

**TNO-rapport**

**2007-U-R0925/A**

**Voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in  
de Provincie Zeeland - resultaten van een  
verkennde en provinciedekkende meetcampagne**

Datum	19 oktober 2009
Auteur(s)	Gualbert Oude Essink, Perry de Louw, Sjors Stevens, Bastiaan de Veen, Corné Prevo, Valentina Marconi en Bart Goes
Opdrachtgever	Provincie Zeeland, Lein Kaland
Projectnummer	034.79202
Aantal pagina's	132 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Reviewer	Ruth Heerdink
Goedgekeurd door:	Bennie Minnema 

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

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

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



## Voorwoord

Dit rapport is onderdeel van een langjarig onderzoek naar de verzilting en verzoeting van het freatisch grondwater in de Provincie Zeeland. De Provincie Zeeland is de opdrachtgever van het project, dat wordt uitgevoerd door Deltares (voorheen TNO Bouw en Ondergrond), locatie Utrecht. Van november 2006 t/m juni 2008 zijn op 27 verschillende percelen metingen verricht. Er is onderzoek gedaan naar de zoete grondwatervoorraden die drijven op het brakke en zoute grondwater. Deze grondwatervoorraden worden regenwaterlenzen genoemd. De dikte en vorm van de regenwaterlenzen zijn gemeten alsook de seizoenale dynamiek en ruimtelijke variatie hierin op perceelschaal. Er is geprobeerd de variaties op perceelschaal te verklaren aan de hand van bodemopbouw, slootpeilen en kweldruk (verschil tussen grondwaterstand en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket).

Op 22 van de 27 percelen is één keer gemeten, op vijf percelen is een tweede keer gemeten, om zodoende een verandering in zoet-brak-zout verdeling te detecteren. Inmiddels is een vervolg op het in dit rapport beschreven onderzoek gegeven: vanaf juni 2008 worden op twee percelen intensief (frequent) stijghoogten, grondwaterstanden en chlorideconcentraties in het grondwater en in de sloten gemeten. Dit zal gedurende een aantal seizoenen gebeuren. Hiermee hopen we nog meer te weten te komen over de dynamiek van de regenwaterlenzen door de seizoenen.

De verwerkte meetgegevens worden gebruikt om een modelinstrumentarium te ontwikkelen, waarmee de Provincie de effecten van waterbeheersmaatregelen ter bestrijding van de verzilting kan voorspellen. Bovendien zal het modelinstrumentarium gebruikt worden om de effecten in te schatten van een zeespiegelstijging en veranderingen in het neerslag- en verdampingspatroon op de omvang van de regenwaterlenzen. Uiteindelijk willen wij de mogelijke gevolgen van klimaatverandering en waterbeheersmaatregelen op de verzilting van het grondwater voor landbouw- en natuurgebieden in de Provincie in kaart brengen.

We willen namens Deltares de studenten bedanken die de afgelopen jaren voor hun afstudeer- of stageopdracht het veld zijn ingegaan om de benodigde gegevens over het freatische grondwatersysteem in de Provincie Zeeland te verzamelen. Zonder hen was dit rapport niet mogelijk geweest. In willekeurige volgorde: Bas de Veen en Sjors Stevens (stagiaires Hydrologie aan de Vrij Universiteit van Amsterdam), Corné Prevo (afstudeerder Aquatische Hydrogeologie aan de Hogeschool Zeeland) en Valentina Marconi (afgestudeerd aan de Universiteit van Bologna). Verder dank aan Piet Maljaars (tijdelijke medewerker TNO), Francesco Sergi (afstudeerder Universiteit van Rome), Vesna Tripkovic (afstudeerder IHE-UNESCO, Delft) en Marianne Koskamp (stagiaire Universiteit Wageningen).

Daarnaast wil ik graag de mensen bedanken die ons in het begin snel, accuraat en efficiënt op weg hebben geholpen om dit veldwerk uit te voeren: Lein Kaland, Kees Glas, Ronnie Hollebrandse, Lou Huibregtsen (Provincie Zeeland), Carla Michielsen (Zuidelijke Land- en Tuinbouworganisatie), Rinus Meeuwse (Dienst Landelijk Gebied), Luuk Veening (Waterschap Zeeuwse Eilanden) en Chantal Raes (Waterschap Zeeuws Vlaanderen). En, *last but not least*: dank aan alle landeigenaren van de percelen waar we mochten meten!

Gualbert Oude Essink

Utrecht, oktober 2009



## Samenvatting

De Provincie Zeeland is omsloten door de zee. De verwachting is dat in de toekomst de zeespiegel zal stijgen en het neerslag- en verdampingspatroon zal veranderen. Deze processen zullen de waterhuishouding van dit kustgebied beïnvloeden. De kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater zal veranderen; het zal wel eens zouter kunnen worden. In veel gebieden in de Provincie Zeeland treedt kwel op: Het zoute grondwater kan hierdoor de wortelzone bereiken, waar zoutschade aan het gewas kan optreden. Voor de landbouw is het dus extra van belang dat optimaal gebruik wordt gemaakt van de beperkte voorraad zoet grondwater. Deze is vaak aanwezig in de vorm van een lens, die 'drijft' bovenop het zoute kwelwater, de zogenaamde regenwaterlens.

De Provincie Zeeland wil graag weten hoe het op dit moment gesteld is en in de toekomst gesteld zal zijn met de verzilting in landbouw- en natuurgebieden. Met dit onderzoek wordt getracht meer duidelijkheid te verkrijgen over het gedrag en de eigenschappen van het freatisch grondwater en de mate van verzilting binnen de grenzen van de Provincie Zeeland. Doel van het veldwerk is een provinciedekkend beeld te verschaffen. Hierbij zijn de afmetingen en de vormen van regenwaterlenzen onderzocht en de seizoenale dynamiek en ruimtelijke variatie hierin op perceelschaal. Daarnaast is gezocht naar een relatie tussen de locatie in het perceel en de zoet-zout verdeling van het grondwater.

Op basis van zeven factoren is de Provincie Zeeland ingedeeld in negen hoofdgebieden. Deze factoren zijn: de gekarteerde diepte van het brak-zout grensvlak (Goes en Vernes, 2006), het voorkomen van winterkwel, hoogten van het maaiveld ten opzichte van NAP (Normaal Amsterdams Peil), het voorkomen van platen, de dikte van de deklaag, de dikte van het basisveen en het verschil tussen zomer- en winterpeil. Vanuit de indeling in hoofdgebieden zijn percelen gekozen voor de meetcampagnes. Om een goed beeld te krijgen van de seizoenale dynamiek van de regenwaterlenzen, is het veldwerk op een aantal percelen tweemaal uitgevoerd.

Met behulp van een prikstok werd op de percelen de elektrische geleiding (EC) en de temperatuur van de bodem op een flink aantal meetpunten gemeten. De prikstok is een meetinstrument van 4 m lang die in de bodem geprikt kan worden. Om de 10 cm wordt de EC gemeten. Op grond van deze waarden kunnen chlorideconcentraties uitgerekend worden. Ook is bij ieder meetpunt de chlorideconcentratie van het bovenste grondwater met een dompelcel gemeten om zo vergelijkingsmateriaal te hebben voor de omgerekende chlorideconcentraties uit prikstokmetingen.

Op nagenoeg alle percelen zijn in het grondwater alleen chlorideconcentraties gemeten die vallen in de klasse brak en zout (De Moor & De Breuck, 1969). Er is dus geen 'echte' regenwaterlens aanwezig. Regenwater en kwelwater mengen blijkbaar. Over het algemeen geldt dat de grootste kwel plaatsvindt onder de sloot. Rond de sloten worden de hoogste chlorideconcentraties gemeten en in het midden van het perceel de laagste. Infiltrerend regenwater heeft daar meer invloed op de chlorideconcentraties. Daar waar de bovenste grondlagen zwaarder en slechter doorlatend zijn dan in de rest van het perceel ontstaat een opbolling van de grondwaterspiegel waardoor het potentiaal verschil met de stijghoogte van het watervoerend pakket kleiner is. Dit leidt tot verminderde kwel en lagere chlorideconcentraties.

De verschillen in chlorideconcentraties tussen percelen zijn groot. Drie percelen zijn zo zout dat direct onder de grondwaterspiegel al waarden gemeten worden van boven de 2500 mg Cl/l. Maximum waarden liggen op deze percelen rond de 10.000 mg Cl/l. Opvallend is dat de drie percelen een relatief dik veen pakket bezitten. Het veen heeft door zijn hoge doorlatendheid duidelijk invloed op de zoute grondwaterstroom uit het eerste watervoerend pakket.

Chlorideconcentraties lijken niet direct samen te hangen met de afstand tot de zee.

Op perceel 7, dat op 100 m afstand van de Oosterschelde ligt, is de hoogste gemeten chlorideconcentratie 4.000 mg Cl/l. Op perceel 5, dat op 2500 m afstand van de Noordzee ligt, is de hoogste gemeten chlorideconcentratie 10.000 mg Cl/l. Historische gebeurtenissen zoals veenontwikkeling en transgressies vanuit de zee hebben invloed gehad op de zoet-brak-zout verdeling in de ondergrond (Post, 2003).

Chlorideconcentraties gemeten in het grondwater boven drainbuizen zijn iets hoger dan in het grondwater tussen drainbuizen. Zoute kwel wordt door de drainbuizen aangetrokken. Het buitendijkse, perceel 14, werd niet gedraineerd en kent de dikste regenwaterlens van de in dit onderzoek bemeaten percelen.

De overgangszone tussen zoet en zout grondwater verschilt sterk in afmetingen. Soms wordt een scherpe overgang waargenomen, soms is de overgang meer geleidelijk.

Er is ook gekeken naar de seizoenale dynamiek in de dikte en vorm van regenwaterlenzen. Dit is gedaan door zowel in de winter (eerste meetcampagne) als in de zomer (tweede meetcampagne) te meten. Tijdens de tweede meetcampagne, in de zomer dus, zijn de regenwaterlenzen op elk bemeaten perceel kleiner dan tijdens de eerste meetcampagne. De reden hiervoor is waarschijnlijk het kleinere neerslagoverschot in de zomer (meer verdamping en gewasopname). De weken voorafgaand aan de tweede meetcampagne waren erg droog waardoor het neerslagoverschot minimaal was.

De metingen wijzen ook op een verschil in kwelintensiteit naar de sloten tussen zomer en winter. Tijdens de tweede meetcampagne is de kwelintensiteit naar de sloten kleiner. De reden hiervoor is waarschijnlijk het slootpeil dat in de zomer hoger staat dan in de winter, hierdoor is het potentiaalverschil tussen het eerste watervoerend pakket en de sloot in de zomer kleiner dan in de winter, waardoor de kweldruk kleiner is.

Het begin van nagenoeg alle lenzen is bij de tweede meetcampagne dan ook verder in het perceel te vinden, vanaf de sloot gezien. Het 1500 mg Cl/l-grensvlak bij perceel 7 verschuift in ongeveer 4 maanden maar liefst 73 cm omhoog. Op perceel 4 is zelfs helemaal geen brakke regenwaterlens meer te vinden, terwijl deze tijdens de eerste meetcampagne (ongeveer 6 maanden daarvoor) nog een maximale dikte had van 29 cm. Geconcludeerd kan worden dat het grondwater erg zout is in het onderzoeksgebied. Zoete regenwaterlenzen (d.w.z. met een chlorideconcentratie minder dan 150 mg Cl/l) zijn niet gevonden. Dit sterkt het idee dat de onverzadigde zone een grote rol speelt in het bezorgen van water aan de wortelzone.

De chlorideconcentratie van het grondwater wordt op perceelsniveau vooral bepaald door de chlorideconcentratie van het diepe grondwater, potentiaalverschillen en de bodemopbouw. Wanneer er sprake is van een grote kwelintensiteit, is de zoutbelasting van het ondiepe grondwater hoog. De hoogte van het slootpeil blijkt duidelijke gevolgen te hebben voor de kwelsterkte.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>9</b>
1.1	Achtergrond .....	9
1.2	Probleemstelling .....	10
1.3	Doelstellingen .....	11
1.4	Werkwijze.....	12
1.5	Leeswijzer.....	13
<b>2</b>	<b>Gebiedsanalyse.....</b>	<b>15</b>
2.1	Zeeland ingedeeld in fysisch-geografische gebieden.....	15
2.2	Actuele gebiedskenmerken .....	17
2.3	Ontstaansgeschiedenis (fysisch-geografisch) .....	20
<b>3</b>	<b>Veldwerk.....</b>	<b>25</b>
3.1	Meetmethodes.....	26
3.2	Methode om chlorideconcentraties uit EC te berekenen.....	28
<b>4</b>	<b>Resultaten en discussie .....</b>	<b>31</b>
4.1	Perceel 1.....	32
4.2	Perceel 2.....	36
4.3	Perceel 3.....	38
4.4	Perceel 4.....	40
4.5	Perceel 5.....	44
4.6	Perceel 6.....	46
4.7	Perceel 7.....	47
4.8	Perceel 8.....	51
4.9	Perceel 9.....	53
4.10	Perceel 10.....	56
4.11	Perceel 11.....	59
4.12	Perceel 12.....	61
4.13	Perceel 13.....	63
4.14	Perceel 14.....	66
4.15	Perceel 15.....	68
4.16	Perceel 16.....	70
4.17	Perceel 17.....	74
4.18	Perceel 18.....	76
4.19	Perceel 19.....	77
4.20	Perceel 20.....	79
4.21	Perceel 21.....	80
4.22	Perceel 22.....	82
4.23	Perceel 23.....	84
4.24	Perceel 25.....	86
4.25	Perceel 27.....	87
4.26	Perceel 28.....	91
4.27	Perceel 29.....	93
<b>5</b>	<b>Vergelijking metingen van verschillende percelen .....</b>	<b>95</b>
5.1	Stijghoogten.....	95
5.2	Chlorideconcentraties .....	95
5.3	Sloten .....	95

5.4	Drains.....	96
5.5	Zoute kwel naar sloot.....	96
5.6	Grondwaterstand.....	96
5.7	Interviews .....	96
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen.....</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>Literatuuropgave .....</b>	<b>101</b>

**Bijlage(n)**

A Topografische informatie per perceel

B Boorgegevens uit DINO

C Indeling in hoofdgebieden

D Fysisch-geografische informatie per perceel

E Informatie over brakwaterlenzen per perceel



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De Provincie Zeeland maakt deel uit van Laag-Nederland (Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, 2004). Bijna de gehele provincie bestaat uit polders. De hoogteverschillen zijn gering; momenteel bevindt het grootste deel van het maaiveld zich rondom NAP: op de bemeten percelen ligt het maaiveld tussen 2 m onder NAP en 1,5 m boven NAP. Een belangrijk kenmerk van Zeeland is dat het buitenwater nooit ver weg is en dat vrijwel elke polder direct op het buitenwater kan lozen. Boezemwateren komen nauwelijks voor. Vanaf de Middeleeuwen is in Zeeland land aangewonnen. Vooral in de Gouden 17<sup>de</sup> Eeuw hebben op grote schaal bedijkingen plaatsgevonden, voor een oppervlakte van ongeveer 50000 ha.

De verdeling van zoet, brak en zout<sup>1</sup> grondwater in de Provincie Zeeland is complex. Zeeland is in de geschiedenis regelmatig overstromd door de zee waardoor veel zout werd toegevoerd. Dit zoute tot brakke water kon vervolgens relatief snel de ondergrond binnenstromen door middel van dichtheidsgedreven grondwaterstroming (Post, 2003). Daarnaast zijn de laatste eeuwen grote delen ingepolderd waardoor op sommige plekken juist verzoeting optreedt (te denken valt aan de kreekruggen waar zoet water kon infiltreren). Momenteel is vrijwel overal het grondwater grotendeels brak tot zout. Boven in de bodem is echter meestal een laag zoet-licht brak water aanwezig. De dikte van deze laag varieert van enkele decimeters tot ongeveer 30 m (in enkele duingebieden). In de Deelstroomgebiedsvisie Zeeland (2004) worden drie typen watersystemen onderscheiden:

1. grote zoete watersystemen
2. dunne zoete watersystemen
3. zout-brakke watersystemen bij de lage gronden dichtbij de kust.

De diepe grote zoete watersystemen (type 1) bevinden zich in gebieden met dekzanden, onder duinen en kreekruggen. Het grootste deel van Zeeland betreft echter het type 2, de dunne zoete watersystemen. In deze landelijke gebieden komt op enkele meters diepte onder maaiveld brak tot zout grondwater omhoog, terwijl hier over het algemeen toch landbouw kan plaatsvinden. Dit is mogelijk omdat zogenaamde zoete regenwaterlenzen of neerslaglenzen drijven bovenop het zoute, diepere, grondwater.

Zeespiegelstijging, klimaatverandering in de vorm van een veranderend neerslag- en verdampingspatroon, en bodemdaling zetten het grond- en oppervlaktewatersysteem in de Provincie Zeeland onder druk. Dit heeft gevolgen voor het waterbeleid en –beheer binnen de Provincie Zeeland. Daarnaast vergroten ontwikkelingen op het gebied van de ruimtelijke ordening en grondgebruik de druk op het waterbeleid en –beheer.

De Provincie Zeeland heeft bovendien op korte termijn te maken met een aantal complexe vraagstukken zoals effecten van een eventuele peilwijziging op het Veerse Meer voor de waterhuishouding in aangrenzende polders en de waterkwaliteits-

---

<sup>1</sup>Volgens de klasse-indeling van Stuyfzand (1993) bevat zoet water minder dan 150 mg Cl/l; brak water ligt tussen 150 - 1000 mg Cl/l en zout water bevat meer dan 1000 mg Cl/l. In de provincie Zeeland, waar van nature het grondwater minimaal brak tot zout is, is de term *landbouwkundig zoet* geïntroduceerd, zijnde 1000 mg Cl/l als de grens tussen zoet en brak grondwater. De brak-zout grens wordt hier gedefinieerd als 3000 mg Cl/l.

problematiek op het Volkerak-Zoommeer. Thema's die hiermee samenhangen zijn wateroverlast, verdroging en de achteruitgang van de waterkwaliteit. Processen in de ondergrond spelen hierbij een belangrijke rol, waarbij hier speciale aandacht wordt gegeven aan de mogelijke gevolgen van verzilting van het grondwater voor landbouw- en natuurgebieden. Het hier beschreven verziltingsonderzoek zal mogelijk antwoord geven op een aantal onderdelen van deze vraagstukken.

De zoetwatervoorraad van Zeeuwse landbouwgronden bestaat voornamelijk uit in de bodem opgeslagen regenwater, beter bekend als regenwaterlenzen. Deze drijven door dichtheidsverschillen op het zoute grondwater.

Zoute kwel wordt veroorzaakt door hoge stijghoogten in het watervoerend pakket ten opzichte van de grondwaterstand, waterpeilen in omliggende gebieden en het niveau van het zeewater. Als het zoute kwelwater in de buurt komt van de wortelzone, kan zoutschade veroorzaakt worden aan de in de Provincie Zeeland van regenwater afhankelijke gewassen.

Het is voor de landbouw van belang om het beheer van zoetwater te optimaliseren omdat verwacht wordt dat verzilting door kwel zal toenemen. Het inspelen op een veranderend klimaat en een veranderend waterbeleid en -beheer zal doorslaggevend zijn voor de gezondheid van de sector.

## 1.2 Probleemstelling

### 1.2.1 *Zoute kwel*

Vanwege klimaatverandering zal de temperatuur waarschijnlijk stijgen, met zeespiegelstijging tot gevolg (IPCC, 2007). Daarnaast is de bodem in grote delen van Nederland al eeuwen lang aan het dalen (Mulder *et al.*, 2003). Met name veenontginning en waterbeleid dat gericht was op het afvoeren van water, zijn hiervan de oorzaak. Deze daling zal ook in de toekomst doorzetten (Bremmer *et al.*, 2009).

Als de polders niet voortdurend bemalen zouden worden, zou de grondwaterstand stijgen tot boven het maaiveld. Als gevolg van het laagliggende maaiveld is de verziltingsproblematiek toegenomen. Door het niveauverschil tussen grondwaterstand en hoger gelegen peilen in de omgeving (zoals het zeespiegelniveau) heeft het grondwater in de laaggelegen polders de neiging om naar boven te stromen. Omdat in veel laaggelegen kustgebieden het grondwater de afgelopen millennia onder directe invloed van de zee heeft gestaan, is het zoutgehalte van het grondwater nu nog hoog. Daar waar vroeger zee was, zit nu nog zout in het grondwater.

Het zoute water zal richting maaiveld stromen langs de weg van de minste weerstand. Wanneer sprake is van een grote kweldruk en een goed doorlatende bodem, zal de kwel vanuit de ondergrond rechtstreeks in de sloten terecht komen. In situaties waarbij kwel optreedt in een gebied waar het grondwater grotendeels zout is, wordt gesproken van 'zoute kwelsystemen'.

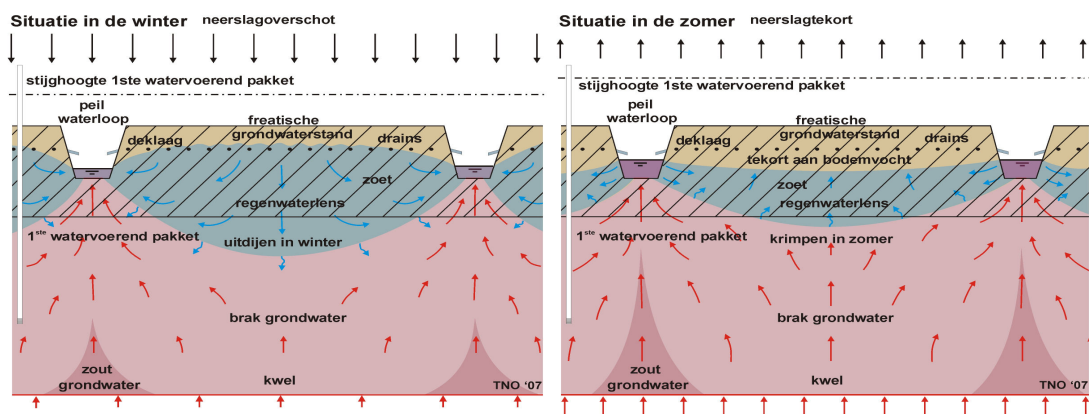
### 1.2.2 *Regenwaterlenzen op perceelsniveau*

Ook in het onderzoeksgebied zijn zoute kwelsystemen aanwezig. Het grondwater in het watervoerend pakket kent over het algemeen een hoog zoutgehalte. De deklaag (bovenste bodemlaag), die bestaat uit slecht doorlatend materiaal van Holocene afkomst, biedt weerstand tegen de kweldruk uit het eerste watervoerend pakket. De deklaag is een opstapeling van slechte en matig doorlatende bodemlagen. Het materiaal waaruit de deklaag is opgebouwd kan lokaal sterk verschillen. De mate waarin kwel uit het eerste watervoerend pakket door de deklaag zal dringen is afhankelijk van een

aantal factoren, waaronder: de dikte van de deklaag, de materialen waaruit de deklaag is opgebouwd, de grondwaterstand en het slootpeil.

Naast kwel vindt ook infiltratie van zoet regenwater plaats. De mate van infiltratie is eveneens afhankelijk van een aantal parameters, waaronder bodemgebruik (gras bijv. heeft een ander verdampingspatroon dan maïs), doorlatendheid van de deklaag en hellingshoek van het maaiveld (dit heeft gevolgen voor de afstroming van regenwater over het landoppervlak).

Eenvoudig samengevat kan de regenwaterlens veel zoet water bevatten als er sprake is van een groot neerslagoverschot (weinig verdamping), als de bovenste sublagen van de deklaag relatief goed doorlatend zijn, terwijl onderin de deklaag wel een weerstandsbiedende sublaag zit, waardoor de kwel niet gemakkelijk kan doordringen. Het feit dat zoet water een kleinere soortelijke massa heeft dan zout water zorgt ervoor dat het zoete (regen)water min of meer kan drijven op het zoute grondwater (Figuur 1-1). Bovenop het zoute water vormt zich dan een zoete regenwaterlens. In de winter infiltreert zoet regenwater op het landbouwperceel en wordt een regenwaterlens gevoed. Ter plaatse van sloten kwelt grondwater op met een relatief sterke intensiteit (minimaal enkele mm/dag) omdat de afscheidende deklaag tussen het grondwater- en het oppervlaktewatersysteem ter plaatse dun is. In de zomer zal een neerslagtekort leiden tot een krimpende regenwaterlens, terwijl nog steeds brak grondwater naar de sloot kwelt.



Figuur 1-1: schematische weergave van een dynamische regenwaterlens. Gedurende het gehele jaar stroomt brak grondwater naar de sloten omdat het slootpeil laag ligt ten opzichte van de stijghoogte in het watervoerend pakket.

Een grote kwelintensiteit hoeft niet te betekenen dat het diepe grondwater de vegetatie bereikt. Uit een aantal studies (Poot en Schot, 2000) is gebleken dat op percelen waar volgens computermodellen kwel zou moeten plaatsvinden, deze kwel in werkelijkheid direct door de sloten wordt afgevangen zonder dat de vegetatie in contact is gekomen met het zoute kwelwater (Figuur 1-1). Geïnfiltreerd regenwater is dan de belangrijkste bron van watervoorziening voor de vegetatie (Poot en Schot, 2000).

### 1.3 Doelstellingen

Verschillen in bodemopbouw, inpoldering (verschillen in waterpeil) en in beperkte mate getijdenwerking maken van het zoet-brak-zout grondwatersysteem in het Zeeuwse landschap een zeer gevarieerd stelsel. Tijdens dit verziltingsonderzoek in de Provincie Zeeland, waar dit rapport onderdeel van is, zullen verschillende typen computermodellen worden opgesteld die het gedrag van grondwater in brakke kwelsystemen simuleren. Er zijn echter nog weinig lokale meetgegevens uit de praktijk

voorhanden die deze modellen kunnen ondersteunen. Om het waterbeleid en -beheer van de Provincie Zeeland beter af te kunnen stemmen op de huidige en toekomstige verziltingsproblematiek is in dit onderzoek tot doel gesteld meer kennis te vergaren over het gedrag van kwelsystemen en regenwaterlenzen in zowel landbouw- als natuurgebieden. Bijkomend voordeel is dat met de extra data het voorspellende vermogen van de numerieke computermodellen zal worden vergroot, zodat in de toekomst de Provincie Zeeland haar waterbeleid en -beheer kan aanpassen aan de effecten van zeespiegelstijging en klimaatverandering op het grondwatersysteem.

*Dit onderzoek heeft ten doel meer inzicht te verkrijgen in het ondiepe grondwatersysteem en daarmee samenhangend de zoet-zout verdeling in het grondwater op perceelsniveau in de Provincie Zeeland.*

Om deze doelstelling te bereiken zijn de volgende deelvragen opgesteld:

*1 Hoe zijn zoet, brak en zout grondwater ruimtelijk verdeeld over een perceel?*

Door op perceelniveau op verschillende locaties en diepten te bemeten wordt een beeld verkregen van de verdeling van zoet en zout grondwater op het perceel; en kan de dikte en de vorm van de regenwaterlenzen worden bepaald. Daarnaast wordt de overgangszone tussen zoet, brak en zout grondwater bepaald.

*2 Wat zijn de factoren die de verdeling van zoet en zout grondwater op perceelsniveau bepalen?*

Wanneer op perceelsniveau een zoet-zout overgangszone aanwezig is kan gezocht worden naar factoren die hiervan de oorzaak zijn. Gedacht kan worden aan bodemopbouw, kweldruk, hoogteverschillen in maaiveld etc.

*3 Zijn er op regionaal niveau (tussen percelen) verschillen waar te nemen en wat zijn factoren die deze verschillen bepalen?*

Wanneer tussen percelen grote verschillen worden waargenomen in zoet-zout verdeling kan door vergelijking van perceleigenschappen bepaald worden hoe deze verschillen veroorzaakt worden. Gedacht kan hier ook worden aan bodemopbouw, kweldruk, en hoogteverschillen in maaiveld etc.

*4 Wat is de seizoenale dynamiek van de regenwaterlenzen binnen de te onderzoeken percelen?*

Door in verschillende seizoenen te meten kan worden bepaald wat de seizoenale invloed is op de dikte en de vorm van de regenwaterlenzen.

*5 Welke percelen zijn geschikt om ook in de toekomst te monitoren en hoe kan deze monitoring het beste worden uitgevoerd?*

Door hetzelfde perceel een aantal keer te bemeten kunnen veranderingen in de tijd zichtbaar gemaakt worden. Bovendien kan door gebruik te maken van andere meetmethoden (zoals CVES) meer informatie verzameld worden over de zoet-zout verdeling op de betreffende percelen. Gebaseerd op ervaringen uit dit onderzoek, kunnen hiervoor aanbevelingen worden gedaan.

## **1.4 Werkwijze**

In eerste instantie zijn representatieve onderzoeksgebieden gekozen, die de diversiteit van de Zeeuwse waterhuishouding en het landgebruik vertegenwoordigen. Het is de

bedoeling een provinciedekkend beeld van de verzilting van het freatisch grondwater van de Provincie Zeeland te creëren. In tweede instantie is na evaluatie van de eerste meetcampagne op een tweetal nieuwe locaties extra gemeten.

In al deze gebieden zijn percelen aangewezen en hierop is een meetcampagne uitgevoerd met behulp van landmeetapparatuur, analyse van het bodemmateriaal en een prikstok die de EC (elektrische geleidbaarheid) en de temperatuur van de bodem meet. Tijdens de meetcampagne zijn interviews gevoerd met een aantal landeigenaren/beheerders. De meetresultaten zijn geanalyseerd en verwerkt. De resultaten zijn beschreven in dit rapport.

## **1.5 Leeswijzer**

Na de inleiding waarin het project uiteen is gezet wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het gebied. In dit hoofdstuk wordt de perceelkeuze toegelicht en worden de belangrijke kenmerken van Zeeland besproken. In hoofdstuk 3 wordt het veldwerk toegelicht. In hoofdstuk 4 worden de resultaten per perceel toegelicht en besproken.

In hoofdstuk 5 zijn de metingen van de verschillende percelen met elkaar vergeleken.

In hoofdstuk 6 worden conclusies besproken en aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek betreffende het intensieve monitoringsplan.



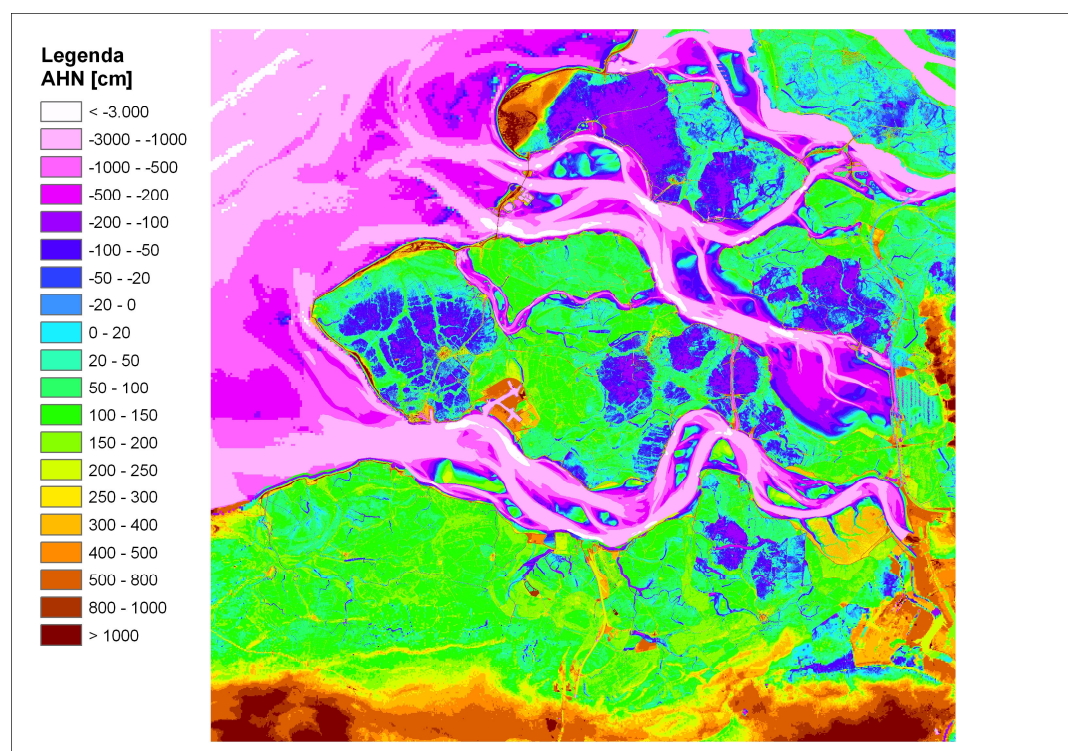
## 2 Gebiedsanalyse

### 2.1 Zeeland ingedeeld in fysisch-geografische gebieden

Op basis van zeven factoren is de Provincie Zeeland ingedeeld in negen hoofdgebieden. De factoren zijn zowel beleidsmatig als fysisch-geografisch van aard. Beleidsmatige factoren houden verband met de wensen van de Provincie Zeeland en de daarin gelegen waterschappen. Fysisch geografische factoren houden verband met de omstandigheden waaronder het zoete en zoute grondwater zich beweegt in de toplaag van de bodem (Oude Essink, 2006).

De volgende factoren zijn meegenomen bij het indelen in hoofdgebieden:

- 1 Diepte brak-zoutovergangszone (binnen 4 m onder maaiveld)
- 2 Voorkomen van winterkwel
- 3 Hoogte maaiveld ten opzichte van NAP (Figuur 2-1)
- 4 Voorkomen van platen
- 5 Dikte deklaag
- 6 Dikte basisveen
- 7 Verschil zomer en winterpeil (dynamiek)



Figuur 2-1: hoogte maaiveld (Algemeen Hoogtebestand Nederland) ten opzichte van NAP.

Dit onderzoek concentreert zich op de verzilting en verzoeting van het freatisch grondwater. Alleen gebieden met een overgang van brak naar zout grondwater binnen 4 m onder maaiveld zijn meegenomen. Na het bewerken en samenvoegen van alle criteria zijn negen hoofdgebieden overgehouden (Figuur 2-2). Kenmerken van ieder gebied zijn terug te vinden in Tabel 2-1. In bijlage C staan zeven kaarten die het (voorkomen van) de bovenstaande factoren in de Provincie Zeeland weergeven.





## 2.2 Actuele gebiedskenmerken

Zeeland maakt deel uit van laag Nederland. De gehele provincie bestaat met name uit polders. De hoogteverschillen, met uitzondering van de duingebieden, zijn gering (enkele meters).

Het land wordt vooral gebruikt voor agrarische doeleinden. Het ruimtebeslag van de totale landbouw in Zeeland bedraagt ruim 142.000 hectare, 80% van het oppervlak van de Provincie Zeeland. Hiervan wordt het grootste deel ingenomen door de akkerbouw. Natuur gebieden beslaan zo'n 8000 hectare, 6% van het totale oppervlak.

16.000 hectare wordt ingenomen door het bebouwde gebied. Het ruimtebeslag voor oppervlaktewater bedraagt ongeveer 2,5%, of 4000 hectare van de totale oppervlakte. Het betreft hier alleen het binnendijkse water.

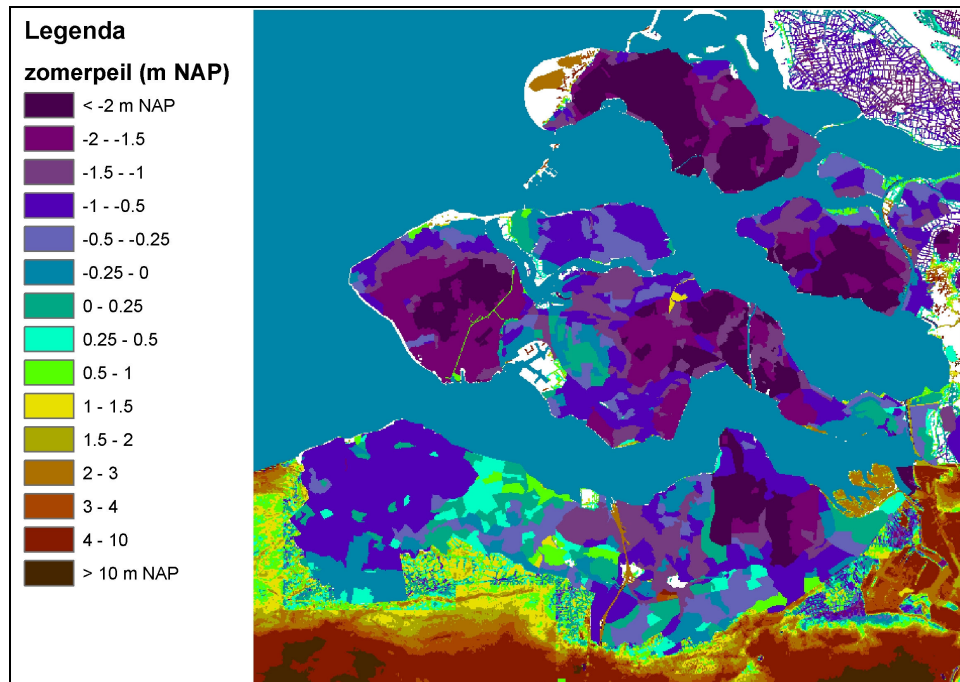
### 2.2.1 *Beleid*

Recent zijn de Provincie en de waterschappen begonnen het waterbeheer opnieuw te bekijken in het kader van klimaatverandering. Het gaat hier over het effect van toenemende regenintensiteit en -hoeveelheid en zeespiegelstijging op het waterbeheer, waarbij aspecten als wateroverlast, droogte, verzilting en bodemdaling worden belicht. Om de wateroverlast tegen te gaan kunnen zowel technische als beheersmatige maatregelen worden ingezet. Hiervoor kan de drietrapsstrategie worden ingezet: *vasthouden-bergen-afvoeren*. Aangezien het grondwaterpeil van Zeeland relatief hoog staat ten opzichte van het maaiveld, is het vasthouden van grote hoeveelheden water moeilijk. Natuurgebieden zijn in dit kader aangewezen als vasthoud- en bergingsgebieden. Landbouwgebieden met hun sloten en drainagebuizen worden gezien als voornaamste eersteorde afvoersystemen.

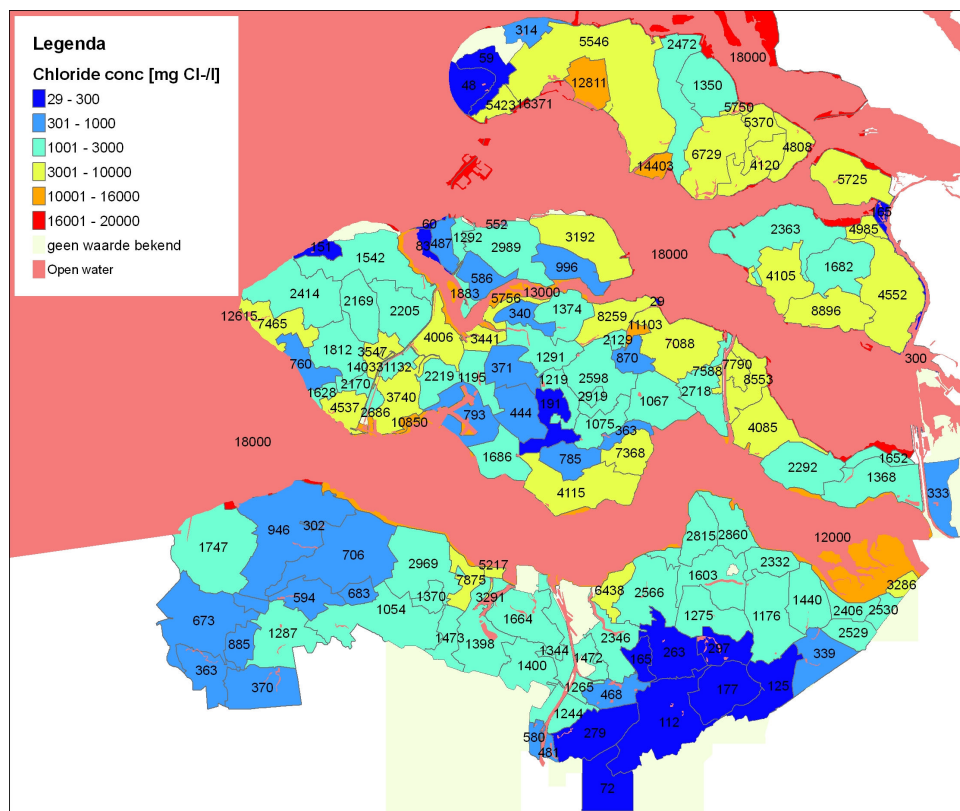
Het is berekend dat bij extreme neerslag en gelijk blijvende drainagecapaciteit, een te hoge grondwaterstand, met mogelijke gewasschade tot gevolg, nauwelijks te voorkomen zal zijn (Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, 2004). De duur van die te hoge grondwaterstand kan door middel van gerichte technische maatregelen beïnvloed worden. De aanleg van drainage is echter de verantwoordelijkheid van de grondeigenaar of -gebruiker zodat maatregelen op dit gebied alleen mondjesmaat gestuurd kunnen worden.

### 2.2.2 *Oppervlaktewater*

Een belangrijk kenmerk van Zeeland is de verwevenheid van het land met het buitenwater. Het buitenwater is nooit ver weg en vrijwel elke polder kan direct op het buitenwater lozen. Binnen de polders wordt overtollig water verzameld via een uitgebreid stelsel van sloten, kreken en kanalen. In dit waterlopenstelsel wordt een min of meer vast peil nagestreefd. Dit peil ligt doorgaans tussen 0,90 en 1,80 m onder maaiveld (Figuur 2-3).



Figuur 2-3: zomerpeil in m NAP.



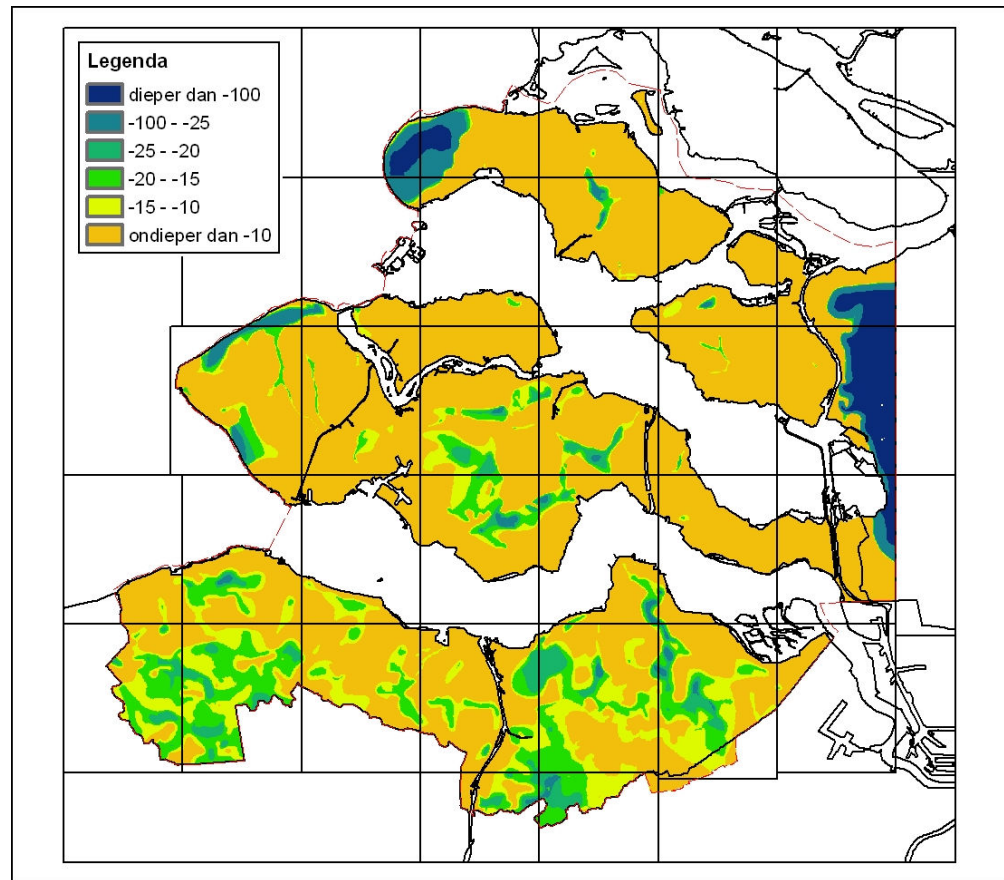
Figuur 2-4: chlorideconcentratie in het oppervlaktewater in november 2002.

2.2.3

*Grondwater*

Vrijwel overal in Zeeland is het grondwater grotendeels brak tot zout (Figuur 2-5). Omdat dit zoute grondwater opkwelt in de waterlopen is in grote delen ook het

oppervlaktewater brak tot zout (Figuur 2-4). Het verziltingsprobleem komt dus primair vanuit het grondwater en niet vanuit het oppervlaktewater. Hoewel het grondwater grotendeels zout is, is boven in de bodem meestal wel een laag zoet water aanwezig.



Figuur 2-5: beschikbaarheid van zoetwater in de Provincie Zeeland: diepte brak-zout grensvlak (m NAP)  
(Bron: Goes en Vernes, 2006; Provincie Zeeland).

Een groot deel van alle landbouwpercelen wordt kunstmatig ontwaterd door middel van buisdrainage. Alleen op de hogere, zandige gronden is dat minder het geval. De drainage ligt over het algemeen op 0,9 m onder maaiveld (Dekker, 2004).

