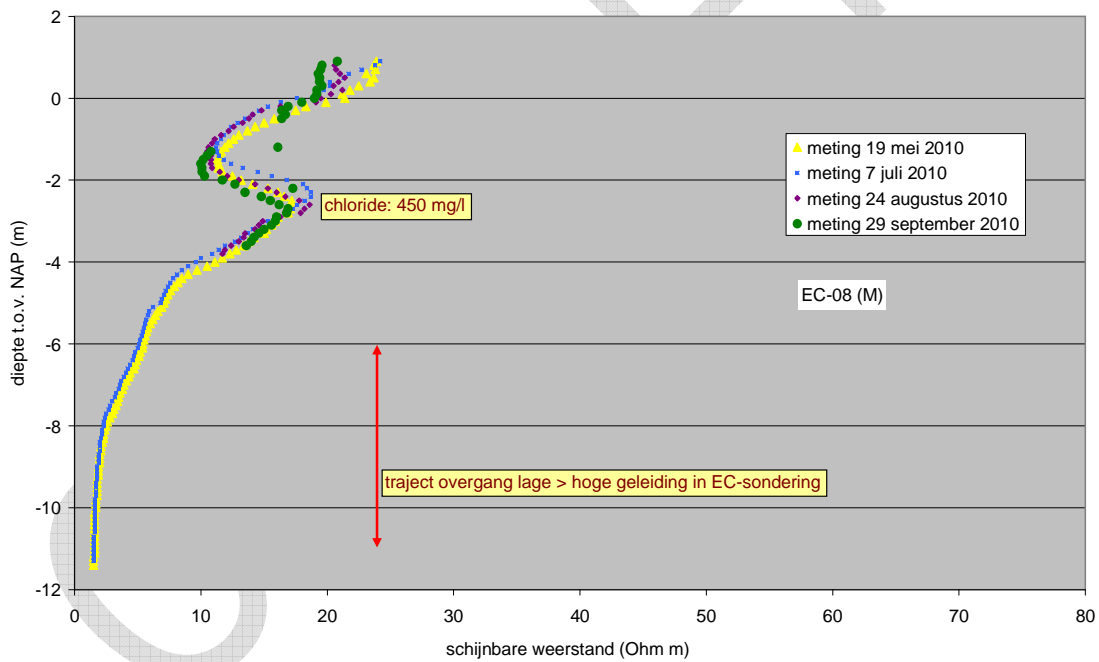
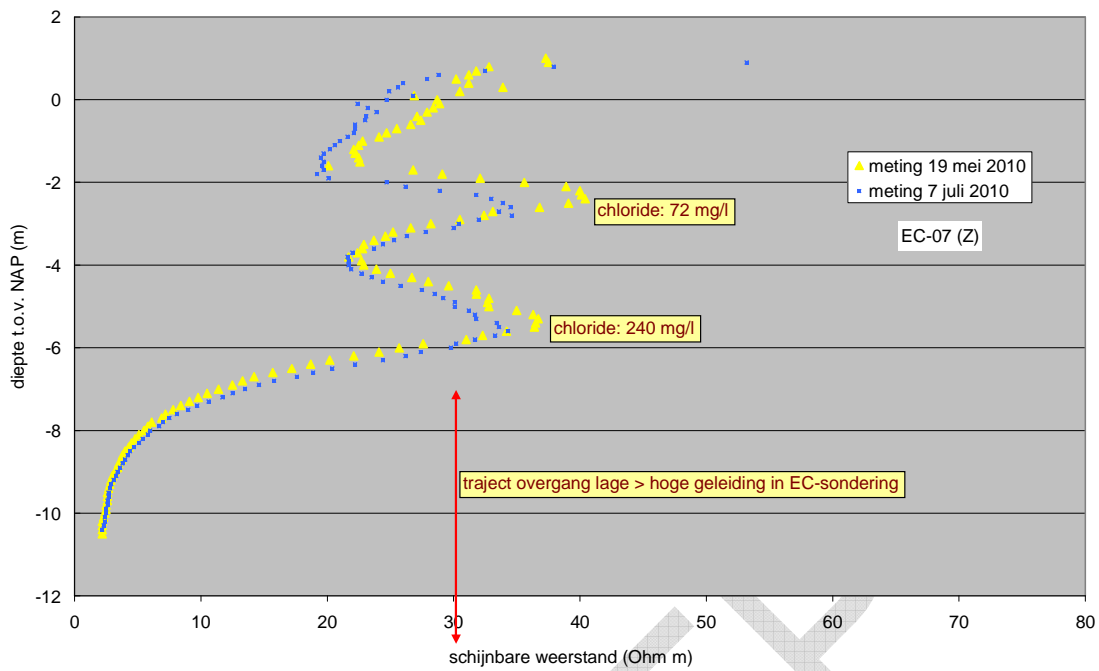
CONCEPT

