

Memo effect van ingrepen aan Grote Zeesluis Terneuzen op zoetwaterlenzen.

Van : Goswin van Staveren (Goswater)
Aan : Marieke Pfaff, Jasper Schuur (LievenceCSO)
Datum : 6 augustus 2014
Status : Definitief
Afschrift aan : -

Inleiding

De zeesluis in het kanaal van Gent naar Terneuzen moet worden vergroot. Er zal meer water worden geschut per keer, wat tot gevolg heeft dat het water van het kanaal van Gent naar Terneuzen zouter kan worden dan in de huidige situatie. In het Nederlandse deel van het kanaal infiltreert het kanaal naar de omgeving. Hierdoor kan zout oppervlaktewater infiltreren naar het grondwater en omliggend oppervlaktewater.

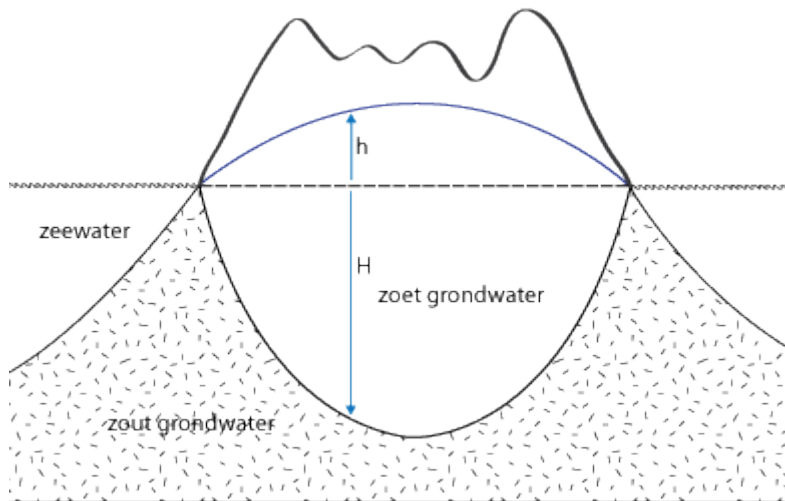
Een van de effecten die kan optreden is een verandering in de grootte en dynamiek van regenwaterlenzen in het omringende gebied. De aanwezigheid van regenwaterlenzen is van groot belang voor de landbouw. Deels omdat veel akkergewassen of natuur een lage zouttolerantie hebben, waardoor het van belang is dat het ondiepe grondwater zoet blijft, deels omdat de diepere zoetwaterlenzen een belangrijke watervoorraad zijn voor beregening.

Deze notitie beschrijft de effecten van de veranderingen aan de grote Zeesluis op de aanwezige regenwaterlenzen in het omringende gebied van het kanaal.

Achtergrond

Zout grondwater is zwaarder dan zoet grondwater. Hierdoor kan zoet water boven op het zoute grondwater komen te liggen. In Nederland is een neerslagoverschot, waardoor gemiddeld gezien er sprake is van een opbolling van de grondwaterspiegel. In gebied waar brak of zout grondwater ondiep voorkomt ontstaat een evenwicht tussen de druk die de opbolling teweeg brengt en de extra druk van het brak/zoute grondwater dat een hogere dichtheid heeft.

In de meest eenvoudige vorm kan dit worden geïllustreerd met het principe van Badon Ghijben.



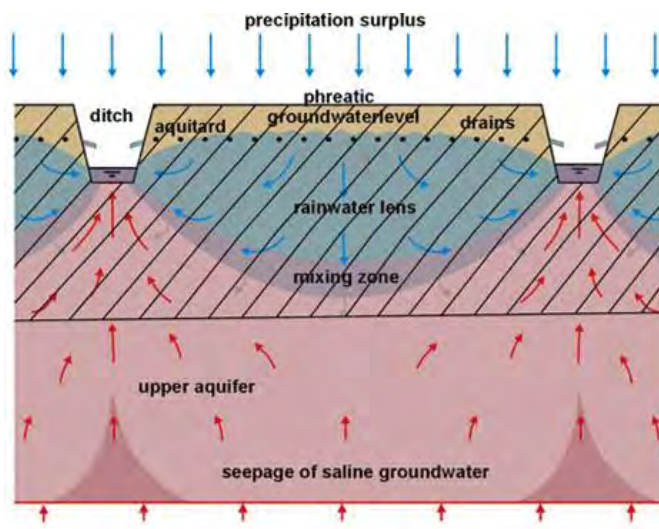
Figuur 1: Diepe zoetwaterlenzen volgens het principe van Badon Ghijben

Figuur 1 toont een infiltratiesituatie van grondwater, waardoor een opbolling met grootte h ontstaat. Er ontstaat een evenwichtssituatie tussen het zoet en zoute grondwater op diepte H . De diepte H wordt bepaald door de dichtheid van het zoute water. In geval van een dichtheid van 1025 kg/m^3 , wat overeenkomt met puur zeewater geldt de relatie $h(x) = 40 * H(x)$ waarbij x de positie langs de lens is.