Door de slechte doorlatendheid van de bodem is de invloed van het oppervlaktewaterpeil op de grondwaterstand niet groot. Dit geldt zeker voor natte periodes, als de grondwaterstand boven het drainageniveau ligt. De snelle afvoer via de drainage overheerst dan de langzame afvoer via de bodem naar de sloot. Dit punt is van belang voor het behoud en optimaal gebruik van de zoetwaterlenzen in landbouwgebieden. De bodemgesteldheid maakt hierbij wel verschil. Bij zandige bodem zal de invloed van het oppervlaktewaterpeil groter zijn dan bij een kleiige bodem.

Natuurgebieden worden vaak afgekoppeld van de rest van het watersysteem. Een hoger waterpeil wordt daar gehanteerd, omdat niet gewenst is dat nutriëntrijk landbouw water in het natuurgebied komt (Deelstroomgebiedsvisie Zeeland, 2004).

## 2.3 Ontstaansgeschiedenis (fysisch-geografisch)

De Provincie Zeeland maakt deel uit van de Delta die is gevormd door de rivieren de Rijn, de Maas en de Schelde. De zee heeft samen met de rivieren de grootste invloed gehad op de vorming van de provincie (Figuur 2-6 en Figuur 2-7). De mens is vooral de laatste eeuw bepalend geweest voor de landschapsvorming. Hieronder volgt een korte beschrijving van de geologie van Zeeland en de ontstaanswijze.

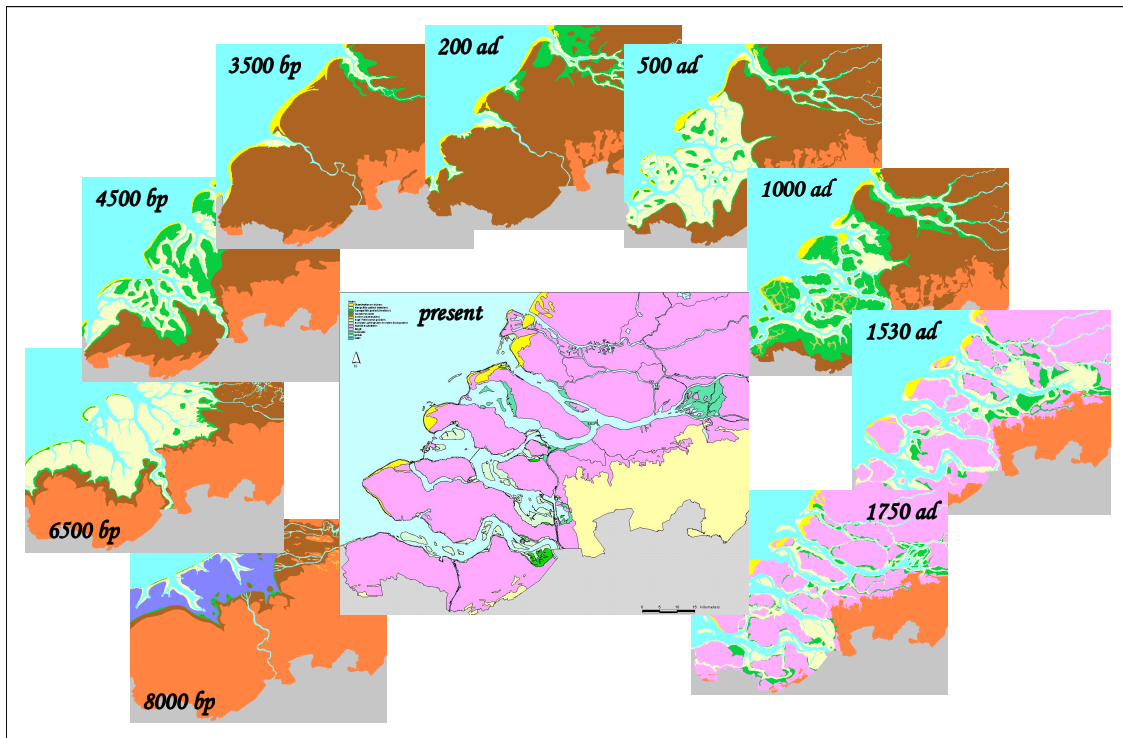
In tabel 2.2 staan periodes die belangrijk zijn geweest in het ontstaan. De periodes worden kort toegelicht en verschillende afzettingen worden hierin besproken. Voor dit hoofdstuk is vooral gebruik gemaakt van het rapportage *Holocene Evolution of Zeeland* (Fischer, 1997).

### 2.3.1 *Terrestrische periode*

Voor het ontstaan van Zeeland gaan we terug naar de periode dat Zeeland nog volledig droog lag, dit was na de laatste grote ijstijd, in het vroege Holoceen ongeveer 10.000 tot 8.000 jaar geleden (zie tabel 2.2). De zeespiegel steeg in deze periode snel waardoor de oppervlak van de Noordzee groeide. De sedimenten die in Zeeland werden afgezet waren voornamelijk van de rivieren de Maas en de Schelde. De Schelde afzettingen (*Formatie van Stramproy*) zijn over het algemeen rijk in organisch materiaal en zijn gevormd in een zoet tot brak milieu.

Tabel 2-2: overzicht van de periodes in de ontstaansgeschiedenis van Zeeland (Fischer, 1997).

Periode	Jaren geleden	Kenmerken	Afzettingen
Terrestrische periode	10.000 – 8.000	Snelle zeespiegelstijging.	Formatie van Stramproy
Inundatie van Zeeland	8.000 – 4.500	Getijdengebied, landinwaarts ontwikkeling veen.	Basisveen Laag, Laagpakket van Wormer
Regressieve kust ontwikkeling	4.500 – 2.500	Afname zeespiegelstijging, ontwikkeling duinen en daarachter veen.	Oude Duinen en Strand Zand, Hollandveen Laagpakket
Onderlopen van veengebieden	2.500 – 950	Depressies in duinen, onderlopen veen.	Laagpakket van Walcheren, Slufter Afzettingen
Menselijke beïnvloeding	950 – heden	Afname invloed getij (zee) door onder andere indamming.	

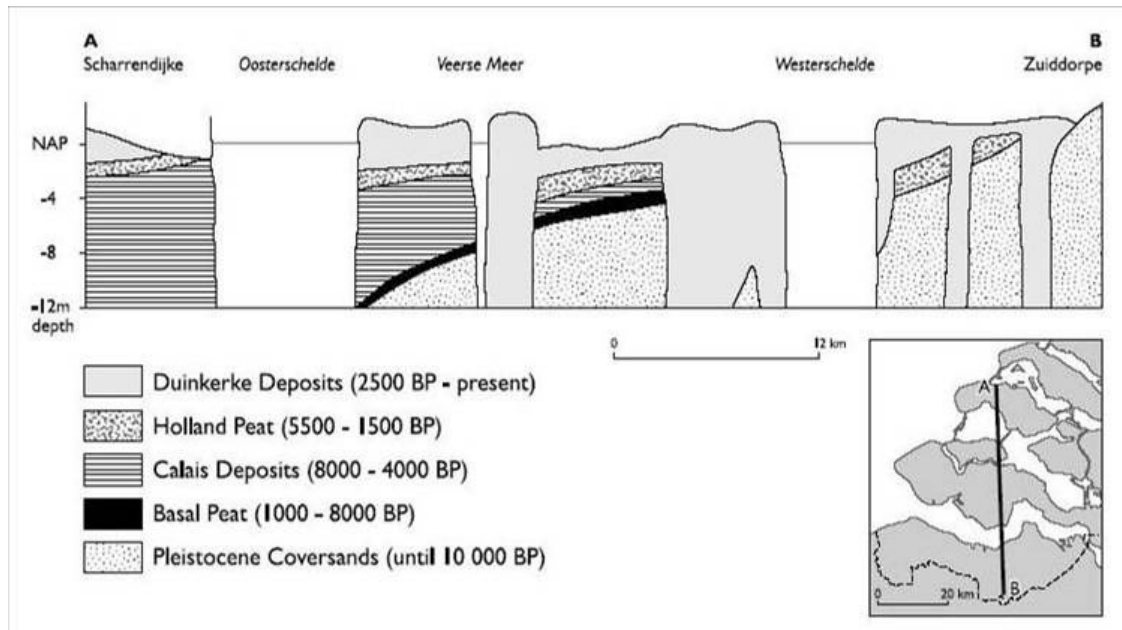


Figuur 2-6: reconstructie van de geomorfologische ontwikkeling van de Zuid-westelijke Delta sinds de laatste IJstijd (Bron: Ies de Vries, Deltares, personal communication).

### 2.3.2 Inundatie van Zeeland

Vanaf zo'n 10.000 jaar geleden steeg de zeespiegel snel. Zeeland was ongeveer 5.500 jaar geleden grotendeels overstromd; het was een groot getijdengebied. Landinwaarts, in het niet overstromde gebied, ontstond veen (*Basisveen Laag*). Zeewaarts erodeerde het oude veen, hetgeen in sommige gevallen werd ingesloten door zand en klei. Het *Basisveen* bestaat naast veen uit compact amorf hout. De dikte van deze laag varieert van 0,05 tot 0,5 m.

Op sommige plaatsen ontstonden brakwatersystemen waar de bijbehorende afzettingen van de *Velsen Laag* gevonden kunnen worden. De *Laag van Velsen* is een sub-laag van het *Laagpakket van Wormer* en bestaat uit klei, rijk aan organisch materiaal, dat naar het oppervlak meer silt en fijn zand bevat. De laag is gepositioneerd aan de basis van het *Laagpakket van Wormer* en ligt bovenop het *Basisveen Laag*, tussen de 10 en 12 m onder NAP. De laag is meestal niet dikker dan één meter. De hoofdlaag van het *Laagpakket van Wormer* bestaat uit zand en klei afzettingen en is over het algemeen arm in organisch materiaal. De kleur is vaak grijs of zwart. Het zand uit deze afzettingen ligt voornamelijk geconcentreerd langs het geulenstelsel van het *Laagpakket van Wormer* in het westen van Zeeland en kunnen een laag vormen van wel 25 tot 30 m dik. De klei ligt verder van de geulen tussen de zandafzettingen.



Figuur 2-7: schematisatie van een geologische dwarsdoorsnede van Zeeland (Spijker, 2005).

### 2.3.3

#### *Regressieve kustontwikkeling*

Ongeveer 4.500 jaar geleden nam de zeespiegelstijging aanzienlijk af van meer dan 75 cm per eeuw tot ongeveer 10 cm per eeuw. Door deze minder snelle stijging konden de nieuwe kustgebieden zich vormen en ontstonden er duinen (*Oude Duinen en Strand Zand*). Het zand is matig tot grof en ligt boven op het *Laagpakket van Wormer* en het *Laagpakket van Walcheren*. Het gebied achter de duinenrij slibde langzaam dicht en veen kon zich ontwikkelen. Het in deze periode ontwikkelde veen wordt *Hollandveen Laagpakket* genoemd. Twee lagen *Hollandveen* kunnen onderscheiden worden: de hoofdlaag tussen het *Laagpakket van Wormer* en het *Laagpakket van Walcheren* en een dunnere laag bovenin het *Laagpakket van Wormer*. Het *Hollandveen* is bijna overal in Zeeland te vinden en de dikte varieert van 0,5 tot 2 m. Langs de rivier de Schelde werden voornamelijk rivierafzettingen gedeponerd (Veen & Stevens, 2006).

### 2.3.4

#### *Onderlopen van veengebieden*

In loop van vele eeuwen bleef de zeespiegelstijging afnemen tot ongeveer 5 tot 8 cm per eeuw. Door kusterosie ontstonden openingen in de duingebieden waardoor zeewater tot de veengebieden kon doordringen. Het onderlopen van deze veengebieden leidde tot *Slufter Afzettingen*. Deze *Slufter Afzettingen* zijn onderdeel van de *Laagpakket van Walcheren* (mariene afzettingen bovenop het *Hollandveen Laagpakket*) en liggen voornamelijk in het noordwesten van Walcheren. De laag bestaat uit fijn zand en ziltige klei en de dikte varieert van decimeters tot ongeveer 2 m. De *Laagpakket van Walcheren* vormt de jongste mariene sedimentlaag.

### 2.3.5

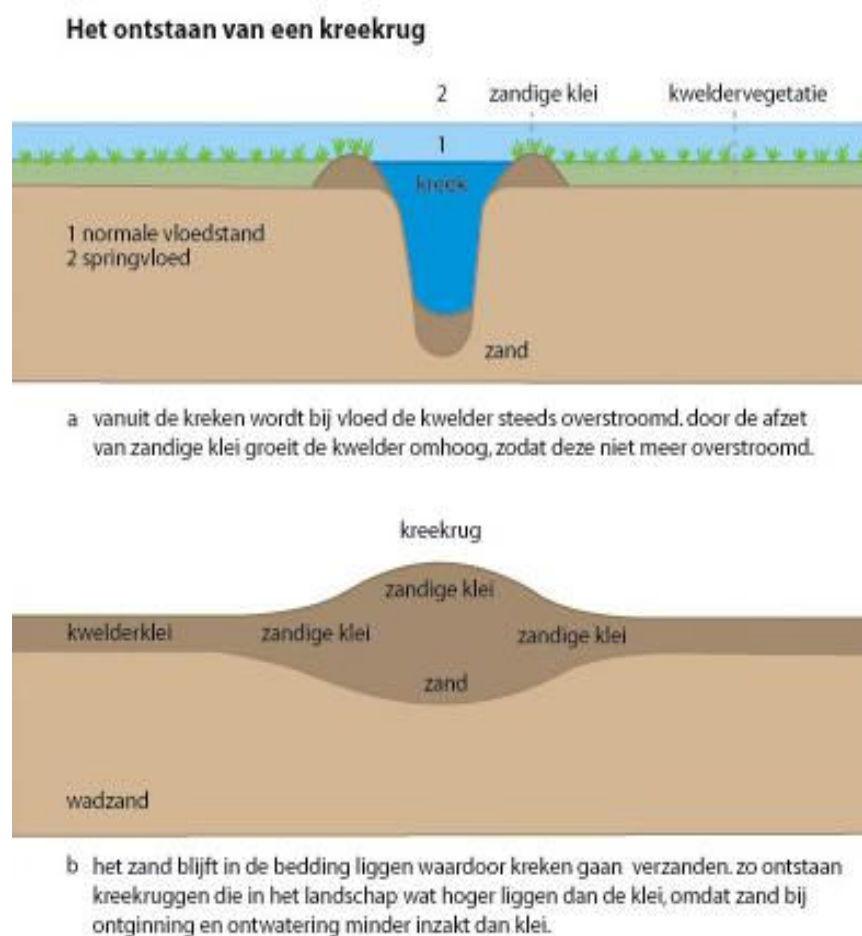
#### *Ontstaansgeschiedenis van Zeeland vanaf zo'n 2000 jaar geleden*

De Nederlandse kust bestond zo'n 2000 jaar geleden uit een groot veengebied. Door de kracht van de zee werden de strandwallen doorbroken en ontstonden wadgeulen, die door de tijd steeds dieper en breder werden. Deze wadgeulen zorgden ervoor dat Zeeland in verschillende veeneilanden werd opgedeeld. De wadgeulen ontwikkelden zich uiteindelijk onder andere in de Ooster- en Westerschelde. Vanuit de wadgeulen ontsprongen weer kreken. Bij het overstromen van de kreken bij vloed ontstonden

poelgronden. Dit zijn gebieden waar klei op veen is afgezet, wat gebeurde bij de overstromingen.

Later verzandden de kreek en ontstonden kreekruggen. Het grondwater van de kreekruggen werd langzamerhand zoet doordat als gevolg van bedijkingen geen overstromingen meer plaats hadden. Daarbij kan in de zandige bodem van de kreekruggen goed regenwater infiltreren. De kreekruggen zijn een goede bodem voor akkerbouw en fruitteelt.

De kreekruggen liggen duidelijk hoger dan de poelgronden, de reden hiervan is dat zand minder inklinkt dan veen. Doordat deze hoger liggen in het landschap is vaak nog goed te zien waar de vroegere kreek hebben gelopen. De kreekruggen worden net als poelgronden tot het 'oudland' gerekend. Het ontstaan van de kreekruggen is in Figuur 2-8 weergegeven.



Figuur 2-8: het ontstaan van een kreekrug (Stichting Deltawerken Online, 2004 ).

### 2.3.6 Menselijke beïnvloeding

De periode van menselijk beïnvloeden begon 950 jaar geleden. Door de indamming en andere menselijke activiteiten werd de invloed van het getij en daarmee de zee verminderd. Vanaf 1250 na Chr. ontstaat het nieuwland; dit land ontstaat door opslibbing. Om dit 'nieuwe' land heen begonnen de inwoners van Zeeland dijken te leggen om zo hun land tegen de zee te beschermen (Spijker, 2005). Later werden door de behoefte aan meer landbouwgrond vaak ook getijdegebieden omdijkt.





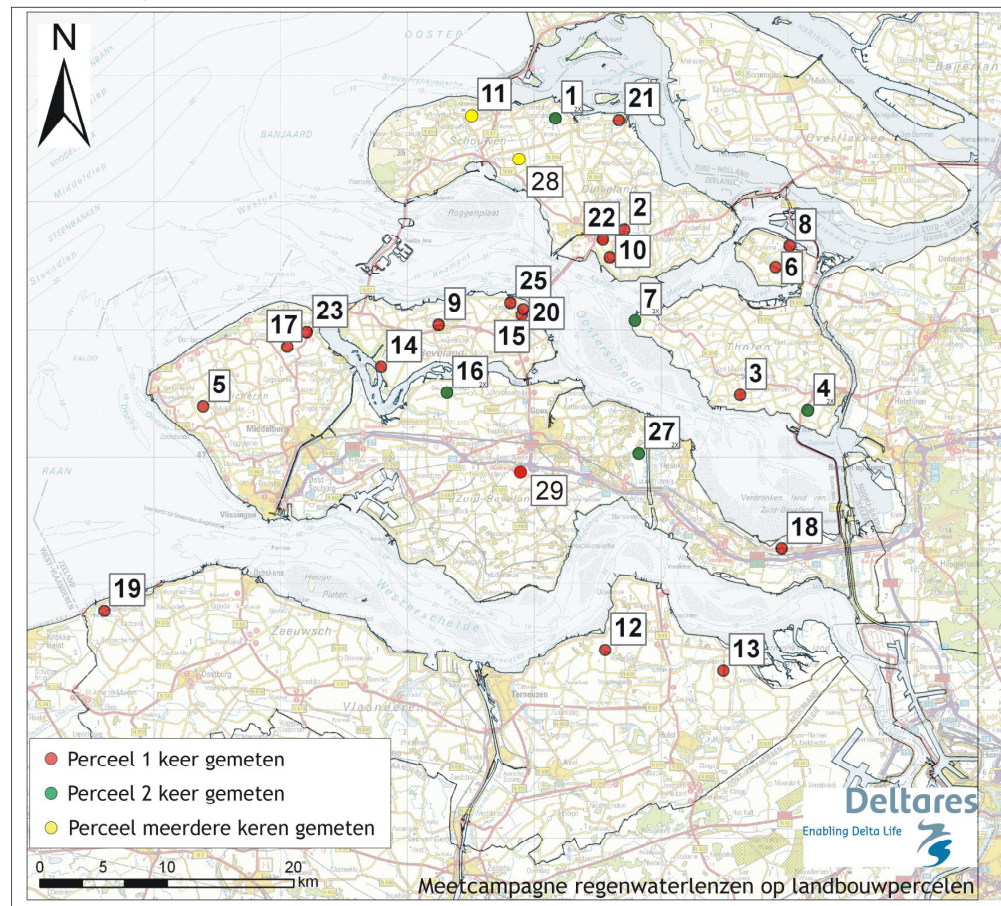
### 3 Veldwerk

De Provincie Zeeland heeft in overleg met Deltares, ZLTO, DLG en waterschappen in totaal 33 percelen aangewezen die voldoen aan de criteria en dus bemeten kunnen worden. Nummer 1 t/m 23, 28 en 29 zijn landbouwpercelen en 24-27 en 30-33 natuurpercelen (Figuur 3-1). Wegens het intensieve veldwerk is het niet mogelijk gebleken alle 33 percelen te bemeten. De percelen zijn, binnen de gegeven criteria, verspreid over heel Zeeland om een zo goed mogelijk provinciedekkend beeld te krijgen van de zoet-zout verdeling in de bovenste paar meter van de ondergrond. Naast deze ruimtelijke verspreiding is op een vijftal percelen (1, 4, 7, 16 en 27) een tweede keer gemeten, en op een tweetal percelen (11 en 28) meerdere keren om een beter beeld te krijgen van de dynamiek van het systeem.

Het totale veldwerk beschreven in dit rapport bestaat uit drie veldwerkcampagnes:

1. *Metingen uitgevoerd in de periode november 2006 t/m februari 2007*  
17 percelen zijn bemeten: de landbouwpercelen 1, 2, 4 t/m 9, 11, 12, 14 t/m 17, 20, 21 en het natuurperceel 27. Hoofduitvoerders zijn Bas de Veen en Sjors Stevens (afstudeerders Vrije Universiteit Amsterdam).
2. *Metingen uitgevoerd in de periode maart t/m mei 2007*  
12 percelen zijn bemeten: de landbouwpercelen 3, 10, 13, 18, 19, 22, 23 en 25. In deze meetcampagne zijn de landbouwpercelen 1, 4, 7, 16 en het natuurperceel 27 voor de tweede keer bemeten. Hoofduitvoerders zijn Corne Prevo (afstudeerder Hogeschool Zeeland) en Valentina Marconi (afgestudeerd aan de Universiteit van Bologna, Italië).
3. *Metingen uitgevoerd in de periode maart t/m mei 2008*  
2 percelen zijn bemeten: de landbouwpercelen 28 en 29. Hoofduitvoerder is Perry de Louw.

## Verziltingsonderzoek Provincie Zeeland



Figuur 3-1: kaart van de Provincie Zeeland met de ligging van de meetlocaties (rood: locaties waar één keer gemeten is, groen: locaties waar twee keer gemeten is; meetlocaties 24 en 26 zijn niet bemeten).

### 3.1 Meetmethodes

#### 3.1.1 De metingen op het perceel

Doordat de sloten rondom de percelen vaak kwel aantrekken en bovendien vaak brak tot zout is, zijn de meetpunten uitgezet beginnend in de sloot. Op ieder meetpunt zijn de volgende metingen verricht:

- Prikstokmetingen: EC- en temperatuurgegevens van de bodem
- Grondboringen: grondwaterstand en bodembeschrijving
- Dompelcelmetingen: EC in grond- en oppervlaktewater
- Landmeten: hoogteligging van meetpunten

#### 3.1.2 Prikstokmetingen: EC- en temperatuurgegevens van de bodem

De prikstok is een metalen stok met aan het uiteinde sensoren (Figuur 3-2) voor het meten van de temperatuur (T) en de elektrische geleidbaarheid (EC) in de bodem (van Wirdum, 2004). De EC van de bodem wordt beïnvloed door porositeit, bodemmateriaal en zoutgehalte van het grondwater. Hoe hoger het zoutgehalte van het grondwater hoe beter geleidbaar de bodem is. De invloed van het bodemmateriaal en porositeit op de

EC wordt gecorrigeerd om vergelijkbare geleidbaarheids- en chlorideconcentraties te verkrijgen.

De prikstok wordt op de gewenste plek met de hand in de verzadigde zone van de grond geduwd. Met behulp van de peilschaal die in de stok gegraveerd is wordt iedere 10 cm temperatuur en EC gemeten. Elke keer dat de stok verder wordt geduwd moet 1 à 3 minuten gewacht worden om de EC en temperatuur in te laten stellen. Aan de hand van deze gegevens kunnen de chlorideconcentraties van het grondwater bepaald worden.



Figuur 3-2: T-EC-prikstok in het veld.

### 3.1.3 *Grondboringen: grondwaterstand en bodembeschrijving*

Omdat de EC wordt beïnvloed door o.a. bodemeigenschappen is het belangrijk deze op de plek van EC-meting te kennen. Hiervoor dient een grondboring plaats te vinden. De grondboringen zijn uitgevoerd met een Edelmanboor. Er is geboord tot een diepte van 3 à 4 m onder maaiveld. Tijdens het boren is een beschrijving gemaakt van het aangetroffen materiaal. Er is een klassenonderverdeling gemaakt in veen, klei, zavel en zand. Kleur en aanvullende bijzonderheden zijn genoteerd. In de boorgaten is de diepte van de grondwaterstand onder maaiveld opgemeten. Hierbij is telkens zo lang gewacht dat de grondwaterspiegel zich in kon stellen.

### 3.1.4 *Dompelcelmetingen: EC in grond- en oppervlaktewater*

Na de grondwaterstandsmeting is met een pomp water uit het boorgat gehaald. Het gat is altijd tot een tiental centimeters onder grondwaterstand geboord en geeft zodoende de EC van het bovenste grondwater. De EC meting is gedaan met een dompelcel. Ook de EC van het oppervlaktewater en van het drainagewater is gemeten met een dompelcel.

### 3.1.5 *Landmeten: hoogteligging van meetpunten*

Bij de meeste meetpunten was het niet mogelijk om ter plekke de hoogteliggingen te koppelen aan een NAP punt. De meeste meetpunten zijn relatieve hoogten met als referentiepunt een vast punt in de buurt van het meettraject (meestal de top van een duiker; Figuur 3-3). Deze referentiepunten staan aangegeven in de kaarten in bijlage A.



Figuur 3-3: impressies van het landmeten.

### 3.2 Methode om chlorideconcentraties uit EC te berekenen

De EC is een maat voor de chlorideconcentratie. Om uit de EC de chlorideconcentratie te berekenen moeten een aantal stappen doorlopen worden:

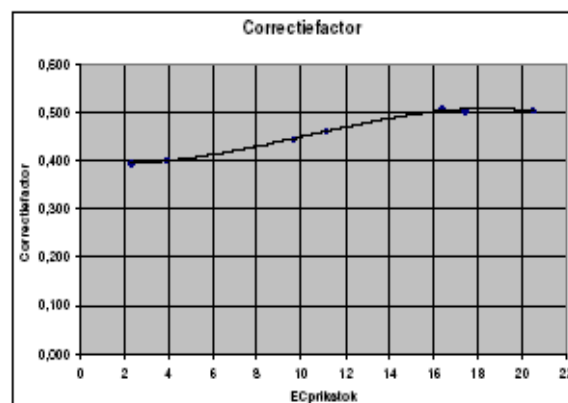
1. correctie voor 'prikstok-EC'
2. correctie voor bodemeigenschappen
3. berekening van EC naar chlorideconcentratie

#### 3.2.1 Correctie voor 'prikstok-EC'

De EC van de prikstok en de dompelcel zijn vanwege de verschillende manieren van meten niet hetzelfde: de prikstok-EC dient daarom eerst nog vermenigvuldigd te worden met een correctiefactor. Deze Correctiefactor kan worden uitgerekend door in ruim water prikstok en dompelcel naast elkaar te houden en zo de gemeten EC waarde van de dompelcel (in ruim water) te delen door die gemeten met de prikstok.

Bestaande handleidingen van de prikstok geven aan dat deze Correctiefactor rond dezelfde waarde ligt, zijnde 0,4 (van Wirdum, 2004). Tijdens dit onderzoek bleek de factor echter licht afhankelijk te zijn van de absolute waarde van de EC (Figuur 3-4). Gekozen is om een factor van 0,4 te gebruiken voor prikstok-EC's van 0 tot 4 mS/cm en een factor van 0,5 voor prikstok-EC's van 16 mS/cm en hoger. Voor prikstok-EC's die tussen de 4 en 16 mS/cm liggen wordt de Correctiefactor berekend uit de volgende relatie:

$$\text{Correctiefactor} = 0,008 * \text{EC}_{\text{prikstok}} + 0,367$$



Figuur 3-4: Verloop correctiefactor voor de EC van de prikstok.

### 3.2.2 *Correctie voor bodemeigenschappen*

Naast het zoutgehalte is de geleidbaarheid van de bodem ook erg afhankelijk van de grondsoort. Een zandbodem heeft bijvoorbeeld een veel lagere geleiding dan een veenbodem. Wanneer de vertaalslag gemaakt wordt van EC naar chlorideconcentratie, is het dus uiterst belangrijk om te weten in welke grondsoort de betreffende EC gemeten is. De gegeven EC-bodemprofielen kunnen dus niet rechtstreeks vertaald worden naar chlorideconcentratie profielen.

De mate waarin een grondsoort de geleidbaarheid bepaalt wordt uitgedrukt door een zogenaamde Formatie Factor F (Geirnaert en Vandenberghe, 1988; Overmeeren *et al.*, 1991). De Formatie Factor F is een dimensieloos getal dat berekend kan worden door de EC van grondwater (bepaald met een dompelcel) van de eerste verzadigde bodemlaag onder maaiveld te delen door de EC die de prikstok in diezelfde grondlaag meet. In dit gebied varieert de Formatie Factor F over het algemeen tussen de waarden 1.0 en 4.25 (met uitschieters naar 5).

### 3.2.3 *Berekening van EC naar chlorideconcentratie met de prikstok*

Aan de hand van de gemeten prikstok-EC waarden kan de chlorideconcentratie van het grondwater van dat punt bepaald worden. Stel dat in een bodemlaag een waarde gemeten wordt van A  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $10000 \mu\text{S}/\text{cm} = 10 \text{ mS}/\text{cm} = 1000 \text{ mS}/\text{m} = 1 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ). Wanneer de meting gedaan is in ruim water kan de werkelijke EC van het water uitgerekend worden door de gemeten waarde te vermenigvuldigen met de Correctiefactor.

Als de gevonden EC in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  niet veel groter is dan 2000-5000, is het kation en de anionconcentratie ruwweg ( $0.01 \cdot \text{correctiefactor} \cdot A$ ) mmol/l. Als chloride (molgewicht 35.5) het dominante anion is, en als hier 75% van de negatieve lading aan wordt toegekend, dan is (van Wirdum, 2004; Figuur 3-4):

$$\text{Chlorideconcentratie (mg/l)} = 35.5 \cdot 0.75 \cdot 0.01 \cdot \text{correctiefactor} \cdot A_{\text{water}} \text{ (}\mu\text{S/cm)}$$

Als de meting niet in water maar in een bodemlaag is gedaan, wordt de waarde vervolgens nog vermenigvuldigd met de Formatie Factor F van de desbetreffende bodemlaag:

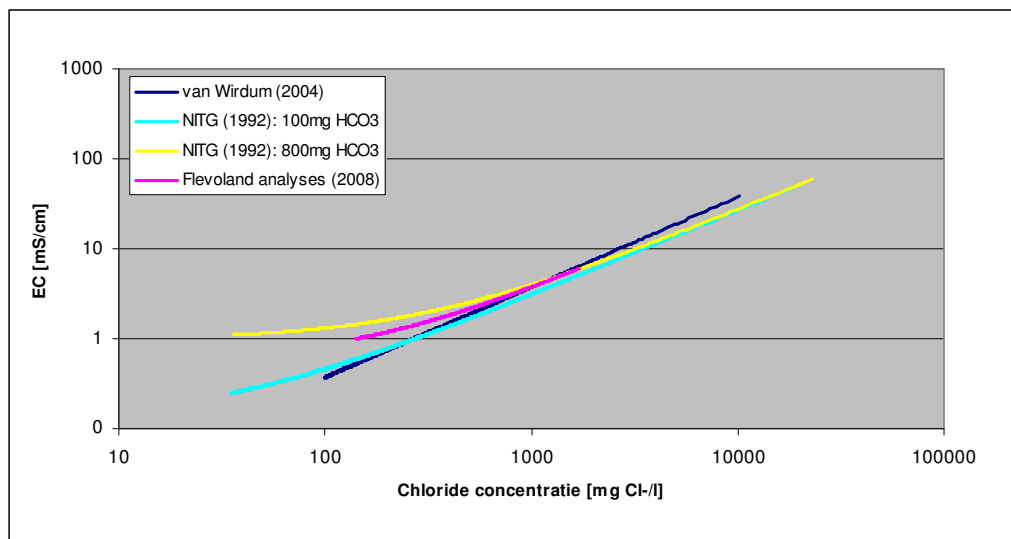
$$\text{Chlorideconcentratie (mg/l)} = 35.5 \cdot 0.75 \cdot 0.01 \cdot \text{correctiefactor} \cdot A_{\text{bodem}} \text{ (}\mu\text{S/cm)} \cdot F$$

Er zijn overigens meerdere manieren om de chlorideconcentraties uit de EC af te leiden (Figuur 3-4). Een bekende formule is die van TNO uit 1992 (TNO, 1992), waarbij tevens de bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) concentratie bij lage chlorideconcentraties (kleiner dan ongeveer 500 mg Cl/l) een significant effect heeft:

$$\text{Chlorideconcentratie (mg/l)} = (0.1 \cdot \text{EC (}\mu\text{S/cm)} - 0.122 \cdot \text{HCO}_3^- / 0.44096)^{(1/0.9446)}$$

Tenslotte is voor de studie Zoet-zout grondwater Provincie Flevoland (Oude Essink *et al.*, 2008) voor grondwater uit een flink aantal putten zowel de EC als de chlorideconcentratie gemeten: de twee variabelen hebben een sterke correlatie: tussen 1000 en 6500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  geldt voor dit gebied:

$$\text{Chlorideconcentratie (mg/l)} = 0.3108 \text{ EC (}\mu\text{S/cm)} - 170.03$$



Figuur 3-4: relatie tussen EC en chlorideconcentraties, berekend met drie verschillende methoden.


## 4 Resultaten en discussie

In bijlage A staan de topografische beschrijvingen per perceel.

### Beschrijving figuren

- **Profiel van prikstokEC: BodemEC-profiel**  
Deze figuren geven de EC van de bodem weer. De kruisjes in de figuur zijn de meetpunten. De hoogteligging van de meetpunten zijn niet in meters ten opzichte van NAP maar ten opzichte van een vast punt in het maaiveld. Om de figuren te maken zijn de gemeten EC's geëxtrapoleerd met behulp van het pakket SURFER. Op sommige plekken zijn onvoldoende meetpunten, delen van de bodemEC-profielen zijn daardoor niet betrouwbaar, deze delen zijn in de figuren met een wit (transparant) omcirkeld vlak aangegeven.
- **Dwarsdoorsnede perceel**  
In deze figuren staan de boorprofielen, grondwaterstand, maaiveld en uit prikstok-EC berekende chloride-isolijnen aangegeven. De legenda staat hieronder afgebeeld, de bovenste blauwe lijn in het veld is altijd de grondwaterstand. In de figuren zijn ook chloride-isolijnen weergegeven. Deze zijn berekend aan de hand van de EC metingen. Als de berekening is gebaseerd op een beperkt aantal punten is de chloride-isolijn gestippeld afgebeeld.

#### Profiel


 Grondwaterstand

 Maaiveld

#### Grondsoort

 Veen

 Zand/lichte zavel

 Matige/zware zavel

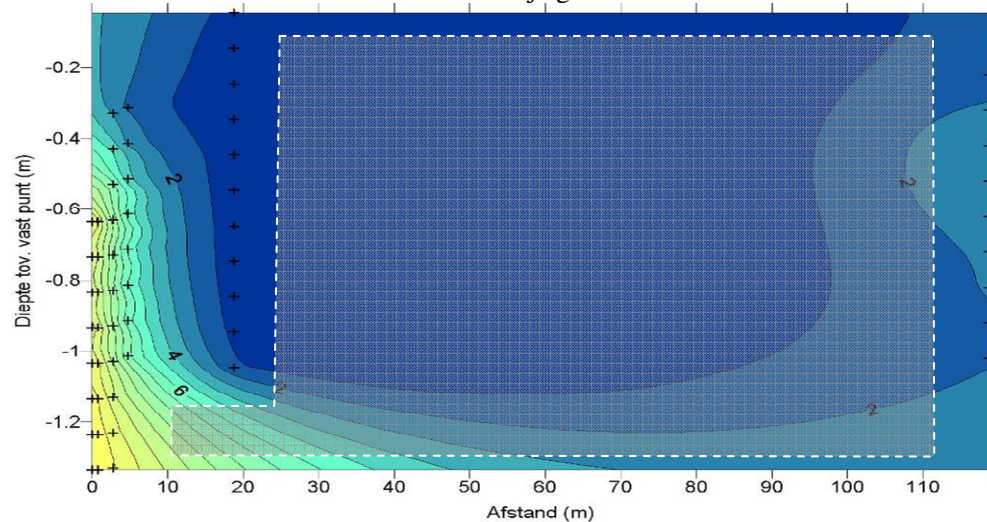
 Klei

Figuur 4-1: legenda bij dwarsdoorsneden

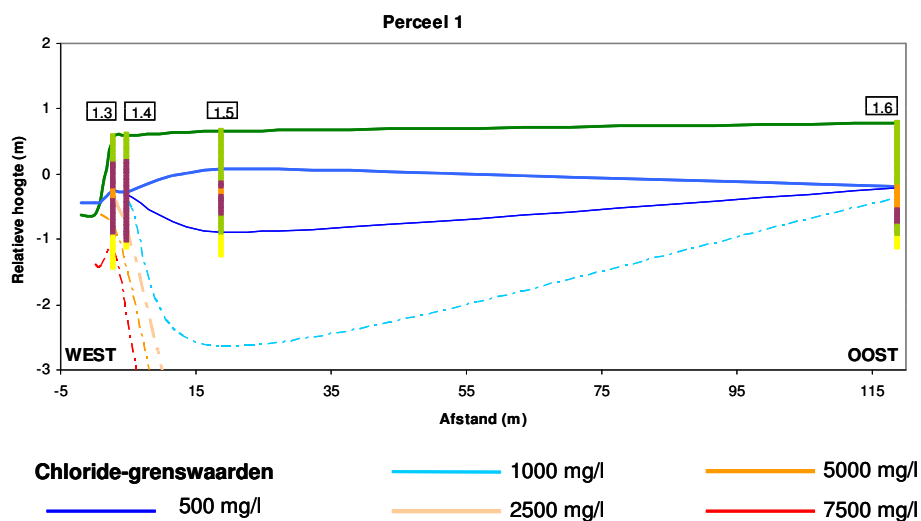
#### 4.1 Perceel 1

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai loodrecht op de sloot. Het perceel was te groot om te meten van sloot tot sloot.*

De exacte locatie in Zeeland is te vinden in Bijlage A.



a



b

Figuur 4-2: perceel 1: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen ter plaatse van het meetpunt, grondwaterstand en chloride-isolijnen (meetdatum is op 25 januari 2007).

De bodem op dit perceel bestaat uit een pakket zavel en klei dat op een diepte van ongeveer anderhalve meter onder maaiveld begrensd wordt door sterk zandig materiaal. Op drie van de vier boorpunten is een laagje veen aanwezig (orange stukje in boorprofiel in Figuur 4-2). Vanaf anderhalve meter onder maaiveld wordt de bodem homogener en zanderig. Volgens diepere boorgegevens



(NITG-nummer: 416-051-0005) gaat de zandlaag door tot 8 m onder maaiveld. De laag hieronder bestaat uit sterk ziltige klei.

Figuur 4-2 laat zien dat op dit perceel EC's onder de sloot en EC's in het veld verder van de sloot duidelijk van elkaar verschillen. De sloot trekt een sterke zoute kwel aan terwijl onder het maaiveld ten oosten van de sloot nauwelijks sprake lijkt te zijn van kwel. Met name meetpunt 1.5 op zo'n 20 m van de sloot laat EC's en chlorideconcentraties zien die ruim 10 keer zo klein zijn als onder de sloot. Verderop in het maaiveld lijkt het weer wat zouter te worden. Misschien dat dit te maken heeft met de relatief dikke veenlaag die daar in de bodem aanwezig is.

Opvallend is dat op meetpunt 1.5 de opbolling van de grondwaterstand het grootst is. Doorgaans is dit het geval midden in het perceel, tussen de twee afvoersloten. Het lijkt erop dat deze hoge grondwaterstand in het perceel het potentiaalverschil met de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket minimaliseert, waardoor hier nauwelijks kwel lijkt te zijn.

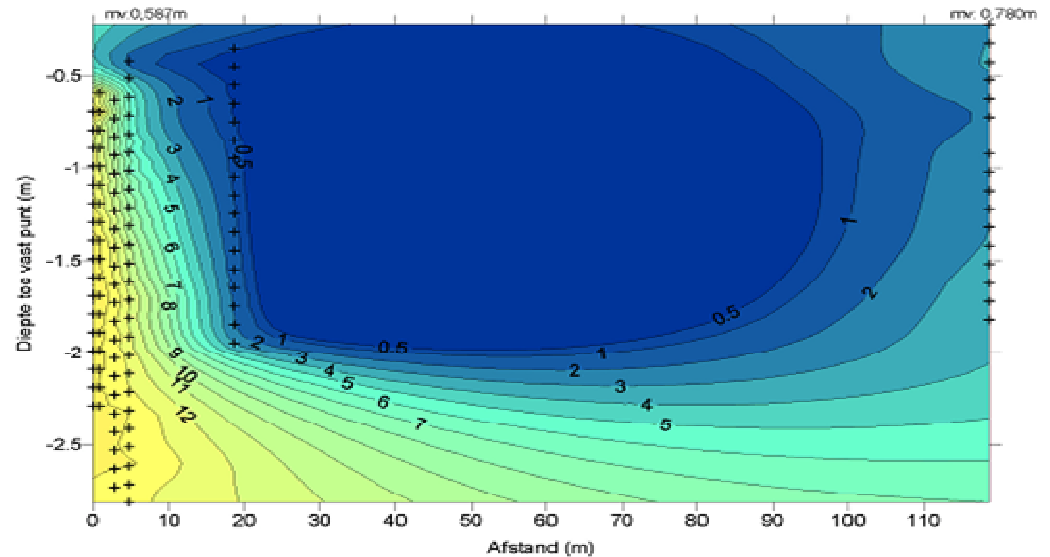
De perceelsloot heeft een winterpeil van 2,7 m onder NAP. In tegenstelling tot wat uit eerder onderzoek in Friesland is gebleken (Maljaars en Wils, 2006), lijkt de kwel bovenin het grondwatersysteem, op enkele tientallen meters van de sloot, vrij klein ondanks dat de grondwaterstand toch ruim onder NAP ligt. Infiltrerend regenwater lijkt hier, zoals andere concepten voorspellen (Poot en Schot, 2000; Kuijper, 2001), te drijven op het zoute kwelwater.

Vragen naar aanleiding van deze resultaten:

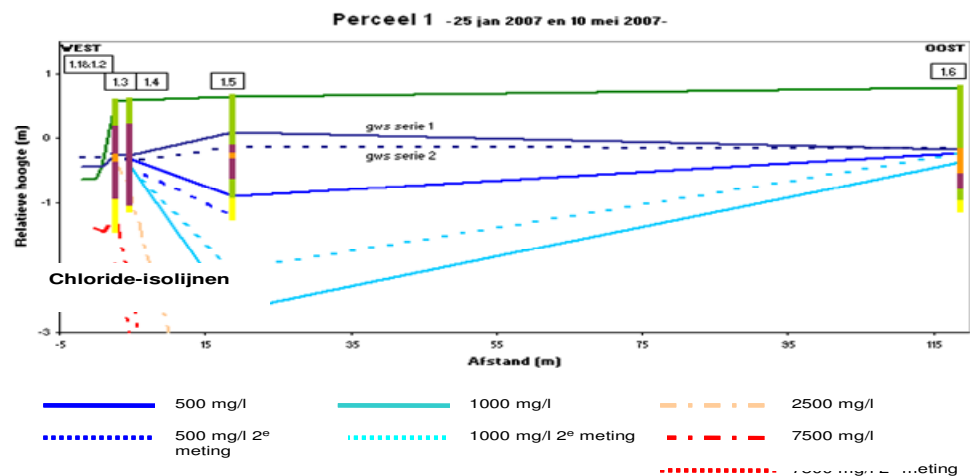
- Waar komt het water uit boorgat 1.5 vandaan?
- Wat is de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket?

### De tweede meetcampagne op perceel 1

Dit perceel is interessant genoeg om een tweede keer bemeten omdat de sloot een sterk zoute kwel op gang brengt en er een duidelijke regenwaterlens aanwezig is. De tweede meetcampagne vond plaats in mei 2007. Het perceel wordt dan gebruikt voor het verbouwen van aardappelen. Voorafgaand aan de meting in mei is het 6 weken droog geweest.



a

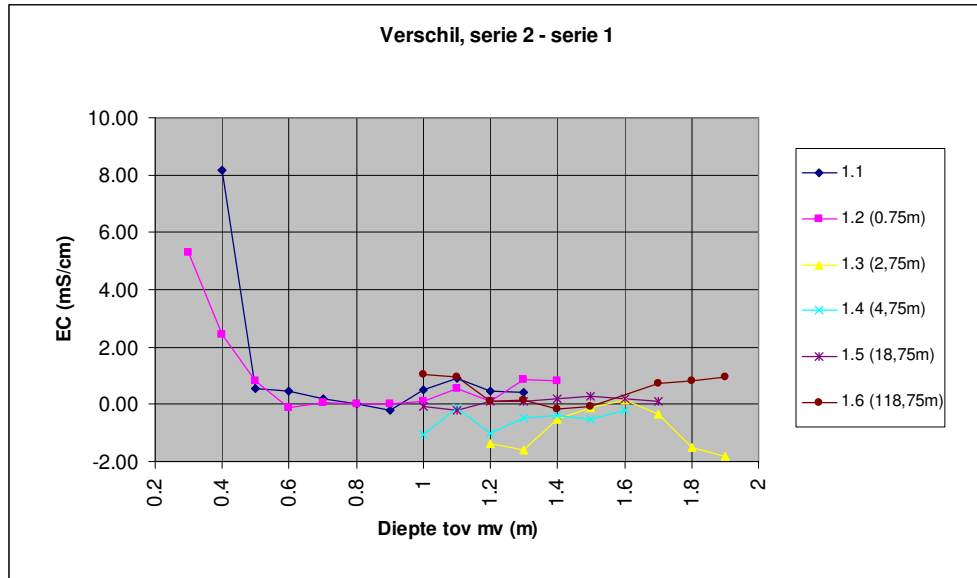


b

Figuur 4-3: perceel 1: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 10 mei 2007).