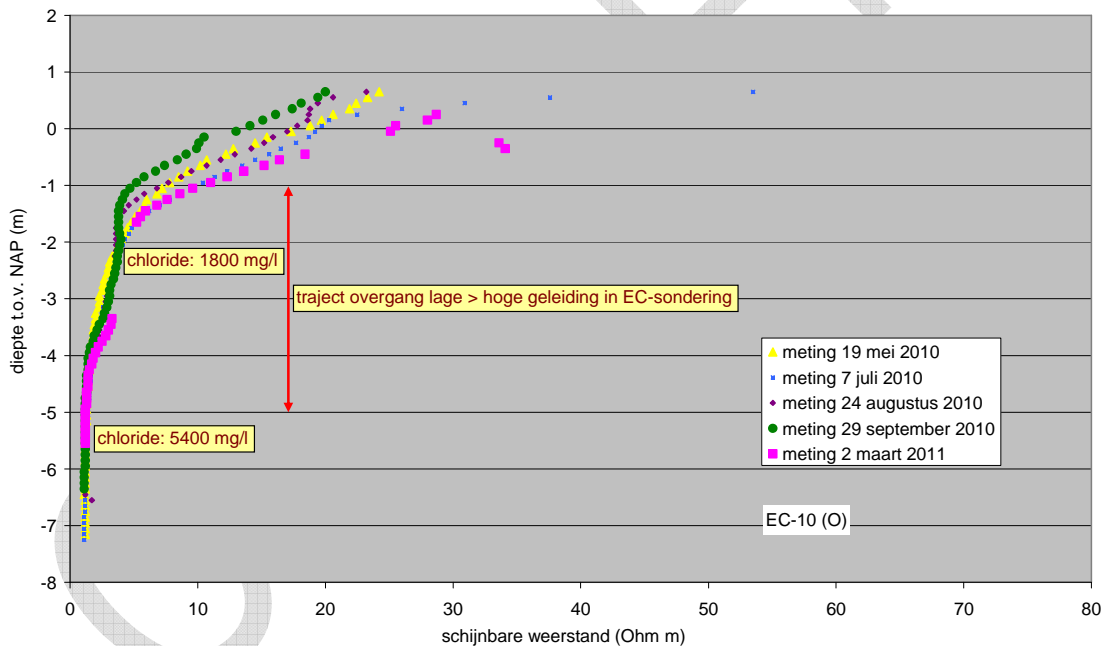
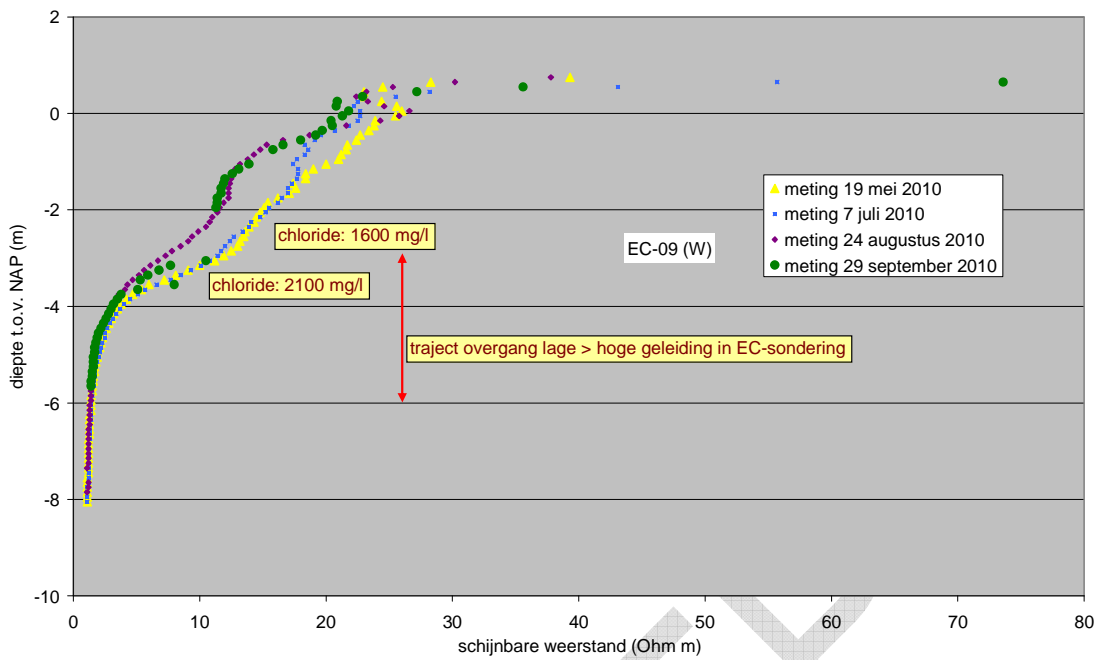
CONCEPT

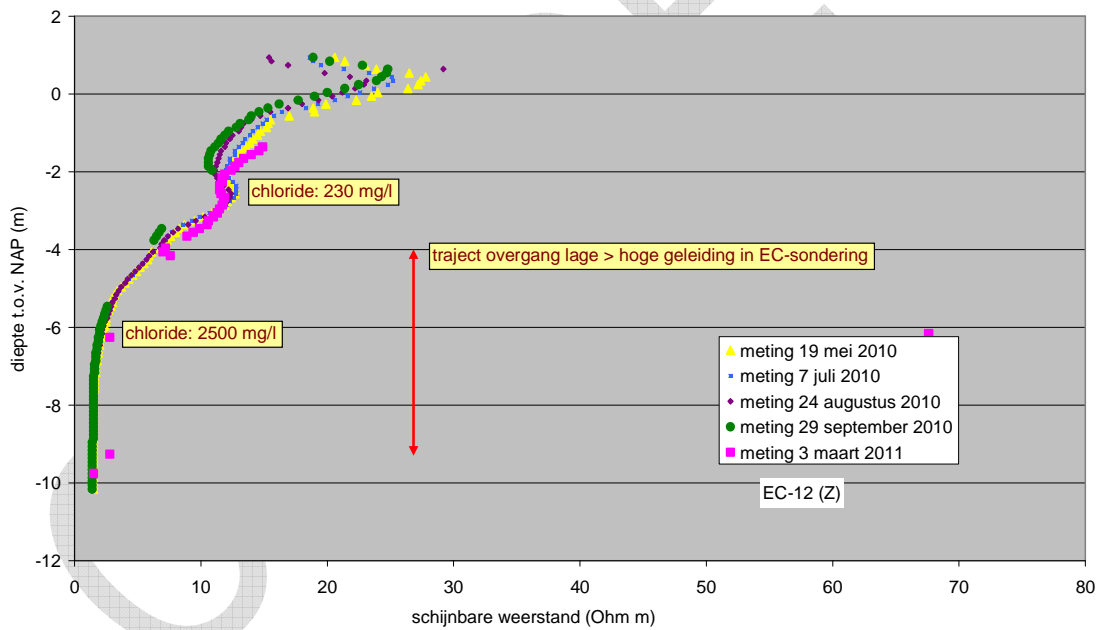