Het principe van Badon Ghijben is alleen geldig in infiltratiesituaties met een homogene bodemopbouw. In het gebied rondom het Kanaal van Gent naar Terneuzen vinden we deze situatie in de kreekrug die van westnoordwest naar oostzuidoost loopt, hoewel in de praktijk er zelden sprake is van een scherp grensvlak door diffusie en heterogeniteiten in de bodem.

Rondom het Kanaal van Gent naar Terneuzen treedt echter ook veel kwel op die vanuit het kanaal is geïnfilteerd. In kwelgebieden met een deklaag ontstaat een ander type lenzen zoals weergegeven in Figuur 2. De mogelijk brak/zoute kwel concentreert zich vooral in de perceelssloten. Tussen de sloten vormt zich een regenwaterlens in het perceel.

De grootte en dynamiek van deze lenzen wordt vooral bepaald door de mate van kwel en de ontwateringskarakteristieken van de polder en het perceel. Veel minder wordt de grootte en dynamiek van deze lenzen bepaald door dichtheidsveranderingen in het opkwellend grondwater (De Louw, 2013 pp 148-151).



Figuur 2: Ondiep type zoetwaterlens, behorend bij een regionale kwelsituatie

Bij grote kwel en/of zeer slechte doorlatendheid in het perceel is het mogelijk dat zich ook zoetwaterlenzen vormen tussen de landbouwdraains of greppels (Velstra et al., 2011). Dit zal waarschijnlijk nauwelijks voorkomen in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen. De maximaal berekende deklaagweerstand in het grondwatermodel is circa 1000 dagen en de bodem is zavelig, wat in het algemeen betekent dat er geen heel kleine hydraulische doorlatendheid is.

De huidige situatie

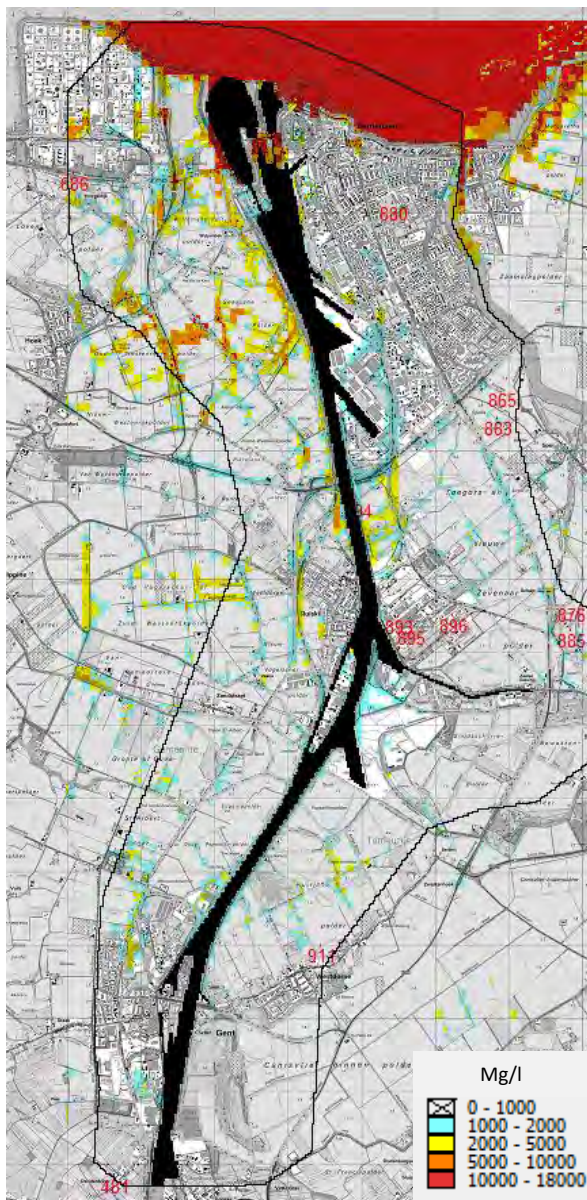
Beide soorten zoetwaterlenzen komen voor in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen.

Voor een goede effectbeschrijving is het nodig om de huidige situatie zo goed als mogelijk in beeld te brengen. We hebben kennis nodig van:

- De locaties waar ondiep brak/zout grondwater voorkomt;
- De concentratie van chloride in het watervoerende pakket waarin het kanaal infiltreert;
- De locaties waar de provincie Zeeland en waterschap hun grondwaterbeleid op bepalen;
- Het invloedsgebied van het kanaal van Gent naar Terneuzen;
- De mate waarin het chloridegehalte van het kanaalwater verandert na ingrepen aan de Zeesluis.