In de profielen van zowel de eerste als de tweede meetcampagne is een duidelijke lensvorm te onderscheiden. Deze bestaat uit zoet water, waarschijnlijk regenwater. Aan het 'verschillengrafiekje' in Figuur 4-4 is te zien dat in en bij de sloot tijdens de tweede meetcampagne hogere EC's zijn gemeten. Omdat het in de weken voorafgaand aan deze meting erg droog is geweest, kan blijkbaar in het voorjaar meer zoute kwel richting de sloot stromen dan in de winter. Normaliter wordt verwacht dat in de zomer juist minder

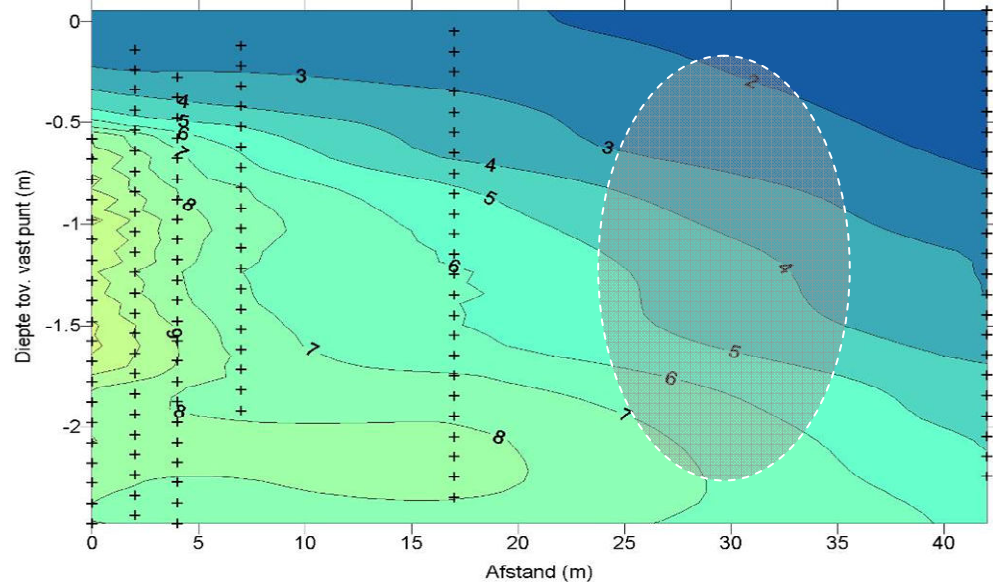
kwel richting sloot optreedt omdat het zomer(streef)peil hoger is dan het winter(streef)peil van de sloot. Het zou dus kunnen dat het actuele werkelijke zomerpeil lager ligt dan het zomer(streef)peil en wellicht zelfs lager dan het winterpeil. In de rest van het perceel zijn nauwelijks verschillen tussen de EC's gemeten in de eerste en tweede meetcampagne.



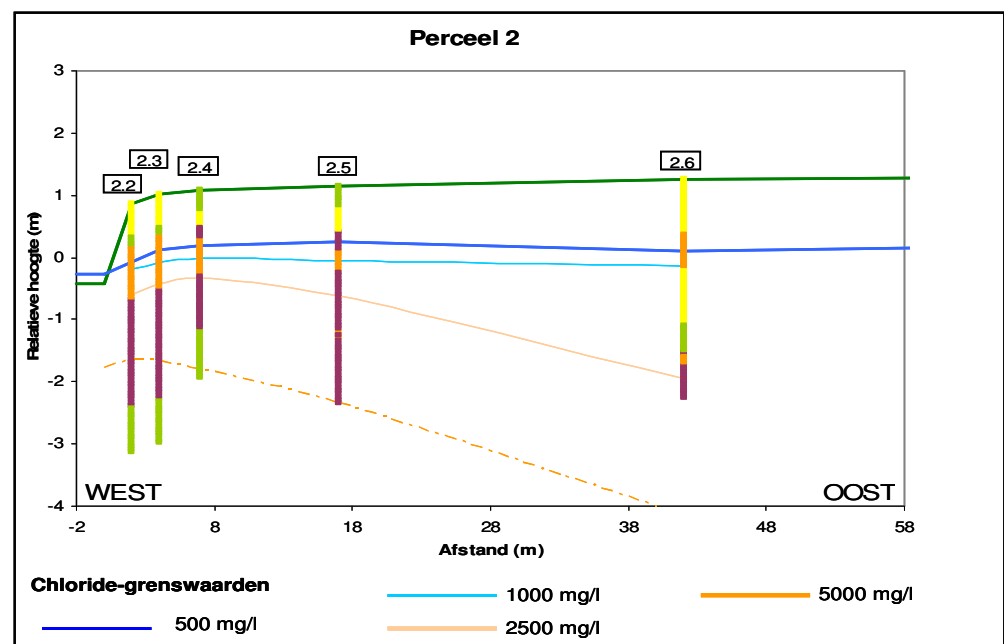
Figuur 4-4: EC-vershil op perceel 1 tussen meting in januari 2007 en meting in mei 2007.

## 4.2 Perceel 2

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai evenwijdig aan de drains, tussen twee drains in. Vanwege de omvang van het perceel is gemeten vanuit de perceelsloot tot een afstand van ruim 140 m in het maaiveld en niet van sloot tot sloot.*



a



b

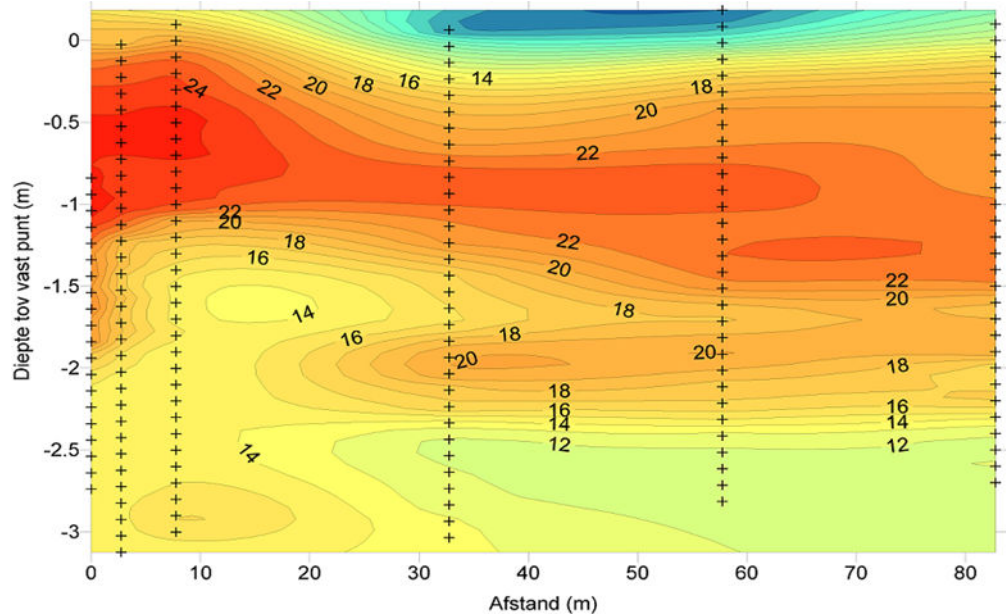
Figuur 4-5: perceel 2: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

De bodem aan de westkant van het perceel bestaat voornamelijk uit zavel en klei met een veenpakket dat naar het oosten afneemt in dikte. Ter plaatse van het meest oostelijke meetpunt op dit perceel (meetpunt 2.7) is de bodem erg zandig. Dit bemoeilijkt de prikstokmetingen. Dit meetpunt is daarom weggelaten uit de analyse. Het winterpeil van de perceelsloot is 2,65 m onder NAP. Ook de grondwaterstand en het maaiveld liggen ruim onder NAP.

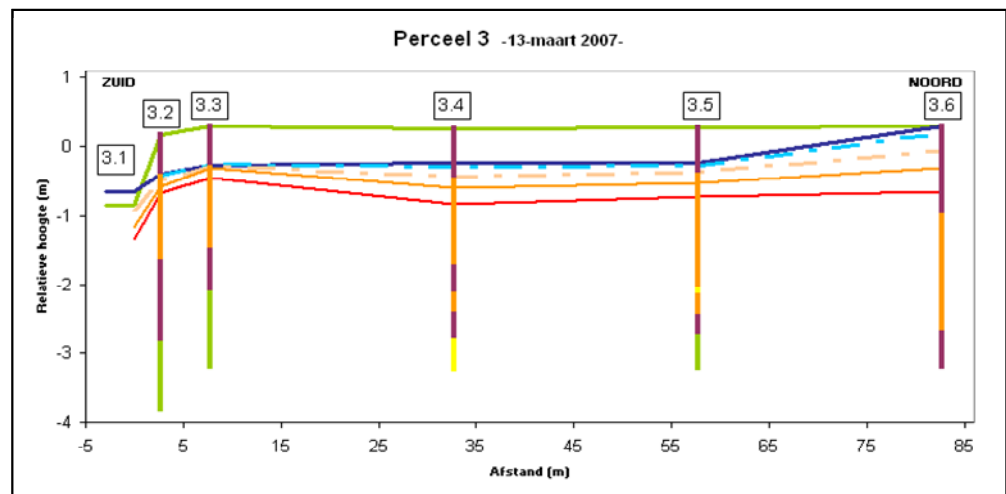
Op dit perceel heeft de EC een sterke gradiënt in de diepte. Daarbij valt op dat de EC in de buurt van de sloot hoger zijn dan op de rest van het perceel. De eerste metingen laten zien dat het bovenste grondwaterlaagje nog vrij zoet is. De chlorideconcentratie ligt daar globaal tussen de 500 en 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l. Uit Figuur 4-5 blijkt dat, hoe verder in het perceel, hoe dieper de 2500- en 5000 mg Cl<sup>-</sup>/l chloride-isolijnen liggen. De invloed van zoute kwel is het grootst onder de sloot. Midden in het perceel vermindert infiltrerend regenwater de grootte van de kwel.

4.3 Perceel 3

De meetlocatie: er is hier gemeten tussen twee drains in, in een raai van 83 m vanaf de sloot het veld in. De afstand tussen de drains is 10 m. De Oosterschelde is 1240 m zuidelijker te vinden. Het perceel bevindt zich in een poel- of jong schorgebied op het oudland.



a



b

Figuur 4-6: perceel 3: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

Dit perceel kent vergeleken met de andere percelen een laag maaiveld, zijnde 1,2 m onder NAP. In Figuur 4-6 is te zien dat de bovenlaag bij alle meetpunten bestaat uit een zwaar kleilig materiaal tot een diepte van ongeveer 0,5 m onder maaiveld. Alleen bij meetpunt 3.6 loopt deze laag verder door tot ongeveer 1,25 m onder maaiveld.

Eveneens komt na de kleilaag, op elk meetpunt een veenlaag voor. Daaronder komen afwisselend klei-, veen-, en zand- en zavellagen voor.

Opvallend is dat de grondwaterstand bij meetpunt 3.6 stijgt tot op het maaiveld. Deze grondwaterstand is zeer waarschijnlijk te verklaren door de capillaire werking van de klei. Bij meetpunt 3.6 is een dikkere kleilaag gevonden waardoor het regenwater hier niet makkelijk infiltreert.

EC's zijn hoog en nemen met de diepte sterk toe (Figuur 4-6). Er komen zelfs chlorideconcentraties voor van meer dan 10.000 mg Cl/l. Tussen de 35 en 60 m vanaf het beginpunt in de sloot, profileert zich een (landbouwkundig) zoetwaterlens (<1000 mg Cl/l) van zo'n 15 cm dik.

Een reden voor de hoge EC's kan in de geologie worden gevonden. In dit perceel ligt een veenlaag, in veen is meestal veel zout aanwezig, dit kan door kwel naar het freatisch grondwater stromen.

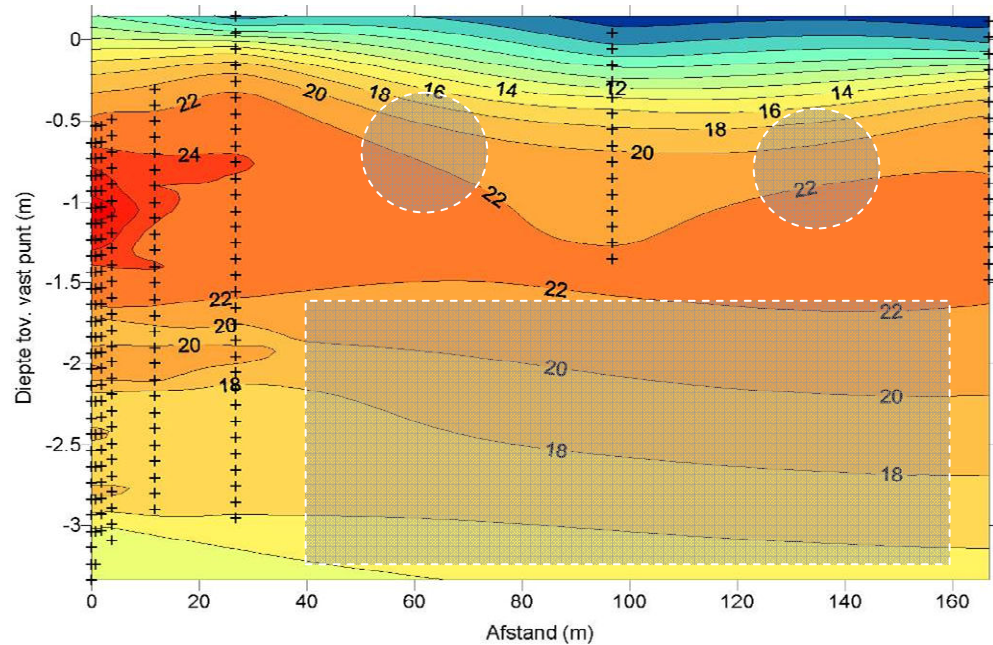
Een andere reden voor de hoge EC's in het perceel kan de lage ligging van het maaiveld en de grondwaterstand zijn, waardoor een relatief sterke kwel optreedt. De toplaag van dit perceel is slecht doorlatend, door de opbolling van het maaiveld tussen de greppels en door de slecht doorlatende toplaag is het mogelijk dat veel regenwater afstroomt in plaats van infiltreert; ook dit kan ook een reden zijn voor de hoge EC's.

Vragen naar aanleiding van deze resultaten:

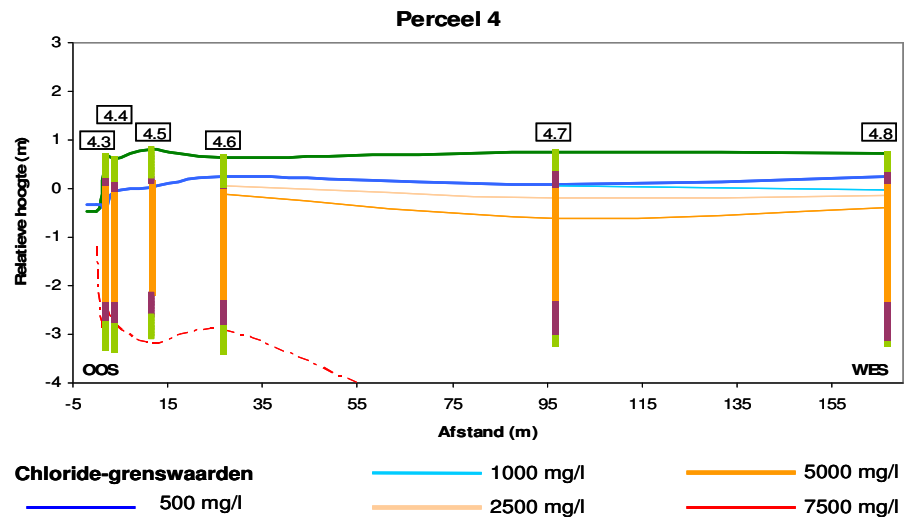
- Wat is de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket?

#### 4.4 Perceel 4

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai tussen twee drains in vanuit de perceelsloot tot op een afstand van zo'n 170 m in het veld.*



a



b

Figuur 4-7: perceel 4: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 17 november 2007).

De bodemopbouw is zeer homogeen. De bovenlaag van de bodem wordt gevormd door een laag zavel. Daaronder ligt een pakket zware (waarschijnlijk zeer ondoorlatende) klei variërend in dikte van 4 tot 20 cm. Vanaf zo'n 75 tot 300 cm onder maaiveld is er veen. Daaronder ligt een laagje zeer zachte klei met rietresten. Deze klei wordt naar

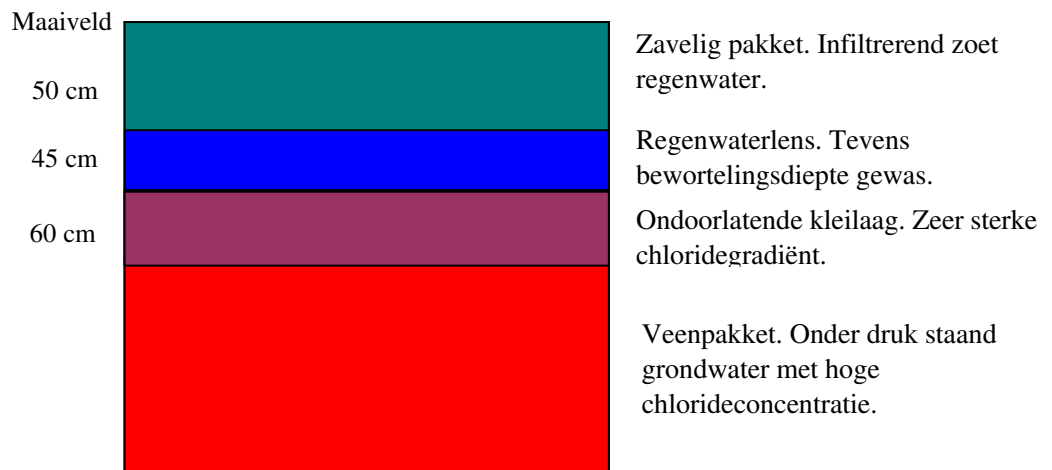


onderen toe steeds zandiger. Volgens diepere boorgegevens (NITG-nummer: B49B0568) bestaat de bodem na 5,5 m onder maaiveld tot en met 20 m onder maaiveld uit matig fijn zand.

In het perceel is een pakket (waarschijnlijk veen) aanwezig met een hoge stijghoogte, immers na het verwijderen van de prikstok kolkte enige tijd water naar boven. Het is uit de boorgaten duidelijk dat de stijghoogte in diepe boorgaten (eerste watervoerend pakket) hoger is dan die in de ondiepe boorgaten (freatisch grondwater).

Het bodemEC-profiel (Figuur 4-7) laat hoge waarden zien. Ook met de dompelcel wordt een hoge EC gemeten, 42,3 mS/cm; dit komt overeen met een chlorideconcentratie van ruim 11.000 mg Cl/l. Het maaiveld ligt hier gemiddeld op ongeveer één meter onder NAP. De grondwaterstand op het hele perceel ligt meer dan 50 cm onder maaiveld en dus onder NAP. De stijghoogte in het veenpakket is ongeveer anderhalve meter onder NAP. Het is niet ondenkbaar dat het veenpakket in contact staat met de Oosterschelde, op 1300 m van dit perceel.

De eigenaar van dit perceel gaf aan dat nog nooit gewasschade is opgetreden als gevolg van een te hoge zoutbelasting. Gezien de hoge chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater is dit opmerkelijk. Het is aannemelijk dat infiltrerend regenwater blijft hangen op de ondoorlatende kleilaag en dat de gewassen hier hun water vandaan halen. Figuur 4-8 geeft schematisch deze situatie weer.



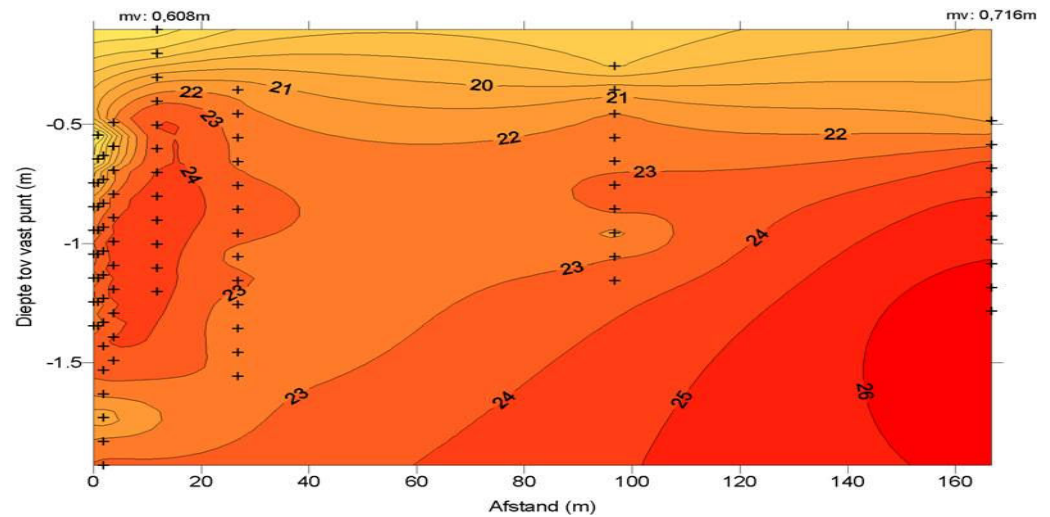
Figuur 4-8: een schematische weergave van de mogelijke situatie op perceel 4.

Vragen naar aanleiding van deze resultaten:

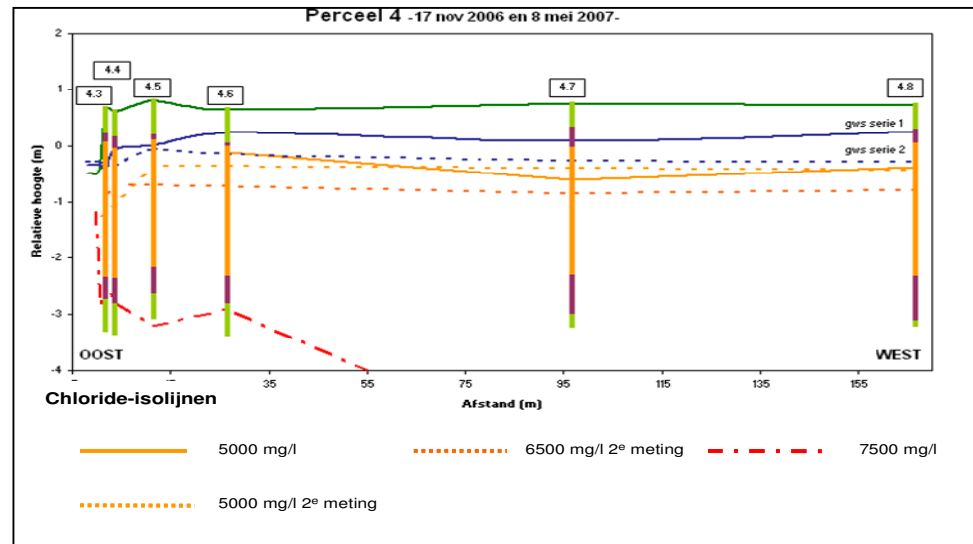
- Wat is de bewortelingsdiepte van de gewassen?
- Wat zijn de chlorideconcentraties van het bodemvocht in de bovenste bodemlaag?

### De tweede meetcampagne op perceel 4

Dit perceel is interessant omdat hier landbouw wordt bedreven op een perceel waar het grondwater vanaf de grondwaterspiegel zout is. Deze situatie is typerend voor veel landbouwpercelen in de Provincie Zeeland. De functie van de onverzadigde zone in het aanleveren van vocht aan de wortels van de gewassen is hier zonder twijfel belangrijk. Ondanks de regen van de weken voor de metingen op 17 november 2006 (eerste meetcampagne) is hier enkel een zeer dun brak waterlensje aangetroffen in het midden van het veld. Verder is de grote stijghoogte van het veenpakket opmerkelijk.



a

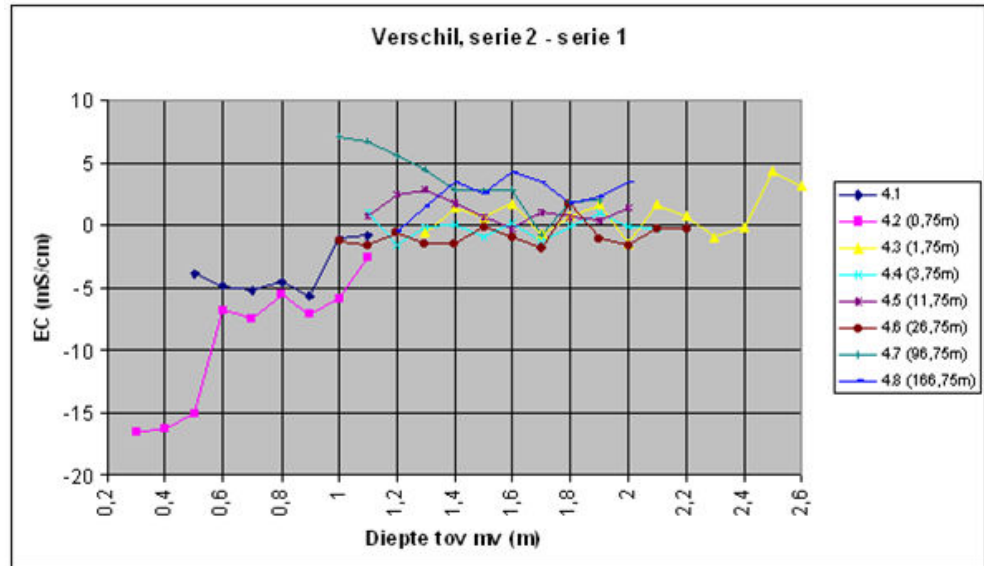


b

Figuur 4-9: perceel 4: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen (meetdatum is op 8 mei 2007).

Uit Figuur 4-9 blijkt dat het perceel bijzonder zout is. De sloot lijkt tijdens de tweede meetcampagne geen extra zoute kwel aan te trekken. De EC onder sloot ligt namelijk niet hoger dan onder het veld. De hoogste EC's worden gemeten bij meetpunt 4.8.

Op 17 november 2006 is een dunne zoetwaterlens gevonden. Deze is niet aanwezig tijdens de 8 mei 2007. Over het algemeen lijken de resultaten van de tweede meetcampagne op die van de eerste.

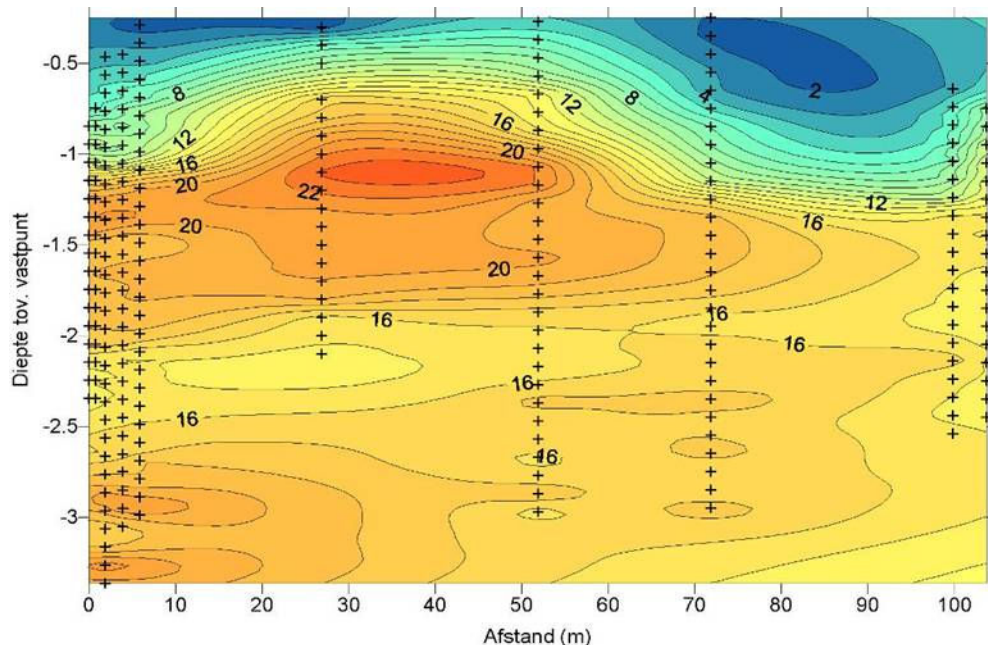


Figuur 4-10: EC-verskil tussen meting op 17 november 2006 en meting op 8 mei 2007 op perceel 4.

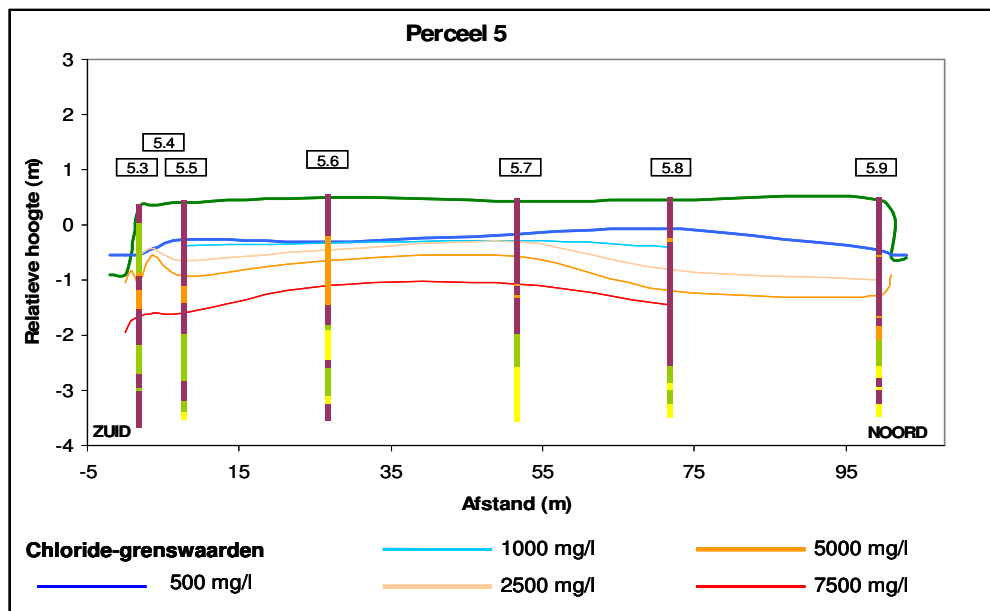
Uit Figuur 4-10 blijkt dat het gehele systeem niet zouter is geworden tussen november en mei. Op meetpunt 4.2 zijn in november hogere EC's gemeten, terwijl op meetpunt 4.8 voornamelijk hogere EC's zijn gemeten in mei. Bij de meting in november 2006 is kwel naar de sloot gemeten, deze is niet gevonden in mei 2007. Het is aannemelijk dat infiltrerend regenwater blijft hangen op de ondoorlatende kleilaag en dat de gewassen hier hun water vandaan halen. Nader onderzoek hiernaar is aanbevolen.

4.5 Perceel 5

De meetlocatie: er is hier gemeten over een heel perceel, van sloot tot sloot. Het meettraject loopt tussen twee drains in.



a



b

Figuur 4-11: perceel 5: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

De bodem op dit perceel bestaat uit een bovenlaag van zware klei. Daaronder ligt een veenpakket dat varieert in dikte. In het midden van het perceel bij meetpunt 5.6 heeft de

veenlaag een dikte van ruim één meter. Onder het veen ligt een laag zachte klei met rietresten die met de diepte steeds zandiger wordt. Het winterpeil in de perceelsloot ligt 1,9 m onder NAP en het maaiveld ligt gemiddeld op 0,85 m onder NAP. Waar het maaiveld laag ligt, ligt de grondwaterstand dicht onder maaiveld (meetpunt 5.8). De laagste chlorideconcentraties op dit perceel zijn gemeten op meetpunten 5.5 en 5.8, en liggen rond de 900 mg Cl/l. Op deze meetpunten zijn ook de hoogste grondwaterstanden.

Met de diepte neemt het zoutgehalte snel toe, tot ongeveer 10.000 mg Cl/l. De hoogste waarden worden gemeten in het midden van het perceel, op de meetpunten 5.6 en 5.7. Op meetpunt 5.6 is de veenlaag in de bodem het dikst. EC- en chloride-isolijnen onder de sloten verschillen niet veel van de rest van het perceel. Met name de zuidelijke sloot vertoont geen waarden die kwel richting de sloot doet vermoeden. In de noordelijke sloot lopen EC- en chloride-isolijnen licht op. Vermoedelijk vindt hier dus kwel plaats richting de sloot.

#### 4.6 Perceel 6

*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai tussen twee drains in tot op een afstand van zo'n 70 m in het veld. Bovendien is hier een tweetal extra metingen gedaan om de invloed van drainage op chlorideconcentraties in grondwater te kunnen bepalen. Deze twee meetpunten liggen ter hoogte van meetpunt 6.5; 1 meetpunt ligt tussen de drain en de meetraai in en het andere meetpunt ligt op de drain. Hierbij moet opgemerkt worden dat het moeilijk is de exacte locatie van een drain in het maaiveld te bepalen. Het is dus niet met zekerheid te zeggen of het meetpunt exact op de drain ligt.*

Het maaiveld van dit perceel ligt gemiddeld op 0,7 m boven NAP. Het winterpeil in de sloot ligt op 1,25 m onder NAP. De bodem is vrij homogeen. De bovenlaag (tot ongeveer 0,6 m onder maaiveld) bestaat uit lichte klei. Daaronder ligt een pakket met licht zavel/zand tot onbekende diepte. Dit materiaal bood zoveel weerstand tegen het prikken dat er per meetpunt te weinig metingen gedaan zijn om een EC-profiel of dwarsdoorsnede maken. Op het meest noordelijke meetpunt is ook de kleilaag niet aanwezig. Hier bestaat de bodem volledig uit zand of zavel.

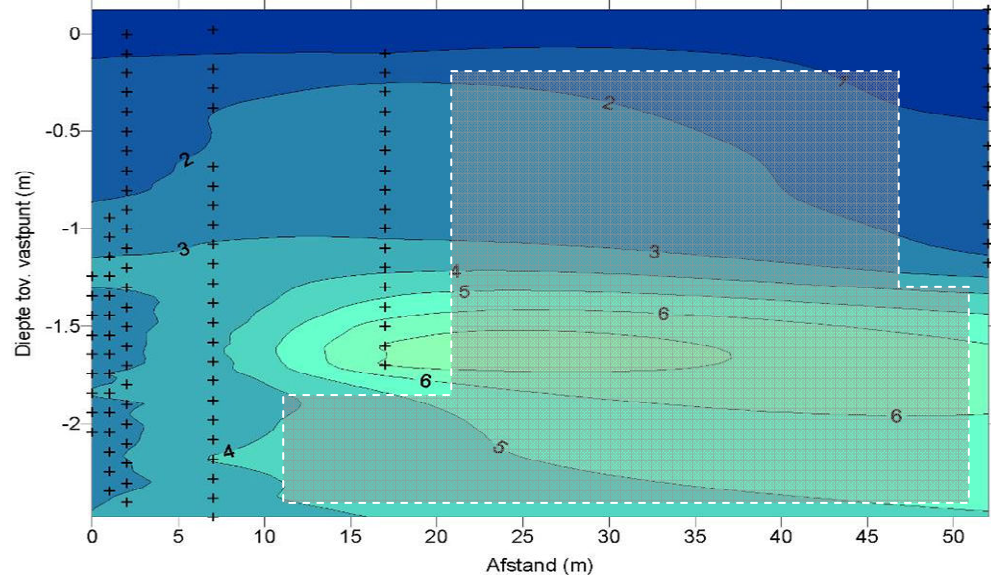
Onder de grondwaterstand liggen alle chlorideconcentraties tussen 200 en 500 mg Cl<sup>-</sup>/l. Ook op meetpunt 6.5, waar tot een diepte van 2,6 m onder maaiveld is gemeten, komt de chlorideconcentratie niet boven de 500 mg Cl<sup>-</sup>/l uit. De invloed van zoute kwel is op dit perceel dus zeer gering.

In de sloot zijn alle waarden lager dan 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l, maar toch significant hoger dan de waarden in het veld. Er zou dus sprake kunnen zijn van een zwakke (of een licht brakke) kwel naar de sloot.

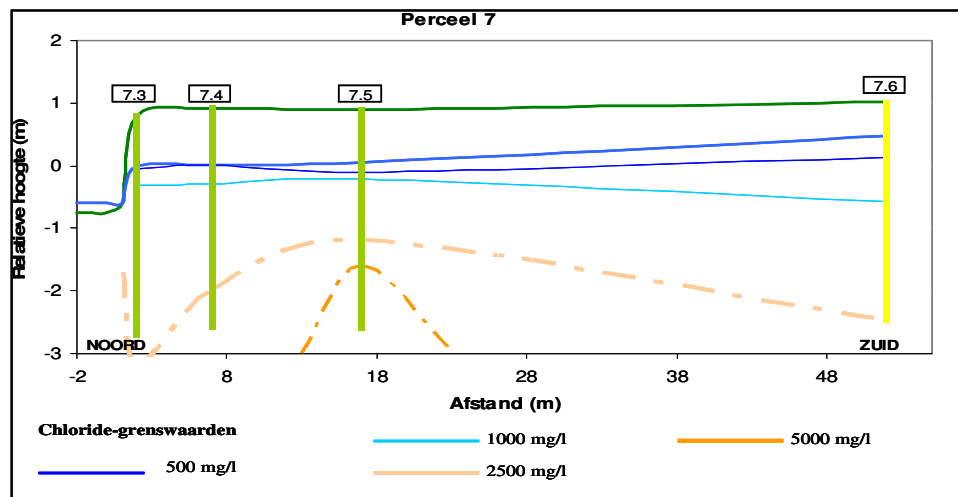
Het meettraject tussen de drains geeft niet veel extra informatie. Gemeten waarden verschillen nauwelijks. Wellicht komt dit doordat de grondwaterstand hier op het moment van meten onder drainageniveau ligt.

#### 4.7 Perceel 7

*De meetlocatie: het perceel was te groot om van sloot tot sloot te bemeten waardoor er gekozen is om één sloot te bemeten. De meetpunten liggen evenwijdig aan de zeedijk op maximaal 90 m. De meetpunten 7.1 t/m 7.6 zijn tussen twee drainage buizen in uitgezet en meetpunt 7.7 ligt 6 m ten westen van 7.6 (loodrecht op het profiel), nabij een drainage buis. De dag voor de meetsessie, op 17 januari 2007, was erg stormachtig met regen en veel zout werd vanuit de Oosterschelde op het land gedeponeed.*



a



b

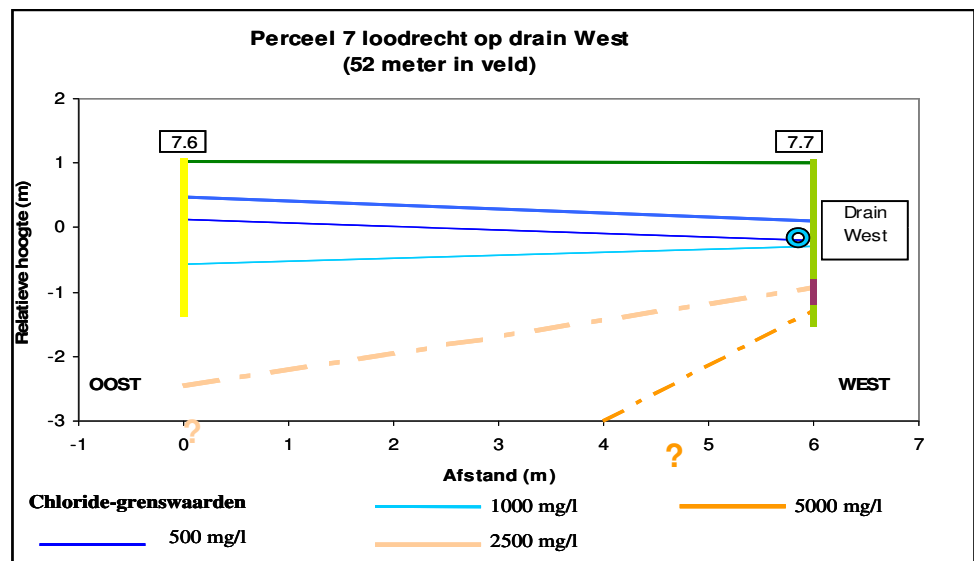
Figuur 4-12: perceel 7: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen (meetdatum is op 18 januari 2007).

De gemiddelde maaiveldhoogte is 0,61 m boven NAP en het zomer- en winterpeil van de sloten ligt respectievelijk op 0,7 en 1,3 m onder NAP. Met de watersnoodramp in

1953 is in dit gebied een dijkdoorbraak geweest waardoor het hele land toen onder zeewater stond. De kans is groot dat dit invloed heeft gehad op de bodemopbouw van het perceel en de gemeten zoutgehalten.

De bodemprofielen van meetpunt 7.3 t/m 7.5 zijn erg homogeen, ze bestaan tot een diepte van 3,5 m onder maaiveld uit matige tot zware zavel. Meetpunt 7.6 en 7.7 hebben een afwijkend bodemprofiel, 7.6 is zandiger (vooral lichte zavel) en 7.7 bestaat uit lichte klei en matige zavel (met een dun laagje veen op 2,3 m onder maaiveld). Volgens opgevraagde diepere boorgegevens (NITG-nummer: 400-057-0002) volgt vanaf 3,70 m onder maaiveld een laag zand tot een diepte van 12 m.

Figuur 4-12 laat zien dat de bovenste laag van de bodem (tot ongeveer 1,2 m onder het referentiepunt) een vrij homogene EC verdeling heeft. De waarden lopen op van 0-1 mS/cm tot 3-4 mS/cm. Onder deze 'homogene laag' is wel een duidelijke heterogeniteit in de EC van de bodem waarneembaar. Bij de meetpunten 7.1 t/m 7.4 komt de EC niet boven de 4 mS/cm terwijl bij meetpunt 7.5 de EC oploopt tot 7 mS/cm. Bij meetpunt 7.6 kon door de bodemopbouw (zand) niet dieper geboord worden dan 2,2 m onder maaiveld. Het kan dus niet met zekerheid gezegd worden of de laag met hogere EC (bij meetpunt 7.5) doorloopt. De hogere EC's van de bodem bij meetpunt 7.5 zijn ook duidelijk waarneembaar. Alleen op dit meetpunt is de chloridegrens van 5000 mg Cl/l overschreden. In Figuur 4-13 zie je dat de chloride-isolijnen die chlorideconcentraties van 1000, 2500 en 5000 mg Cl/l weergeven bij de drainagebuis dichters aan het maaiveld liggen dan tussen de drainagebuizen (7.6). Het lijkt er op dat de drainagebuis het zout uit de ondergrond aantrekt. Onder de sloot lijkt nauwelijks sprake van kwel te zijn terwijl het waterpeil onder NAP ligt en de afstand tot de zeedijk gering is.

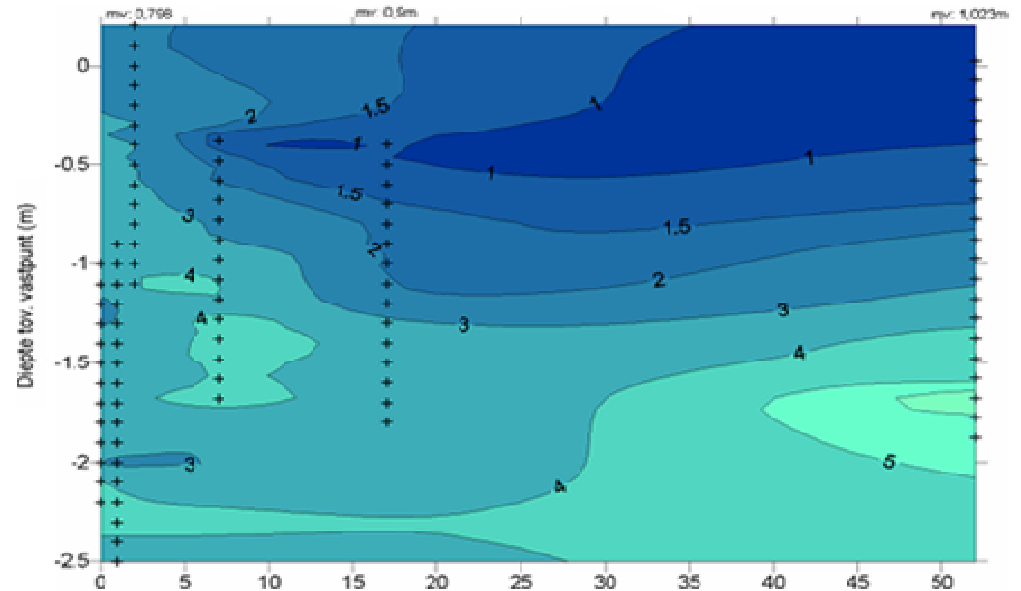


Figuur 4-13: dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen op perceel 7 tussen de meetpunten 7.6 en 7.7 (dwars op de raai 7.1-7.6).