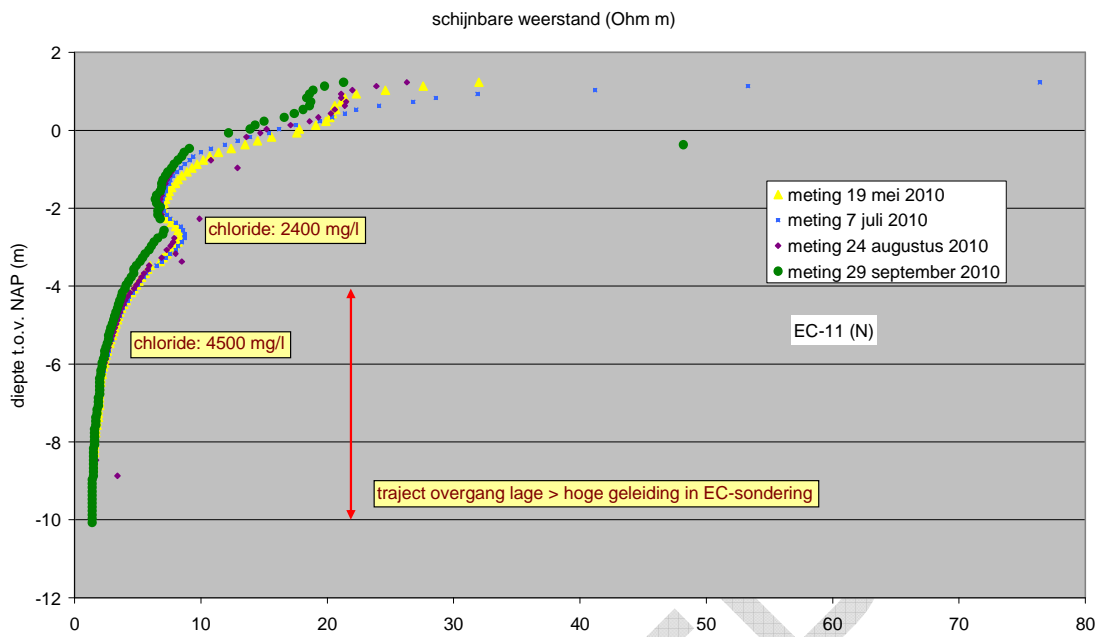


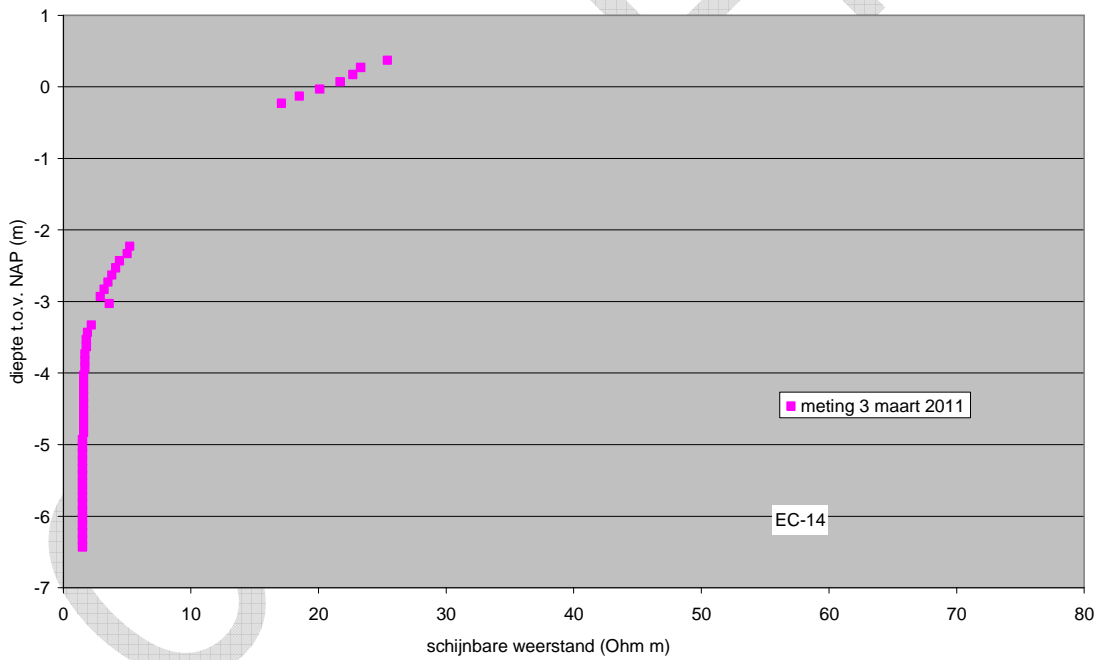