Locaties met ondiep brak/zout grondwater

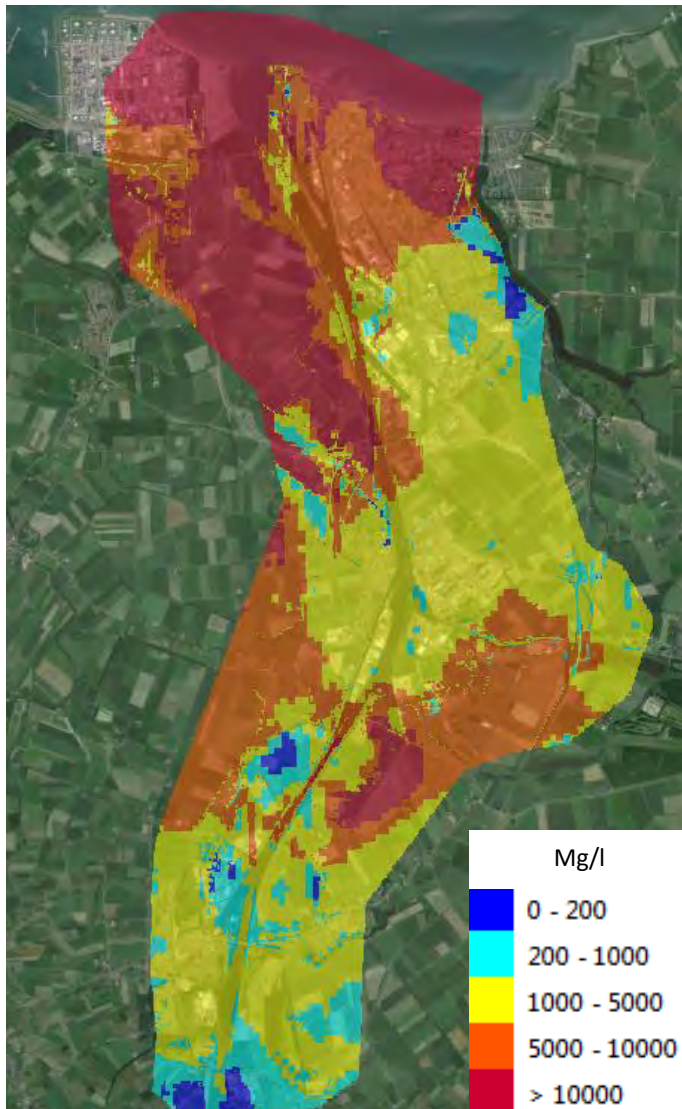
Figuur 3 toont de locaties waar ondiep < 7.5 m brak tot zout grondwater wordt verwacht volgens de zoet-zoutkaarten (Oude Essink en Verkaik, 2010), (Pebesma, 2009) die zijn gebruikt voor het Zeelandmodel van Deltares. In de figuur is het kanaal en de buitenhaven zwart gemaakt ter verduidelijking.



Figuur 3: Concentratie brak/zout grondwater in de bovenste 5 tot 7.5 m

Zoutconcentraties in het grondwater van het middeldiepe watervoerende pakket

Het kanaal infiltreert over vrijwel de gehele lengte in het regionale watervoerende pakket dat aan de onderzijde wordt begrensd door de zeer slecht doorlatende Rupel-Boomse klei ter hoogte en ten noorden van Sluiskil en door de eveneens zeer slecht doorlatend kleilagen van de formatie van Tongeren en van Dongen-Asse in het zuidelijk deel van het modelgebied. De bovenkant van het middeldiepe watervoerende pakket ligt op -12 m NAP in het zuidelijk deel van het gebied en op -25 m NAP in het noordelijk deel. De dikte varieert van enkele meters (ter plaatse van de kreekrug die noordnoordwest tot oostzuidoost door het gebied loopt) tot aan circa 25 meter in het zuidwesten van get gebied. Figuur 4 toont de chlorideconcentratie van het grondwater, zoals gebruikt in de grondwatermodelberekeningen. Deze waarden zijn ontleend aan het Zeelandmodel (Van Baaren et al., 2014)



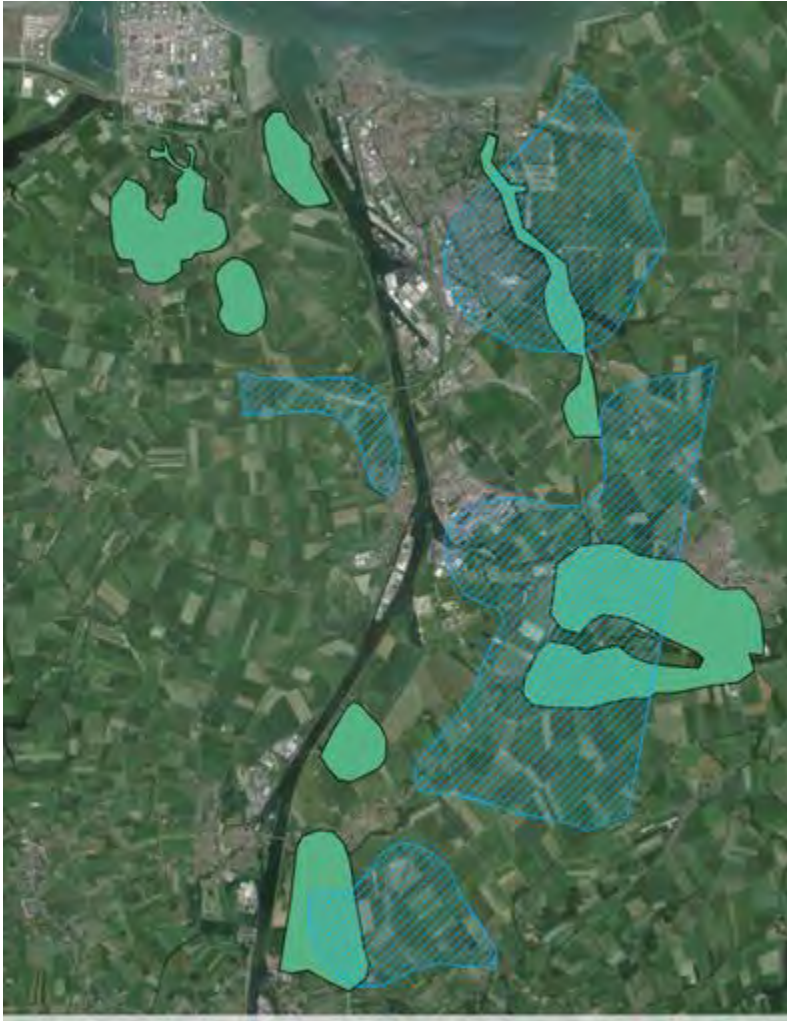
Figuur 4: Chlorideconcentratie van het middeldiepe watervoerende pakket gebruikt in grondwatermodel. De waarden zijn ontleend aan de invoerbestanden van het Zeelandmodel (Deltares, 2014)