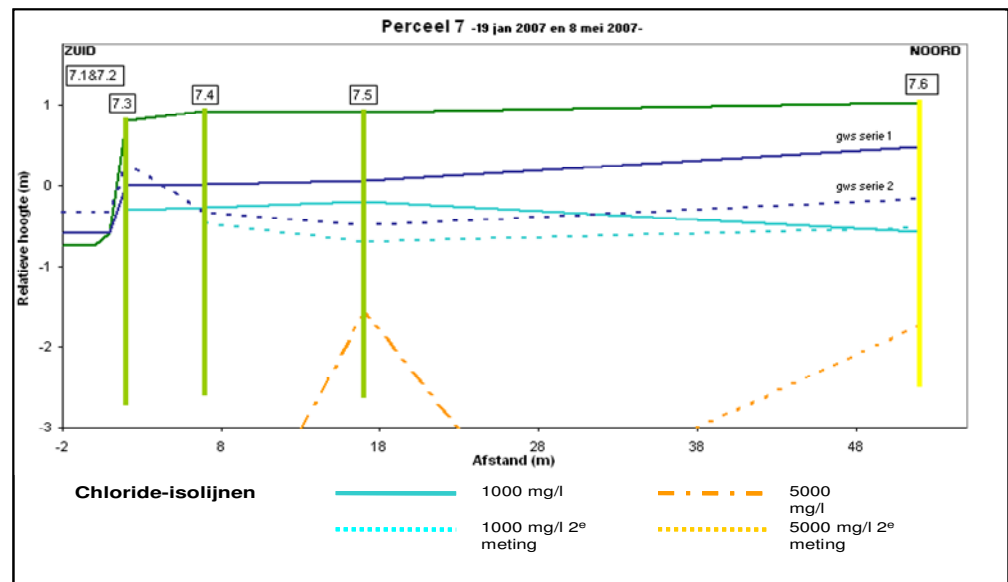


### De tweede meetcampagne op perceel 7

*Dit perceel is interessant voor aanvullend onderzoek omdat, ondanks een homogene bodemopbouw over de gemeten raai, chlorideconcentraties in het grondwater sterk variëren tussen meetpunten. Verder is de invloed van drainbuizen op chlorideconcentraties in het grondwater zichtbaar. Opmerkelijk is ook het relatief zoete oppervlaktewater van de sloten rondom het bemeeten perceel. Aangezien het perceel op 90 m van de Oosterschelde ligt zou sterk zoute kwel naar de sloten aannemelijk zijn.*



a



b

Figuur 4-14: perceel 7: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen (meetdatum is op 8 mei 2007).

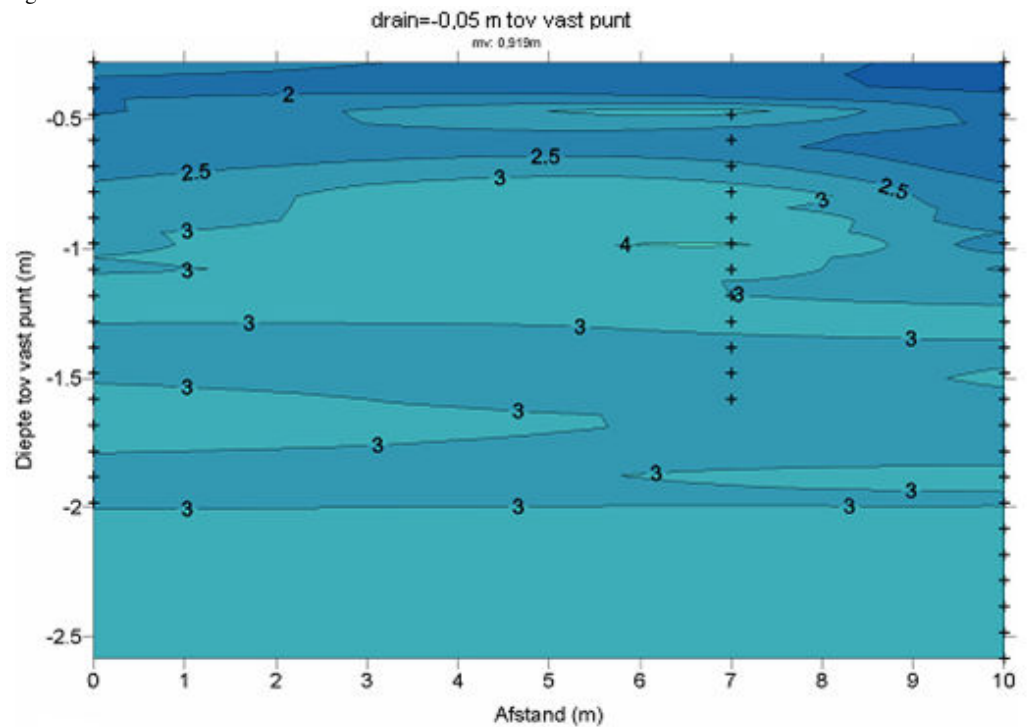
Op 8 mei varieert de EC nogal over het perceel. De sloot lijkt geen zoute kwel aan te trekken. Bij de meetpunten 7.1 t/m 7.5 komt de EC niet boven de 4 mS/cm terwijl bij

het laatste meetpunt 7.6 een EC van rond de 6 mS/cm wordt gemeten, ongeveer 5000 mg chloride/l. De brak-zout grens van 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l ligt in de buurt van de sloot op 8 mei dicht tegen het maaiveld dan op 19 januari.

Over het algemeen lijken de resultaten van de tweede meetcampagne op die van de eerste (Figuur 4-14). Wat opvalt in de ECprofielen is dat op 19 januari direct onder het maaiveld over het hele perceel een EC < 1 mS/cm gemeten wordt. Op 8 mei is het zouter. Het verschil in EC's kan verklaard worden door een toegenomen verdamping waardoor minder regenwater infiltreert. Gezien de geringe afstand tot de zeedijk van maar 90 m zou je hier wellicht zoute kwel verwachten. Waarschijnlijk is de weerstand van de deklaag zo hoog dat kwel geremd wordt.

Invloed van de drain op de zoet-zout verdeling is niet gemeten, dit is te zien

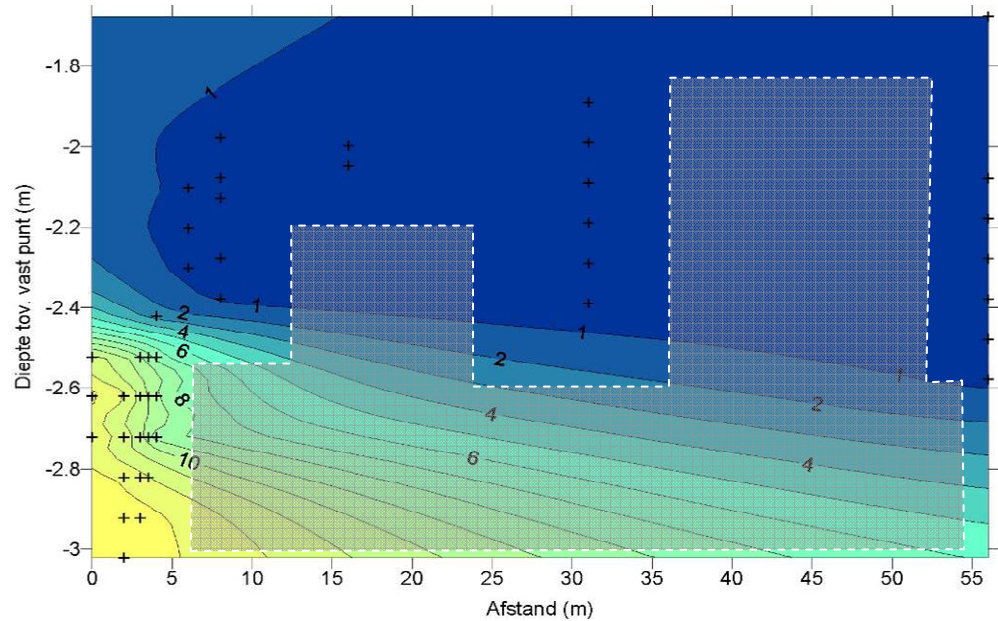
Figuur 4-15.



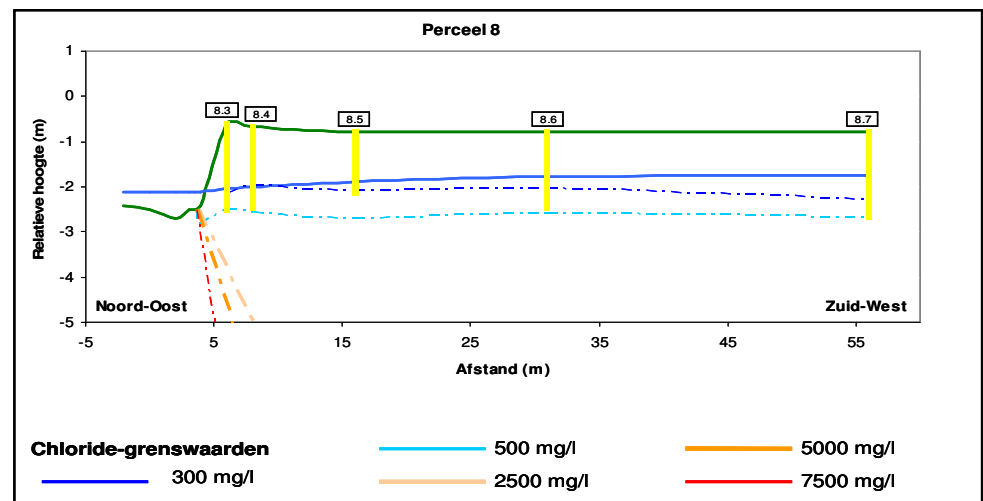
Figuur 4-15: perceel 7: bodemEC-profiel in mS/cm, loodrecht op de drains (meetdatum is op 8 mei 2007).

## 4.8 Perceel 8

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai tussen twee drains, tot op een afstand van ongeveer 50 m in het maaiveld. Ter hoogte van het laatste meetpunt is nog een extra meetpunt aangebracht, loodrecht op de meetraai. Dit meetpunt ligt op een drain.*



a



b

Figuur 4-16: perceel 8: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

De bodem, die vrijwel geheel uit zand bestaat, maakte het meten met de prikstok moeilijk. Per meetpunt zijn daarom hooguit 7 metingen gedaan. Het maaiveld ligt op 0,75 m boven NAP. Het winterpeil ligt op 0,8 m onder NAP. Het perceel wordt in het noorden begrensd door een brede perceelsloot.

Het meest opvallende aan dit perceel is het grote verschil in EC's tussen sloot en perceel. Op het perceel komen chlorideconcentraties niet boven de 500 mg Cl<sup>-</sup>/l terwijl onder de sloot concentraties tot 11.000 mg Cl<sup>-</sup>/l worden gemeten (zie Figuur 4-16). Er vindt dus kwel plaats die sterk op de sloot gericht is. Op het perceel is de invloed van zoute kwel nauwelijks merkbaar. Waarschijnlijk zorgt de sterke kwel naar de sloot voor een afname van de stijghoogte in het watervoerend pakket. Hierdoor neemt de kweldruk op het perceel af.

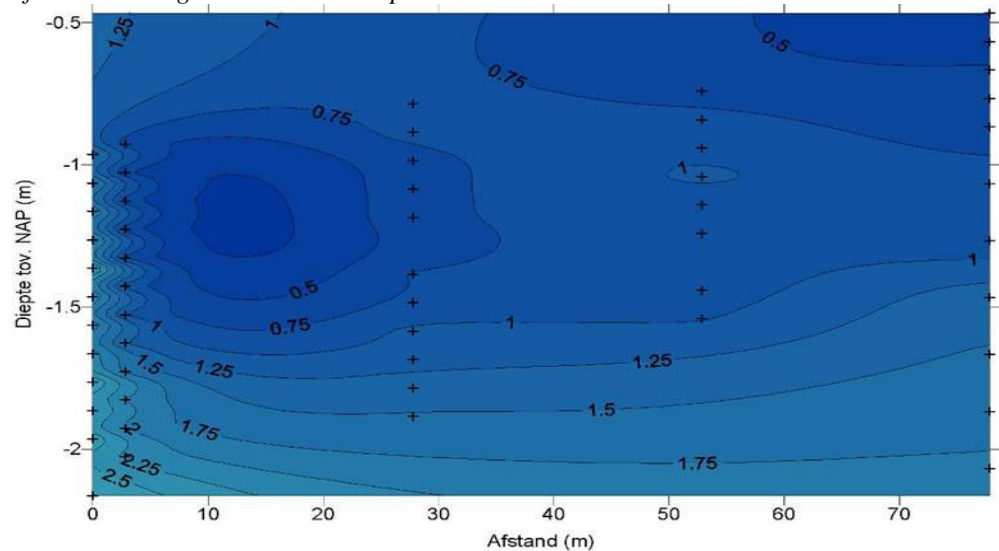
Ook het verschil in EC's tussen slootkant (perceelzijde) en verderop in de sloot is enorm groot. Verwacht wordt dat het zoute grondwater onder de sloot aan de perceelzijde sterk verdund wordt door zoet/brak water dat uit het perceel richting de sloot stroomt.

Belangrijk is het feit dat een groot deel van het diepe deel van het profiel in Figuur 4-16 niet zeker is omdat daar geen metingen zijn gedaan. Het is denkbaar dat de zoet/brakwaterlens veel groter is dan het figuur doet vermoeden.

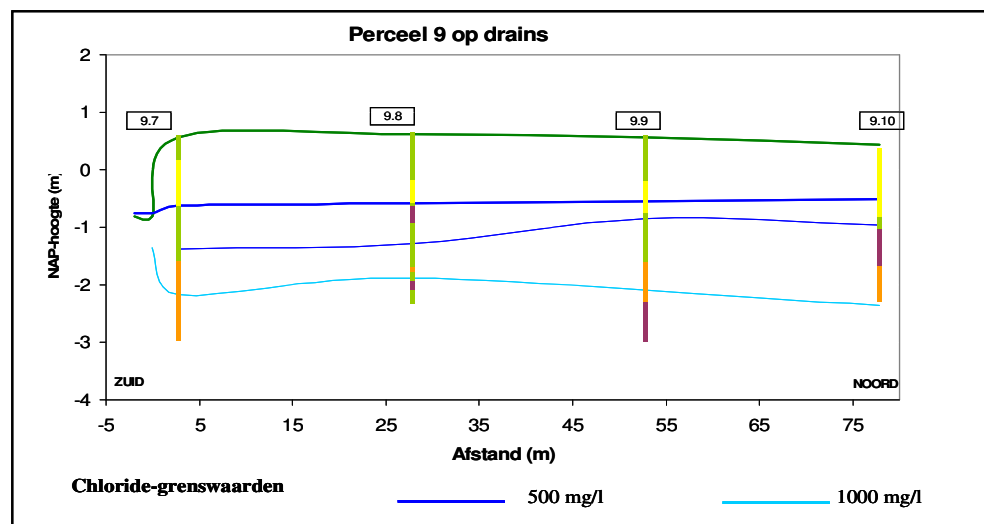
Op het meetpunt op de drain worden iets hogere waarden gemeten dan op het meetpunt tussen de drains. Er zijn echter te weinig metingen gedaan om hier conclusies aan te verbinden.

#### 4.9 Perceel 9

*De meetlocatie: omdat hier in de nabijheid een NAP-peilschaal aanwezig was zijn hier de hoogten ingemeten ten opzichte van NAP. Er zijn hier twee trajecten gemeten: één traject tussen twee drains in en één traject bovenop een drain. Hier is voor gekozen om het effect van drainage op de ruimtelijke verdeling van zoutgehalten in het grondwater te kunnen onderzoeken. Bij een aantal prikpunten moest opnieuw een boorgat worden gemaakt omdat het eerste boorgat recht boven de drainage was geplaatst. Er kan dus met redelijke zekerheid gezegd worden dat het meettraject vlak langs de drainage loopt. Beide meettrajecten tellen zes meetpunten, beginnend in de perceelsloot en tot op een afstand van ongeveer 75 m in het perceel.*

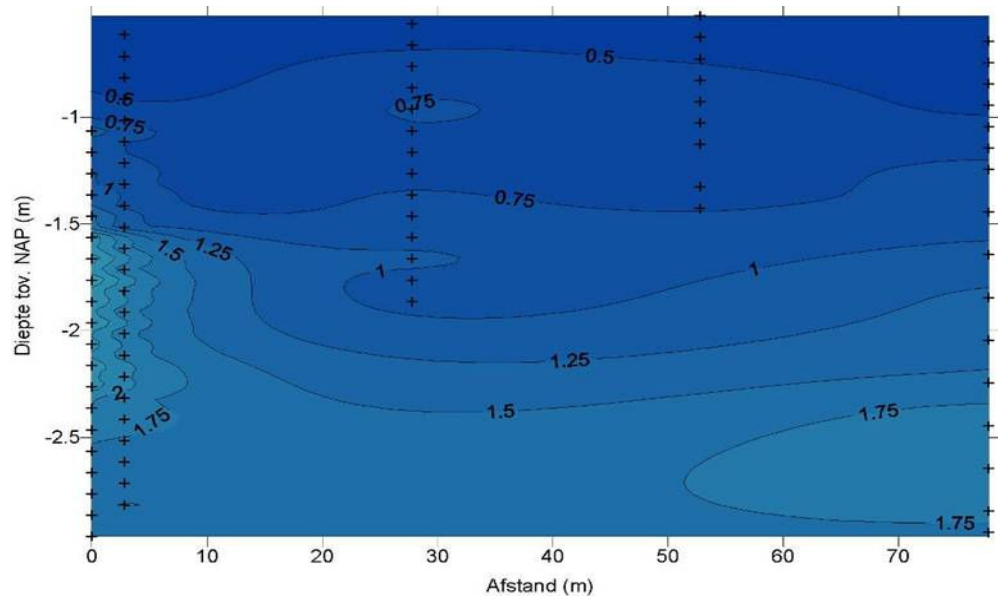


a

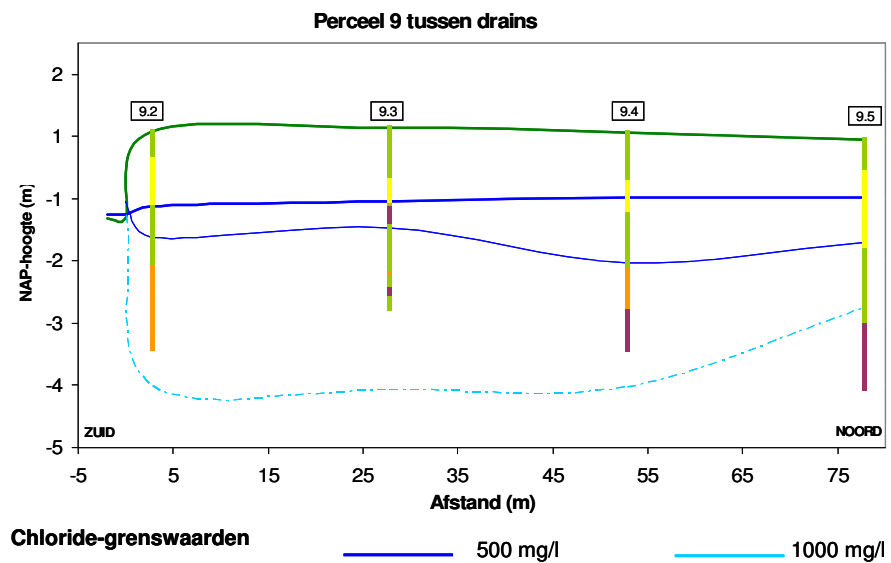


b

Figuur 4-17: perceel 9: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen (op de drains).



a



b

Figuur 4-18: perceel 9: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (tussen de drains).

Het maaiveld ligt gemiddeld op ongeveer een halve meter boven NAP terwijl het winterpeil in de sloot op 1 m onder NAP ligt. Op de meeste meetpunten bestaat de bovenlaag van de bodem uit zavelig materiaal tot een diepte van ongeveer een halve meter. Daaronder ligt een halve meter zand en daaronder komen afwisselend veen-, klei- en zavellagen voor (zie Figuur 4-17).

EC's op dit perceel zijn over het algemeen laag. Onder de sloot zijn de EC's iets hoger (Figuur 4-17), maar bijna alle chlorideconcentraties liggen onder de 1000 mg Cl/l. In

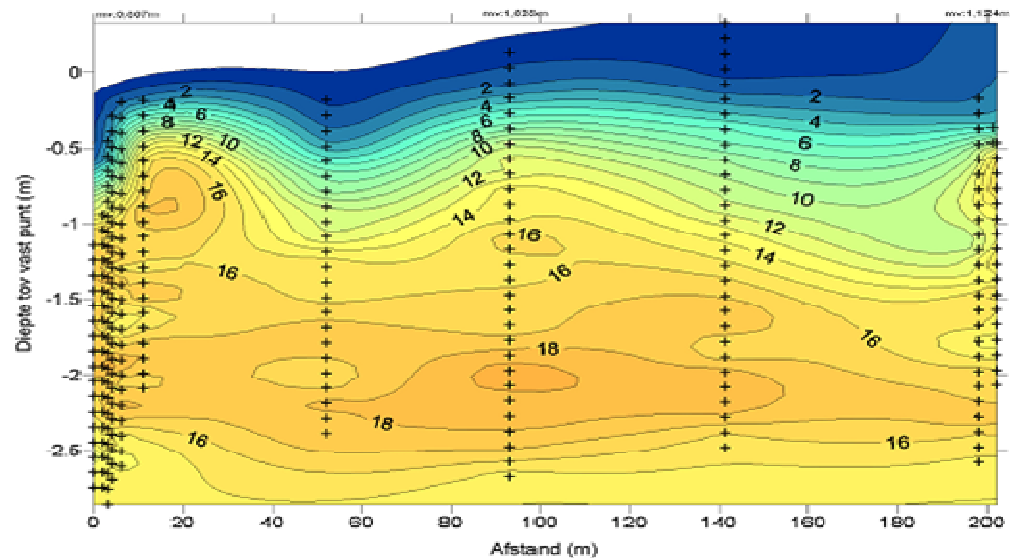
tegenstelling tot andere 'zoete' percelen is hier echter wel een duidelijke gradiënt zichtbaar. EC's lopen globaal op van 0,5 tot 2 mS/cm op de diepste meetpunten. Het verschil tussen beide trajecten is niet erg groot, maar toch is te zien dat op de drains hogere EC's gemeten worden (Figuur 4-17 en Figuur 4-18). Op het traject op de drains liggen de 500- en 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l chloride-isolijnen hoger dan in het traject tussen de drains.

Vragen naar aanleiding van deze resultaten:

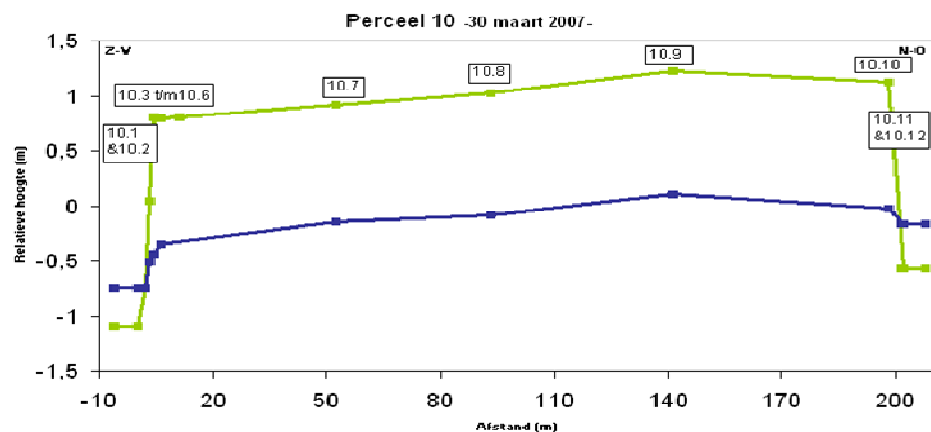
- Is er sprake van kwel naar de sloot?
- Wat is de stijghoogte in het watervoerend pakket?
- Wat is ter plaatse de chlorideconcentratie?

#### 4.10 Perceel 10

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai van 220 m tussen twee sloten. Bovendien is hier een drietal extra metingen gedaan om de invloed van de drainage op de chlorideconcentraties in het grondwater te bepalen. Deze meetpunten liggen op de drain ter hoogte van de meetpunten 10.7, 10.8 en 10.9. De drainafstand op dit perceel is ongeveer 10 m.*



a



b

Figuur 4-19: perceel 10: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

Het maaiveld ligt hier op 0,55 m onder NAP. De afstand tot de Oosterschelde bedraagt 900 m. Verder is bekend dat het perceel is overgelopen bij de watersnoodramp van 1953.

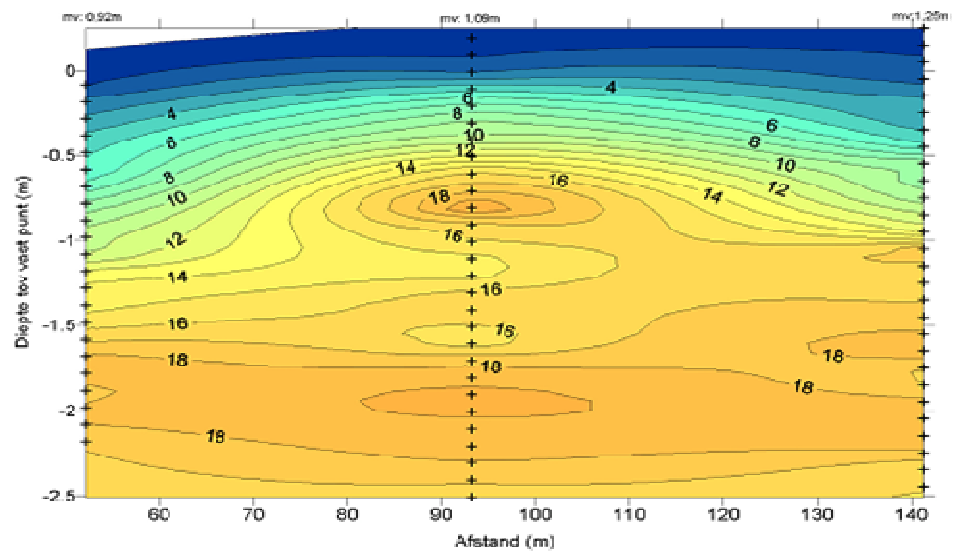
Een bodembeschrijving van dit perceel was niet mogelijk, op het perceel werd tarwe verbouwd, om eventuele schade hieraan te voorkomen kon in het groeiseizoen niet terug worden gekeerd voor een bodembeschrijving. Er zijn daarom geen



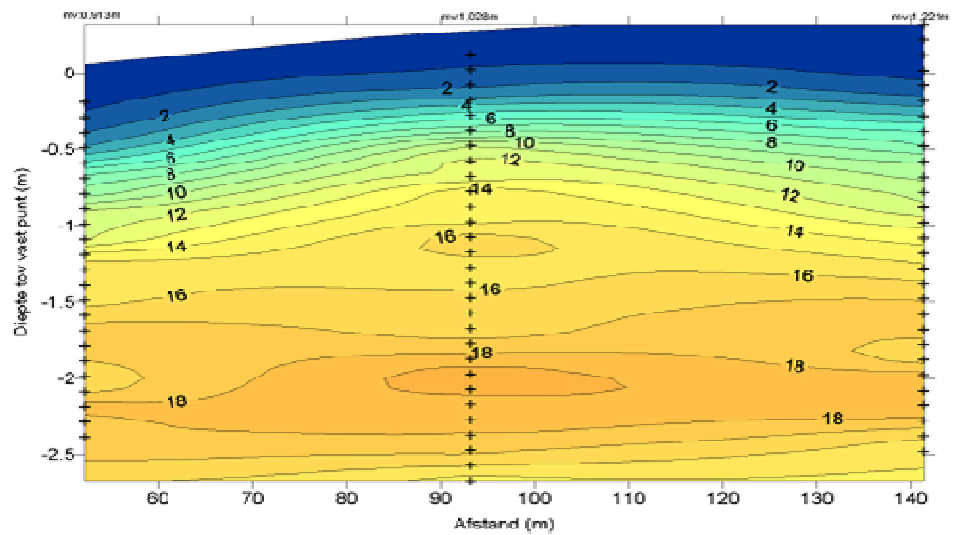
formatiefactoren vastgesteld, die nodig zijn voor het bepalen van de chlorideconcentraties in het grondwater. Voor dit perceel kunnen dan ook vooralsnog geen chloride-isolijnen worden weergegeven.

In Figuur 4-19 is te zien dat de EC's bovenin over het gehele perceel hoog zijn. Onder de sloot aan de noordoost-zijde zijn hogere EC's gemeten dan in het veld. De EC's onder de sloot aan de zuidwest-zijde, die 0,5 m lager ligt, zijn juist lager dan de EC's in het veld. Op ongeveer 95 m vanaf het beginpunt neemt de EC bovenin het profiel toe. Het hoge zoutgehalte wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het verschil tussen de stijghoogte en het winterpeil. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket ligt op 1,37 m onder NAP, dit is meer dan een meter hoger dan het winterpeil. De weerstand van de deklaag is hier relatief klein is. Een hoge kwelintensiteit is dus te verwachten. Verder is bekend dat de bovenlaag op vrijwel alle punten kleiig was. Door de grote opbolling van het maaiveld en de vrij slecht doorlatende toplaag zal het regenwater eerder aflopen in plaats van infiltreren.

In Figuur 4-20 is te zien dat de verschillen niet groot zijn, tussen het EC-profiel op de drain en tussen de drains. De EC's op de drain zijn iets hoger. Het ziet er dus naar uit dat de drain zouter grondwater aantrekt.



a

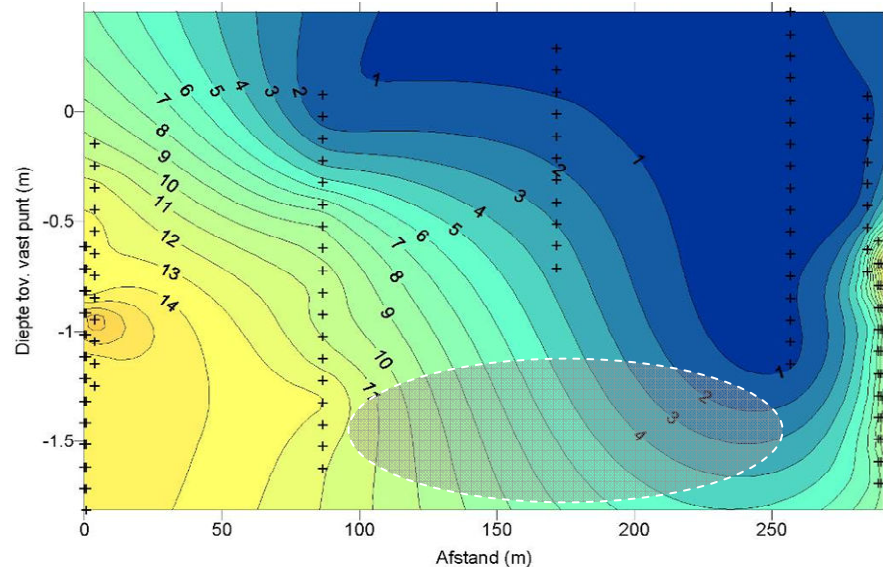


b

Figuur 4-20: perceel 10: bodemEC-profiel in mS/cm: (a) op de drains en (b) tussen de drains.

### 4.11 Perceel 11

De meetlocatie: er is gemeten in een raai van 285 m loodrecht op de drains tussen twee sloten.

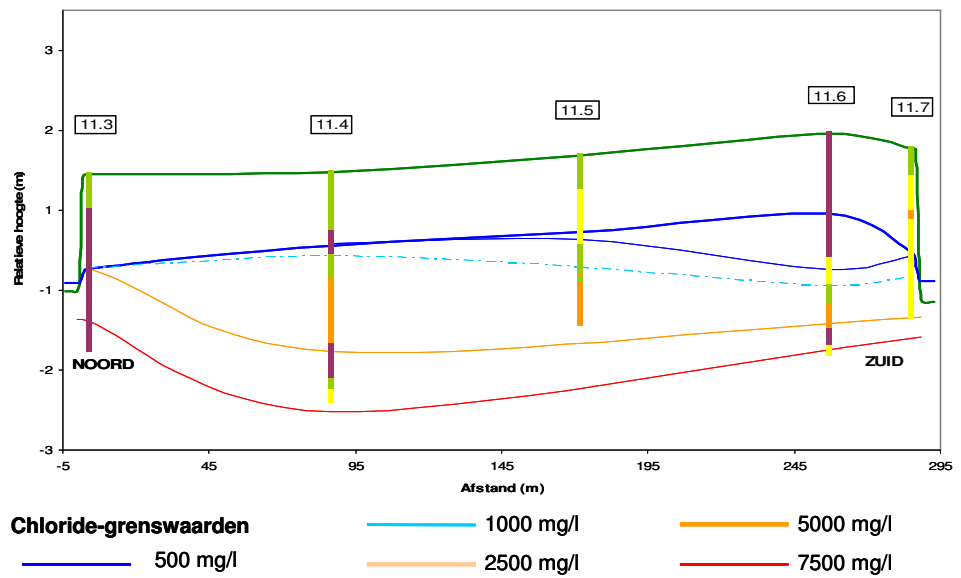


a

Noord

Zuid

#### Perceel 11



b

Figuur 4-21: perceel 11: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,5 m onder NAP. De perceelsloten hebben een winterpeil van 1,7 m onder NAP.

De bodem wordt gekenmerkt door een zavelige toplaag van een halve m dik waaronder een sterk heterogene bodem zich bevindt. Meetpunt 11.6 wijkt hier van af, de toplaag bestaat uit een m klei en het maaiveld is een halve m hoger gelegen dan de rest van het veld. Vanaf 1,5 m onder maaiveld bevindt zich een veenpakket dat binnen het perceel varieert in dikte. Opgevraagde boorgegevens

(NITG-nummer: 416-044-0004, bijlage B) bevestigen het voorkomen van een zandlaag vanaf een diepte van 2,30 m onder maaiveld.

Volgens de eigenaar van het perceel stijgt het grondwaterpeil snel na regen of veranderingen in slootpeil.

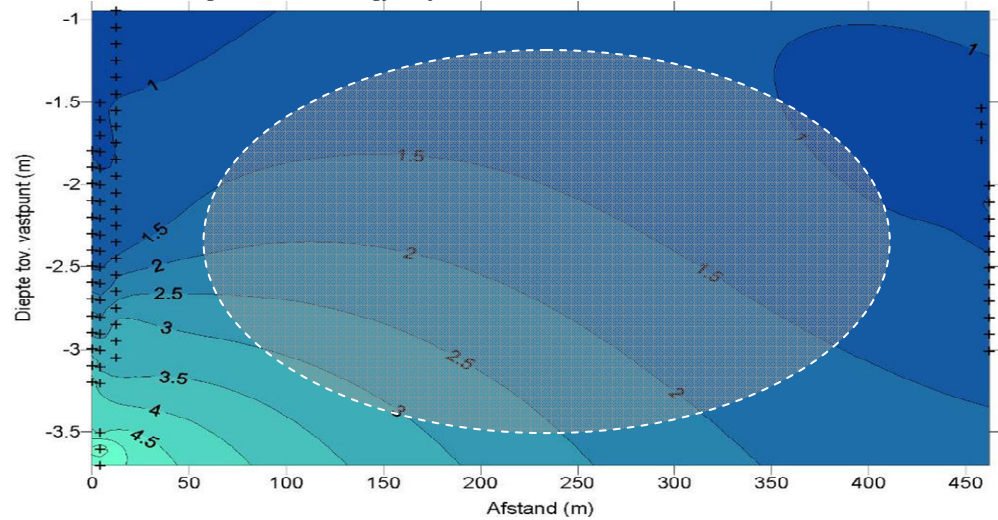
Figuur 4-21 laat zien dat op dit perceel EC's onder de sloten verschillen van EC's in het veld. De sloten trekken zoute kwel aan terwijl op het perceel tussen de sloten sprake is van een aanzienlijke gradiënt in chlorideconcentraties.

De noordelijke sloot lijkt meer invloed te hebben op chlorideconcentraties van het grondwater dan de zuidelijke sloot. Deze zuidelijke sloot lijkt een snellere maar minder brede zoute kwel op gang te brengen. Dit zou aan de zanderige ondergrond rond de zuidelijke sloot kunnen liggen.

Op meetpunt 11.6, daar waar het maaiveld het hoogste is, is de opbolling van de grondwaterstand het grootst (zie Figuur 4-21). Op dit meetpunt van het veld is een regenwaterlens waargenomen. De aanwezigheid van een slecht doorlatende kleilaag zou een reden kunnen zijn dat juist hier de regenwaterlens wordt waargenomen terwijl aan de noordkant van het perceel deze niet of nauwelijks waar te nemen is.

#### 4.12 Perceel 12

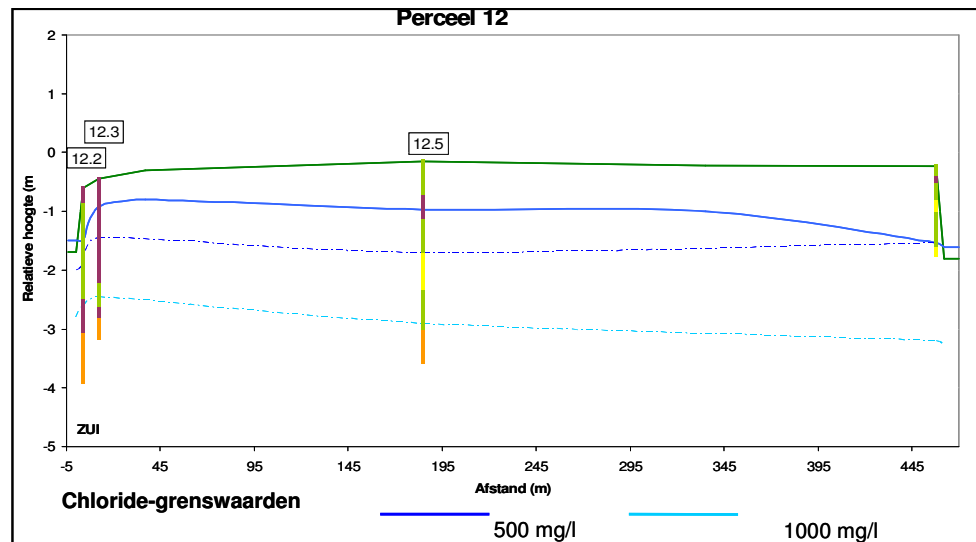
*De meetlocatie: het perceel is van sloot tot sloot bemeten. De afstand tussen de sloten is circa 460 m. Door de perceelsgrootte was het niet mogelijk alle acht meetpunten te prikken waardoor op meetpunt 12.4, 12.5 en 12.6 alleen de grondwaterstand en de EC van het bovenste grondwaterlaagje zijn bemeten.*



a

Zuid

Noord



b

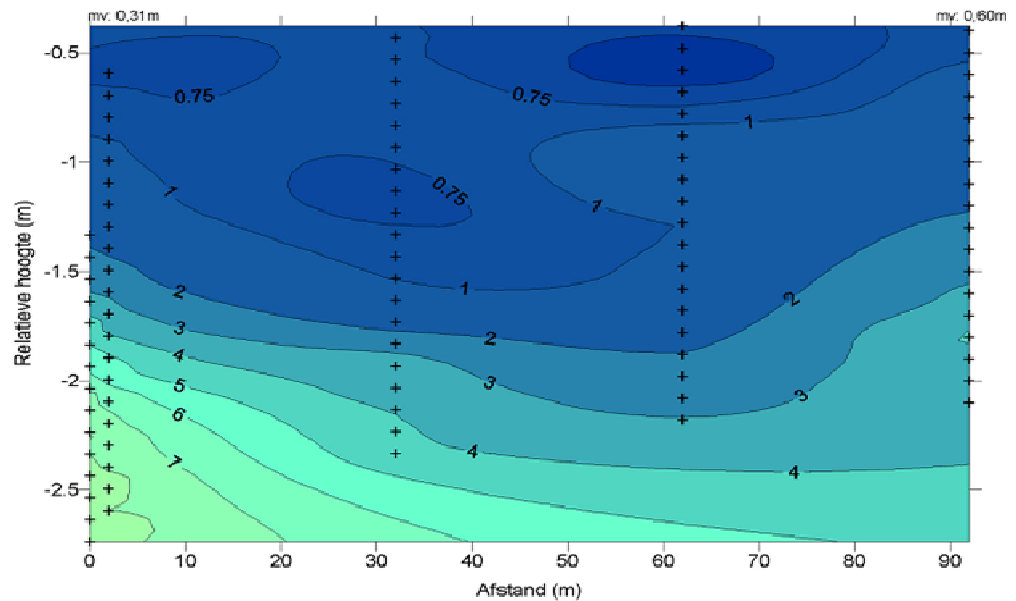
Figuur 4-22: perceel 12: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

Het maaiveld ligt op 0,8 m boven NAP. In 1986 is op het perceel begonnen met fruitteelt, daarvoor werd de grond gebruikt voor akkerbouw. De eigenaar geeft aan weinig tot geen last te hebben van zout in de bodem; wel zou hij willen kunnen beregenen bij langdurige droogte. Dit is niet mogelijk door te hoge zoutgehalten in het

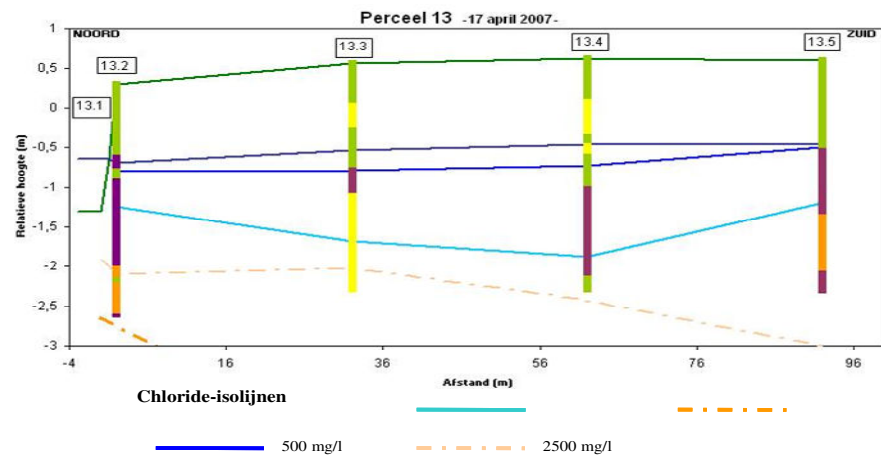
oppervlaktewater. Tijdens de meetdag had het oppervlaktewater een EC van 2 mS/cm. De EC in de bovenste 2,5 m van het profiel is vrij constant (Figuur 4-22). De EC aan de zuidkant van het perceel is hoger dan aan de noordkant. Er zijn op dit perceel geen chlorideconcentraties hoger dan 2500 mg Cl/l gevonden.

#### 4.13 Perceel 13

*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai tussen twee drains tot op een afstand van 90 m in het veld. Bovendien is hier een tweetal extra metingen gedaan om de invloed van de drainage op de chlorideconcentraties te bepalen. Deze meetpunten liggen ter hoogte van meetpunt 13.2 en 13.3 en zijn op de drain gemeten. De afstand tussen de drains is 6 m.*



a



b

Figuur 4-23: perceel 13: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

Het maaveld ligt hier rond NAP. De afstand tot de Westerschelde bedraagt 1800 m. Het perceel ligt op het nieuwland dat is ontstaan rond 1250 na Chr. Ook is bekend dat het perceel in een poel- of jong schorgebied ligt.

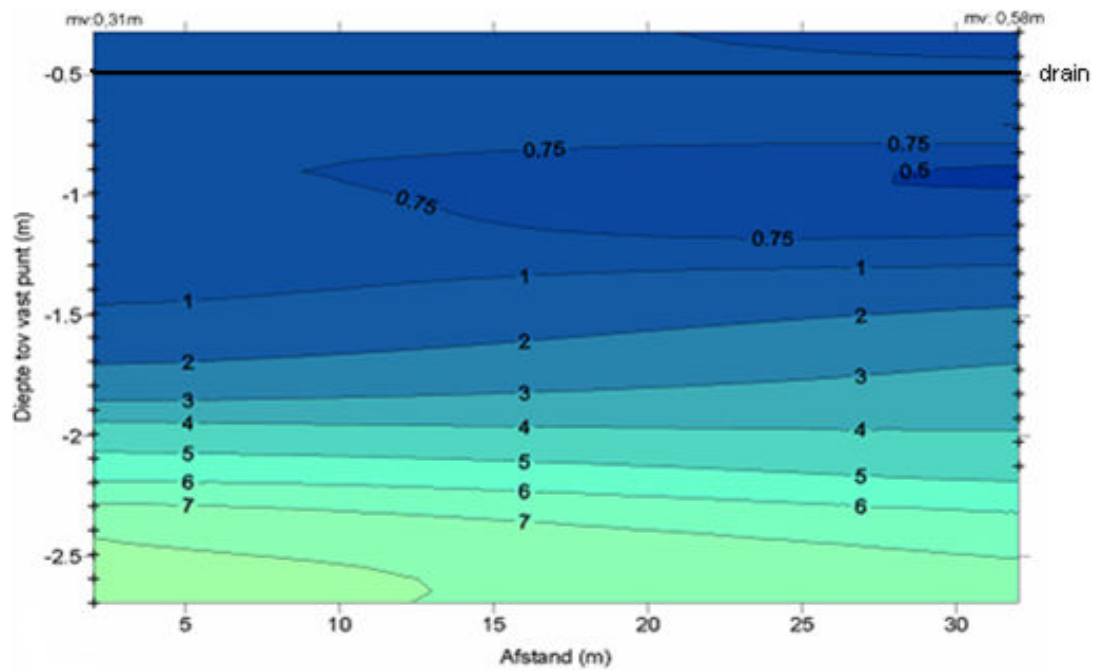
Op alle meetpunten bestaat de bovenlaag uit een zavelig materiaal tot een diepte van bijna één meter onder maaiveld. Daaronder wordt de bodemopbouw heterogener en komen afwisselend klei-, veen- en zavelagen voor. Alleen bij 13.3 is zand gevonden vanaf 1,6 m onder maaiveld.