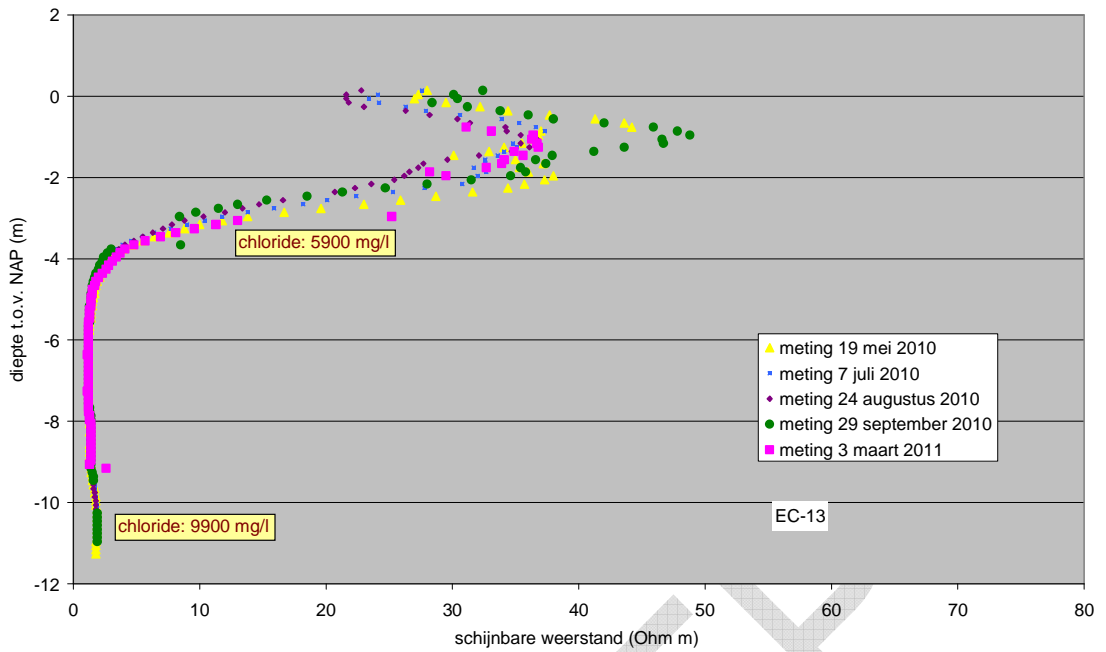












CONCEPT

D Chloridemetingen plangebieden Waterdunen en Perkpolder

CONCEPT