Beleid provincie en waterschap

Als beheerder van het grondwater is door de provincie Zeeland en het Waterschap Scheldestromen een kaart gemaakt¹, waarop zij het beleid voor het verlenen van onttrekkingen baseren. De kaart bevat locaties waarin het grondwater “kwetsbaar” is. Dit kan zijn vanwege verbraking van het grondwater, maar ook omdat aanwezige natuur eisen stelt aan het grondwater. Tevens staat op de kaart de zones waarin zoetwaterlenzen worden verwacht, die dikker zijn dan 15m. Deze lenzen voldoen grotendeels aan het type Badon-Ghijben, aangezien het infiltratiegebieden betreft in een grotendeels homogene zandige kreekrug.

Figuur 5 toont de provinciale beleidskaart. De kwetsbare gebieden zijn groen weergegeven. De zones met dikke zoetwaterlenzen blauw gearceerd.

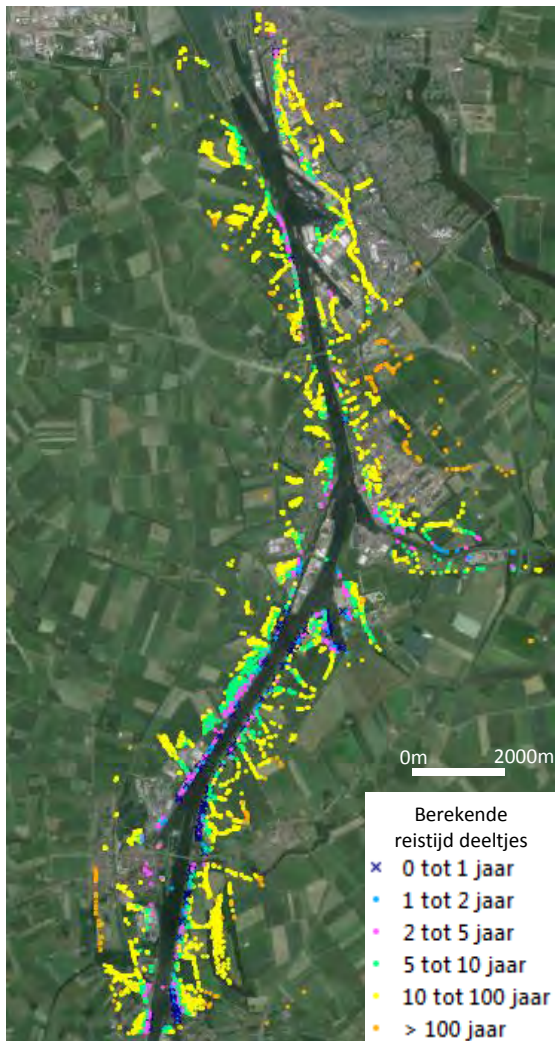
¹ http://loket.zeeland.nl/geo/digitale_kaarten/water



Figuur 5: Beleidskaart (overgenomen van provinciaal geoloket) met gebieden waar > 15 m zoet water wordt verwacht in de ondergrond (blauw gearceerd) en gebieden die kwetsbaar zijn voor veranderingen in grondwaterkwaliteit (groen).