In Figuur 4-23 is te zien dat de EC's onder de sloot hoger zijn dan de EC's in het veld, alleen onder de sloot zijn chlorideconcentraties tot 5000 mg Cl/l gemeten. Bij de sloot zal dus sprake zijn van kwel.

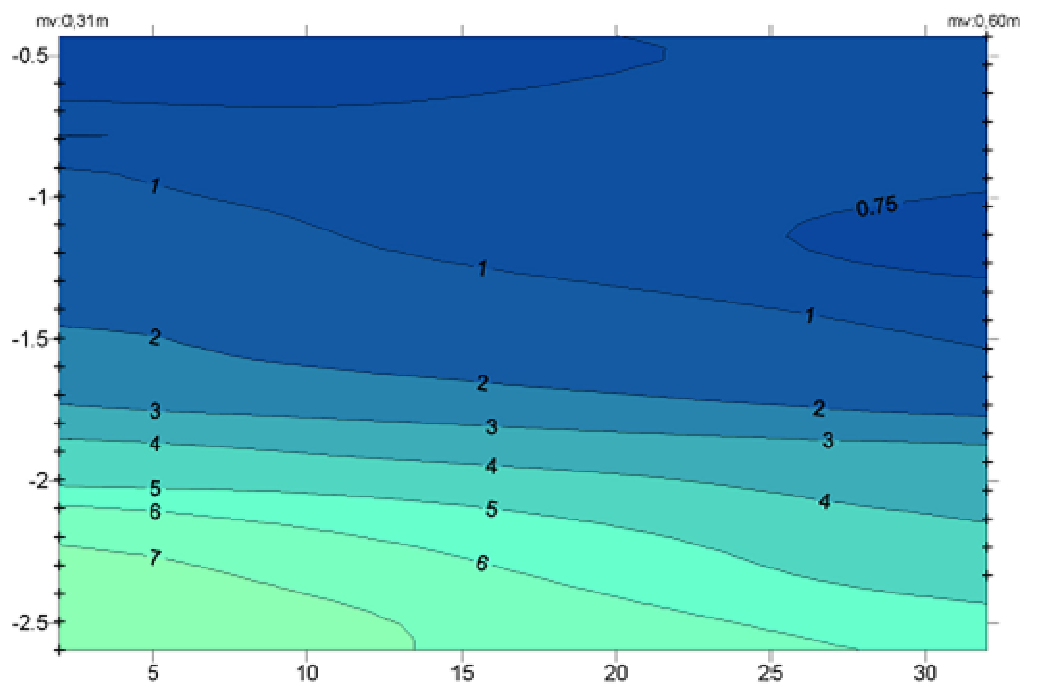
De stijghoogte van het watervoerend pakket van dit perceel ligt op -0,70 m NAP en het zomerpeil op -1,4 m NAP. De stijghoogte komt in de zomer dus boven het slootpeil uit. De deklaag is bij de sloot niet dik, zodat de weerstand klein zal zijn. Hiermee is sterke zoute kwel rond de sloot te verklaren.

Over de invloed van de drain op de zoet-zout verdeling valt niet veel te zeggen. Van te voren werd aangenomen dat drains zout grondwater aantrekken maar dit komt hier niet duidelijk naar voren (Figuur 4-24).





a

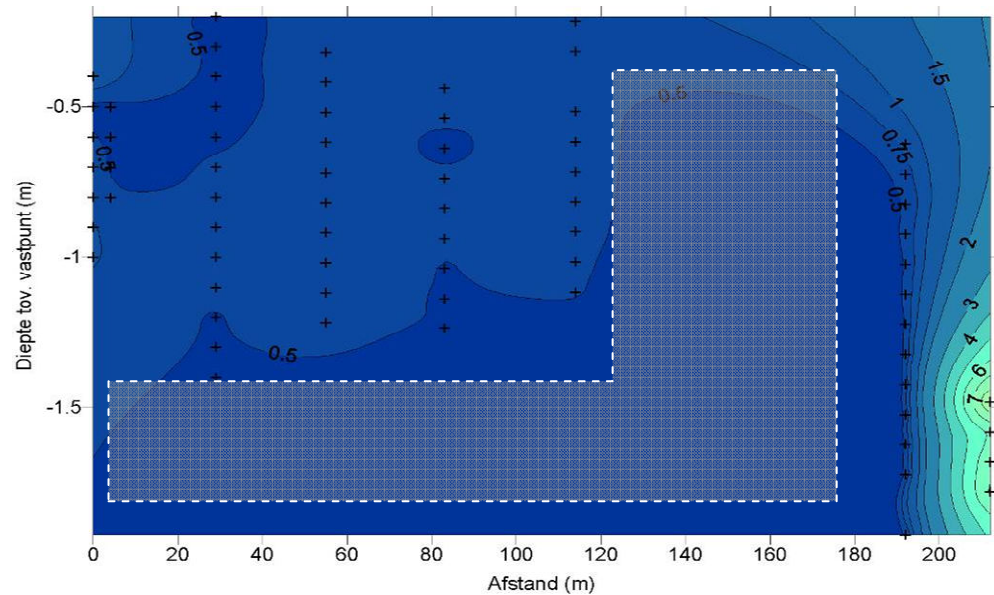


b

Figuur 4-24: perceel 13: bodemEC-profiel in mS/cm: (a) op de drains en (b) tussen de drains.

#### 4.14 Perceel 14

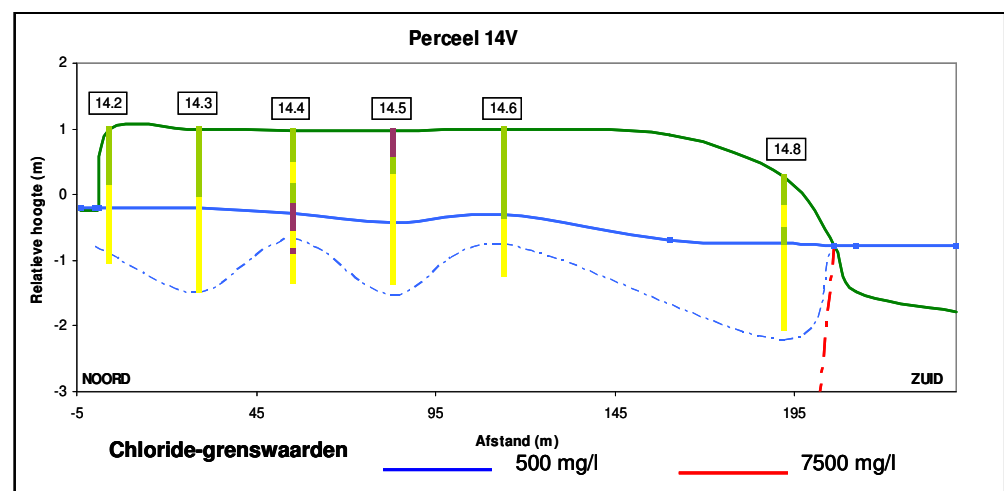
*De meetlocatie: er is gemeten in een raai diagonaal over het veld, van de perceelsloot naar het Veerse Meer. Er is diagonaal gemeten omdat dwars door het veld een oude kreek loopt. In de kreek is een meting gedaan. Het eerste meetpunt ligt in de sloot en het laatste meetpunt ligt in het Veerse Meer. Dit perceel ligt buitendijks en wordt aan de zuidkant begrensd door het Veerse Meer.*



a

Noord

Zuid



b

Figuur 4-25: perceel 14: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

Er is veel te doen over het peilbeheer van het Veerse Meer (WLDelft Hydraulics, 2006). Momenteel wordt voor zomer en winter respectievelijk 0,1 m en 0,6 m onder

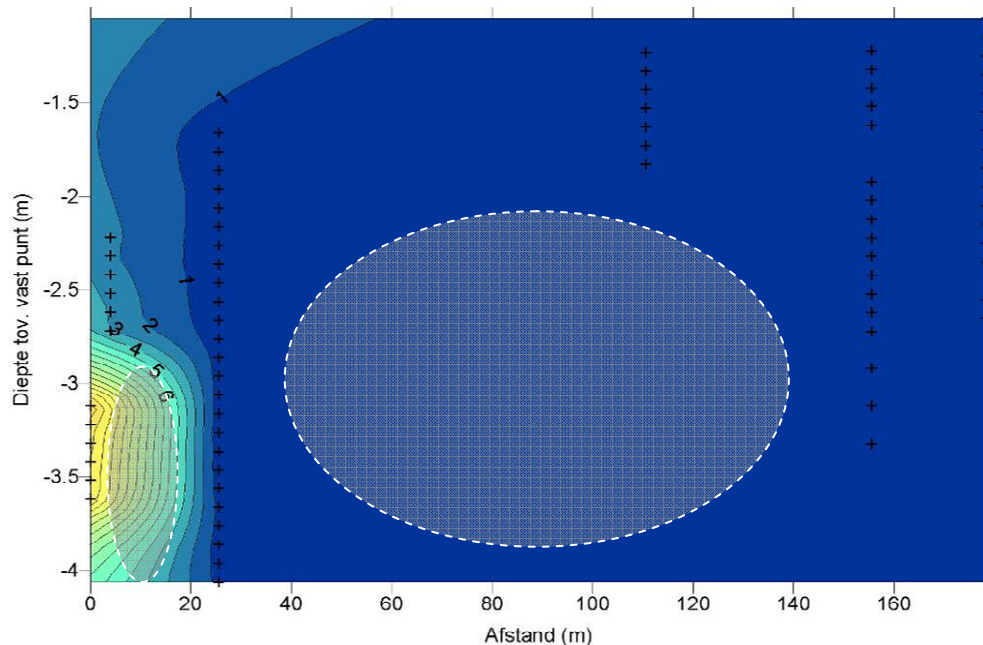
NAP als streefpeil aangehouden. Het water in het Veerse Meer is brak tot licht zout. Momenteel is er het voornemen een hoger winterstreefpeil in te voeren, variërend van 0,1 m tot 0,3 m onder NAP, hetgeen tot gevolg zou hebben dat het oppervlaktewater minder zout wordt. Vanuit de agrarische sector is veel bezwaar gekomen tegen deze voorgenomen peilveranderingen. Gevreesd werd voor een stagnatie van regenwaterafvoer in de winter en een verslechtering van de bewerkbaarheid van de grond. Ook zou de verzilting van het grondwater in de nabije omgeving in de hand kunnen worden gewerkt.

Het peil in de perceelsloot ligt ruim een halve m boven het peil van het Veerse Meer. Maaiveld en grondwaterstand liggen boven NAP. De bodem is zeer zandig, maar met name in en naast de kreek bevinden zich een aantal kleiige laagjes.

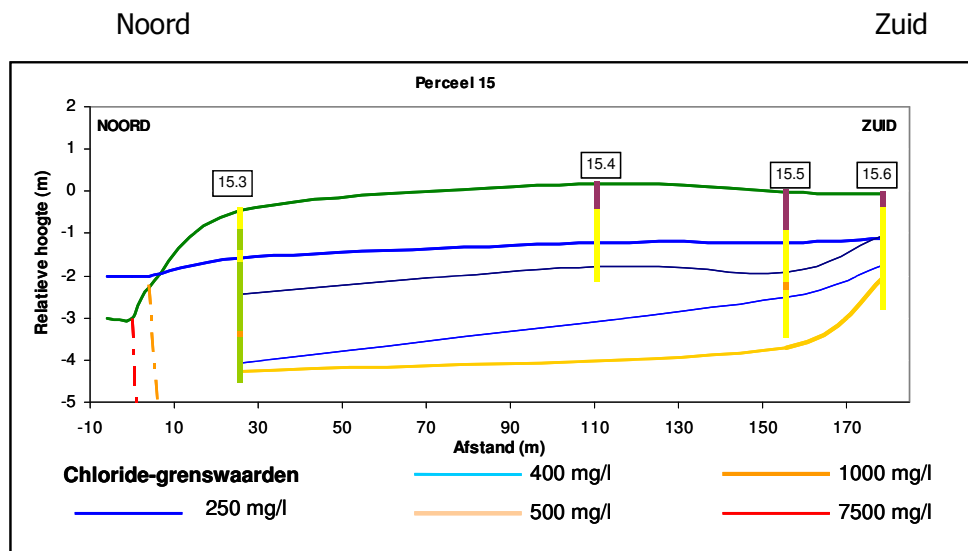
Ruimtelijk zijn op dit perceel erg weinig verschillen in EC's en chlorideconcentraties (zie Figuur 4-25). Over het hele perceel liggen de chlorideconcentraties tussen de 300 en 650 mg Cl/l. Er zijn geen significante verschillen zichtbaar tussen meetpunten in de kreek en buiten de kreek. Er is nauwelijks een gradiënt in de diepte aanwezig op de meetpunten. Vermoedelijk is dit perceel tot op grote diepte zoet/brak omdat door de hoge grondwaterstand geen kwel plaatsvindt. Ook het meetpunt direct naast het Veerse Meer (op zo'n 15 m afstand) is over de gemeten diepte brak.

4.15 Perceel 15

De meetlocatie: het perceel is bemeten vanaf de sloot tot ongeveer 180 m het veld in. De raai is uitgezet tussen twee drainagebuizen in met een onderlinge afstand van 13 m.



a



b

Figuur 4-26: perceel 15: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

Het maaiveld heeft een gemiddelde hoogte van 1,1 m boven NAP en het winter- en zomerpeil is respectievelijk 1,0 m en 0,7 m onder NAP. De sloot waarin de eerste twee meetpunten staan was in het verleden een kreek, nu is de kreek gekanaliseerd. De

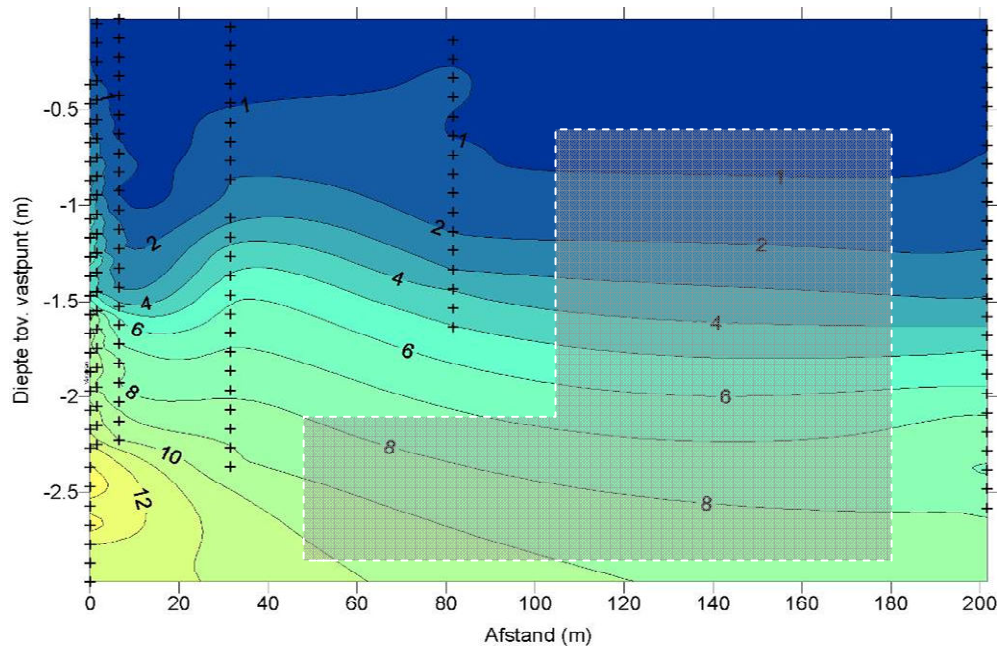
verhoging in het maaiveld ten zuiden van de sloot is de kreekrug. De eigenaar van het perceel vertelde over een locatie in het perceel waar zoetwater opkwelt. Deze locatie is te herkennen aan de laagte in het maaiveld en ligt net ten zuiden van de oude kreekrug. De sloot aan de noordzijde is veel zouter is dan de rest van het veld. De chlorideconcentraties in de sloot zijn een factor 10 hoger dan in het drainage- en boorgatwater. Ook in Figuur 4-26 is te zien dat onder de sloot de chlorideconcentraties het hoogst zijn, hoger dan 7500 mg Cl<sup>-</sup>/l. Niet ver hiervan, vlakbij de kant, ligt de grens tussen landbouwkundig zoet en brak grondwater (1000 mg Cl<sup>-</sup>/l). Verder zijn in het veld de zoutconcentraties vrij constant en relatief laag, de EC komt niet boven de 1 mS/cm.

Aanbevelingen naar aanleiding van deze resultaten:

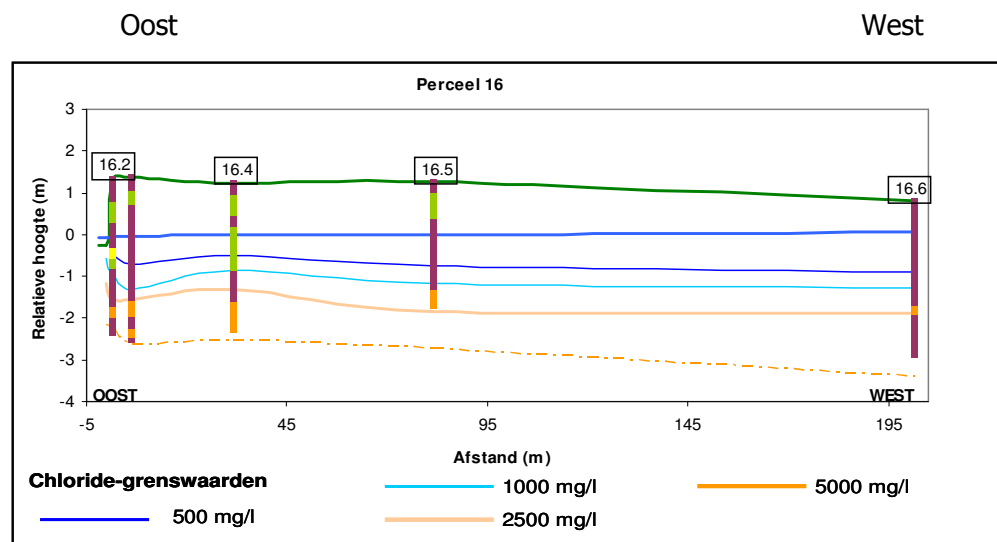
- Het meettraject verlengen zodat ook achter de locatie waar zoet water opkwelt nog een aantal meetpunten liggen. Hierdoor zal deze locatie beter herkenbaar worden.
- Meer meten nabij de sloot (eerste 20 m) zodat de overgang van zoet naar zout in het veld beter zichtbaar wordt.

**4.16 Perceel 16**

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai vanuit de perceelsloot, tussen twee drains in, tot op een afstand van 200 m in het veld. Het perceel ligt op een nieuwanland, deels op een kreekkrug en deels in een poel- of jong schorgebied. De afstand tot de Oosterschelde bedraagt ongeveer 1300 m.*



a



b

Figuur 4-27: perceel 16: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 24 januari 2007).

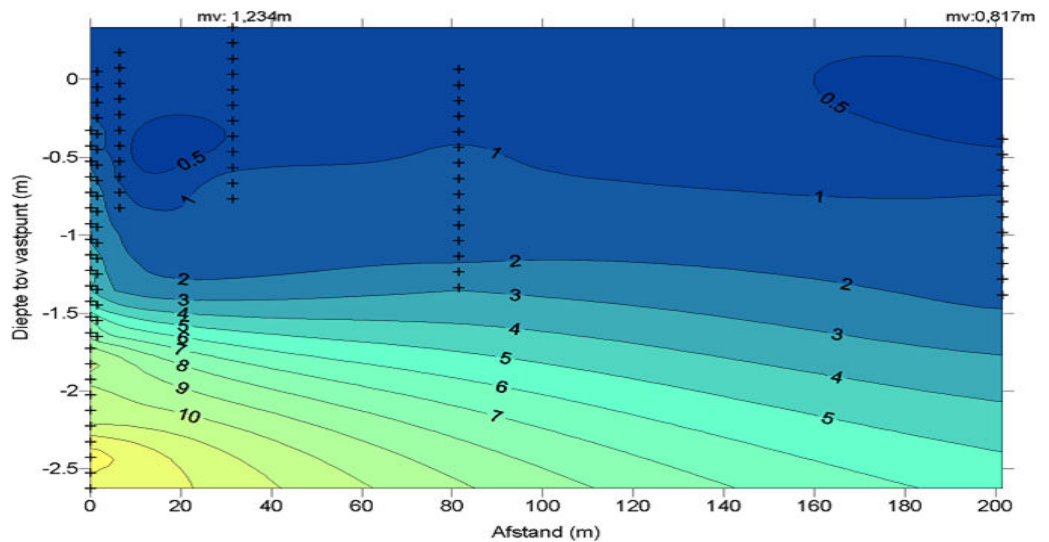
Het maaienveld van dit perceel ligt bijna een m boven NAP terwijl het winterpeil in de perceelsloten ongeveer 0,6 m onder NAP ligt. De bodem is zeer homogeen. De

bovenste laag bestaat uit zeer ondoorlatende zware klei. Ook onder deze toplaag is de bodem sterk kleiig, tot op een diepte van zo'n 2,5 m. Hier begint een veenlaag die na ongeveer een halve m weer overgaat in klei. Vanaf een diepte van 5,3 tot 7,3 m onder maaiveld bevindt zich een laag uiterst fijn zand (NITG-nummer: B48E0155 & NITG-nummer 394-042-0004).

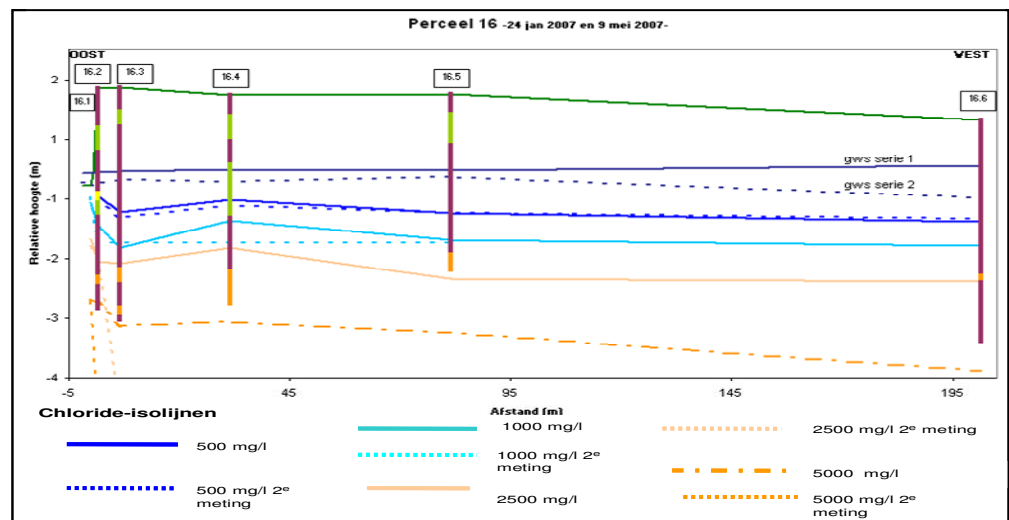
Op alle meetpunten in dit perceel is een EC-gradiënt zichtbaar in de diepte. EC's nemen toe met de diepte van lager dan 1 tot meer dan 10 mS/cm. De chloride-isolijnen lopen nagenoeg horizontaal. Onder de sloot worden echter wel duidelijk hogere EC's gemeten. Er is duidelijk sprake van kwel naar de perceelsloot.

### De tweede meetcampagne op perceel 16

*Dit perceel is interessant voor nader onderzoek omdat er een brakke regenwaterlens voorkomt. Daarbij is bijzonder dat het grondwater erg geleidelijk en over de hele lengte van het perceel zouter wordt tot 5000 mg Cl/l op een diepte van ongeveer 2,5 á 3 m onder de grondwaterstand. Meten met de prikstok is op dit perceel makkelijk vanwege de zachte kleiige ondergrond. Daardoor kunnen er veel metingen gedaan worden en kan het verloop van zoet naar brak en zout grondwater goed in beeld gebracht worden. Dit perceel is ook interessant vanwege de sterke zoute kwel naar de sloot*



a



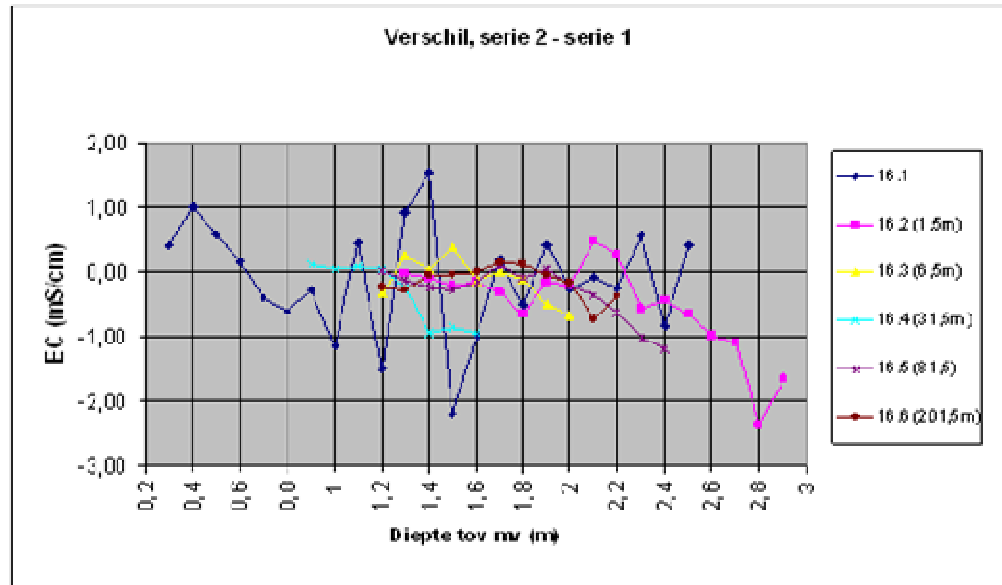
b

Figuur 4-28: perceel 16: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen (meetdatum is op 9 mei 2007).

De hoogste EC's zijn gemeten bij meetpunt 16.1 en 16.2. Op alle meetpunten in dit perceel is een mooie gradiënt zichtbaar in de diepte. Onder de sloot worden duidelijk veel hogere EC's gemeten; er is sprake van zoute kwel naar de perceelsloot. Bij de tweede meetcampagne lopen de chlorideconcentraties op tot 6200 mg Cl/l.



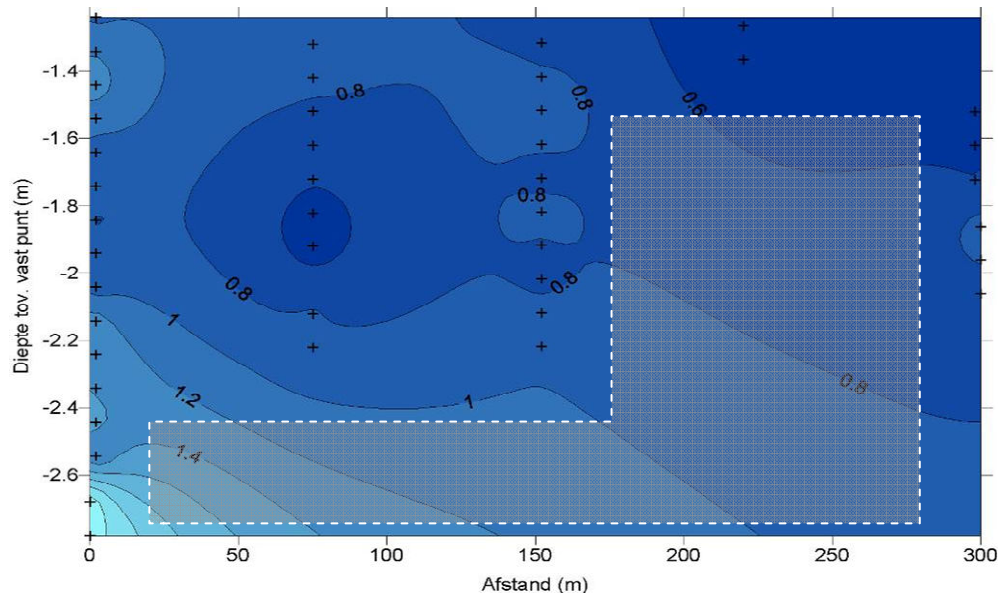
De EC's gemeten tijdens de tweede meetcampagne verschillen niet veel van die gemeten in de eerste (Figuur 4-29). De perceelsloot heeft een zomerpeil van 0,6 m onder NAP, deze is gelijk aan het zomerpeil. Vandaar dat er nauwelijks verschillen zullen zijn in de kwelflux naar de sloot.



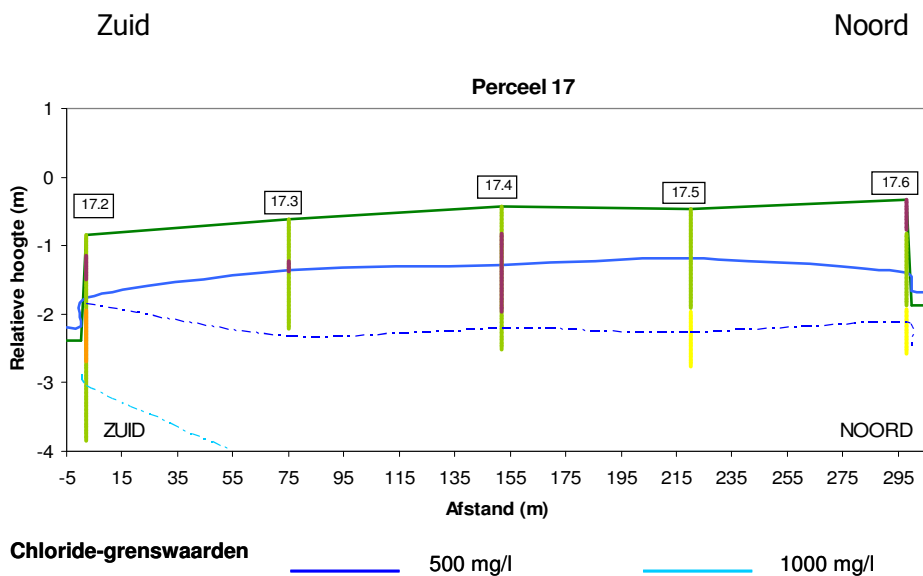
Figuur 4-29: EC-verschil tussen meting op 24 januari 2007 en meting op 9 mei 2007 op perceel 16.

4.17 Perceel 17

De meetlocatie: er is op dit perceel gemeten in een raai loodrecht op de drains en loodrecht op de sloot. De bemeten raai loopt van sloot tot sloot en is 370 m lang.



a



b

Figuur 4-30: perceel 17: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

De afstand tot het Veerse Meer en de Noordzee bedraagt 2000 en 1500 m respectievelijk. Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,9 m boven NAP. Het winterpeil is 0,7 m onder NAP. De bodem wordt gekenmerkt door zware zavel en klei tot ongeveer een m onder maaiveld. Daaronder wordt de bodem heterogener. In het

zuiden van het perceel is een 75 cm dik veenpakket gevonden met daaronder een laag matige tot zware zavel. In het noordelijke deel van het perceel bevindt zich grover materiaal (lichte zavel tot zand). Het perceel ligt op de grens van een jongere polder. De dijk die de 300 jaar oude polder (zuid) van de jongere (noord) splitste liep ongeveer onder de Boshoekeweg (bijlage A).

Figuur 4-30 laat zien dat op het perceel de EC onder de zuidelijke sloot het hoogst is. De zuidelijke sloot trekt zoute kwel aan. Op het veld tussen de sloten is sprake van een gradiënt van brak naar zout in de diepte. In de zuidelijke sloot is geprikt tot een diepte van 2 m onder waterpeil terwijl de noordelijke slootbodemplaat na een halve meter voor de prikstok ondoordringbaar werd door de aanwezigheid van zand. De noordelijke sloot kent een slootpeil dat 0,5 m hoger ligt dan de zuidelijke sloot. Het grondwater is tot een halve meter onder waterpeil niet zout maar brak.

#### 4.18 Perceel 18

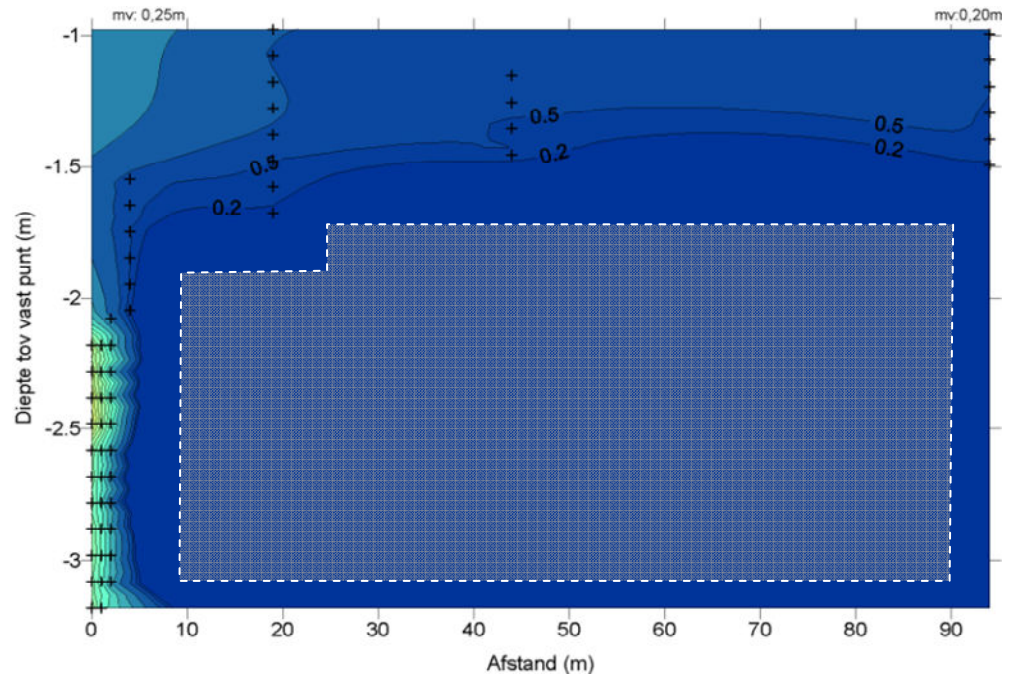
*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai 69 m in het veld. Het perceel ligt op het nieuwland, deels op een kreekrug en deels in een poel- of jong schorgebied. De afstand tot de Oosterschelde bedraagt 750 m.*

Het maaiveld ligt hier op ongeveer 1,6 m boven NAP. De bodemopbouw is zeer homogeen, de bovenlaag, tot ongeveer 0,5 m onder maaiveld, bestaat uit een zavelig materiaal. Daaronder ligt een pakket zand. Dit materiaal bood zoveel weerstand tegen het prikken dat per meetpunt te weinig metingen zijn gedaan om profielen van te maken. De eigenaar zegt geen last te hebben van zout grondwater. De chlorideconcentraties liggen tussen 220 en 320 mg Cl/l; de chlorideconcentraties onder de sloot zijn niet veel hoger dan in het veld. Het slootwater zelf bevat 540 mg Cl/l.

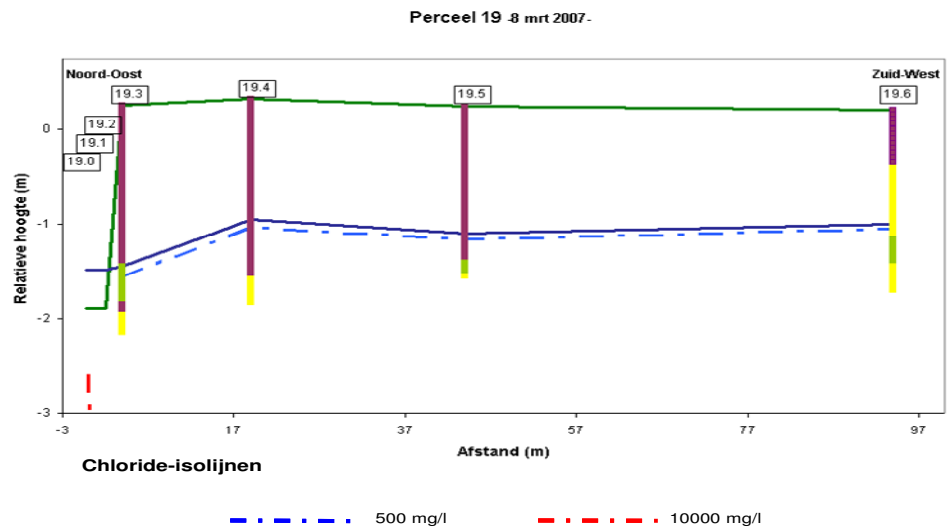
Uit de meetresultaten blijkt dat geen sprake is van zoute kwel op dit perceel, niet in het veld en niet bij de sloot. Het slootpeil, 0,2 m onder NAP, ligt lager dan de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket, 0,18 m boven NAP. Er zou dus wel kwel op kunnen treden richting de sloot. Echter, het perceel ligt deels op een kreekrug. Kreekruggen liggen hoog ten opzichte van hun omgeving en zijn zandig. Het regenwater kan dus goed infiltreren, en wegstromen naar de omgeving en de sloot. Bij de sloot kan het regenwater de zoute kwel, dat uit het diepere grondwater systeem afkomstig is, wegdrücken. Bij gebrek aan meetgegevens valt niets te zeggen over verschillen in chlorideconcentraties op de kreekrug en in het poel- of jonge schorgebied.

### 4.19 Perceel 19

*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai 94 m loodrecht op de sloot. De afstand tot de Noordzee bedraagt 1000 m. Het perceel ligt op het nieuwland, op een kreekrug.*



a



b

Figuur 4-31: perceel 19: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 8 maart 2007).

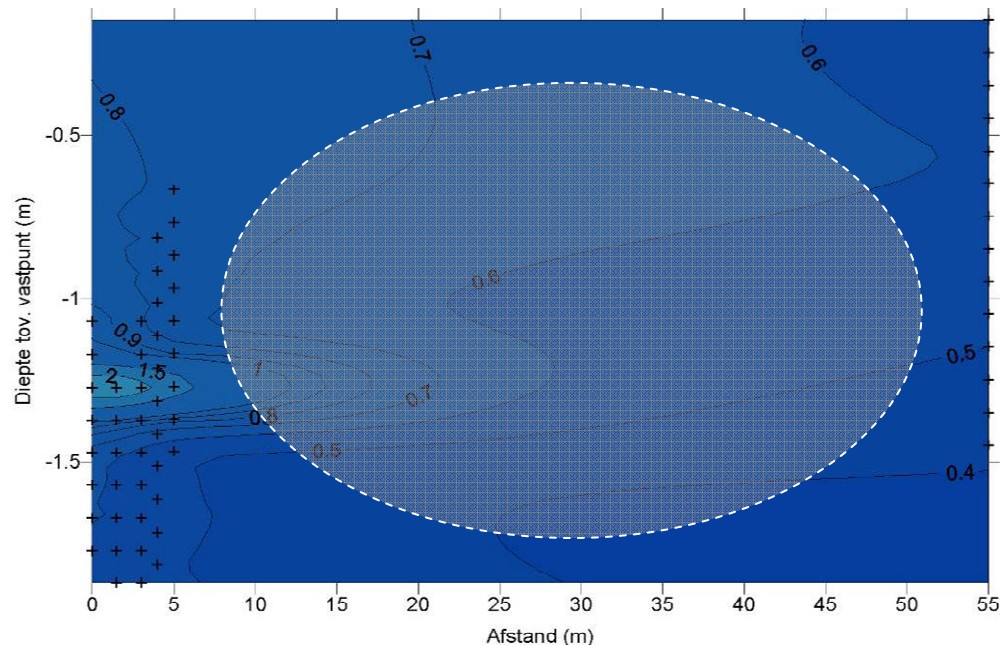
Het maaiveld ligt hier op ongeveer 1,9 m boven NAP. Het winterpeil ligt op 0,9 m onder NAP en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket ligt op 0,03 m onder NAP. De bovenlaag bestaat uit een kleilaag, daarna komen afwisselend zand en zavellagen voor.

Figuur 4-31 laat zien dat chlorideconcentraties sterk oplopen bij de sloot, tot meer dan 10.000 mg Cl/l. Dit wijst op een sterke kwelflux richting de sloot. De bodem-EC in het veld is vrij constant en komt niet boven de 1,1 mS/cm.

De EC's variëren in de sloot tussen maximaal 26,5 mS/cm in het midden van de sloot en 2,3 mS/cm op het talud. Dit komt waarschijnlijk door het 'zoete' water dat uit het perceel stroomt. Op het perceel infiltreert relatief veel regenwater omdat het perceel op een kreekrug ligt. Het zoute grondwater onder de sloot wordt zo aan de perceelzijde weggeduwd door dit 'zoete' water.

#### 4.20 Perceel 20

*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai vanuit de (brede) perceelsloot tussen twee drains in tot op 55 m in het veld. Omdat het water in de sloot erg zout is, is in de sloot intensief gemeten. Vijf van de zes meetpunten liggen in of nabij de sloot.*



Figuur 4-32: perceel 20: bodemEC-profiel in mS/cm.

De bodemopbouw is vrij homogeen. De bovenlaag wordt gevormd door een laag zavel tot ongeveer 2 m onder maaiveld. Daaronder ligt zand. Het maaiveld ligt ongeveer op 1 m boven NAP; het winterpeil in de sloot ligt op 1 m onder NAP.

De EC in de sloot is 40,4 mS/cm, omgerekend 11.000 mg Cl /l. De prikstokmetingen in de sloot maken echter duidelijk dat het hoge zoutgehalte in deze sloot niet veroorzaakt wordt door kwel op dit perceel. Figuur 4-32 laat zien dat direct onder de sloot al EC's worden gemeten die ongeveer 20 keer lager liggen. Het zoute water in de sloot heeft dus nauwelijks gevolgen voor het grondwater onder de sloot. Er vindt dus geen infiltratie plaats. Wanneer op dit perceel sprake is van kwel gaat het hier om zoete kwel. Dit is bijzonder omdat het perceel slechts 500 m verwijderd is van de zoute Oosterschelde.

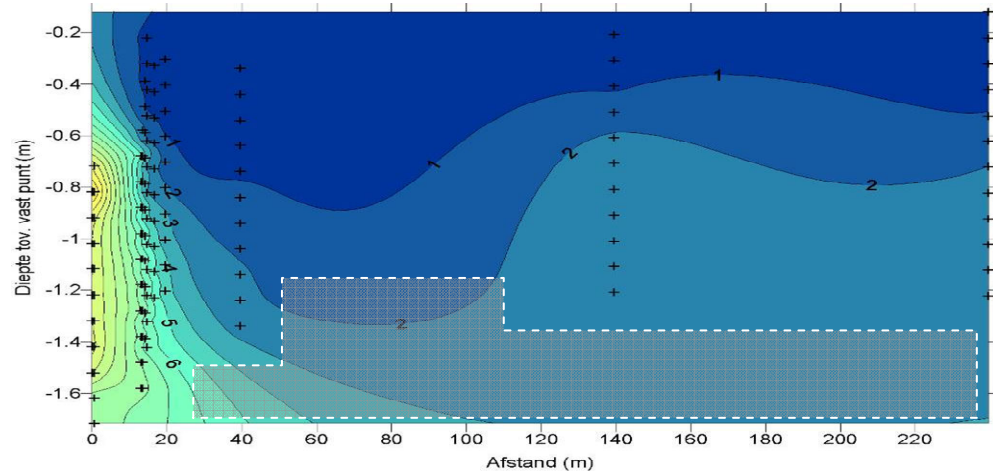
Ook in het veld is het grondwater niet zout maar 'slechts' brak. Een gradiënt in de diepte is ook nauwelijks aanwezig. Dit doet vermoeden dat in diepere lagen het grondwater ook nog zoet tot brak is.

Vraag naar aanleiding van deze resultaten:

- Waar komt het zout in het oppervlaktewater vandaan? (Figuur 2-4: chlorideconcentratie oppervlaktewater november 2002)

#### 4.21 Perceel 21

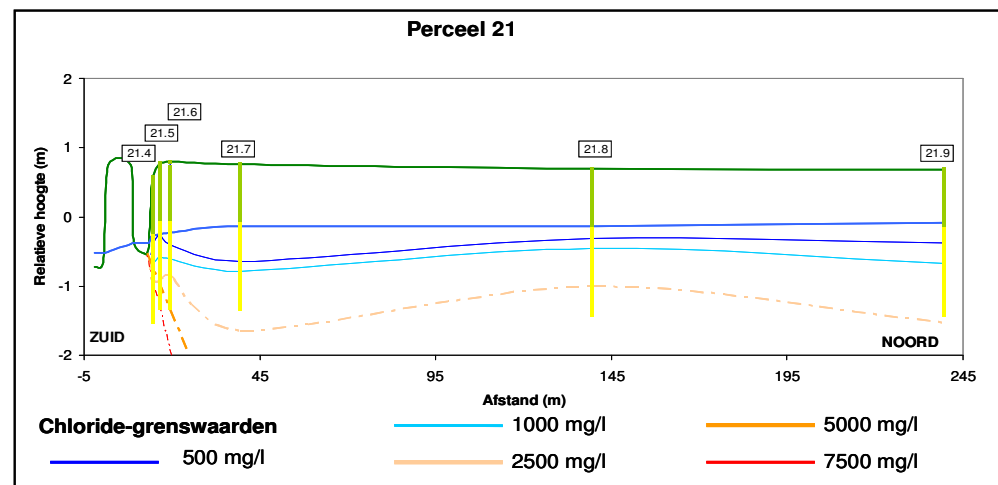
De meetlocatie: er is op dit perceel gemeten in een raai loodrecht op de drains en loodrecht op de sloot. Omdat het perceel meer dan 500 m breed is, is besloten tot het midden van het veld te meten. De afstand tot de zee is hier gering, vanaf de bemeeten sloot 540 m.



a

Zuid

Noord



b

Figuur 4-33: perceel 21: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isolijnen.

Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 0,75 m boven NAP en de perceelsloten hebben een winterpeil van 1,2 m onder NAP. Het slootpeil in de sloot aan de overzijde van de weg bleek 14 cm lager te liggen dan de sloot van waaruit gemeten is.

De bodem is zeer homogeen. Over het hele veld is een zavelige toplaag van ongeveer een 80 centimeter dik aanwezig. Daaronder bevindt zich het watervoerend pakket dat bestaat uit lichte zavel en zand. Op 2,5 m onder maaiveld wordt het watervoerend pakket zo grof dat meten met de prikstok niet meer mogelijk is.

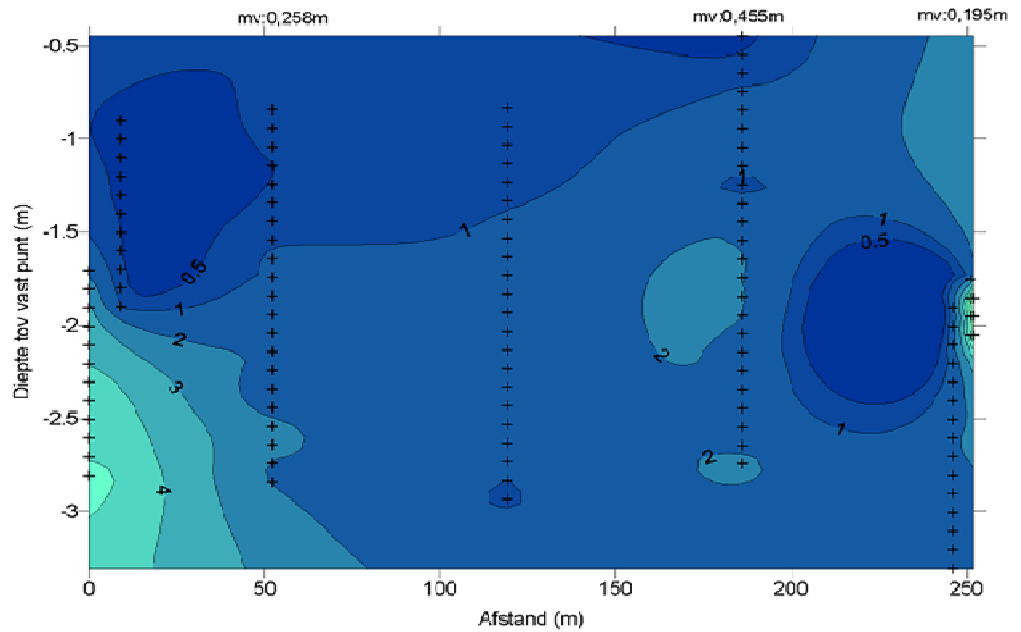


Figuur 4-33 laat zien dat EC's onder de sloot verschillen van EC's in het veld. Chlorideconcentraties variëren van 300 mg Cl<sup>-</sup>/l naar 10.000 mg Cl<sup>-</sup>/l. De sloot trekt zoute kwel aan terwijl op het veld tussen de sloten sprake is van een aanzienlijke gradiënt in chlorideconcentraties.

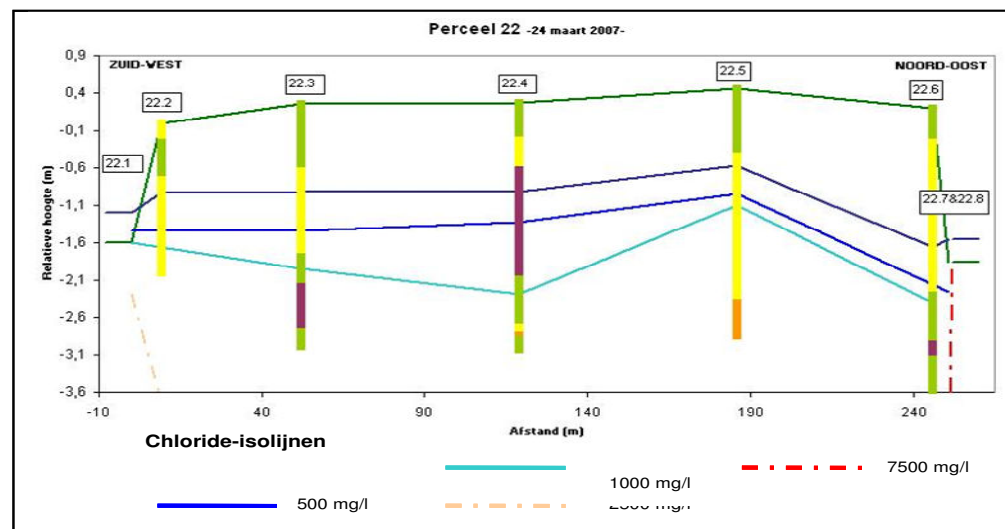
Onder de sloot zijn hoge chlorideconcentraties gemeten; de kwel heeft een hoge chlorideconcentratie. Dit wordt ondersteund door de sterke EC-gradient in het slootwater: aan het wateroppervlak is een EC gemeten van 6,9 mS/cm terwijl de EC nabij de bodem 27,3 mS/cm bedraagt. Het is waarschijnlijk dat op deze locatie in het verleden zout oppervlaktewater de ondergrond is binnengedrongen, kijkend naar de geomorfologische ontwikkeling van het gebied de laatste duizend jaar (zie o.a. Figuur 2-5).

## 4.22 Perceel 22

*De meetlocatie: er is gemeten in een raai van sloot naar sloot. De afstand van het midden van de zuidelijke sloot naar het midden van de noordelijke sloot bedraagt 252 m. Het perceel ligt op het nieuwland, in een poel- of jong schorgebied. Het gebied is ondergelopen in 1953. De afstand tot de Oosterschelde bedraagt ongeveer 1190 m.*



a



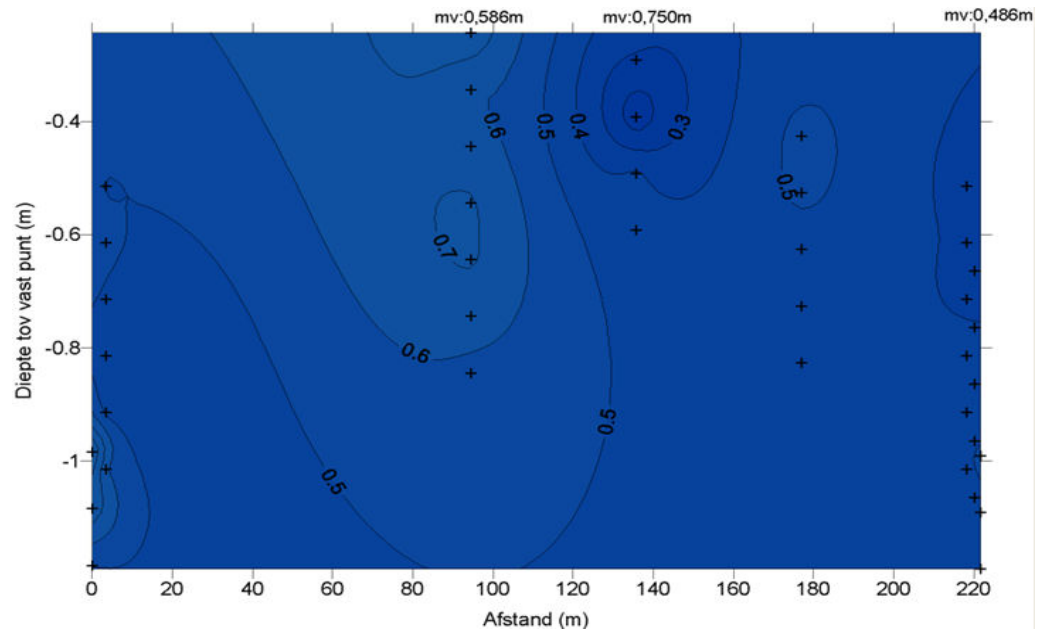
b

Figuur 4-34: perceel 22: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

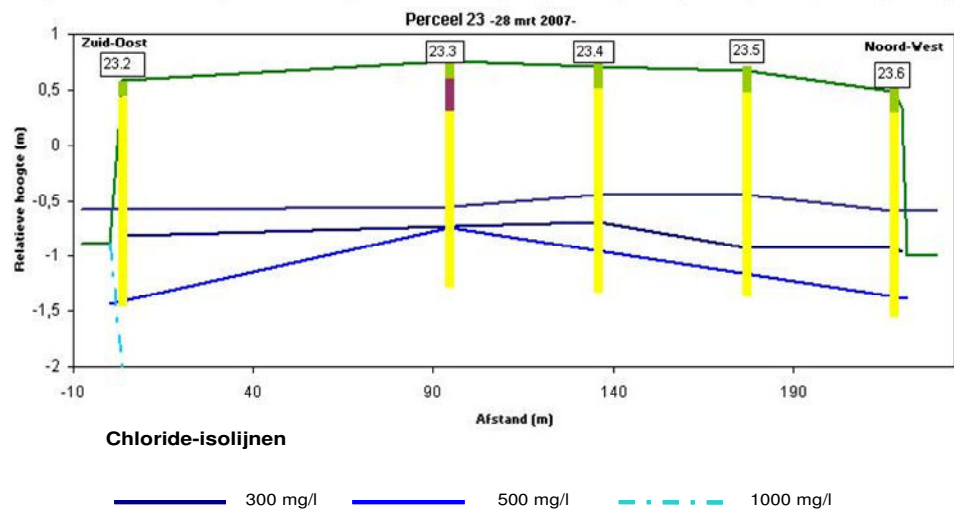
Het maaiveld ligt op 0,64 m boven NAP. Het winterpeil ligt op 1,6 m onder NAP en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket ligt op 0,85 m onder NAP. Met uitzondering van meetpunt 22.2 bestaat de toplaag bij elk meetpunt uit zavelig materiaal. De dikte van deze laag varieert tussen 0,3 en 0,8 m. Daaronder komt een zandlaag voor. Hierna wordt de bodemopbouw wat heterogener en komen afwisselend klei-, veen-, en zavelagen voor. Bij de meetpunten 22.4 en 22.5 komt veen voor. Figuur 4-34 laat zien dat chlorideconcentraties bij de sloten hoger zijn dan in het veld. In het veld zijn geen chlorideconcentraties hoger dan 1270 mg Cl/l gemeten, terwijl de hoogste waarde in de zuidelijke sloot rond de 4500 mg Cl/l ligt en in de noordelijke sloot chlorideconcentraties tot 8750 mg Cl/l zijn gemeten. Het EC-verschil tussen slootwater midden in de sloot en aan de rand van de sloot is opvallend. DE chlorideconcentratie van het water midden in de sloot is bijna 8000 mg Cl/l hoger. De noordoostelijke slootbodem ligt ongeveer 40 cm dieper dan de zuidwestelijke sloot. Hierdoor ondervindt het opkwellende water minder weerstand en is de kwel sterker. In het maaiveld is de invloed van zoute kwel minder. Tussen de sloten in dit perceel vindt waarschijnlijk infiltratie plaats, dit komt door de hoge ligging van het perceel in combinatie met een vrij doorlatende bodem. De EC's variëren in de sloot variëren sterk in de horizontaal. In het midden van de sloot is de EC hoger dan bij het talud. Dit komt waarschijnlijk door het 'zoete' water dat uit het perceel stroomt. Het zoute grondwater onder de sloot wordt zo aan de perceelzijde weggeduwd door dit 'zoete' water.

#### 4.23 Perceel 23

*De meetlocatie: er is hier gemeten over een heel perceel, van sloot tot sloot. De afstand tot de zee bedraagt 1180 m. Het perceel bevindt zich op een kreekrug en behoort tot de oudlanden.*



a



b

Figuur 4-35: perceel 23: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen.

Het maaiveld ligt hier op ongeveer 1,2 m boven NAP. Het winterpeil in de perceelsloot ligt op 0,35 onder NAP en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket is 0,20 m onder NAP.

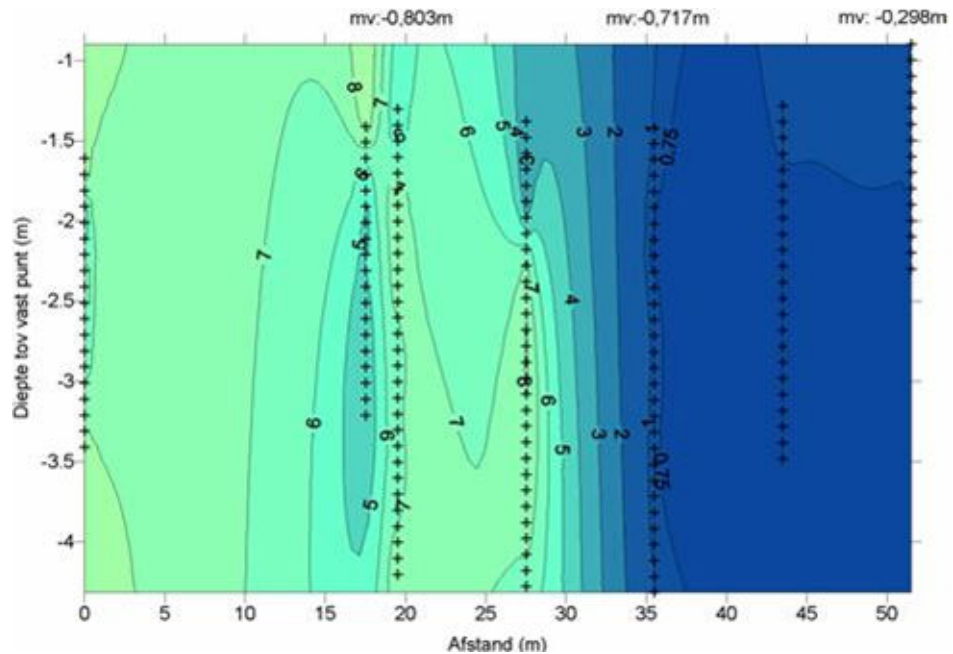
De bodemopbouw is vrij homogeen, de bovenlaag, tot 15 cm onder maaiveld, bestaat uit zavelig materiaal. Daaronder ligt zand. Bij meetpunt 23.3 is een kleilaag gevonden van 20 cm dik.

Chlorideconcentraties zijn erg laag in vergelijking met de andere percelen (Figuur 4-35). Onder de zuidoostelijke sloot is de hoogst gemeten EC 1,2 mS/cm, wat in dit geval neerkomt op ongeveer 980 mg Cl<sup>-</sup>/l (Formatie Factor F=3). In het veld is 0,85 mS/cm gemeten, wat neerkomt op 680 mg Cl<sup>-</sup>/l. Dit zijn dus lage chlorideconcentraties vergeleken met andere bemeeten percelen in Zeeland.

Zoute kwel naar het topsysteem van dit perceel lijkt niet plaats te vinden, blijkt uit de meetresultaten. Dit is logisch gezien het kleine verschil tussen winterpeil in de sloot en stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Daarnaast is de bodem erg zandig, het regenwater kan dus goed infiltreren in deze doorlatende bodem.

#### 4.24 Perceel 25

*De meetlocatie: er is hier gemeten in een raai vanaf het midden van een kreek (35 m breed) 52 m in het veld. De afstand tot de zee bedraagt 650 m. Er was geen tijd voor een bodemanalyse dus de bodemopbouw is niet bekend.*



Figuur 4-36: perceel 25: bodemEC-profiel in mS/cm.

Het winterpeil in de perceelsloot ligt op 1 m onder NAP en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket ligt op 0,17 m onder NAP. De veronderstelling was dat het perceel zich bevindt op een kreekrug en dus behoort tot de oudlanden. In werkelijkheid ligt het maaiveld ter plaatse op 0,37 m onder NAP. Omdat van een kreekrug een hogere ligging wordt verwacht, ligt het gehele bemeeten gebied waarschijnlijk in een poel- of jong schorgebied. Dit is moeilijk te staven doordat geen bodembeschrijving is gedaan. Opvallend is dat het maaiveld in de laatste 18 m meer dan 0,4 m omhoog loopt. Aan het ECprofiel in Figuur 4-36 is te zien dat de EC's tot en met het 4<sup>e</sup> meetpunt (ongeveer 28 m vanaf het beginpunt) aanzienlijk hoger liggen dan verder in het veld. De EC-overgang rond het 4<sup>e</sup> meetpunt zou door een verandering in bodemopbouw veroorzaakt kunnen worden. Dit weten we echter niet zeker, door ontbreken van de bodembeschrijving.

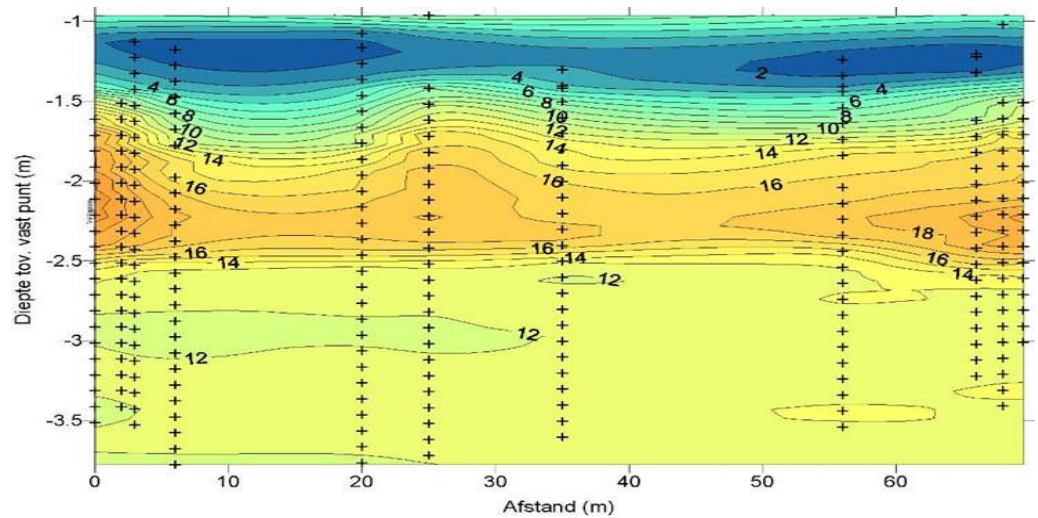
De EC's in de kreek zijn extreem hoog; 52,2 mS/cm in het midden van de kreek en 56,4 mS/cm aan de rand van de kreek, omgerekend een chlorideconcentratie van meer dan 15.000 mg Cl/l. De chlorideconcentraties onder de sloot liggen echter aanzienlijk lager, het hoge zoutgehalte in de sloot kan dus niet veroorzaakt zijn door zoute kwel.

Aanbeveling naar aanleiding van deze resultaten:

- Bodembeschrijving opstellen.
- Nadere analyse locatie in oudlanden of poel- of jong schorgebied.

**4.25 Perceel 27**

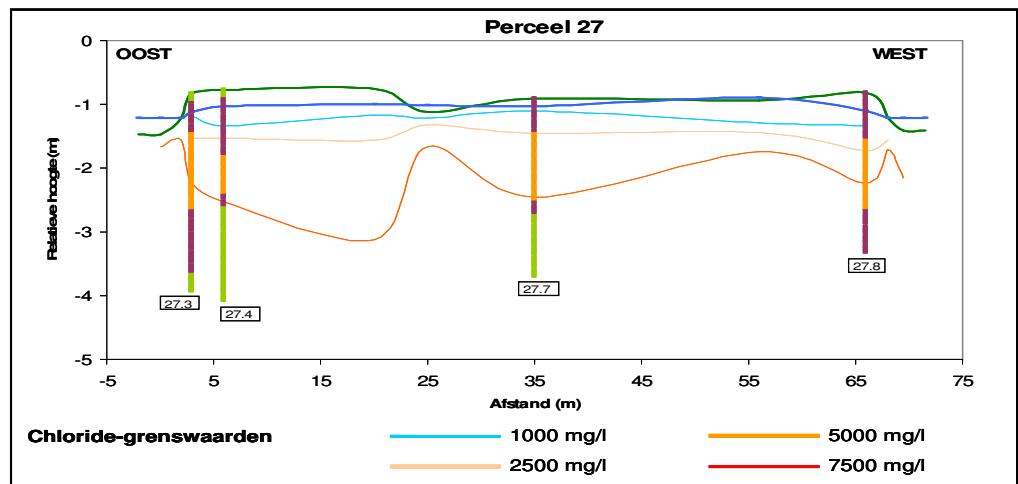
*De meetlocatie: er is op dit perceel gemeten tussen twee sloten met een onderlinge afstand van 70 m. Over het gemeten traject golft het maaiveld enigszins, delen van het veld waren gevuld met water. Het hoogste meetpunt bevindt zich 35 centimeter hoger dan het laagste meetpunt op het veld. Het zoute 'Kanaal door Zuid-Beveland' dat de Westerschelde met de Oosterschelde verbindt, bevindt zich op een afstand van 700 m van het bemeeten perceel. De Oosterschelde bevindt zich op een afstand van 2900 m. Dit perceel is een natuurgebied en eigendom van Staatsbosbeheer.*



a

Oost

West



b

Figuur 4-37: perceel 27: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 13 december 2006).

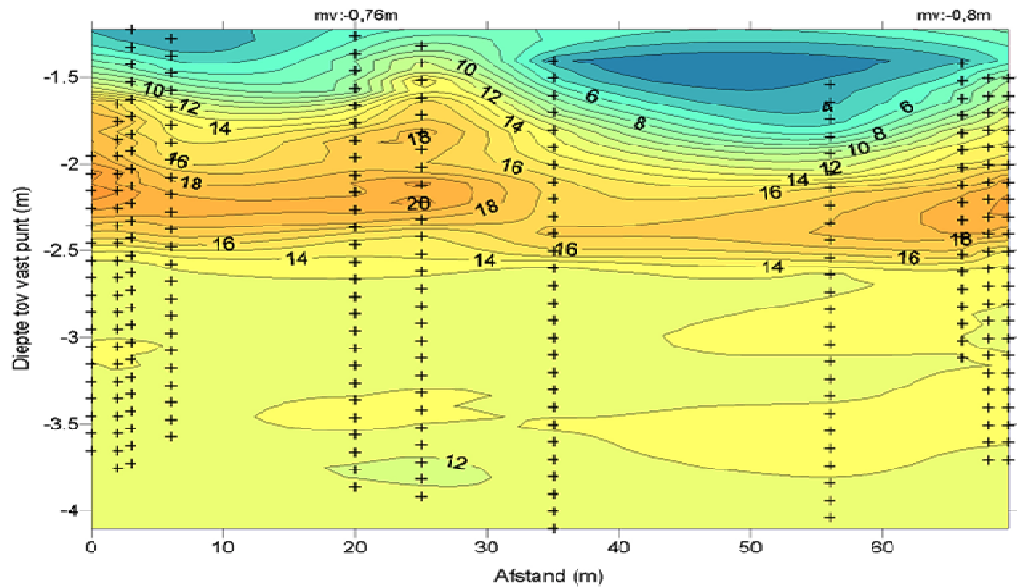
Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 1,1 m onder NAP. De perceelsslotsen hebben een winterpeil en zomerpeil van 1,8 m onder NAP. De bodem is vrij homogeen en wordt gekenmerkt door een bovenste laag klei van minder dan een m dik. Daaronder bevindt zich een veenpakket, eveneens een m dik. Twee m onder maaiveld is opnieuw een laag klei gevonden, opgevolgd door matige en zware zavel. Volgens diepere boorgegevens (NITG-nummer: 390-058-0002) gaat de onderste zavel laag over in uiterst fijn zand, tot 7,7 m onder maaiveld.

Figuur 4-37 laat zien dat EC's in de bodem met diepte sterk toenemen. Het veenpakket wordt in deze afbeelding geaccentueerd, de hoogste EC's zijn daar terug te vinden. Chlorideconcentraties in het grondwater variëren van 400 mg Cl<sup>-</sup>/l naar 5.000 mg Cl<sup>-</sup>/l. De sloten en depressies in het veld trekken zoute kwel aan terwijl daartussen lage chlorideconcentraties vlak onder maaiveld gemeten worden. Onder het maaiveld profileert zich een licht brakke lens van enkele tientallen centimeters dik.

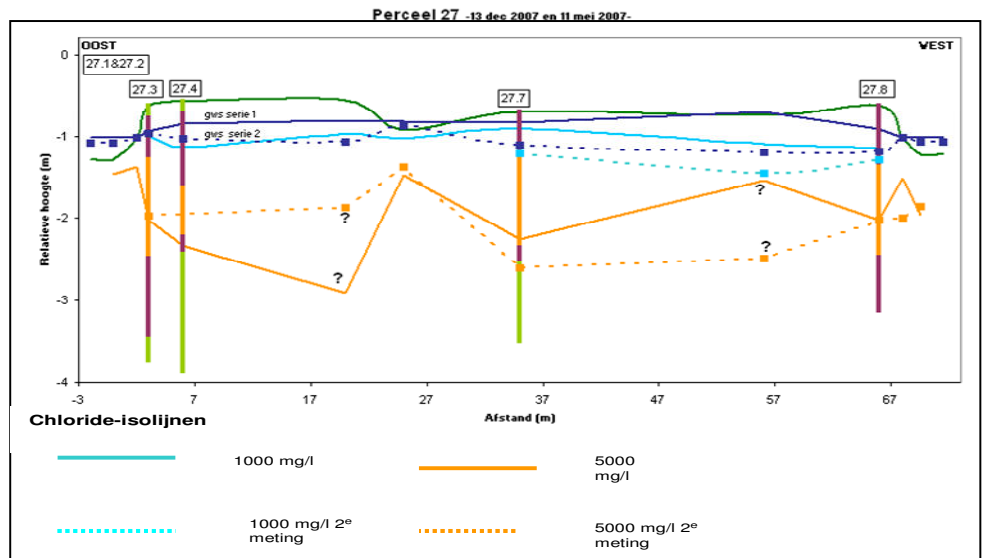


**De tweede meetcampagne op perceel 27**

*Dit perceel is interessant door het voorkomen van regenwaterlenzen. Naast het effect van de sloten op zoute kwel is goed zichtbaar hoe hoogteverschillen in het veld invloed hebben op de zoute kwel. Het perceel is verder goed te bemeten met de prikstok. Tot een halve m onder de grondwaterstand bestaat de bodem uit zachte klei om vervolgens over te gaan in veen. Dit veenpakket wordt aan de onderkant weer begrensd door een laag matige klei. Ook de daaropvolgende zavellaag is moeiteloos te bemeten met de prikstok. Er is gemeten tussen twee sloten, welke een onderlinge afstand hebben van 70 m.*



a



b

Figuur 4-38: perceel 27: (a) bodemEC-profiel in mS/cm en (b) dwarsdoorsnede met boorprofielen, grondwaterstand en chloride-isoliijnen (meetdatum is op 11 mei 2007).

Tijdens de tweede meetcampagne was één lage veldstrook was gevuld met water (het maaiveld golft enigszins op en neer). Figuur 4-38 laat zien dat de EC's in de bodem met

de diepte snel toenemen. De hoogste EC's zijn wederom in het veenpakket gemeten. De sloten en depressies in het veld trekken zoute kwel aan. In het midden van de sloot wordt al op 0,8 m onder het slootpeil een (omgerekend) chlorideconcentratie van 6600 mg Cl/l gemeten. Samen met perceel 3 en 10 is dit perceel een van de zoutste bemeten percelen.

EC-profielen van de eerste en tweede meetcampagne verschillen van elkaar. Tijdens de eerste meetserie is een duidelijkere lensvorm te onderscheiden, over het hele perceel. De invloed van infiltrerend regenwater lijkt groter. De EC's uit de tweede meetcampagne liggen over het algemeen hoger.

De reden waarom dit perceel zo zout is, kan onder andere in de geologie worden gezocht. Het perceel ligt in een poelgebied. Omdat het veen in vroegere tijden al doordrenkt was met zout water door de overstromingen, bleven de poelgronden dus veel zilter.

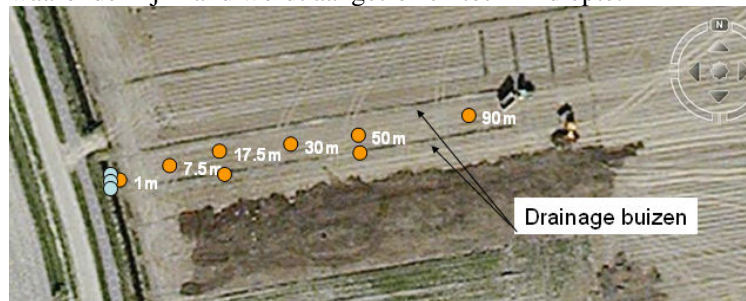
Door ligging onder zeeniveau (en de geringe afstand tot het Kanaal door Zuid-Beveland) treedt zoute kwel op. De hoogste EC's worden gemeten onder de sloten en depressies in het maaiveld; hier is de zoute kwel het sterkst.

Tijdens de tweede meetcampagne zijn de EC's direct onder de grondwaterspiegel hoger dan tijdens de eerste meetcampagne. Waarschijnlijk komt dit door de droge periode die aan de tweede meetcampagne vooraf ging. In droge tijden zal minder regenwater infiltreren waardoor minder aanvoer is van zoet water.

**4.26 Perceel 28**

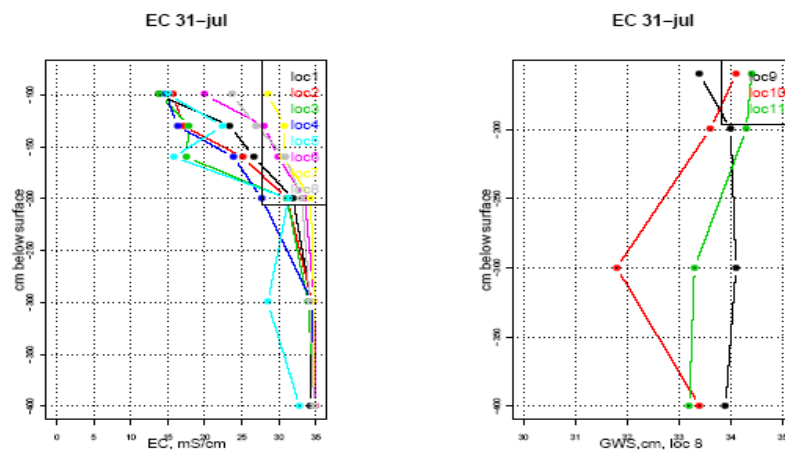
*De meetlocatie: de prikstokmetingen zijn uitgevoerd in een raai loodrecht op de sloot, in het midden tussen de drains en boven de drains. De drains liggen op 90 cm diepte en liggen 10 m uit elkaar. Op dit perceel zijn op de prikstoklocaties, ook grondwaterbuizen geïnstalleerd op zes verschillende dieptes. Uit deze grondwaterbuizen is grondwater opgepompt en is de EC gemeten. Dit heeft als belangrijke voordeel dat de EC direct wordt gemeten en geen rekening gehouden hoeft te worden met formatiefactoren. Dit perceel is in een zodanig laat stadium van het onderzoek toegevoegd dat bodemEC-profiel niet zijn aangemaakt.*

Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 2,0 m onder NAP. De opbouw van de bodem is als volgt: de bovenste 40 cm bestaat uit zavel op een dun geoxideerd veenlaagje van ongeveer 15 cm. Daaronder begint de klei die op ongeveer 120 cm diepte erg slap wordt. Deze ongerijpte klei loopt door tot een diepte van 250 cm waaronder fijn zand wordt aangetroffen tot 4 m diepte.



loc1	1m	loc7	17.5m boven drains
loc2	7.5m	loc8	50m boven drains
loc3	17.5m	loc9	midden sloot
loc4	30m	loc10	1/4 sloot
loc5	50m	loc11	rand sloot
loc6	90m		

Figuur 4-39: EC-metingen van het grondwater op 6 verschillende dieptes, voor de verschillende locaties. Locatie 9, 10 en 11 liggen in de sloot.



Figuur 4-40: EC-metingen van het grondwater op 6 verschillende dieptes, voor de verschillende locaties. Locatie 9, 10, 11 liggen in de sloot.

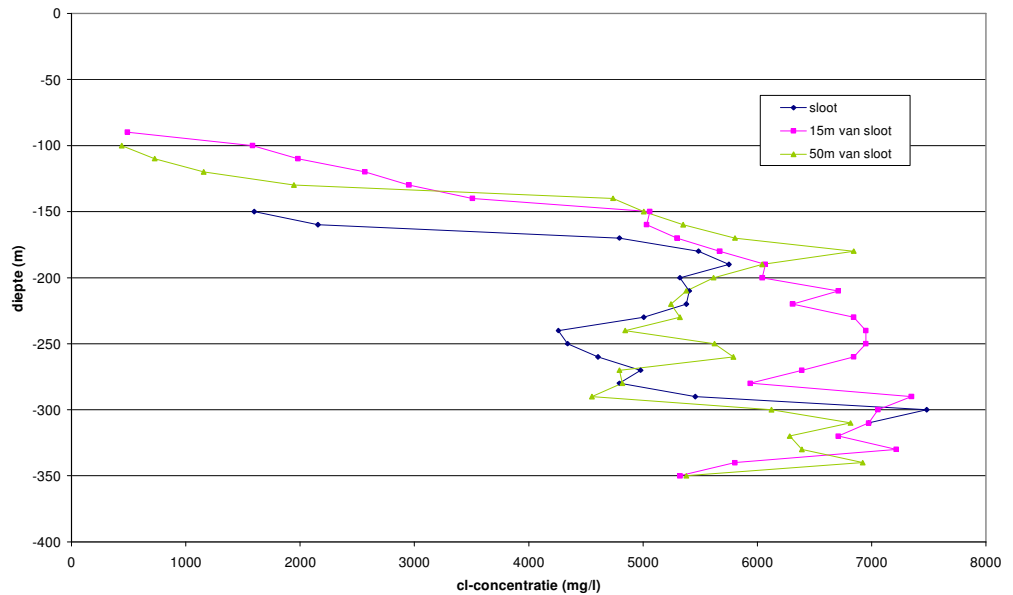
Alle meetpunten in het perceel, laten op een diepte van 3 m en 4 m een EC van ongeveer 35 mS/cm zien. Op 2 m diepte begint een overgangszone die gestaag zoeter wordt tot een waarde van minimaal 14 mS/cm op 1,0 m diepte. De buizen boven de drains (meetpunten 7 en 8) laten een zouter ondiep profiel zien dan de meetpunten tussen de drains (meetpunt 6 uitgezonderd). De drainge buizen draineren het regenwater waardoor het zoute grondwater sterker omhoog wordt getrokken. In de sloot wordt direct onder de slootbodem een  $EC > 30$  mS/cm aangetroffen. Hier is geen overgangszone zichtbaar.

Metingen van de grondwaterstand op het perceel laten voor de verschillende dieptes geen verschil in stijghoogte zien. De stijghoogte op 4 m diepte is dezelfde als die op 1,0 m diepte. In de sloot is wel een stijghoogteverschil zichtbaar, de twee ondiepste filters zijn gelijk aan het oppervlaktewaterpeil en de twee diepste meetpunten laten een ongeveer 25 cm hogere stijghoogte zien. Er is duidelijk sprake van een kwelsituatie in de sloot. De grondwaterstand ligt ongeveer 8 cm dieper boven de drains dan tussen de drains.

#### 4.27 Perceel 29

*De meetlocatie: er is een prikstokmeting uitgevoerd in de sloot en twee prikstokmetingen in het perceel op 15 m en 50 m afstand van de sloot. De drainagesituatie van het perceel is niet bekend.*

Het maaiveld ligt op een gemiddelde hoogte van 1,2 m onder NAP. De bodem bestaat tot een diepte van 330 cm uit klei, onderbroken door een veenlaagje van ongeveer 35 cm op een diepte van 130 cm.



Figuur 4-41: Prikstokmetingen gecorrigeerd naar chlorideconcentratie

De prikstokmetingen laten op een diepte van 2-3,5 m een geschatte chlorideconcentratie zien van ongeveer 5000-6000 mg Cl<sup>-</sup>/l. Vanaf een diepte van ongeveer 2,0 m neemt het zoutgehalte naar boven toe sterk af tot een waarde van ongeveer 500 mg Cl<sup>-</sup>/l op 1,0 m diepte. Mogelijk speelt de slechtdoorlatende veenlaag van 130 tot 175 cm diepte hierbij een belangrijke rol. De veenlaag zorgt dat het zoute grondwater voor een belangrijk deel onder de veenlaag blijft en slechts mondjesmaat richting het oppervlak stroomt. Hierdoor heeft het zoete regenwater de kans dieper de bodem in te dringen, tot het veenlaagje.



## 5 Vergelijking metingen van verschillende percelen

In dit hoofdstuk worden percelen met elkaar vergeleken en worden uitspraken gedaan over oorzaken van verschillen in zoet-brak-zout verdeling. In de tabel in bijlage D staat van elk perceel een aantal geologische en hydrologische karakteristieken weergegeven.

### 5.1 Stijghoogten

Wanneer de stijghoogten uit het watervoerend pakket vergeleken worden met winterpeilen in de sloten valt op dat de stijghoogte overal hoger is dan het winterpeil. Een stijghoogte in het watervoerend pakket hoger dan het winterpeil in de sloot leidt tot kwel vanuit het watervoerend pakket naar de sloot. Op alle percelen is de kwel zout (viz. een hogere EC onder de sloot), behalve op de percelen 7, 20 en 23. Ook al is op perceel 7 (en in mindere mate op perceel 20) het verschil tussen stijghoogte in het watervoerend pakket en slootpeil juist groot, de EC onder de sloot blijft laag.

### 5.2 Chlorideconcentraties

Lage chlorideconcentraties worden op de meeste percelen gemeten in het bovenste deel van het grondwatersysteem; op de meeste percelen in het bijzonder juist op het punt waar de grondwaterspiegel het hoogst is. Hoge chlorideconcentraties zijn op de meeste percelen gemeten vlak onder de sloot en in het bijzonder op het diepst gemeten punt onder de sloot.

Op de percelen 3, 4, 5, en 27 zijn ook nabij het maaiveld, direct onder de grondwaterstand al hoge chlorideconcentraties gemeten. Het valt op dat op alle vier de percelen veel veen in de bodem aanwezig is. Op de overige percelen lijkt de invloed van infiltrerend regenwater veel groter. Op de goed doorlatende percelen is een veel minder sterke gradiënt van lage naar hoge EC's in de diepte aanwezig; regenwater lijkt alhier goed te infiltreren.

Het verschil in de chloridegradiënt in diepte lijkt voornamelijk veroorzaakt te worden door de bodemopbouw. Op de percelen waar de bovenlaag zwaar en ondoorlatend is loopt de chlorideconcentratie snel op in de diepte. Op percelen waar de bodem goed doorlatend is kan regenwater goed infiltreren waardoor zoute kwel naar het perceel zelf minder prominent optreedt. In dit laatste geval richt de diepe kwel zich vooral op de sloten.

Perceel 16 bevestigt de hierboven uiteengezette theorie. De bovenste bodemlaag van het perceel bestaat uit een zeer zware kleilaag waardoor de infiltratie van regenwater wordt geminimaliseerd. De EC's en chlorideconcentraties op het hele perceel nemen toe in de diepte.

### 5.3 Sloten

Op perceel 21 zijn twee sloten gemeten die op een afstand van zo'n 15 m uit elkaar lagen. Het peil van sloot 1 was 15 cm hoger dan het peil van sloot 2. In beide sloten is de EC gemeten met de prikstok en de EC's van het grondwater onder sloot 2 zijn het hoogst. Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat hoe hoger het slootpeil is hoe minder zout de bodem onder de sloot. Het effect van peilbeheer op verzilting van het oppervlaktewater systeem lijkt dus significant.

## 5.4 Drains

Op een aantal percelen is het effect van drainage op verzilting onderzocht. Per perceel is het effect verschillend. In een aantal gevallen liggen de drains boven de grondwaterstand en voeren de drains nauwelijks water. Het effect op de zoet-zout verdeling in het grondwater is dan gering. Het beste voorbeeld hiervan is perceel 9. Hier is gemeten over twee trajecten; één traject tussen twee drains in en één traject precies óp een drain. Deze drain voerde weinig water en tussen de drains op dit perceel is nauwelijks een opbolling in het grondwater zichtbaar. Toch is er een marginaal verschil te zien tussen beide trajecten: op het traject tussen de drains worden iets lagere EC's gemeten dan op het traject op de drain.

Perceel 7 laat echter een ander beeld zien. Hier is naast het meettraject (dat tussen de drains in lag) één punt gemeten bovenop de drain. Deze drain voerde veel water af. Het verschil tussen beide punten is groot. De drain trekt hier duidelijk zout grondwater uit de diepere ondergrond aan; EC's zijn hier hoog vergeleken met het punt tussen de drains. Overigens moet worden opgemerkt dat de bodemprofielen voor beide punten verschillend zijn, tussen de drains bestaat het profiel volledig uit zand tot lichte zavel en op de drain bestaat de bodem uit matige tot zware zavel met een laag lichte tot matige klei ertussen. Het verschil in zoutgehaltes onder de drain kan dus mede veroorzaakt worden door het verschil in bodemopbouw; tussen de drains is de bodem zandiger waardoor gemakkelijker regenwater kan infiltreren.

## 5.5 Zoute kwel naar sloot

Het is overduidelijk dat de zoute kwel die op veel percelen aanwezig is, zeer sterk gericht is op de sloot. Het zoete water uit het perceel, dat ook richting sloot stroomt, verhindert dat de zoute kwel ook onder het perceel invloed heeft. Bij het prikken in de sloot viel op dat onder het midden van de sloot EC's werden gemeten die vaak meer dan 10 keer zo hoog waren dan aan de rand van de sloot.

## 5.6 Grondwaterstand

Over het algemeen geldt dat waar de grondwaterstand op perceelsniveau het hoogst is, de laagste EC's gemeten worden. De maximale opbolling van de grondwaterstand lijkt samen te hangen met de bodemopbouw. Wanneer op een perceel met lichte, doorlatende grond een plek aanwezig is met zwaardere grond, is aldaar de opbolling het grootst en het grondwater vaak het minst zout. Daarnaast heeft de topografie invloed op de zoet-brak-zout verdeling. Perceel 11 is daarbij een mooi voorbeeld: daar waar het maaiveld hoger ligt bevindt zich meer landbouwkundig zoet grondwater.

## 5.7 Interviews

Interviews met de agrariërs hebben duidelijk gemaakt dat nauwelijks sprake is van directe zoutschade aan de gewassen. Dit is opmerkelijk gezien het feit dat op een aantal percelen zeer ondiep grondwater al hoge chlorideconcentraties kent. Perceel 4 is hiervan het beste voorbeeld. Blijkbaar worden de gewassen gevoed met water uit de onverzadigde zone, is een zeer dunne zoetwaterlens aanwezig in het grondwater die voor voldoende zoet water zorgt, of kunnen de gewassen goed tegen zoutschade (Roest *et al.*, 2003). Wel wordt indirecte schade ondervonden van de verzilting doordat in droge tijden niet berekend kan worden met slootwater vanwege te hoge zoutgehaltes. Er vindt dan droogteschade plaats: blijkbaar wordt zoutschade schadelijker gevonden.



## 6 Conclusies en aanbevelingen

De 27 percelen waarop is gemeten in de periode november 2006 - juni 2008 zijn besproken in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 zijn de verschillende percelen met elkaar vergeleken. In dit hoofdstuk worden de conclusies van het veldwerk samengevat aan de hand van de deelvragen uit hoofdstuk 1. Tenslotte worden aanbevelingen gedaan in de vorm van een plan voor intensieve monitoring op enkele percelen (waaraan reeds begonnen is).

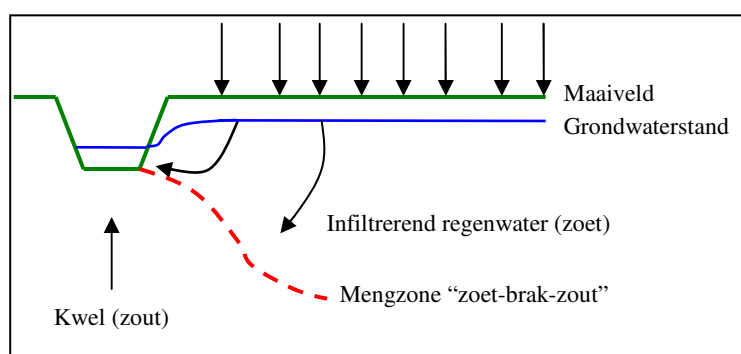
De doelstelling van dit onderzoek luidde als volgt (zie ook paragraaf 1.3):

*Dit onderzoek heeft ten doel meer inzicht te verkrijgen in het ondiepe grondwatersysteem en daarmee samenhangend de zoet-zout verdeling in het grondwater op perceelsniveau in de Provincie Zeeland.*

De deelvragen die bij deze doelstelling horen worden hieronder beantwoord.

