

## Uitbreiding Zwin prospectie en monitoring

### Verslag EM34-metingen

7 juli 2014



(Bron: Google Earth Inc, 2013)

## Uitbreiding Zwin prospectie en monitoring

### Verslag EM34-metingen

7 juli 2014

**Klant:** **Technum – Tractebel Engineering nv**  
Coveliersstraat, 15 - 2600 ANTWERPEN  
Tel.: 03-270.00.37  
Contact: Katelijne Verhaegen

**Studiebureau:** **Envirosoil nv**  
Siemenslaan 13  
B-8020 Oostkamp  
Tel.: 050-833.740  
Fax: 050-833.743  
E-mail: [info@envirosoil.be](mailto:info@envirosoil.be)  
Website: <http://www.envirosoil.be>  
Contact: Pieter Nieuwlaet

**AGT nv**  
Kontichsesteenweg 38  
B-2630 Aartselaar  
Tel.: 03-871.09.61  
Fax: 03-871.09.63  
E-mail: [david.simpson@agt.be](mailto:david.simpson@agt.be)  
Website: <http://www.agt.be>  
Contact: ir. David Simpson



## 1 Inleiding

De uitbreiding van het Zwin-gebied heeft potentieel een impact op het zoet-zout water evenwicht in de polder. Om de effecten van deze uitbreiding objectief te evalueren is het noodzakelijk het huidige zoet-zout water evenwicht gedetailleerd te karteren. Deze huidige situatie wordt de tijdstip-nul of t0-situatie genoemd. Tijdens en na de uitvoeringswerken van de uitbreiding kan het zoet-zout waterevenwicht met deze t0-situatie vergeleken worden om na te gaan wat de effecten zijn.

De t0-monitoring bestaat uit verschillende metingen. Er werd reeds een verkennende prospectie uitgevoerd met een EM31-sensor om na te gaan op welke plaatsen de zoet-zout grondwater overgang ondiep of diep voorkomt. In de zones waar het zout grondwater dieper voorkomt werden nu EM34-metingen uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn in dit rapport gebundeld.

## 2 Beschrijving van de veldmetingen

Van 20 tot 26 mei 2014 zijn elektrische geleidbaarheidsmetingen uitgevoerd door ir. Ken Bergers en geoloog Wouter Vienne (AGT), onder begeleiding van ir. David Simpson (AGT). De metingen werden uitgevoerd op vooraf uitgezette raaien, gelegen op dezelfde raaien waar voorheen de EM31 metingen werden genomen. Daarvoor werd een Geonics EM34-3XL meettoestel gebruikt, waarvan de werking gebaseerd is op het principe van elektromagnetische inductie.

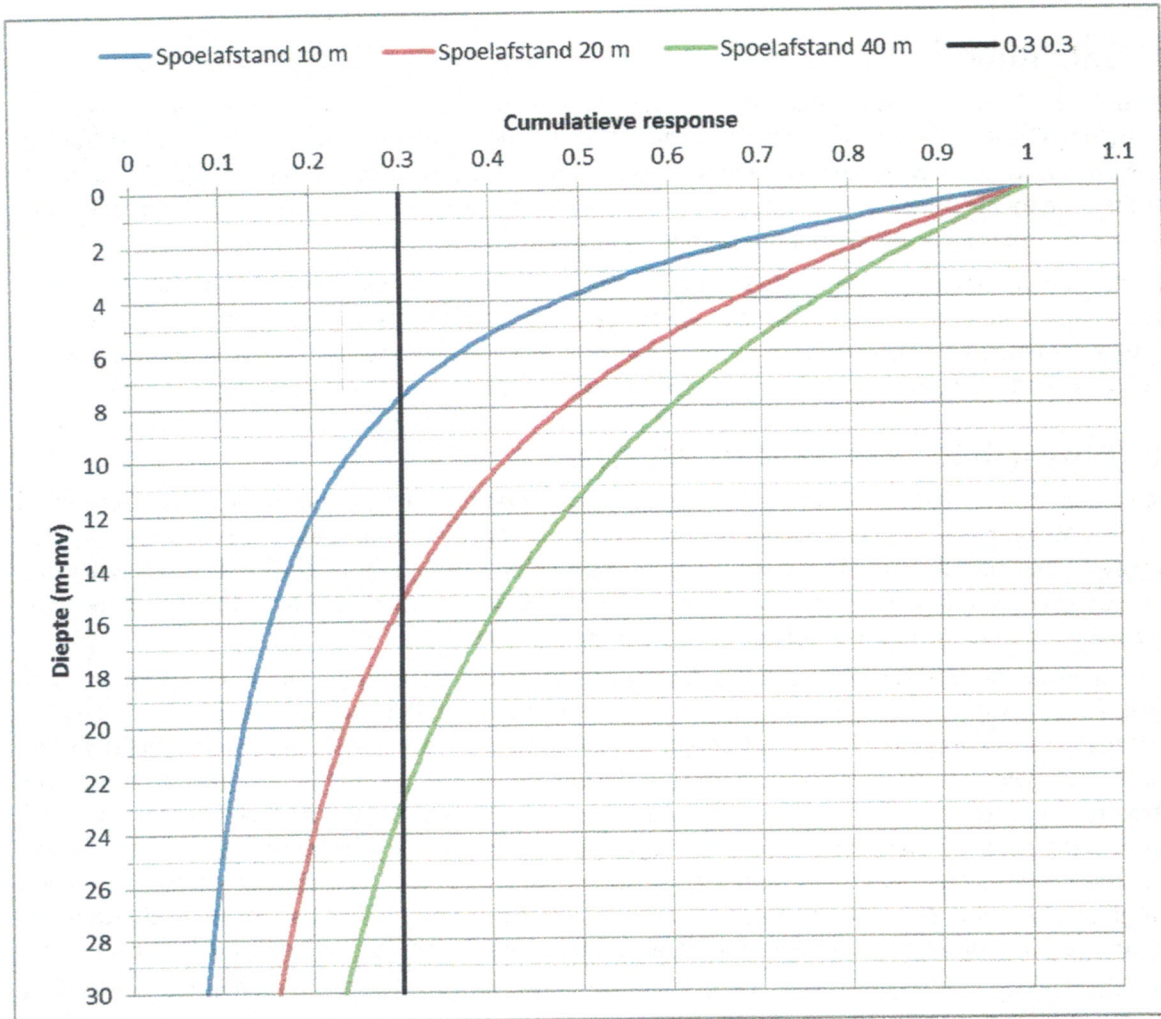
Het meettoestel bestaat uit twee losstaande spoelen, die verbonden zijn met elkaar via een communicatiekabel. In de ene spoel wordt een zwak, elektromagnetisch veld opgewekt, dat kleine elektrische stromen genereert in de bodem, zonder contact te maken met de bodem. Hoe hoger de elektrische geleidbaarheid van het grondwater (bij een hoger zoutgehalte), hoe sterker de elektrische stroom. De stroomsterkte wordt indirect gemeten in de tweede spoel. Hoe dichter het zout grondwater zich bij het bodemoppervlak bevindt, hoe hoger de elektrische geleidbaarheid die gemeten wordt. Op deze wijze kunnen de zones waar het zout grondwater ondiep voorkomt gekarteerd worden. Naast het zoutgehalte heeft ook het bodemtype, het bodemvochtgehalte en de dichtheid een invloed. Een kleibodem heeft een hogere geleidbaarheid dan een zandbodem.