Invloedsgebied kanaal

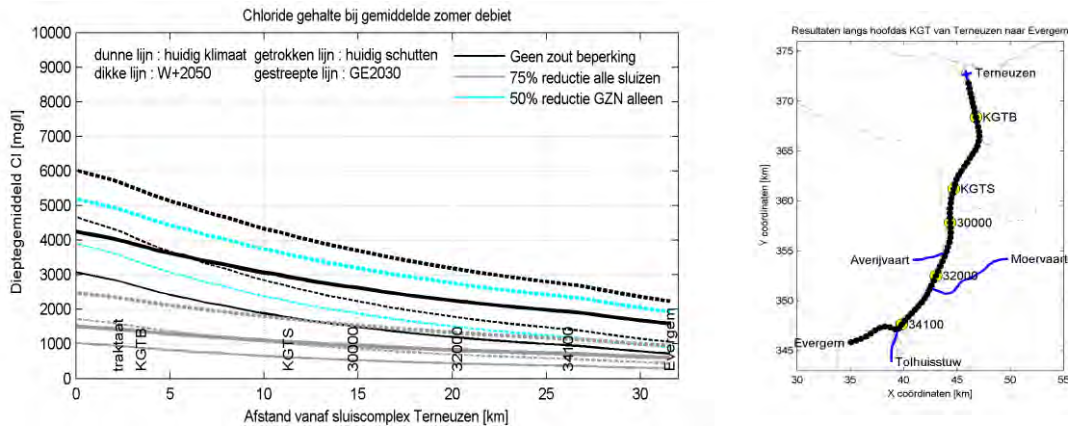
Met een grondwatermodel en een stroombanenabewerking is voor de huidige hydrologische situatie berekend waar uit het kanaal infiltrerende deeltjes zullen opwellen in de omliggende gebieden. Dit invloedsgebied van het kanaal is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Berekend eindpunt in modellaag 1 (freatisch pakket) van deeltjes die infiltreren in het kanaal. De kleuren geven ruwweg de reistijd aan.

Verandering van kwaliteit ~~oppervlaktewater~~ Kanaal Gent-Terneuzen na ingreep aan sluis

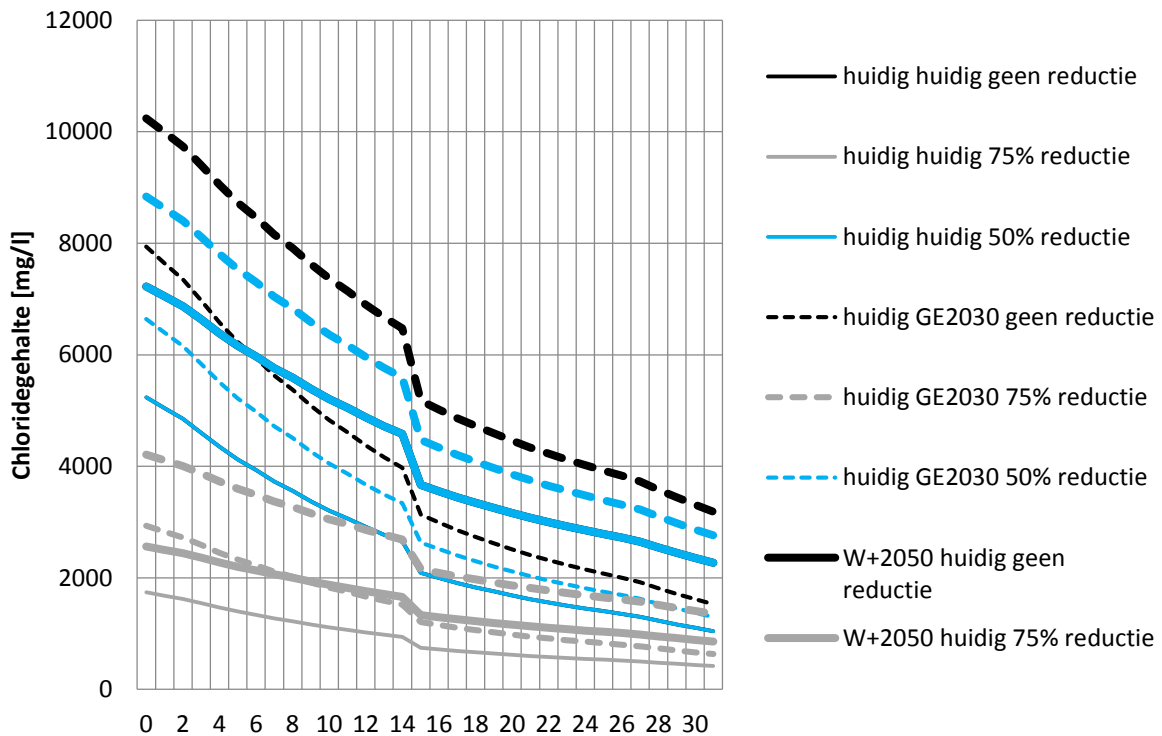
Er zijn verschillende scenario's berekend voor de verandering van het chloridegehalte in het ~~oppervlaktewater~~ Kanaal Gent-Terneuzen. Voor het doel van deze analyse gaan we uit van de berekende maatgevende worst-case. Voor de totstandkoming van deze worst-case wordt verwezen naar de memo "Onderzoek invloed GZN op verzilting KGT" (Svasek, 2014). Figuur 7 toont de berekende gemiddelde zoutgehalten in het kanaalwater langs de hoofdas van het kanaal van Gent naar Terneuzen.



Figuur 7: Berekende gemiddelde chloridegehalten in kanaalwater voor verschillende scenario's. De chloridegehalten zijn berekend bij een gemiddeld zomerdebiet over het kanaal. De figuur is afkomstig uit het in de tekst genoemde rapport (Svasek 2014)

Vanwege het hogere gewicht van zout is de concentratie op de bodem van het kanaal echter hoger dan aan het oppervlak van het kanaal. In genoemde studie van Svasek is ook een inschatting gemaakt van de concentraties chloride op de bodem van het kanaal. Deze wordt getoond in figuur 8. De figuur is afkomstig uit genoemde studie.