### 1. Hoe zijn zoet en zout grondwater ruimtelijk verdeeld over een perceel?

De bemeten percelen tonen een verscheidenheid aan EC en chlorideconcentraties van het grond- en oppervlaktewater. Over het algemeen zijn de hoogste chlorideconcentraties waargenomen onder de sloten en de laagste nabij de grondwaterspiegel in het perceel en verwijderd van de sloot. De zoet-zout verdeling wordt voornamelijk beïnvloed door kwel. In praktisch alle sloten is kwel waargenomen (dwarsprofielen hoofdstuk 4). Dit proces is schematisch weergegeven in Figuur 6-1. De zoute kwel is vooral gericht op de sloten doordat op het veld infiltrerend regenwater de opwaartse stroming van zout grondwater wordt tegengehouden. Daarnaast is het ook mogelijk dat onder de sloot de deklaag dunner is (of zelfs afwezig) en zo de kwel ter plaatse groot is.



Figuur 6-1: schematische weergave van kwel richting de sloten.

Uit de meetgegevens is gebleken dat 'zoete' (De Moor & De Breuck, 1969; De Breuck & De Moor, 1972) regenwaterlenzen met een chlorideconcentratie kleiner dan 150 mg Cl/l niet voorkomen in de onderzochte percelen. Alleen bij perceel 18 zijn chlorideconcentraties van ongeveer 250 mg Cl/l gemeten. Op dit hooggelegen perceel zal de invloed van regenwater relatief groot zijn geweest. Meestal zijn direct onder de grondwaterstand EC's gemeten die in de categorie brak of zout vallen. Op sommige percelen zijn ook vlak onder de grondwaterstand al erg hoge EC's en chlorideconcentraties waargenomen. Voorbeelden hiervan zijn de percelen 3, 4, 5 en 27.

Op deze percelen zijn direct onder de grondwaterspiegel chlorideconcentraties gemeten van meer dan 5000 mg Cl/l. Wat opvalt, is dat op deze percelen relatief veel veen aanwezig is met daarboven een laagje klei. Regenwater kan hier waarschijnlijk moeilijk infiltreren en zout grondwater kan gemakkelijker de grondwaterspiegel bereiken. Het is mogelijk dat 'oud' zout in de bodem is blijven hangen en dus niet is verdund/ververst met 'vers' regenwater.

2. *Wat zijn de factoren die de verdeling van zoet en zout grondwater op perceelsniveau bepalen?*

Oneffenheden in de grondwaterstand en chloride-isolijnen op perceelsniveau lijken beïnvloed te worden door verschillen in bodemtypen. In een goed doorlatende bodem (bijvoorbeeld zand) liggen de grondwaterstand en chloride-isolijnen over het algemeen dieper dan wanneer in de toplaag een slecht doorlatende laag aanwezig is.

Bij zware grond (matige tot zware zavel en lichte tot matige klei) ligt de grondwaterspiegel hoger dan bij de lichte grond (zand tot lichte zavel). Naast het verschil in de grondwaterspiegel vertoont de chloride-isolijnen van 500 mg Cl/l datzelfde patroon. Waar het infiltrerende water naar toe stroomt, wordt het zout verder 'weggedrukt' en vindt meer uitspoeling van zouten plaats.

Over het effect van drainage op de zoet-brak-zout verdeling in de toplaag kunnen aan de hand van de gedane metingen vooralsnog geen harde conclusies verbonden worden. Op percelen waar de grondwaterstand beneden de drainage diepte ligt (en de drain naar het zich laat aanzien niet werkt) zijn nauwelijks verschillen gemeten in grondwaterstand en chlorideconcentraties van het grondwater nabij en tussen de drainage in. Perceel 9 waar twee meettrajecten naast elkaar zijn gedaan, één op de drainage en de ander tussen de drainage in, vertoont hetzelfde patroon met slechts een lichte verhoging in EC en chlorideconcentraties bij het traject op de drainagebuis. Op perceel 7 is echter wel een duidelijk verschil waargenomen tussen twee meetpunten op ongeveer 50 m vanaf de sloot. Het meetpunt op de drainagebuis heeft een duidelijk lagere grondwaterstand en de 1000, 2500 en 5000 mg Cl/l chloride-isolijnen liggen dichters aan het oppervlak dan bij het meetpunt tussen de drainagebuizen in. Bij deze werkende drain (grondwaterstand ligt gemiddeld boven drainageniveau) wordt zout grondwater aangetrokken.

3. *Zijn op regionaal niveau (tussen percelen) verschillen waar te nemen en wat zijn factoren die hierin een rol spelen?*

Zoals hierboven al staat vermeld is de bodemsoort erg bepalend voor de chlorideconcentraties en de grondwaterspiegel. Ook tussen percelen onderling is dit verschil waarneembaar. Perceel 16 bijvoorbeeld heeft veel zware klei in de toplaag, regenwater kan hier moeilijk infiltreren en het zoutgehalte van het grondwater neemt sterk toe in diepte. In perceel 8 daarentegen, waar de bodem meer uit zand bestaat, neemt het zoutgehalte veel minder snel toe in de diepte wat duidt op meer infiltratie waardoor het zout niet naar boven kan stromen.

Tussen percelen zit veel variatie in de verdeling van EC en chlorideconcentraties van het grond- en oppervlaktewater. Het oppervlaktewater is overal echter minstens brak tot zout. De ligging van de percelen en sloten ten opzichte van het buitenwater lijkt niet bepalend te zijn voor chlorideconcentraties in het grondwatersysteem, de laagste concentraties zijn gevonden in een sloot die nog geen 90 m verwijderd ligt van de zeedijk (Oosterschelde) terwijl de hoogste concentratie is gemeten in een sloot die 1.200 m van de zee verwijderd is.

4. *Wat is de seizoensale dynamiek van de regenwaterlenzen binnen de te onderzoeken percelen?*

Door op bepaalde percelen in verschillende seizoenen te meten kan worden bepaald wat de seizoensale invloed is op de dikte en de vorm van de brakke regenwaterlenzen. Door veranderingen in het neerslag- en verdampingspatroon veranderen de brakwaterlenzen ook. April 2007 had een record hoog neerslagtekort, tijdens de tweede meetcampagne (direct na deze periode) zijn de brakwaterlenzen dan ook kleiner geworden ten opzichte van de eerste meetcampagne. Dit is bij elk perceel het geval waar een tweede keer is gemeten. De kwelintensiteit naar de sloten is tijdens de tweede meetcampagne kleiner. De potentiaalverschillen zijn dan lager dan tijdens de eerste meetcampagne. Nagenoeg alle lenzen zijn bij de tweede meetserie verder in het perceel te vinden, gezien vanaf de sloot.

Als wordt gekeken naar de grensvlakken tussen zoet-brak en brak-zout, dan lijken de lenzen erg dynamisch te zijn. Zo is bemeaten dat het 1500 mg Cl/l-grensvlak bij perceel 7 ongeveer 70 cm omhoog verschuift in 4 maanden (m.a.w. de dikte van de lens bij perceel 7 neemt 70 cm af in 4 maanden). Bij perceel 4 is zelfs helemaal geen brakke regenwaterlens meer te vinden, terwijl deze tijdens de eerste meetcampagne (ongeveer 6 maanden daarvoor) een maximale dikte had van 29 cm.

5. *Welke percelen zijn geschikt om ook in de toekomst te monitoren en hoe kan deze monitoring het beste worden uitgevoerd?*

Tijdens deze meetcampagnes zijn 27 percelen in de Provincie Zeeland bemeaten met de prikstok methode. Een vijftal percelen zijn voor een tweede keer opnieuw bemeaten, in het reeds bemeaten traject maar wel in een ander seizoen. Daaropvolgend is het veldwerkonderzoek toegespitst op zoet-zoutscheidingslijnen met behulp van de CVES meetmethode (resultaten niet in deze rapportage). Deze methode vraagt om specifieke veldomstandigheden die niet altijd overeenkomen met die van de prikstok methode. CVES is gebaat bij een goede beschrijving van het bodemmateriaal.

Na analyse van alle verzamelde gegevensprofielen is een intensieve meetcampagne opgestart op de percelen 11 en 28, waarbij de dynamiek in de zoet-zout verdeling in detail wordt bekeken. Hiermee willen we veranderingen over meerdere seizoenen observeren. Grondwaterstanden, bodemvocht, neerslag, drainageafvoer, temperatuur en EC en chlorideconcentraties zullen automatisch en continu gemeten worden.

Het is hierbij verstandig om extra aandacht te besteden aan de temperatuur. Wanneer van een meetpunt een nauwkeurige temperatuurgradiënt beschikbaar is, kunnen aan de hand daarvan verticale grondwaterstromingen (viz. kwel) berekend worden (van Wirdum, 2004; Domenico en Schwartz, 1997).



## 7 Literatuuropgave

- Bremmer, C., van Eijs, R., de Lange, G., van der Spek, A., 2009. Geologische en antropogene actoren in relatie tot relatieve bodemdaling. Bodemdaling langs de Nederlandse kust, case de Hondsbossche en Pettemer Zeewering. Delft University Press/IOS Press.
- De Moor, G. & W. De Breuck, 1969. De freatische waters in het Oostelijke Kustgebied en in de Vlaamse Vallei, Natuurwetenschappelijke Tijdschrift, 51, p. 3-68.
- De Breuck, De Moor, G., 1972. The salinization of the Quarternary sediments in the Coastal Area in Belgium. Expert Meeting SWIM, Copenhagen, 6-19.
- Deelstroomgebiedsvisie Zeeland (2004), Waterbeheer 21 eeuw in Zeeland. Eindversie, pp. 97, 2004.  
[www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/5004/500428\\_1.pdf](http://www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/5004/500428_1.pdf)
- Dekker, K., Toelichting tabel potentiële grondwaterregime, DLG, Goes, 2004.
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., Physical and Chemical Hydrogeology, 1997.
- Fischer, M.M., Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Mededelingen Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Nr. 59, 1997.
- ♦ Geirnaert, W. en J.Vandenberghe, Applied geophysics for groundwater exploration and geological mapping. Instituut voor Aardwetenschappen, VU Amsterdam, 1988.
- ♦ Goes, B.J.M., R.W. Vernes (2006), REGIS Zeeland, Deelrapport C: Zoet, brak en zout grondwater, TNO-2006-U-R0073/B, Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007 Synthesis report.
- KNMI, internet site:  
[http://www.knmi.nl/klimatologie/maand\\_en\\_seizoenoverzichten/maand/apr07.html](http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoenoverzichten/maand/apr07.html)
- Kuijper, M.J.M, Neerslaglenzen en verzilting in landbouwgebieden, afstudeerverslag Faculteit der Aardwetenschappen, VU Amsterdam en Grontmij, 2001.
- Louw, P. de, Oude Essink, G.H.P., Coastal Environmental and Water Quality, AIH Annual Meeting & International Conference, Challenges in Coastal Hydrology and Water Quality, Baton Rouge, Louisiana, 2006, pp 167-179.
- Maljaars, P.S., Wils, R.A. de, Regenwaterlenzen in zoute kwelsystemen, TNO, Utrecht, 2006.
- Mulder, F.J. de, Geluk, M.C., Ritsema, I.L., Westerhoff, W.E., Wong, T.E., 2003. De ondergrond van Nederland. Groningen/Houten. ISBN 9001605141

- Poot, A., Schot, P.P., Neerslaglenzen: vorm en dynamiek, *Stromingen* (6) 4, 13-26, 2000.
- Post, V. E. A. (2003). Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene. Amsterdam, The Netherlands, Vrije Universiteit: 138.
- Roest, C.W.J., P.J.T. van Bakel en A.A.M.F.R. Smit, 2003, Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium, Alterra.
- Oude Essink, G.H.P., Selectie pilot gebieden in de Provincie Zeeland, memorandum TNO Utrecht, pp. 7, okt 2006.
- Overmeeren, R.A. van, M.H. Mulder and J.A.C. Meekes, Computer aided analysis and interpretation of geophysical data. TNO Institute of Applied Geoscience, 1991.
- Spijker, J., Geochemical Patterns in the soils of Zeeland, Natural variability versus anthropogenic impact, *Nederlandse Geografische Studies* 330, Faculteit Geowetenschappen Universiteit Utrecht, 2005.
- Stichting Deltawerken Online, internet site:  
<http://www.deltawerken.com/Het-zuidwestelijke-zeekleigebied/254.html>
- Stuyfzand, P., Hydrochemistry and hydrology of costal dunes of the Western Netherlands, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1993.
- TNO, Inleiding in geofysisch boorgatmeten, een praktische cursus voor grondwater onderzoek, 1992.
- Veen, de, B. & Stevens, S., Meetcampagne regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland, TNO 007-U-R0743/A, pp. 82, sept. 2007.
- Venhuizen, K.D., 1971, Zoutwaterintrusies t.g.v. wateronttrekking langs de Nederlandse kust, Stichting Postacademische Vorming Gezondheidstechniek, Cursus Zout Grondwater in Nederland deel II 1970-1971.
- Wirdum, G. van, 2004, Investigation into the direction and magnitude of water through peat at Thorne Moors, UK. TNO rapport.
- Vries, I. de, 2009, Deltares, personal communication (reconstructie geomorfologische ontwikkeling van de Zuid-westelijke Delta sinds de laatste IJstijd).
- WLDelft Hydraulics, 2006, Analyse Peilbeheer Veerse Meer, pp.124.  
[www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/7009/700924\\_1.pdf](http://www.zeeland.nl/zeesterdoc/ZBI-O/ZEE/ZEE0/7009/700924_1.pdf)

## A Topografische informatie per perceel

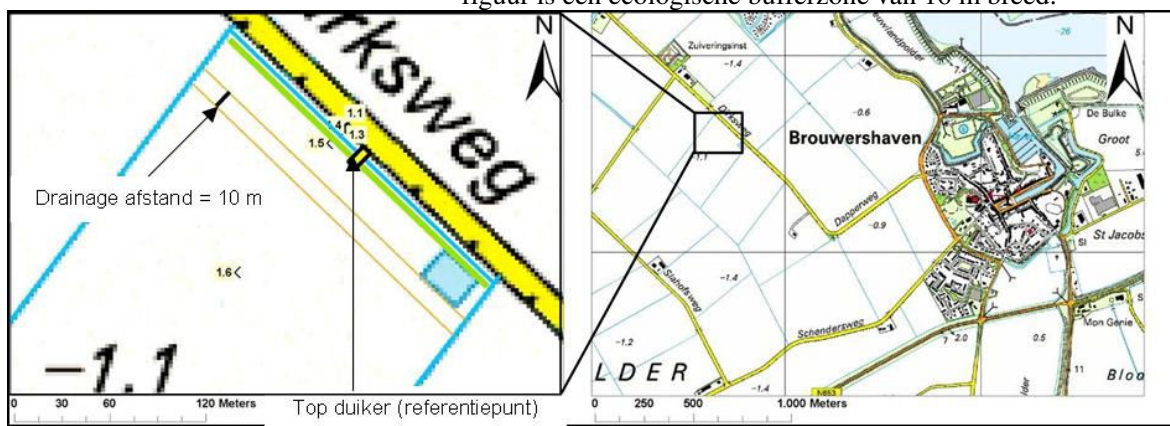
### PERCEEL 1

Landeigenaar:

N. van der Wekken  
Spuiwekken 27  
4318 AP Brouwershaven  
Tel. 06 – 54378017

Meetdata: 25/01/2007 en 10/05/2007

Op dit perceel zijn de metingen loodrecht op drainagerichting verricht. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot aan de zuidzijde van de Dirksweg. Het derde meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud en het laatste meetpunt ligt ongeveer 120 m het veld in. De top van de duiker, aan de noord kant van de “oprit” is gebruikt als referentiepunt voor de hoogtebepaling van de boorpunten. De groene strook in de figuur is een ecologische bufferzone van 16 m breed.



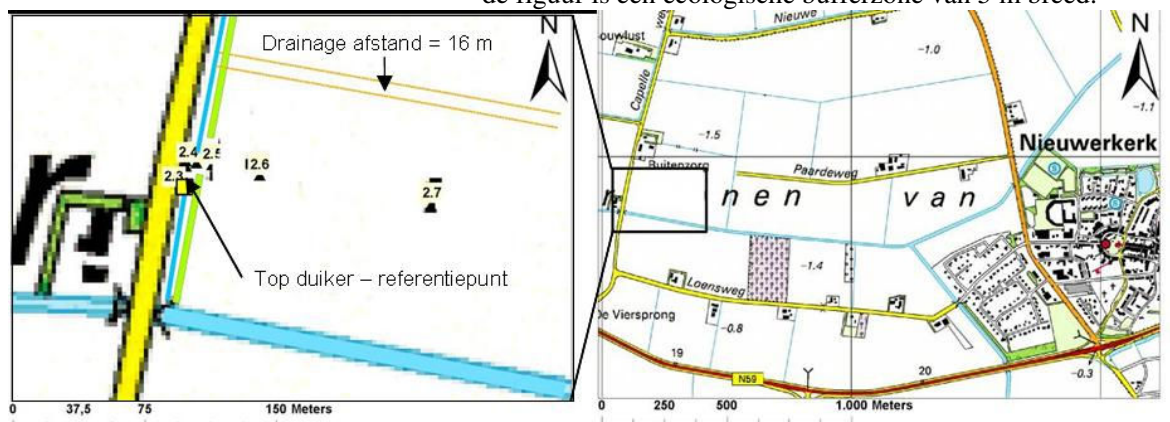
### PERCEEL 2

Landeigenaar:

P. Legemate  
Groeneweegje 5  
4301 RN Zierikzee  
Tel. 0111 - 450531

Meetdatum: 22/01/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainagebuizen in. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot en het tweede meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud. Het laatste meetpunt, 2.7, ligt ongeveer 140 m het veld in. Als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten is de top van de duiker aan noordzijde gebruikt. De groene strook in de figuur is een ecologische bufferzone van 5 m breed.



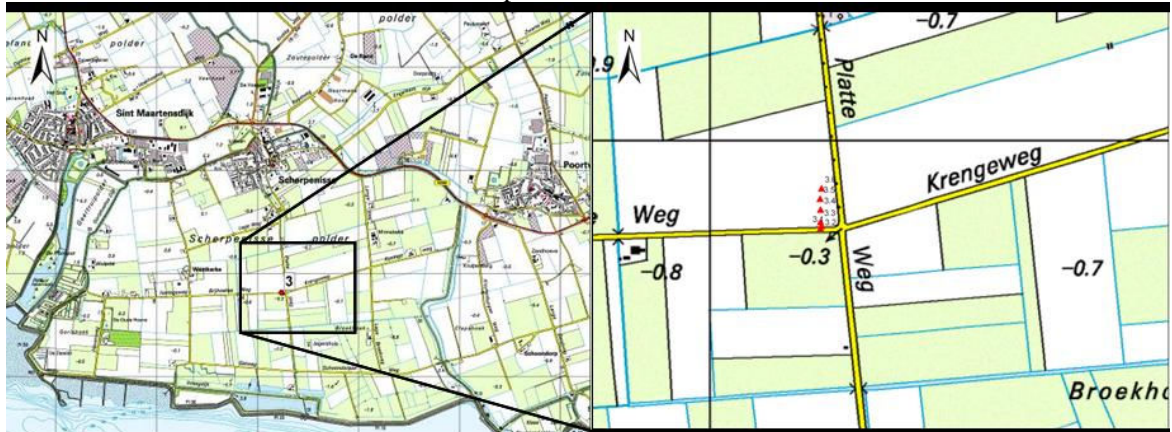
**PERCEEL 3**

Landeigenaar:

Maatschap de Jong  
Platteweg 28  
4694 BB Scherpenisse  
Tel. 06 – 50553840

Meetdatum: 13/03/2007

Op dit perceel is gemeten tussen twee drains in. De afstand tussen de drains is 10 m. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot aan de zuidzijde van de Brijhoekseweg. Het tweede meetpunt ligt op 3 m van het talud het maaiveld in en het laatste meetpunt ligt ongeveer 82 m het veld in. De top van de duiker, ten noorden van de kruising tussen de Krengeweg en de Platteweg is gebruikt als referentiepunt voor de hoogtebepaling van de boorpunten.

**PERCEEL 4**

Landeigenaar:

M.L. van Ast  
Oudelandsedijk 14  
4691 RT Tholen  
Tel. 0166 – 602404

Meetdata: 17/01/2007 en 08/05/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainagebuizen in. Tussen de twee perceelingsgangen waartussen gemeten is liggen 13 drainage buizen met een onderlinge afstand van 6 m. De metingen zijn verricht tussen buis 5 en 6, optellend vanaf het zuiden. De landscheiding was duidelijk te zien in het veld en was gemarkeerd met een aantal witte paaltjes. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het laatste meetpunt ligt ongeveer 165 m het veld in. In de buurt, aan de Kerkweg, staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (49B, 568).





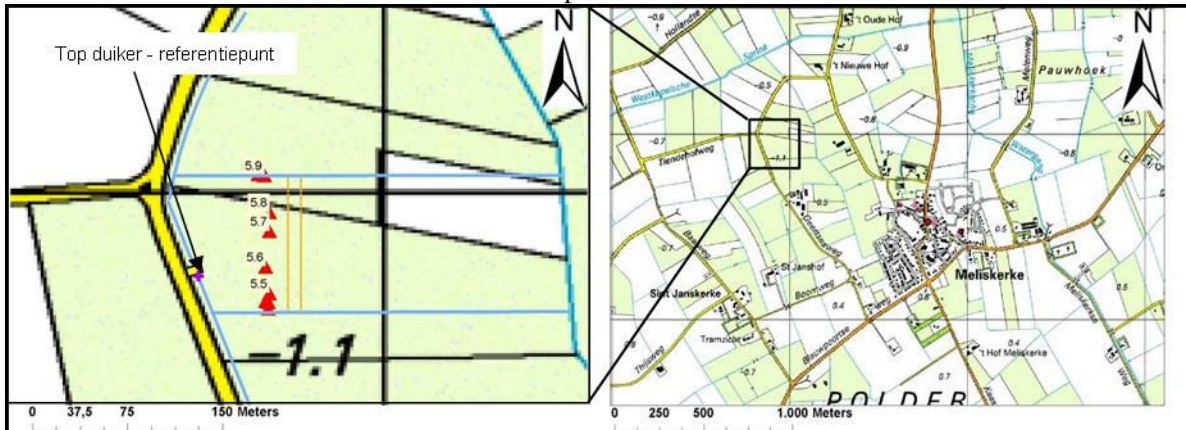
**PERCEEL 5**

Landeigenaar:

H. Dekker  
 Rapenburgseweg 7  
 4365 ND Meliskerke  
 Tel. 0118 – 562164

Meetdatum: 12/01/2007

De metingen zijn verricht van sloot tot sloot (van zuid naar noord) tussen twee drainagebuizen in. De afstand tussen de sloten is ongeveer 100 m. Deze buizen hebben een onderlinge afstand van 12 m en liggen ongeveer 80 m verwijderd van de “oprit” bij de Geertsesweg. De duiker onder deze “oprit” is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten.

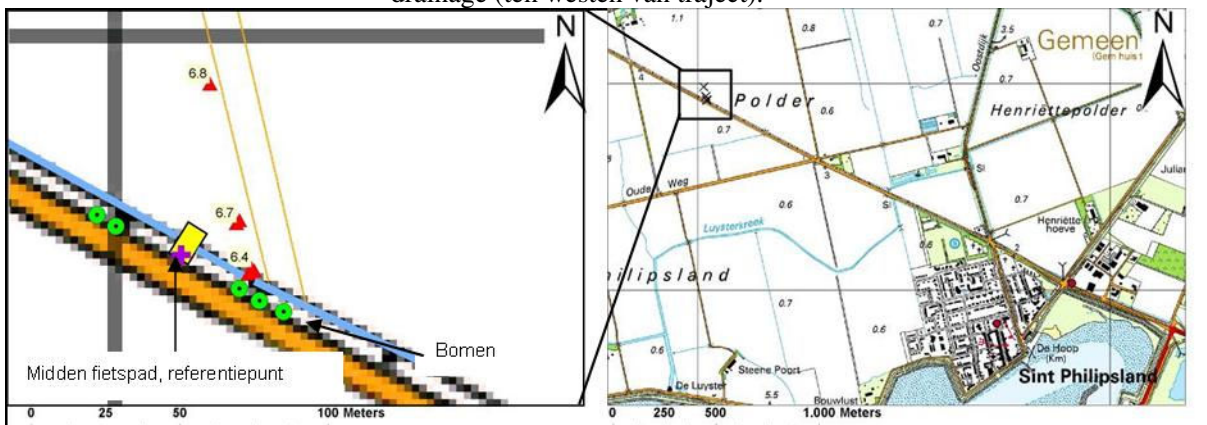
**PERCEEL 6**

Landeigenaar:

L. de Oude  
 Rijksweg 6  
 4675 RB St. Philipsland  
 Tel. 06 – 50528485

Meetdatum: 15/01/2007

De metingen zijn verricht tussen twee drainagebuizen in, min of meer op een oude niet meer werkzame drainage buis. De eerste meting ligt in de sloot ter hoogte van de eerste boom ten oosten van de “oprit”. Als referentiepunt voor het landmeten is het midden van het fietspad gebruikt. Meetpunt 6.6 en 6.7 liggen loodrecht op het meettraject bij meetpunt 6.5, 6.6 op  $\frac{3}{4}$  tussen de twee drainagebuizen en 6.7 “op” de drainage (ten westen van traject).



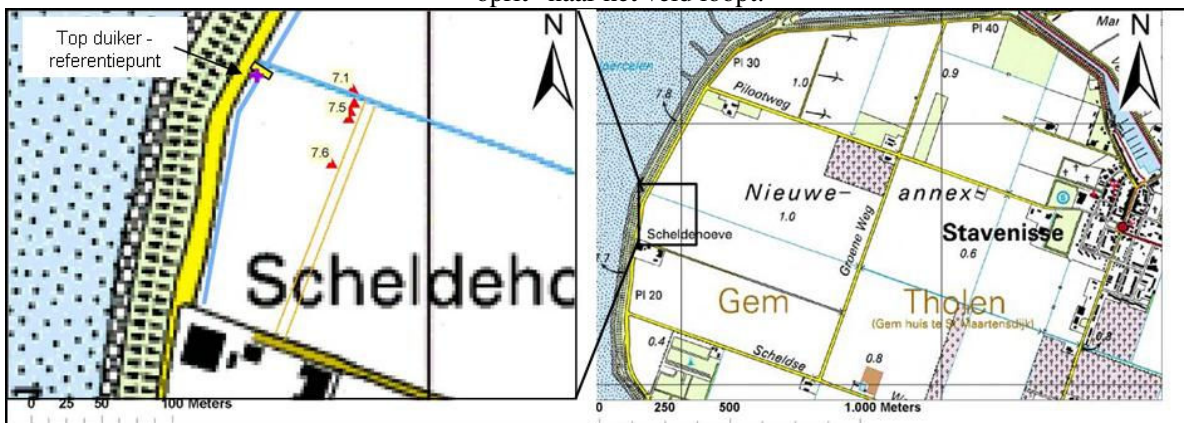
**PERCEEL 7**

Landeigenaar:

M.J. de Rooij  
 Dijkweg 1  
 4696 RH Stavenisse  
 Tel. 06 – 50405175

Meetdata: 18/01/2007 en 08/05/2007

Op het perceel liggen meerdere soorten drainagebuizen van verschillende ouderdom. De meetpunten zijn uitgezet tussen de laatst geplaatste drainagebuizen die een onderlinge afstand hebben van 20 m. De drainagebuizen voerde veel water af. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het laatste meetpunt ligt ongeveer 52 m het veld in. Als referentiepunt voor de hoogteligging is de zuidzijde van de duiker gebruikt die onder de “oprit” naar het veld loopt.



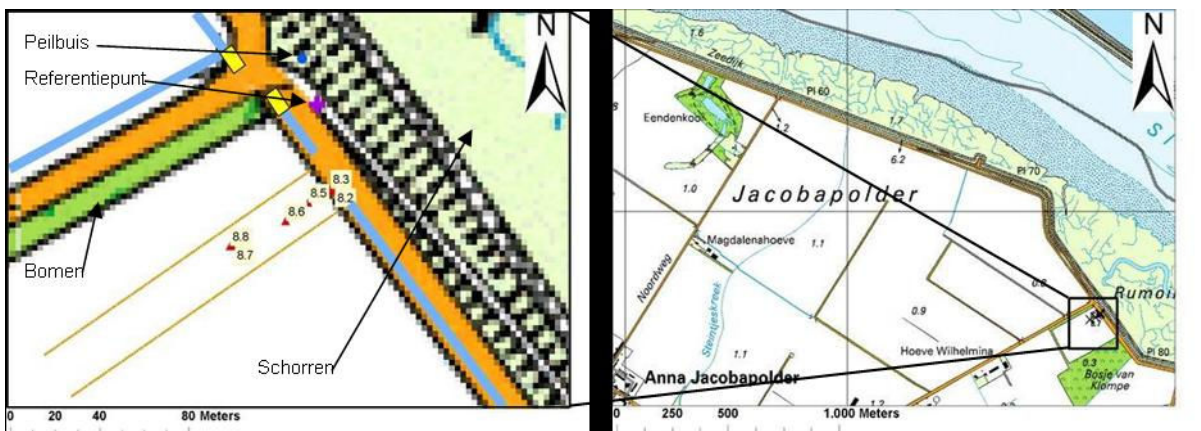
**PERCEEL 8**

Landeigenaar:

Loverendale  
 Lageweg 10  
 4675 RH St. Philipsland  
 Tel. 06 – 30035123

Meetdatum: 16/01/2007

Het perceel ligt aan de zuid-oost kant van de Lageweg. Het meettraject is uitgezet tussen twee drainagebuizen in (onderlinge afstand van 10 m). Als referentiepunt voor de hoogtemetingen is de zuid-oost hoek van het weggetje gebruikt dat bij het kruis de dijk op loopt. Aan de voet van de dijk staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (43D, 233). Meetpunt 8.8 staat loodrecht op het traject “op” de drainage ter hoogte van meetpunt 8.7. In de sloot zijn uiteindelijk 5 prikpunten uitgezet.



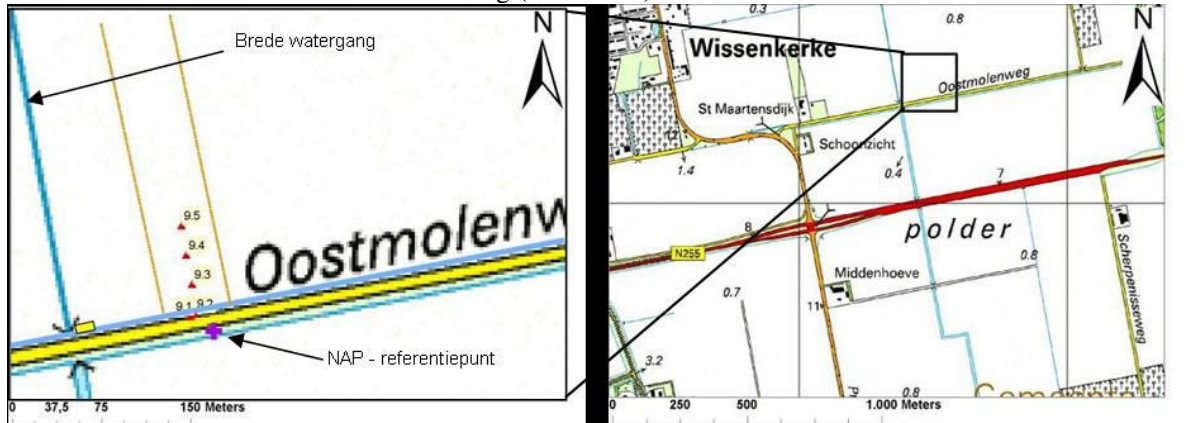
**PERCEEL 9**

Landeigenaar:

S. Dees  
Boomdijk 3  
4491 PP Wissenkerke  
Tel. 0113 – 370200

Meetdatum: 30/01/2007

Op perceel 9 zijn er twee trajecten bemeten. In de figuur hieronder staat het eerste traject (9.1 t/m 9.5), het tweede traject loopt ten oosten evenwijdig aan het eerste maar dan “op” een drainage buis (9.6 t/m 9.10). Beide trajecten beginnen met het eerste meetpunt in de sloot. Als referentiepunt voor het landmeten is de NAP schaal gebruikt aan de zuidzijde van de weg (in de sloot).

**PERCEEL 10**

Landeigenaar:

Maatschap Manni  
Nw. Noorddijkseweg 1  
4305 RA Ouwerkerk  
Tel. 0111 – 412542 /  
06 – 51198890

Meetdatum: 30/03/2007

Er is hier gemeten in een raai van sloot aan de zuidzijde naar de sloot aan de noordzijde tussen de drains. De metingen zijn verricht tussen twee drainagebuizen in. De drainafstand op dit perceel is ongeveer 10 m.

Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot en het tweede meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud. Het laatste meetpunt ligt in het midden van de andere sloot op een afstand van ongeveer 220 m van het eerste meetpunt. Als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten is de top van de duiker aan zuidzijde gebruikt.



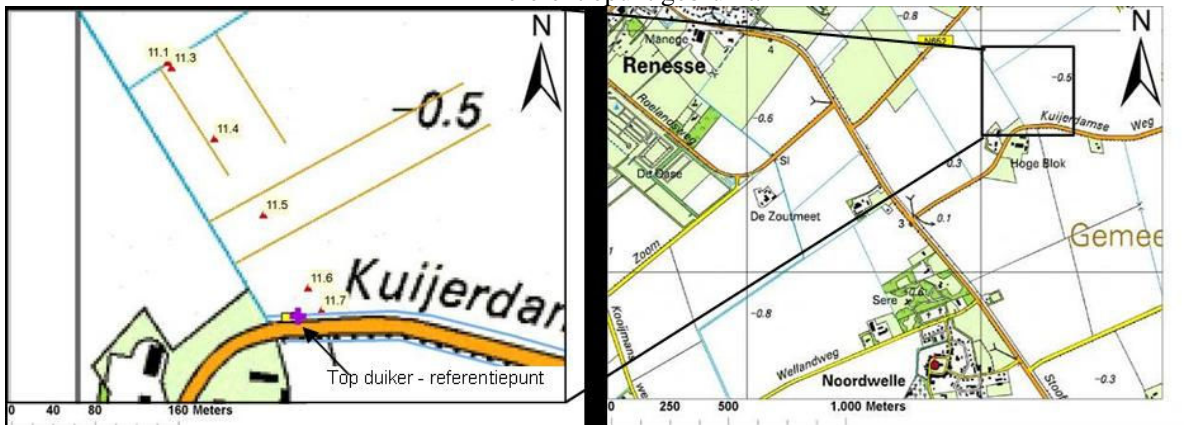
**PERCEEL 11**

Land eigenaar:

J.W. van de Velde  
 Kuijerdamseweg 4  
 4326 LL Noordwelle  
 Tel. 0111 – 461806

Meetdatum: 24/012007

Op dit perceel is gemeten van sloot naar sloot (noord-zuid). Aan de noordkant van het veld loopt de drainage in zuidoostelijke richting en halverwege ligt deze in noordoostelijke richting. Aan de noordkant zijn de eerste metingen tussen twee nieuwere drainage buizen in gedaan (onderlinge afstand van 8 m). Onder deze meetpunten loopt een oudere niet werkende drainage buis. De top van de duiker bij de “oprit” naar het veld aan de oostzijde is als referentiepunt gebruikt.

**PERCEEL 12**

Landeigenaar:

E. Baecke  
 Zuiddijk 18  
 4585 PP Hengstdijk  
 Tel. 0114 – 684647

Meetdatum: 12/12/2006

Perceel 12 is een boomgaard. Er is van sloot tot sloot gemeten (zuid-noord). Bij de oprit naar de boerderij is begonnen in de sloot aan de noordzijde van de weg (oost van oprit). De putdeksel op de oprijlaan is gebruikt als vast referentiepunt voor het landmeten.



**PERCEEL 13**

Landeigenaar:

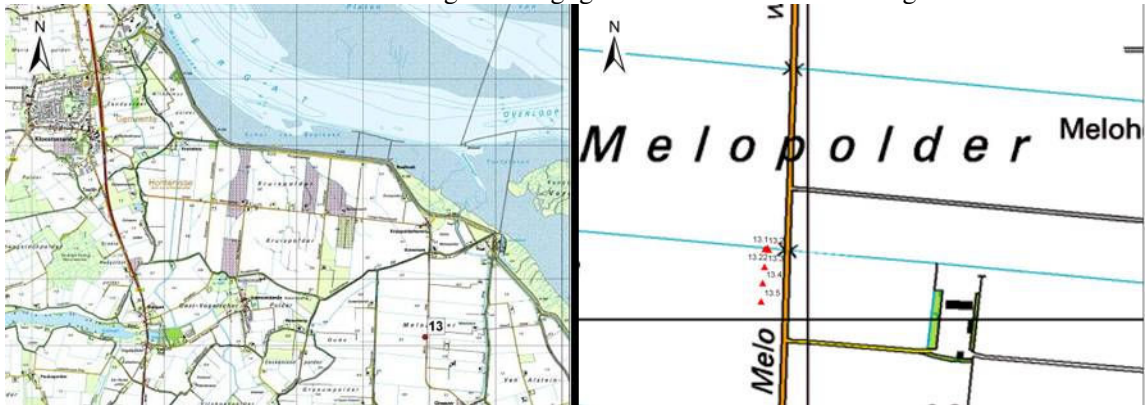
A.F.P.M. van Iersel  
Meloweg 4  
4569 PG Graauw  
Tel. 0114 – 635852 /  
06 – 10965545

Meetdatum: 17/04/2007

Er is hier gemeten in een raai vanaf de sloot tussen twee drains het veld in. De afstand tussen de drains is 6 m. Er is hier een tweetal extra metingen gedaan om de invloed van de drainage op de chlorideconcentraties in het grondwater te kunnen bepalen. Deze meetpunten liggen ter hoogte van meetpunt 13.2 en 13.3 en liggen op de drain.

Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot en het tweede meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud. Het laatste meetpunt ligt ongeveer 92 m het veld in. Het referentiepunt van perceel 13 is de top van de duiker ten noord-oosten van de raai parallel aan de Meloweg.

De eigenaar zegt geen last te hebben van zout grondwater.

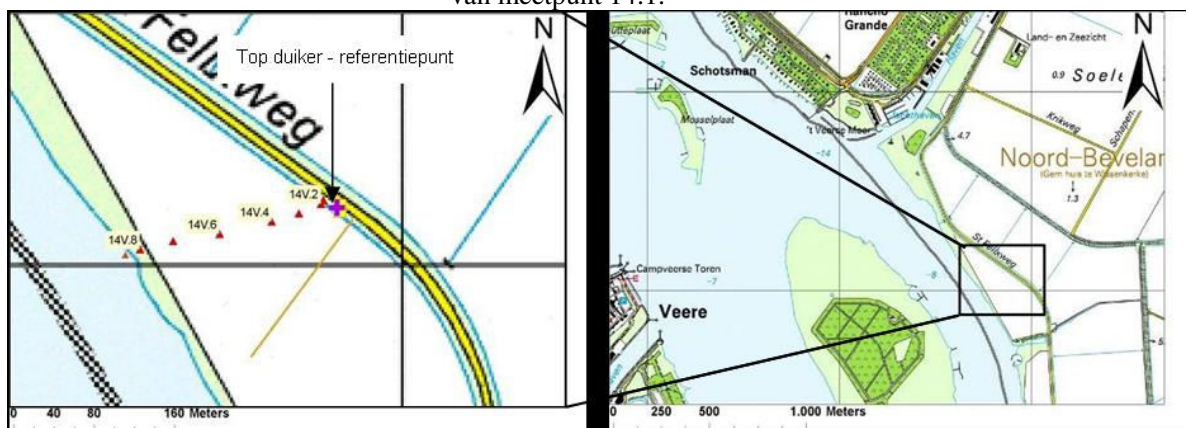
**PERCEEL 14**

Landeigenaar:

M.C. Remijnse  
Stekeldijk 18  
4493 PE Kamperland  
Tel. 0113 – 302495

Meetdatum: 29/01/2007

Perceel 14 ligt in buitendijksgebied en ligt aan het Veerse Meer. Er is gemeten van sloot tot Veerse Meer (noord-zuid) in een rechte lijn. Geprobeerd is om een aantal meetpunten in een oude kreek te zetten en een aantal meetpunten daarnaast. Drainage was wel aanwezig maar moeilijk in kaart te brengen, richting het oosten was de drainage beter zichtbaar. Als referentiepunt voor het landmeten is de westzijde van de duiker gebruikt ten oosten van meetpunt 14.1.



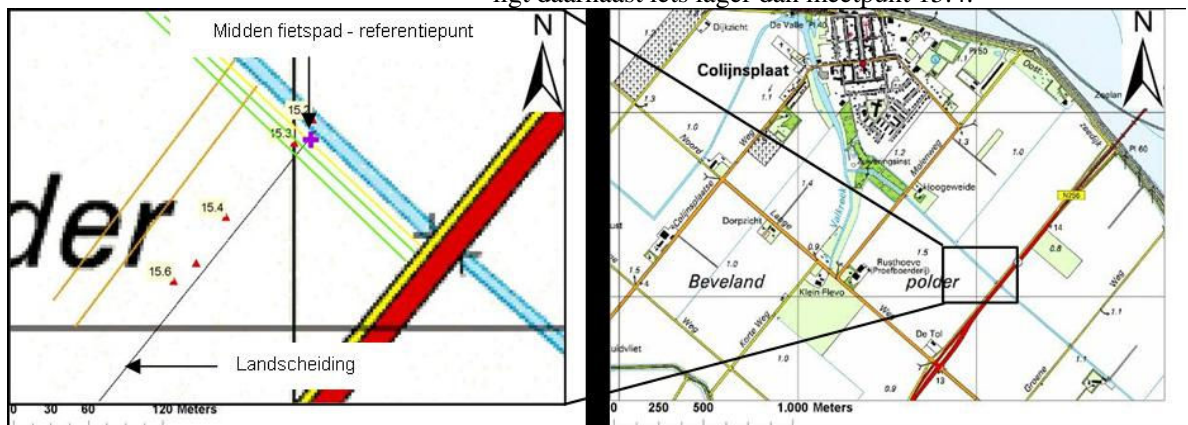
**PERCEEL 15**

Landeigenaar:

Proefboerderij Rusthoeve  
T. Heijboer  
Noordlangeweg 42  
4486 PR Colijnsplaat  
Tel. 0113 – 693000

Meetdatum: 01/02/2007

Op perceel 15 is gemeten vanaf de sloot tot ongeveer 170 m het veld in. De sloot is 8 m breed en is een oude gekanaliseerde kreek. De meetpunten zijn uitgezet tussen twee drainage buizen in met een onderlinge afstand van 13 m. Langs de sloot loopt een fietspad en daar ten zuiden van ligt het veld met eerst een ecologische bufferzone van ongeveer 8 m breed. Als referentiepunt voor het landmeten is het midden van het fietspad gebruikt ter hoogte van de landscheiding (witte paaltjes). Het laatste meetpunt 15.6 ligt in een kwelplek die te herkennen is aan het kleurverschil en ligt daarnaast iets lager dan meetpunt 15.4.

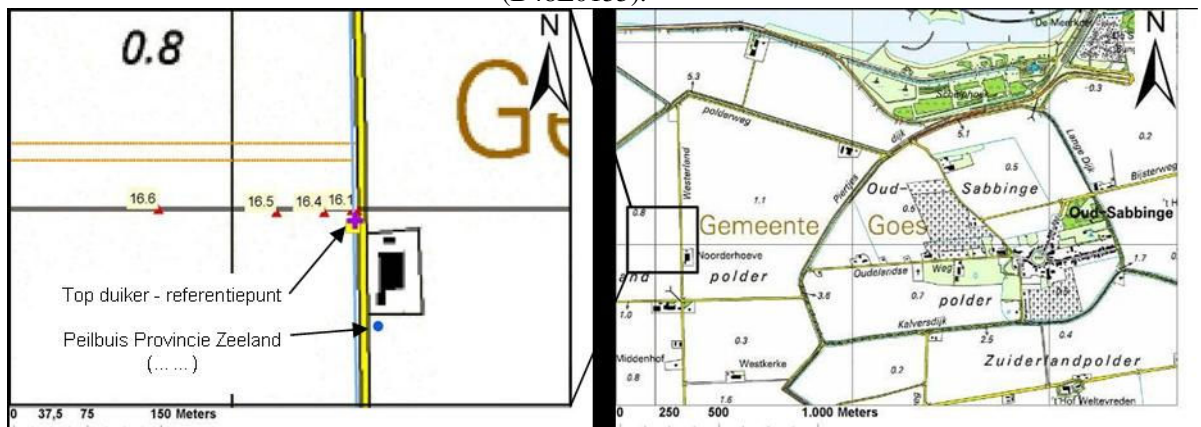
**PERCEEL 16**

Landeigenaar:

J. de Jager  
Westerlandpolder 7  
4471 RD Wolphaartsdijk  
Tel. 0113 – 581480

Meetdata: 31/01/2007 en 09/05/2007

Perceel 16 is bemeten vanaf de sloot tot ongeveer het midden van het perceel waar het maaiveld duidelijk lager is (oost-west). Er is tussen twee drainagebuizen gemeten die een onderlinge afstand hebben van 14 m. De drainage kwam onder het slootniveau tevoorschijn. Als referentiepunt voor de hoogteliggingen is de noordzijde van de duiker gebruikt die onder de “oprit” naar het land loopt. Ten zuiden van de boerderij staat een peilbuis van de Provincie Zeeland (B48E0155).