Er wordt met drie verschillende spoelafstanden gewerkt van 10, 20 en 40 m, in horizontale dipoolconfiguratie. De afstand tussen de spoelen bepaald welk volume bodem bijdraagt tot de meting. Hoe groter de spoelafstand, hoe groter het volume, dus hoe dieper er wordt gemeten. Voor een gelaagde bodem, met een homogene elektrische geleidbaarheid per laag, kan theoretisch de bijdrage van elke bodemlaag worden berekend met een analytische formule (McNeill, 1980). Met deze formule kan zo Figuur 1 worden gemaakt, waarbij de cumulatieve bijdrage van elke bodemlaag is uitgezet ten opzichte van de diepte voor de drie spoelafstanden. De grafiek leest als volgt: op een diepte van 12 m is 20 % van de meting in de 10 m spoelafstand afkomstig van bodemlagen onder 12 m en 80 % van de meting is bepaald door de bodemlagen boven 12 m. Omgekeerd kan gesteld worden dat 70 % van meting bepaald wordt door:

- De bodemlagen op minder dan 7,5 m diepte voor een spoelafstand van 10 m.
- De bodemlagen op minder dan 15 m diepte voor een spoelafstand van 20 m.
- De bodemlagen op minder dan 23 m diepte voor een spoelafstand van 40 m.

Daarbij moet ook opgemerkt worden dat de relatieve bijdrage van elke bodemlaag afneemt met de diepte. Dus een 1 m dikke kleilaag zal minder invloed hebben op 20 m diepte dan op 5 m diepte.





Figuur 1: Cumulatieve response van de verschillende sensorconfiguraties op verschillende dieptes onder het maaiveld.

In de praktijk wordt de meting als volgt uitgevoerd (Figuur 2):

- Twee personen houden elk een spoel vast in horizontale dipool oriëntatie. De afstand tussen beide spoelen wordt constant gehouden door een draad te spannen tussen de spoelen.
- Beide personen stappen langsheen de raai met een constante snelheid, ervoor zorgend dat zowel de afstand als de oriëntatie van de spoelen gelijk blijft.
- De sensor meet op iedere seconde de elektrische geleidbaarheid tijdens het afstappen.
- Tegelijk met de sensormetingen wordt ook de positie van de meting bepaald met een dGPS.
- De meting gebeurt driemaal over dezelfde raai met elk een verschillende spoelafstand van 10, 20 en 40 m. Op die manier worden drie geleidbaarheidswaarden bekomen over verschillende diepte-intervallen.





Figuur 2 Uitvoering van de EM34-metingen (20/05/2014).