Chloridegehalte bodem KGT bij langjarig zomergemiddeld debiet



Figuur 8: chlorideverdeling langs kanaalas op de bodem van het kanaal voor verschillende scenario's.

De zwart-gestippelde lijn toont de maatgevende zomersituatie, wanneer geen maatregelen tot zoutbeperking worden genomen. Uit figuur 7 is af te leiden dat na de aanpassingen aan de Zeesluis het gemiddelde zoutgehalte in het kanaal kan oplopen van 6000 mg/l bij de sluis zelf tot 4500 mg/l bij de Vlaams-Nederlandse grens (op +/- 13 km van de sluis).

Uit figuur 8 blijkt dat het chloridegehalte op de bodem van het kanaal kan toenemen tot ca 10000 mg/l bij de sluis tot ca 6500 mg/l bij de Vlaams-Nederlandse grens.

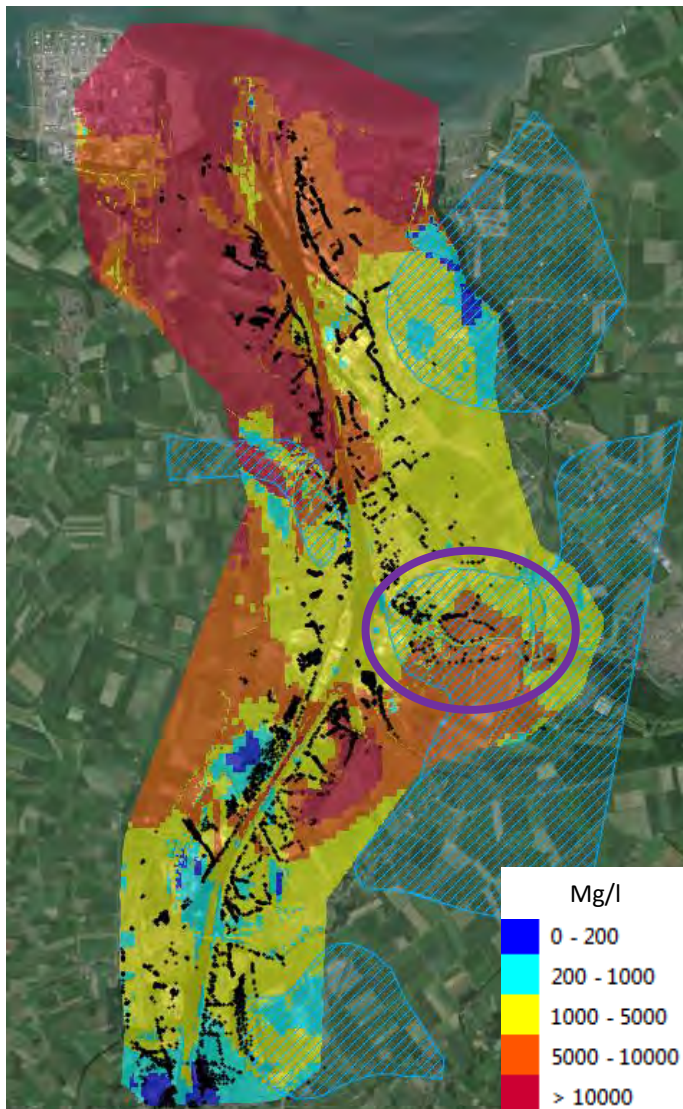
Analyse

Twee typen zoetwaterlenzen komen voor in het gebied. Het type Badon-Ghijben komt voor in de kreekruigen in het gebied, die overeenkomen met de locaties van zoetwatervoorkomens van de provincie. In deze gebieden ligt het zoet-zout grensvlak dieper dan 15 meter. Het ondiepe type zoetwaterlens komt vooral in de kwelgebieden tussen de Braakman en het kanaal van Gent naar Terneuzen.

Diepe Zoetwaterlenzen

De dikte van het diepe type zoetwaterlens wordt vooral bepaald door de hoogte van de opbolling en de concentratie van het zoute grondwater onder de lens. De opbolling zal niet veranderen door ingrepen aan het kanaal.

De dichtheid in het watervoerende pakket mogelijk wel. Figuur 9 toont een combinatie van de figuren 4, 5 en 6. Hierdoor kunnen we zien of en waar volgens het model water infiltreert uit het kanaal in de gebieden die zijn aangemerkt als zoetwatergebied in het beleid van provincie en waterschap.