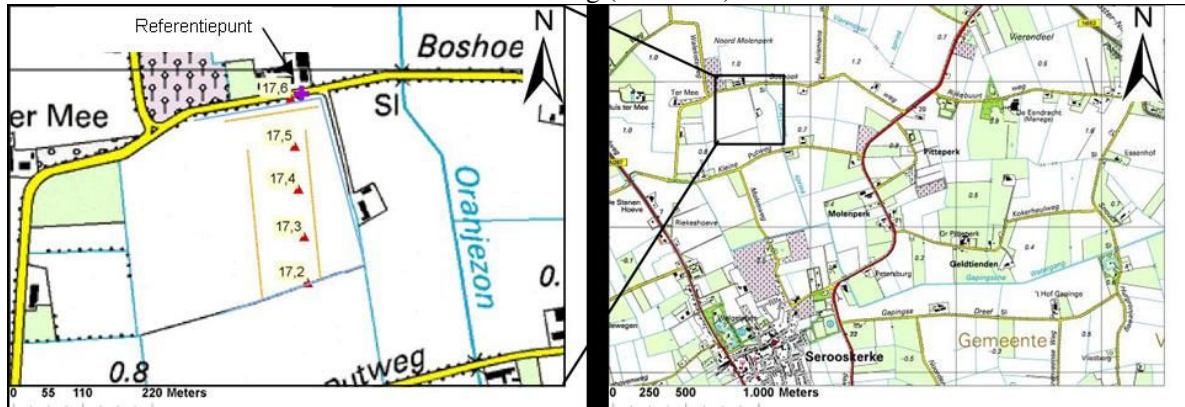
**PERCEEL 17**

Landeigenaar:

J.P. van de Putte  
Boshoekweg 5  
4353 SE Serooskerke  
Tel. 0118 – 591264

Meetdatum: 10/01/2007

Perceel 17 is van sloot tot sloot bemeten (zuid-noord). Als referentiepunt voor de hoogteligging is het midden van de weg gebruikt ter hoogte van de schuur van de boerderij. De drainage loopt in het zuidelijk deel van het veld, richting het noorden en heeft daar een onderlinge afstand van 10 m. In het noordelijke deel van het veld ligt een drainagebuis evenwijdig aan de weg (oost-west).

**PERCEEL 18**

Landeigenaar:

K. Oudijk  
Dwarsweg 9  
4411 SE Rilland  
Tel. 0113 – 556060

Meetdatum: 16/03/2007

Er is hier gemeten in een raai vanaf de sloot evenwijdig aan de Dwarsweg het veld in. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot en het laatste meetpunt ligt ongeveer 69 m het veld in. De duiker met de kortste afstand tot het beginpunt van de raai is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten.



**PERCEEL 19**

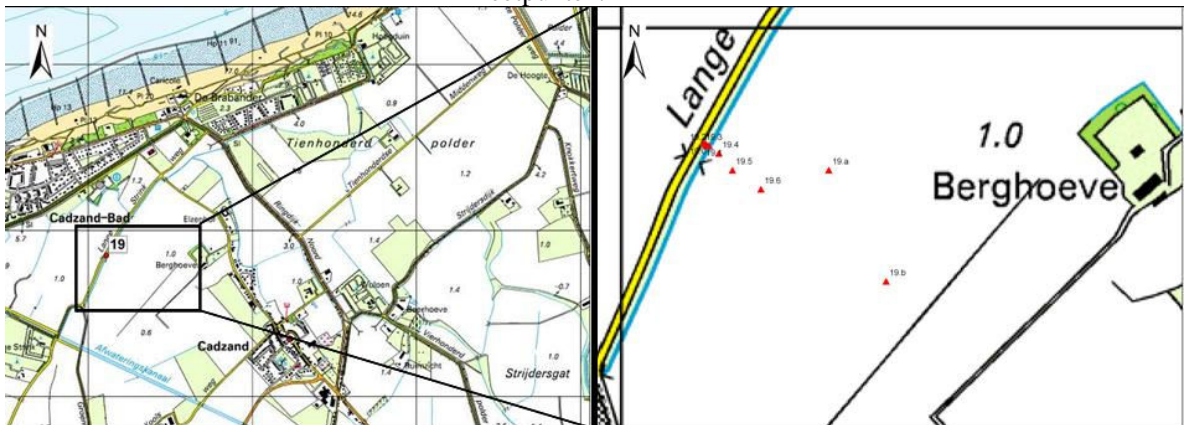
Landeigenaar:

Mw. A.F. de Keuninck-de Bruijne  
 Zeedijk 15  
 4504 PK Nieuwvliet  
 Tel. 0117 – 371484

Meetdatum: 8/04/2007

Er is hier gemeten in een raai vanaf de sloot evenwijdig aan de Lange Strinkweg (noord-westzijde). Het eerste meetpunt ligt in het midden van de sloot en het derde meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud. Het laatste meetpunt ligt ongeveer 94 m het veld in.

De duiker met de kortste afstand tot het beginpunt van de raai is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten.

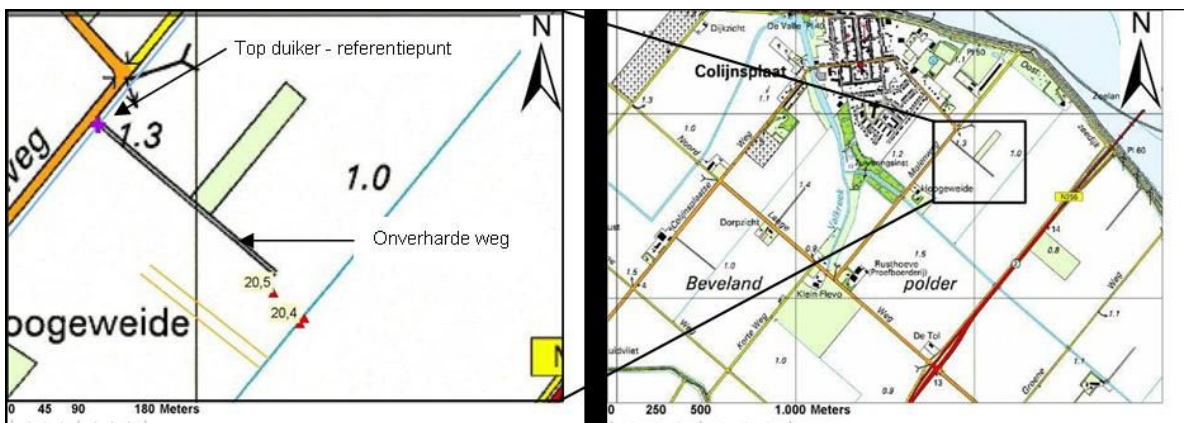
**PERCEEL 20**

Landeigenaar:

Proefboerderij Rusthoeve  
 T. Heijboer  
 Noordlangeweg 42  
 4486 PR Colijnsplaat  
 Tel. 0113 – 693000

Meetdatum: 02/02/2007

Op perceel 20 is vanaf de sloot tot ongeveer 50 m het veld in gemeten. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot, het derde halverwege het talud en het vierde op de rand van het veld met talud. De zuidzijde van de duiker langs de Molenweg is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging.





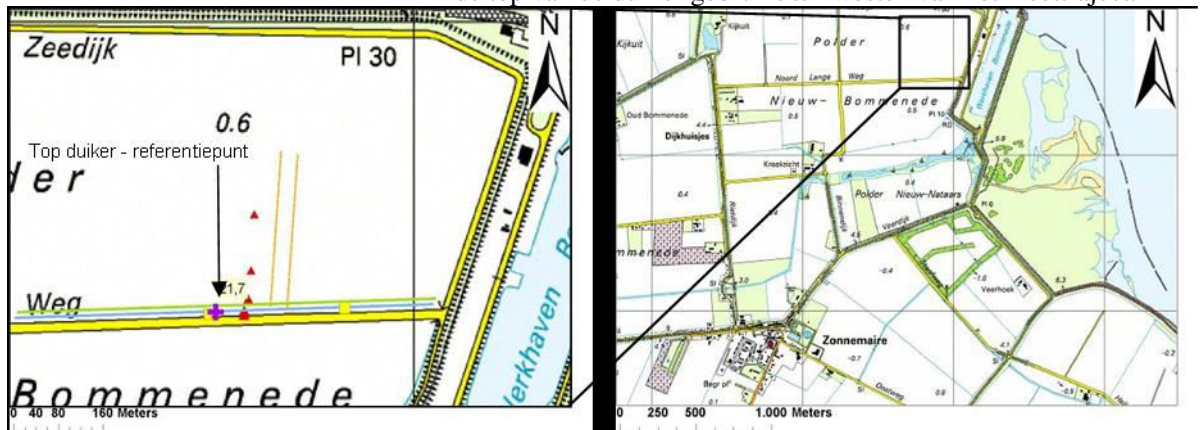
**PERCEEL 21**

Landeigenaar:

N. Delst  
Rietdijk 12  
4316 PL Zonnermaire  
Tel. 0111 - 691246

Meetdatum: 23/01/2007

Perceel 21 is bemeten vanaf de sloot aan de Noordlangeweg tot ongeveer 180 m het veld in. De eerste twee meetpunten liggen in de sloot en het derde meetpunt halverwege het talud. De groene strook in de figuur hieronder is een ecologische bufferzone van ongeveer 5 m breed. Als referentiepunt voor de hoogteligging is de top van de duiker gebruikt ten westen van het meettraject.

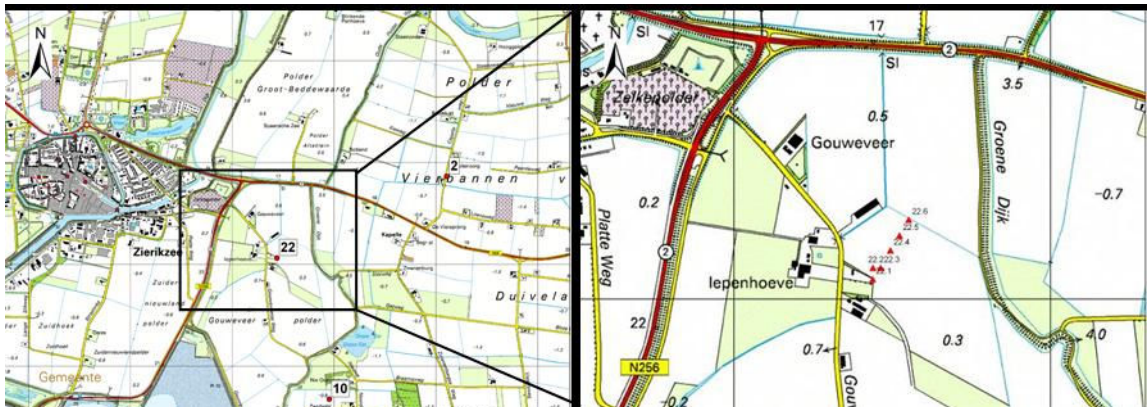
**PERCEEL 22**

Landeigenaar:

C.H.J. Hanse  
Gouweveerseweg 7  
4301 RP Zierikzee  
Tel. 0111 - 414058 /  
06 - 20034963

Meetdatum: 24/03/2007

Er is gemeten in een raai van de zuidwestelijke sloot naar de noordoostelijke sloot. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de zuidwestelijke sloot. Het een na laatste meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud van noordoostelijke sloot. Het laatste meetpunt ligt midden in de noordoostelijke sloot en op een afstand van ongeveer 252 m vanaf het beginpunt. Er is geen vast meetpunt ingemeten, daarom is meetpunt 22.2 als referentiepunt gebruikt.



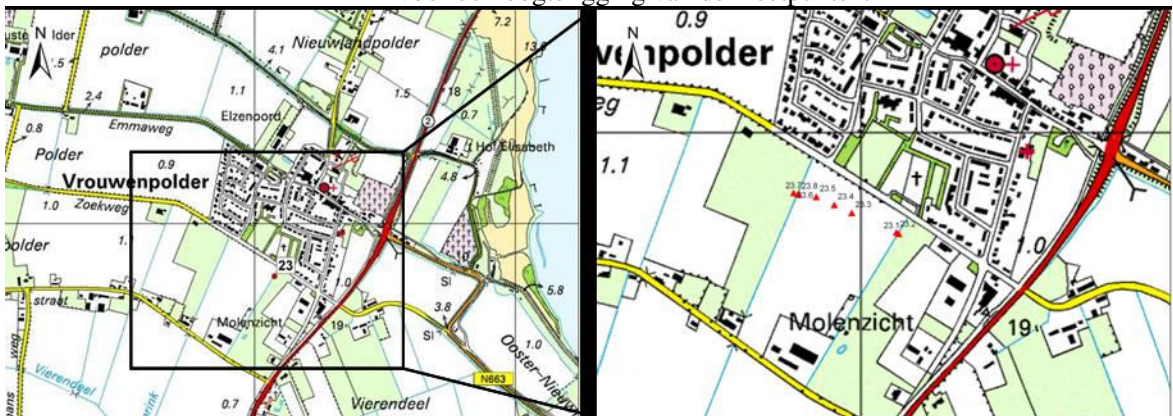
**PERCEEL 23**

Landeigenaar:

P. van Dis  
Lepelstraat 2  
4354 KK Vrouwenpolder  
Tel. 0118 – 591248 /  
06 – 53674079

Meetdatum: 28/03/2007

Er is gemeten in een raai van de zuidoostelijke sloot naar de noordwestelijke sloot. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de zuidoostelijke sloot. Het een na laatste meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud van noordwestelijke sloot. Het laatste meetpunt ligt midden in de noordwestelijke sloot en op een afstand van ongeveer 222 m vanaf het beginpunt. De duiker met de kortste afstand tot het beginpunt van de raai is gebruikt als referentiepunt voor de hoogteligging van de meetpunten.

**PERCEEL 25**

Landeigenaar:

S. Dees  
Boomdijk 3  
4491 PP Wissenkerke  
Tel. 0113 – 370200

Meetdatum: 20/04/2007

Er is gemeten in een raai vanaf de oostelijk gelegen kreek. Het eerste meetpunt ligt in het midden van de 35 m brede kreek. Het tweede meetpunt ligt op de rand van het maaiveld met het talud van de watergang. Het laatste meetpunt ligt ongeveer 52 m het veld in. Het midden van de Colijnsplaatseweg is als referentiepunt gebruikt.



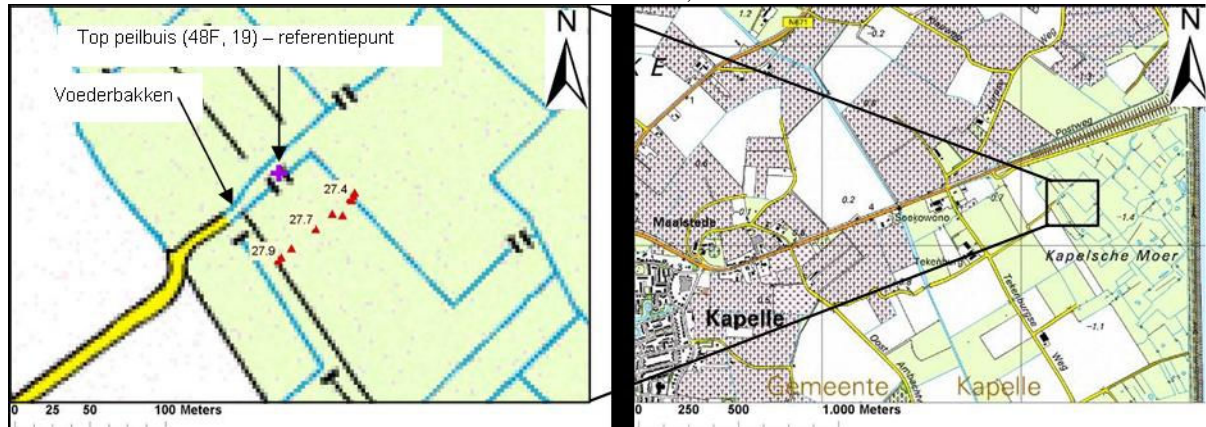
**PERCEEL 27**

Natuurgebied:

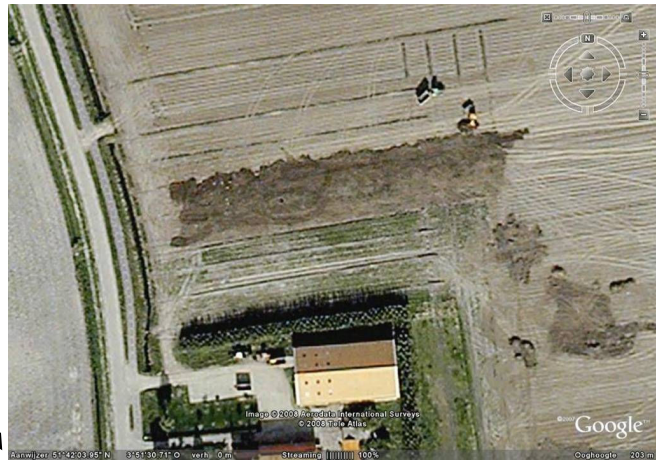
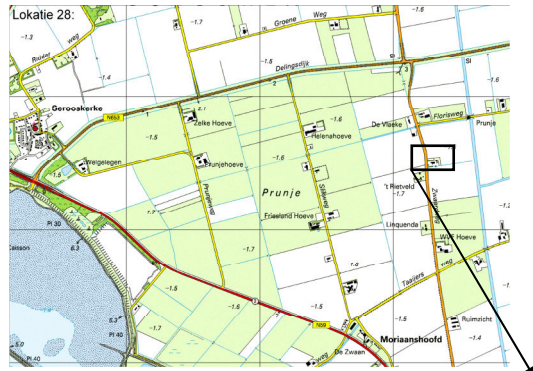
Kapelsche Moer  
Staatsbosbeheer, boswachter:  
Dhr. de Keuning

Meetdatum: 13/12/2006 en 11/05/2007

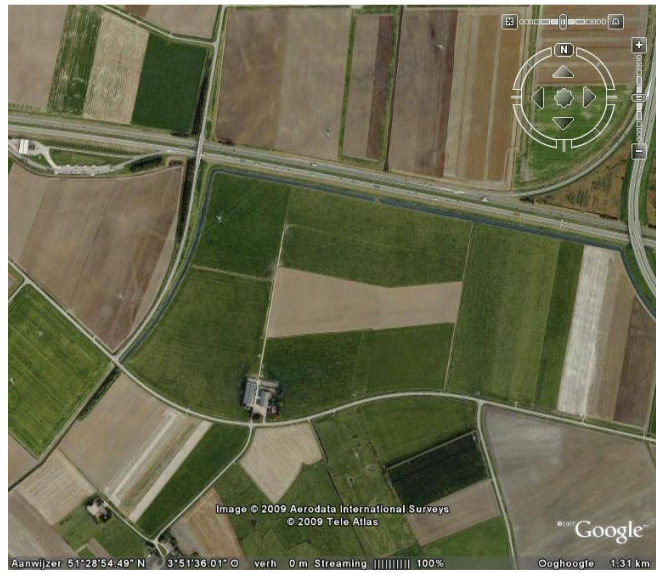
Perceel 27 is het enige natuurgebied in deze meetcampagne. Het perceel bestaat uit grasland en sloten. In het veld liggen depressies waarvan er meerdere tijdens onze meetdag onder water stonden. Er is van sloot tot sloot gemeten (NO-ZW) over een afstand van ongeveer 70 m. Vlakbij het meettraject staat een peilbuis met nummer 48F, 19.



### PERCEEL 28



### PERCEEL 29



## B Boorgegevens uit DINO

Perceelnummer		7				
<b>BORING</b>						
NITG-nummer:	400-057-0002					
X-coördinaat (m):	57900					
Y-coördinaat (m):	400775					
NAP):	1.1					
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>						
Bovenkant laag (m - maaiveld)	Onderkant laag (m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Lutum %	Bijmenging silt
0	0.2	bruin	klei	---	20	---
0.2	0.7	grijs	zand	uiterst fijn	---	zwak siltig
0.7	1	grijs	klei	---	15	---
1	1.9	donker-grijs	klei	---	30	sterk siltig
1.9	3.4	donker-grijs	klei	---	30	sterk siltig
3.4	3.45	onbekend	veen	---	---	---
3.45	3.7	grijs	klei	---	35	matig siltig
3.7	8	grijs	zand	uiterst fijn	---	---
8	12	grijs	zand	uiterst fijn	10	---
12	13.6	grijs	klei	---	30	sterk siltig
13.6	13.8	grijs	klei	---	45	matig siltig
13.8	14.35	onbekend	veen	---	---	---
14.35	14.4	bruin	zand	uiterst fijn	---	---

<b>Perceelnummer</b>	<b>11</b>			
<b>ALGEMENE GEGEVENS</b>				
<b>BORING</b>				
NITG-nummer:	416-044-0004			
X-coördinaat (m):	44900			
Y-coördinaat (m):	416930			
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	-0.49			
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>				
<b>Bovenkant laag (m - maaiveld)</b>	<b>Onderkant laag (m - maaiveld)</b>	<b>Kleur</b>	<b>Hoofdgrondsoort</b>	<b>Lutum %</b>
0	0.5	onbekend	klei	---
0.5	1.2	geel	klei	30
1.2	2.1	zwart	klei	---
2.1	2.3	onbekend	veen	---
2.3	2.8	onbekend	zand	---
2.8	3.8	onbekend	zand	15
3.8	4.7	grijs	zand	---

Perceelnummer		16				
ALGEMENE GEGEVENS						
BORING						
NITG-nummer:	B48E0155					
X-coördinaat (m):	43169					
Y-coördinaat (m):	394883					
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	1.05					
LITHOLOGIE LAGEN						
Bovenkant laag ( m - maaiveld)	Onderkant laag ( m - maaiveld)	Kleur	Hoofdgrondsoort	Zandmediaanklasse	Bijmenging klei	Silt%
0	2.6	onbekend	klei	---	---	---
2.6	3.35	onbekend	klei	---	---	---
3.35	4.24	onbekend	klei	---	---	---
4.24	7.3	onbekend	klei	---	---	---
7.3	8.4	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	---
8.4	11.6	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	10
11.6	13.47	onbekend	zand	matig fijn	kleiig	---
13.47	15	grijs	zand	matig grof	kleiig	10
15	18.8	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
18.8	21.6	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
21.6	23.8	grijs	zand	matig grof	kleiig	5
23.8	24.8	grijs	zand	matig grof	kleiig	10
24.8	25.8	onbekend	zand	matig fijn	---	---
25.8	27.3	grijs	zand	zeer fijn	kleiig	10
27.3	35.9	licht-grijs	zand	zeer fijn	kleiig	5
35.9	41.5	grijs	zand	matig grof	kleiig	4

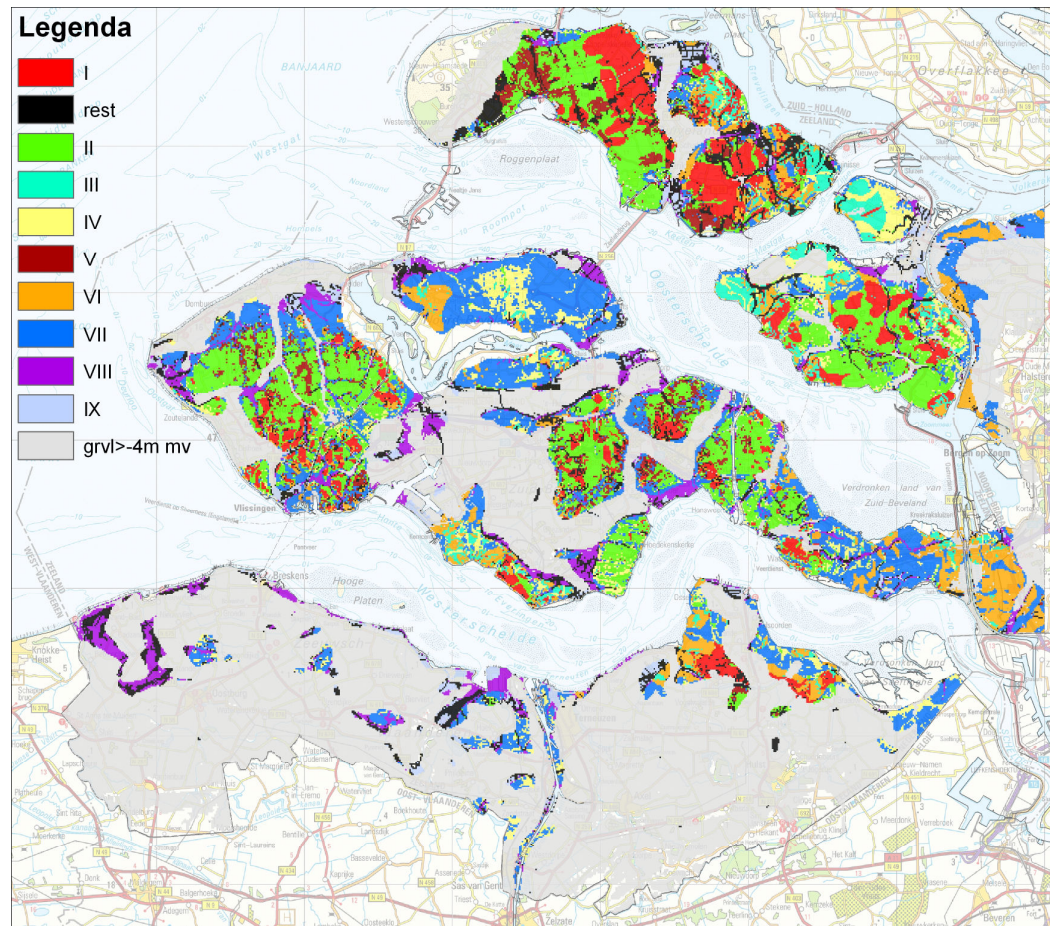
<b>Perceelnummer</b>	<b>16</b>						
<b>ALGEMENE GEGEVENS</b>							
<b>BORING</b>							
NITG-nummer:	394-042-0004						
X-coördinaat (m):	42960						
Y-coördinaat (m):	394970						
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	0.9						
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>							
<b>Bovenkant laag (m – maaiveld)</b>	<b>Onderkant laag (m - maaiveld)</b>	<b>Kleur</b>	<b>Hoofdgrondsoort</b>	<b>Zandmediaanklasse</b>	<b>Bijmenging klei</b>	<b>Lutum %</b>	<b>Bijmenging silt</b>
0	0.7	onbekend	klei	---	---	35	matig siltig
0.7	1.4	onbekend	klei	---	kleilig	40	matig siltig
1.4	2.2	geel-bruin	klei	---	---	18	---
2.2	2.85	blauw-grijs	klei	---	---	65	zwak siltig
2.85	3.4	groen-zwart	klei	---	kleilig	45	matig siltig
3.4	5.3	onbekend	klei	---	---	60	zwak siltig
5.3	6.1	onbekend	zand	zeer fijn	kleilig	40	---



<b>Perceelnummer</b>	<b>27</b>						
<b>ALGEMENE GEGEVENS</b>							
<b>BORING</b>							
NITG-nummer:	390-058-0002						
X-coördinaat (m):	58240						
Y-coördinaat (m):	390300						
Maaiveldhoogte (meter t.o.v. NAP):	-1						
<b>LITHOLOGIE LAGEN</b>							
<b>Bovenkant laag (m - maaiveld)</b>	<b>Onderkant laag (m - maaiveld)</b>	<b>Kleur</b>	<b>Hoofdgrondsoort</b>	<b>Zandmediaanklasse</b>	<b>Lutum %</b>	<b>Bijmenging silt</b>	<b>Bijmenging zand</b>
0	0.5	bruin	klei	---	40	matig siltig	---
0.5	1.7	onbekend	veen	---	---	---	---
1.7	2.4	onbekend	klei	---	50	zwak siltig	---
2.4	4.7	onbekend	klei	---	20	---	zandig
4.7	6	onbekend	zand	uiterst fijn	---	siltig	---
6	7.7	onbekend	zand	uiterst fijn	---	---	---
7.7	7.71	onbekend	zand	uiterst fijn	---	---	---



## C Indeling in hoofdgebieden



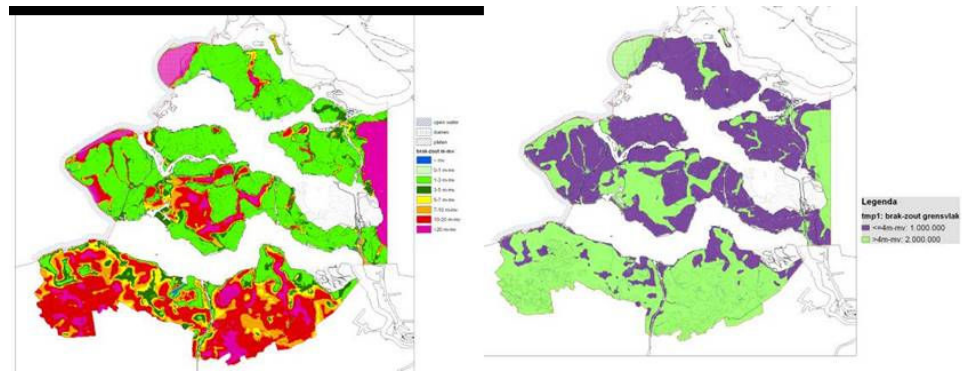
Figuur C1: De Provincie Zeeland wat betreft fysisch-geografische criteria opgedeeld in negen hoofdgebieden (Oude Essink, 2006). Er is alleen gekeken naar ondiep grondwater (dwz. selectietype 1: brak-zout grensvlak ondieper dan 4 m-mv).

Bij de selectie van te bemeten percelen is de aandacht gericht op de verzilting van het freatisch grondwater, oftewel op de locaties daar waar het brak-zout grensvlak relatief ondiep ligt. Tijdens de selectie van de hoofdgebieden vallen daarom verschillende gebieden af. Zo wordt het gebied waar het brak-zout grensvlak dieper ligt dan 4 m onder maaiveld vooralsnog niet meegenomen. Hieronder worden een zevental selectietypen kort uitgewerkt:

### a. Positie brak-zout grensvlak (figuur C2)

Mogelijk selectie criterium:

1. brak-zout grensvlak  $\leq$  4 m-mv: 49.4% van het gebied (figuur C2b; kleur paars)
2. brak-zout grensvlak  $>$  4 m-mv (dieper): 50.6% (figuur C2b; kleur lichtgroen)

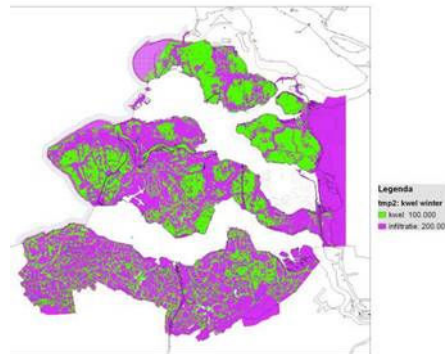


Figuur C2: Positie brak-zout grensvlak.

**b. Winterkwel (verschil stijghoogte eerste watervoerend pakket en freatische grondwaterstand in de winter)**

Mogelijk selectiecriteria:

1. waarde  $< 0$  mm = kwel: 39.1% (figuur C3a, kleur groen)
2. waarde  $\geq 0$  mm = infiltratie: 60.9% (figuur C3a, kleur paars)

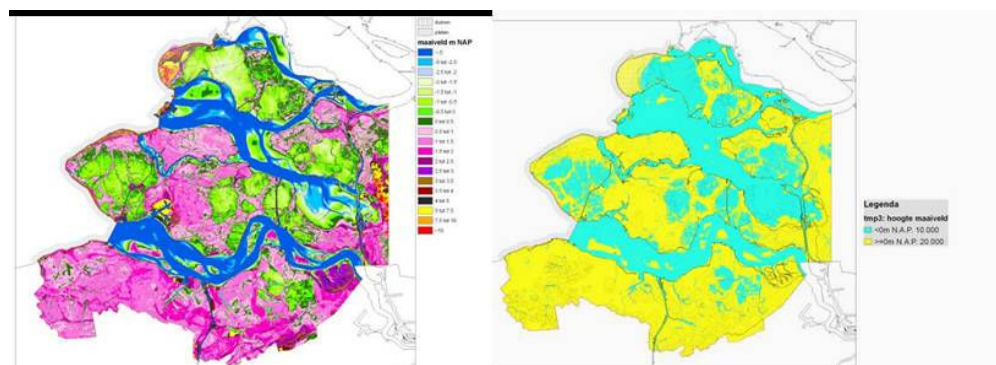


Figuur C3: kwel en infiltratie kaart.

**c. Hoogte maaiveld (figuur C4a)**

Mogelijk selectiecriteria:

1. maaiveld  $< 0$  m NAP: 23.1% (figuur C4b, kleur lichtblauw)
2. maaiveld  $\geq 0$  m NAP: 76.9% (figuur C4b, kleur geel)

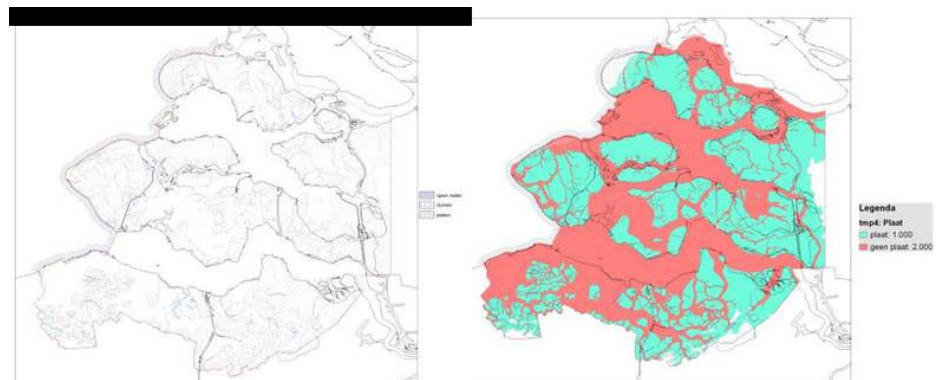


Figuur C4: Maaiveld m NAP

**d. Plaat of geen plaat (figuur C5a)**

Mogelijk selectiecriteria:

1. plaat (ook onder duin): 64.2% (figuur C5a, kleur lichtblauw)
2. geen plaat: 35.8% (figuur C5a, kleur rood)

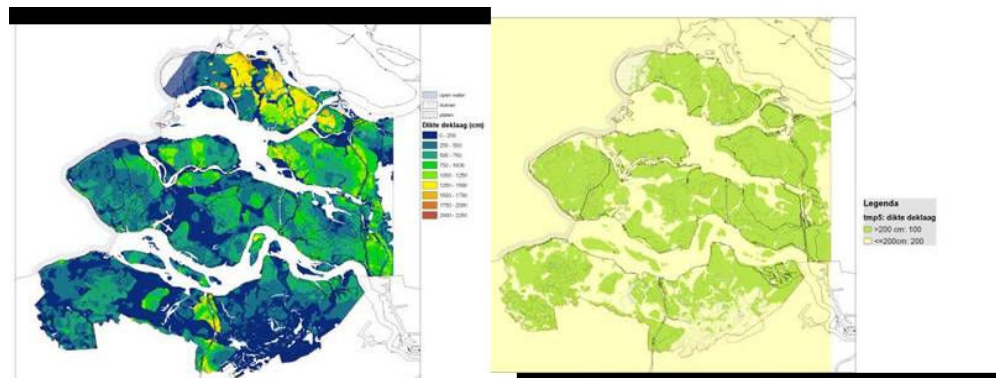


Figuur C5: Posities platen.

### e. Dikte deklaag (figuur C6a)

Mogelijk selectiecriteria:

1. deklaag dikte > 200 cm: 75.7% (figuur C6a, kleur groen)
2. deklaag dikte <= 200 cm: 24.3% (figuur C6a, kleur lichtgeel)

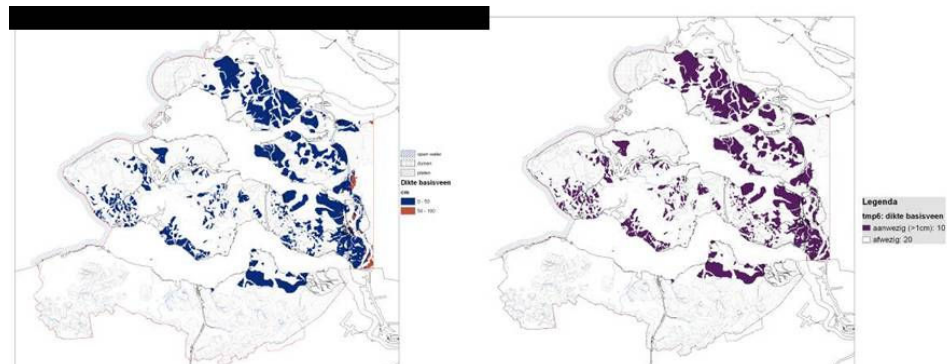


Figuur C6: Dikte deklaag.

### f. Dikte basisveen (figuur C7a)

Mogelijk selectiecriteria:

1. basisveen dikte > 1cm (aanwezig): 15% (figuur C7b, kleur paars)
2. basisveen afwezig: 85% (figuur C7b, kleur wit)

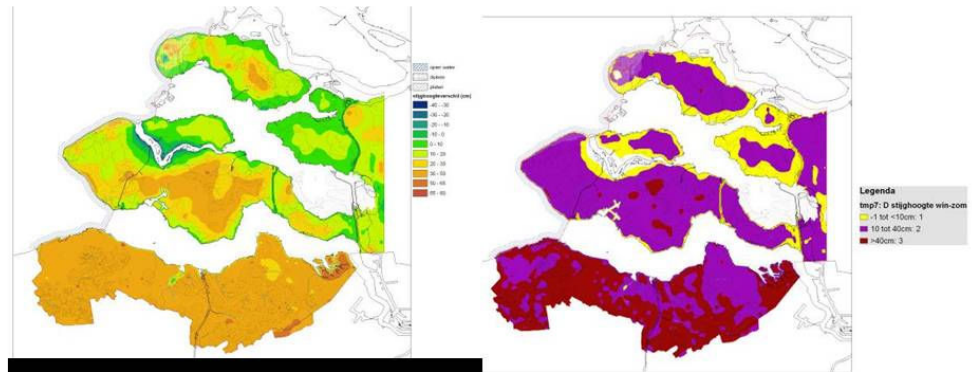


Figuur D7: Dikte basisveen.

**g. Dynamiek (verschil stijghoogte eerste watervoerend pakket winter '93 en zomer '94) (figuur C8a)**

Mogelijk selectie criterium:

1. dynamiek -1 tot <10 cm: 14% (figuur C8b, kleur geel)
2. dynamiek 10 tot 40 cm: 61.5% (figuur C8b, kleur paars)
3. dynamiek >40 cm: 24.5% (figuur C8b, kleur rood)



Figuur C8: Dynamiek (verschil zomer en winterpeil).

## D Fysisch-geografische informatie per perceel

In de tabel in deze bijlage staat fysisch-geografische informatie van de bemeten percelen. De informatie is gecategoriseerd in drie groepen: geologie, hydrologie en chloride. De maaiveldhoogten zijn bepaald aan de hand van bestaande kaarten en zijn gemiddelde waarden en geven dus een indicatie. Het genoemde winterpeil is een streefpeil voor de hoofdwatervgangen, de gemeten peilen kunnen dus afwijken. Genoemde stijghoogten in het watervoerend pakket zijn verkregen vanuit het bestaande meetnetwerk van peilbuizen. Zij geven slechts een indicatie van de stijghoogten op de betreffende percelen. Chlorideconcentraties zijn geconstrueerd vanuit EC-metingen. Er is geen bodembeschrijving gemaakt van perceel 25; daarbij valt perceel 25 niet in een hoofdgebied in te delen: het zoet-zout grensvlak ligt beneden 4 m onder maaiveld. Gegevens van perceel 28 en 29 zijn niet opgenomen in deze tabel.





Perceel No.	Geologie						Hydrologie								Chloride		
	Hoofd gebied nummer	Ligging op oudland?	Afstand tot zee	maai- veld hoogte maai- veld	Dikte van klei+veen	Lithologie bovenste laag	Stijg- hoogte	Stijg- hoogte	Sloot- peil	Sloot- peil	Grondwater stand	Weerstand deklaag	Kwel intensiteit perceel	Kwel intensiteit sloot	chloride in grondwater	chloride in grondwater	chloride in slootwater
	-	ja/nee	(m)	(m NAP)	(m)		1e wvp winter (m NAP)	1e wvp zomer (m NAP)	winter (m NAP)	zomer (m NAP)	(m NAP)	(dag)	(mm/dag)	(mm/dag)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
											1°/2° serie		1°/2° serie	1°/ 2° serie	1°/2° serie	1°/ 2° serie	1°/ 2° serie
15	VII	Nee	1000	1,1	3,54	Klei op zand	-0,11	-0,23	-1	-0,7	-0,3	53	3,58	16,79	220	9100	2617 (top) 7721 (onder)
16	VII	Nee	1300	0,97	7,59	Klei en zavel	-0,20	-0,26	-0,6	-0,6	-0,55/ - 0,71	210	1,67/2,14	1,91/2,14	190/200	6200/ 6200	455
17	VII	Ja	3000	0,86	5,98	Zavel en klei op zand	-0,43	-0,58	-0,9	-0,7	0	243	-1,77	1,93	230	1300	439
18	VII	Nee	750	1,56	4,74	Zavel op zand	0,18	0,03	-0,2	-0,2	-0,15	238	1,39	1,60	220	320	540
19	VIII	Nee	1000	0,93	10,31	Klei op zavel en zand	-0,03	-0,42	-0,9	-0,8	-0,85	78	10,51	11,15	210	14000	839 (top) 5075 (onder)
20	VIII	Nee	625	1,06	3,57	Zavel op zand	-0,13	-0,24	-1	-0,7	-0,55	61	6,89	14,03	310	10500	10757
21	IX	Nee	500	0,75	0,30	Zavel op zand	-0,48	-0,49	-1,2	-0,8	-0,8	18	17,78	40,00	300	12900	1837 (top) 7269 (onder)
22	IX	Nee	1190	0,64	5,28	Zavel op zand, klei en zavel	-0,85	-1,02	-1,6	-1,2	-1,3	425	1,06	1,77	180	8800	517 (ZW) 6630 (NO)
23	IX	Nee	1180	1,21	4,28	Zavel op zand	-0,20	-0,25	-0,35	-0,15	-0,2	40	0	3,75	100	1000	473 (top) 567 (onder)
25	*	Ja	650	-0,37	3,87	-	-0,17	-0,27	-1,0	-0,7	-	32	-	25,94	-	-	-
27	II	Ja	625	-1,08	9,61	Klei op veen en klei	-1,16	-1,38	-1,8	-1,8	-1,6/-1,91	156	2,82/3,40	4,10/2,69	380/730	6600/ 7000	2103 (O) 639 (W)



## E Informatie over brakwaterlenzen per perceel

perceel	datum	no.	afstand tot sloot (m)	min dikte (m)	Cl-1000 mg/l (m-mv)	no.	afstand tot sloot (m)	max dikte (m)	Cl-1000 mg/l (m-mv)	Opmerkingen
1	25-01-'07	1.4	4,75	0,14	0,98	1.5	18,75	2,68	3,25	
1 (2e serie)	10-05-'07	1.4	4,75	0,14	1,08	1.5	18,65	1,9	2,7	
3	22-01-'07	3.4	32,75	0,10	0,60	3.6	82,75	0,15	0,15	
4	17-11-'06	4.7	96,75	0,05	0,70	4.8	166,75	0,29	0,75	
4 (2e serie)	8-05-'07									Cl-gehalte > 1000 mg/l
5	22-11-'06	5.6	26,75	0,04	0,84	5.8	71,75	0,33	0,85	
6	15-01-'07									brak tot min 1,7 m-mv
7	19-01-'07	7.5	17	0,26	1,1	7.6	52	1,08	1,62	
7 (2e serie)	8-05-'07	7.4	7	0,15	1,40	7.6	52	0,35	1,55	
8	16-11-'06									brak tot min 1,8 m-mv
9	30-01-'07	9.5	77,8	1,72	2,66	9.2	2,8	2,89	4,09	
10	30-03-'07									geen bodembeschrijving
11	24-01-'07	11.4	86,75	0,16	1,08	11.6	256,75	0,85	1,85	
12	12-12-'06	12.2	4	1,12	2,00	12.5	185	1,93	2,75	
13	17-04-'07	13.2	2	0,55	1,56	13.4	62	1,10	2,45	
14	29-01-'07									brak tot min 2,4 m-mv
15	1-02-'07									brak tot min 3,6 m-mv
16	24-01-'07	16.2	1,5	0,85	2,25	16.6	201,5	1,37	2,12	

perceel	datum	no.	afstand tot sloot (m)	min dikte (m)	Cl-1000 mg/l (m-mv)	no.	afstand tot sloot (m)	max dikte (m)	Cl-1000 mg/l (m-mv)	Opmerkingen
16 (2e serie)	9-05-'07	16.2	1,5	0,20	2,60	16.4	31,5	1,09	2,54	
17	10-01-'07									brak tot min 3,3 m-mv
18	16-03-'07									brak tot min 1,5 m-mv
19	8-04-'07									brak tot min 2,3 m-mv
20	2-02-'07									brak tot min 2,6 m-mv
21	22-01-'07	21.5	16,5	0,35	1,37	21.9	239,5	0,62	1,38	
22	24-03-'07	22.2	9	0,77	1,65	22.4	119	1,37	2,50	
23	28-03-'07									brak tot min 1,6 m-mv
25	20-04-'07									geen bodembeschrijving
27	13-12-'06	27.3	3	0,075	0,33	27.11	56	0,59	0,36	
27 (2e serie)	11-05-'07	27.7	35	0,10	0,50	27.11	56	0,25	0,7	