Iedere dag werd het EM34-3XL toestel alvorens de start van de metingen gekalibreerd. Daarbij werden de spoelen op de maximale afstand gelegd (40 m), en dat in verticale dipool positie op het maaiveld. De kalibratiesite werd zo gekozen dat geen storende elementen in de buurt lagen, zoals metalen voorwerpen, elektriciteitsdraden en dergelijke, artefacten in de ondergrond en dergelijke. De kalibratie werd uitgevoerd volgens de handleiding van Geonics.

Tijdens de eerste veldwerkdagen was het terrein relatief droog, in de tweede helft van de campagne had het geregend, en was de bodem vochtiger en dus moeilijker begaanbaar.

### 3 Verwerking van de gegevens

#### 3.1 Integratie EM34-metingen en GPS-posities

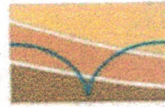
De GPS-datapunten werden niet exact simultaan opgenomen met de EM34-metingen. Vandaar dat beide tijdreeksen geïntegreerd werden in één reeks, waarbij voor elke meetwaarde de positie werd bepaald. De GPS-antenne bevond zich tijdens de meting boven de achterste persoon. Het eigenlijke centrum van de meting ligt echter in het midden tussen de twee spoelen, dus tussen de twee personen. Daarom werd voor elke meting de positie verschoven in de looprichting met 5, 10 en 20 m voor respectievelijk de spoelafstanden 10, 20 en 40 m.

De lengte van elke raai werd berekend door de puntmetingen te verbinden. Zo kan de individuele lengte per raai en de totale lengte van alle raaien worden bepaald (Tabel 1). De totale lengte van de raaien bedraagt 34,2 km.

#### 3.2 Aanpassing EM34-waarden tot schijnbare elektrische geleidbaarheid

De EM34-meting berust op het principe dat onder bepaalde omstandigheden ("low-induction-number"), de meetwaarde lineair toeneemt met de geleidbaarheid van de bodem. Deze aanname is echter enkel geldig bij lage geleidbaarheden. Bij hogere geleidbaarheden, voornamelijk boven de 100 mS/m, is deze relatie niet meer lineair en dienen de gemeten waarden naar boven aangepast te worden (McNeill, 1980). Deze correctie is afhankelijk van de spoeloriëntatie, frequentie en spoelafstand en is gegeven door de complexe functies:





$$\left(\frac{H_s}{H_p}\right)_v = \frac{2}{(\gamma s)^2} \{9 - [9 + 9\gamma s + 4(\gamma s)^2 + (\gamma s)^3] e^{-\gamma s}\}$$

$$\left(\frac{H_s}{H_p}\right)_H = 2 \left[ 1 - \frac{3}{(\gamma s)^2} + [3 + 3\gamma s + (\gamma s)^2] \frac{e^{-\gamma s}}{(\gamma s)^2} \right]$$

where  $\gamma = \sqrt{i\omega\mu_0\sigma}$   
 $\omega = 2\pi f$   
 $f = \text{frequency (Hz)}$   
 $\mu_0 = \text{permeability of free space}$   
 $i = \sqrt{-1}$ .

Op basis van deze functies werden de gemeten waarden gecorrigeerd.

De EM34-sensor meet een volume rond de sensor, waarbij zowel de lucht als de ondergrond worden opgemeten. Lucht heeft een verwaarloosbaar lage geleidbaarheid ten opzichte van de ondergrond, dus de sensor reageert voornamelijk op de ondergrond. Indien de ondergrond gelaagd is opgebouwd, en in de horizontale richting vrij homogeen is, dan kan de invloed van de individuele grondlagen op de sensormeting worden benaderd door de cumulatieve functie, zoals hierboven beschreven. De gemeten geleidbaarheid is dan een integratie van deze functie met de geleidbaarheid van elke bodemlaag. Indien een homogeen grondvolume wordt verondersteld (klei of zand met een constante geleidbaarheid), dan kan de gemeten waarde theoretisch worden afgeleid bij variërende dieptes van het zoet-zout grondwater grensvlak. Als voorbeeld wordt de theoretische meetwaarde bepaald voor zand met een EC van 5 mS/m, klei (EC = 80 mS/m) en grond verzadigd met zout grondwater (EC = 400 mS/m). Een grafiek met de theoretische waarde voor klei en zand, voor de drie spoelafstanden, is weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4. Uit deze curves kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor grotere spoelafstanden is de gemeten geleidbaarheid hoger voor een zelfde diepte van het zoute grondwater.
- Theoretisch is de invloed van het zout grondwater zelfs op 30 m diepte nog meetbaar. Het grootste effect op de meting wordt wel veroorzaakt door de eerste meters grond.
- De gemeten geleidbaarheid hangt sterk af van het grondtype, dus er is geen éénduidige relatie te leggen tussen een bepaalde EC-waarde en de diepte van de zoet-zout overgang, zonder de EC van de bodem in zoetwateromstandigheden te kennen. In een heterogene bodem is deze relatie nog moeilijker vast te leggen.
- In dit theoretisch model is uitgegaan van een scherpe overgang tussen zoet en zout grondwater, in de praktijk neemt het zoutgehalte soms langzaam toe in de diepte.