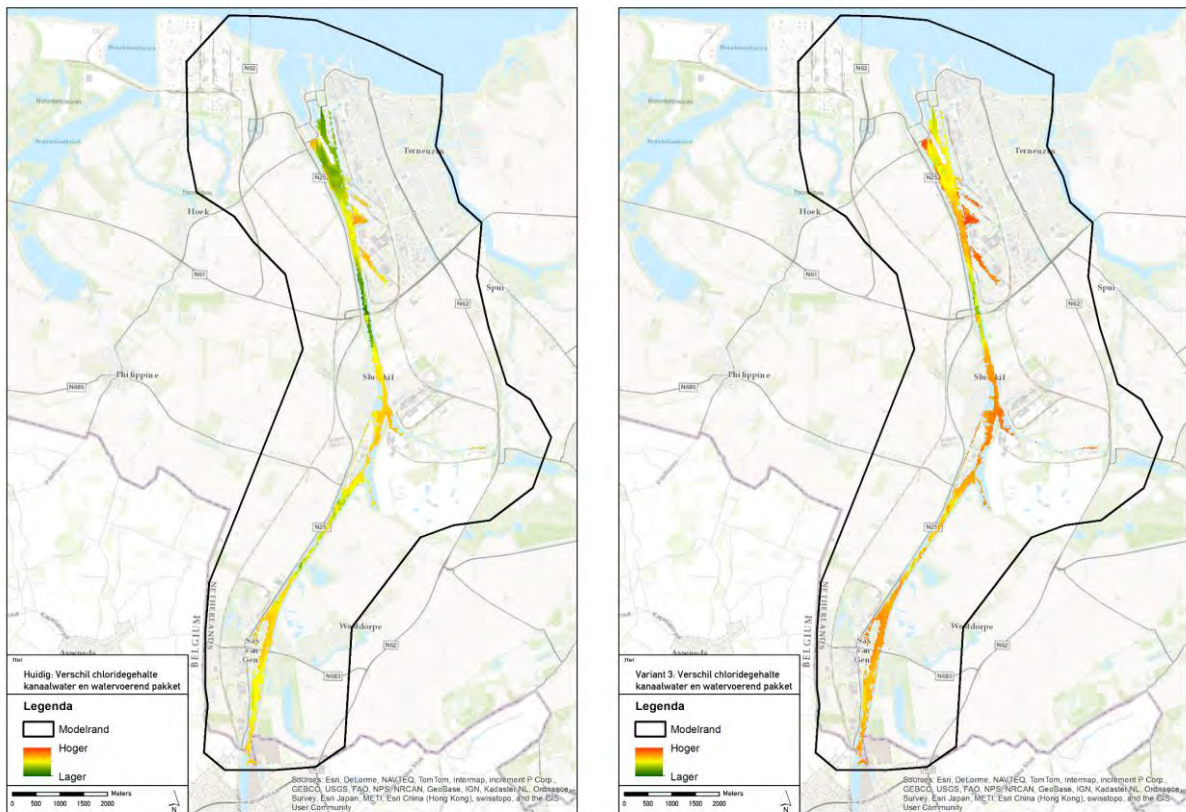


Figuur 9: combinatie van kaarten 4, 5 en 6 laat de overlap zien tussen invloedsgebied van het kanaal en locaties van zoetwatervoorkomen volgens de provincie. In kleur is de chlorideconcentratie (op basis van het Zeelandmodel) weergegeven voor het regionale watervoerende pakket. In paars is omcirkeld het gebied waar overlap plaatsvindt tussen invloedsgebied kanaal en zoetwatervoorkomen.

Uit de figuur blijkt dat in de zijarm van het kanaal (Zijkanaal C, bij Sluiskil) er water infiltreert uit het kanaal ter plaatse van de aanwezigheid van dikke zoetwatervoorkomens. Dit is in de figuur met een paarse kleur omcirkeld. Dit water komt uiteindelijk in de watergangen rondom het kanaal terecht, maar onderweg verbrakt mogelijk het watervoerende pakket.

Op diverse andere locaties lijkt water dat afkomstig is uit het kanaal op te kwellen binnen de randen van zoetwatervoorkomens. Met het oog op de niet exact bepaalde grenzen van de zoetwatervoorkomens op de beleidskaarten is het niet logisch te concluderen dat hier daadwerkelijk verbraking plaats vindt. De verbraking treedt vooral op in de sloten die vaak de logische begrenzing vormen van het systeem van de zoetwaterbellen.

Figuur 10 toont het verschil tussen het berekende chloridegehalte van het kanaalwater op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het regionale watervoerende pakket voor de huidige situatie en de variant met de meest negatieve effecten.



Figuur 10: Verschil chloridegehalte tussen het kanaalwater op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het watervoerend pakket voor de huidige situatie (links) en de variant met de meeste effecten (rechts). Een rode kleur betekent dat er verbraking optreedt van het watervoerend pakket, een groene kleur betekent verzoeting.

Uit de figuur blijkt dat in de huidige situatie het watervoerende pakket op diverse plaatsen verbrakt. Er treedt echter ook her en der verzoeting op. In de getoonde toekomstvariant treedt op vele plaatsen verbraking op. In de overige berekende varianten treedt ook verbraking op, maar in mindere mate. Voor de figuren behorende naar alle varianten wordt verwezen naar de hoofd rapportage. Als gevolg van de verbraking van het watervoerende pakket bestaat de mogelijkheid dat de dikte van de zoetwater voorkomens periodiek iets vermindert, conform het principe besproken op pagina 2 van deze memo.

Het is belangrijk om te bedenken dat het een tijdelijke situatie betreft. In de wintersituatie treedt vervolgens weer verzoeting op van het watervoerende pakket, omdat het kanaalwater dan in het algemeen een laag chloridegehalte heeft. Bovendien is het water dat infiltreert door de bodem van het kanaal vaak enkele jaren onderweg alvorens het opkwelt in de sloten.

Daarbij geldt dat ook als gevolg van variaties in opbolling (droge periodes) de dikte van de zoetwaterlens enigszins kan fluctueren ongeacht de ingrepen op het kanaal.

Het is met deze beschouwing niet met zekerheid te zeggen hoeveel het effect zal zijn van de verbraking van het watervoerende pakket als gevolg van kanaalinfiltratie. [Indien men hierin meer inzicht wenst](#) ~~Hiervoor~~ moet aanvullend onderzoek worden gedaan, zoals bijvoorbeeld een grondwatermodelberekening met massatransport.

Ondiepe zoetwaterlens

Op een aantal plaatsen langs het kanaal zullen de regenwaterlenzen dunner zijn vanwege opwaartse kwel. De dynamiek van de regenwaterlenzen wordt vooral bepaald door de grootte van de kwel,

neerslag en verdamping en de ontwateringskarakteristieken van perceel en polder. Geen van deze parameters zullen veranderen als gevolg van ingrepen aan het kanaal.

In de modelberekeningen is aangenomen dat veranderingen van het stromingsveld door veranderingen in dichtheid door transport van deeltjes niet zal plaatsvinden. Dit is in ieder geval geldig bij concentraties < 5000 mg/l (Lugten, 2013). Het blijkt echter dat de concentratie van infiltrerend kanaalwater (zeker nabij de Zeesluis) hoger kan worden dan dat is verondersteld bij het opstellen van het model.

Als de aanname blijft staan dat het stromingsveld onveranderd blijft door veranderingen in dichtheid in de bodem, dan zal er geen effect zijn op de ondiepe regenwaterlenzen. In het andere geval kan het niet worden uitgesloten dat er wel effect is, door veranderingen in het stromingsveld. Aanvullend onderzoek is dan noodzakelijk.

Conclusies

- Twee typen zoetwaterlenzen worden onderscheiden in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen: diepe lenzen in infiltratiegebieden, ondiepe lenzen in kwelgebieden;
- Verondersteld wordt dat de diepe zoetwaterlenzen zich bij benadering gedragen volgens het Badon-Ghijben principe;
- Alleen die gebieden zijn beschouwd die volgens de provinciale beleidskaart zoetwatervoorkomens zijn van meer dan 15 m dik, waarin onttrekking voor beregening tot een bepaald maximum is toegestaan.
- In de omgeving rondom zijkanaal C is in een maatgevende zomersituatie sprake van verbrakking van het regionale watervoerende pakket en daardoor theoretisch gezien een tijdelijke verkleining van de zoetwaterlens;
- De dikte van de zoetwaterlens fluctueert ook in omstandigheden die niet van ingrepen van het kanaal afhangen. De mate van fluctuatie door verbrakking in het kanaal is niet vast te stellen zonder aanvullende (model)berekeningen.
- De dynamiek van ondiepe zoetwaterlenzen in kwelgebieden wordt vooral bepaald door de mate van kwel, neerslag en verdamping en de ontwateringskarakteristieken van perceel en polder.
- Onder de aanname dat het stromingsveld niet verandert door transport van deeltjes, zal de grootte van de kwel niet veranderen door aanpassingen aan de Zeesluis. Dit geldt in ieder geval als de concentratie van het infiltrerend kanaalwater kleiner blijft dan 5000 mg/l.
- Als de concentratie van het infiltrerend kanaalwater groter blijkt te zijn is een nadere beschouwing noodzakelijk om effecten op de ondiepe zoetwaterlenzen uit te sluiten.
- De verbrakking treedt vooral op in de sloten die vaak de logische begrenzing vormen van het systeem van de zoetwaterbellen.

Literatuur

De Louw, P.G.B., 2013. Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift. Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429

Lugten, I.W., 2013, The effects of salt water intrusion from the Dintel into the surface and groundwater in the region. Afstudeerrapportage UU. Begeleiders: G. Oude Essink, P.Schot, M. Bierkens.

Oude Essink, G. en Verkaik, J. 2010. Memo: Nhi zoet-zout: grondwater in het kustgebied, 9p

Pebesma, E. 2009. Threedimensional interpolation of subsurface chloride concentration in The Netherlands, University of Munster, Germany, 12 p

Van Baaren, E., Oude Essink, G.H.P., Janssen, G., de Louw, P.G.B., Heerdink, R., Goes, B., 2014 (concept). Verzoeting Verzilting Grondwater in de Provincie Zeeland – 3D dichtheidsafhankelijk grondwatermodel. Deltares Rapport. Utrecht.

Velstra, J., Groen, J., De Jong, K., 2011. Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the Northern part of the Netherlands. Irrigation and drainage 60, 51–58.

De Wit, L., Blik, B. (Svasek), 2014. Onderzoek invloed GZN op verzilting KGT. Memo (concept). Referentie: 1724/U14190/LdW/A