

WATERWINNING IN DE DUINEN

Emmanuel Van Houtte

Emmanuel Van Houtte, Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA), Doornpannestraat 1, 8670 Koksijde. Tel. +32 58 533 837; Fax +32 58 533 839.

E-mail: emmanuel.vanhoutte@iwva.be

Inleiding

Sedert het begin van de vorige eeuw wordt water gewonnen uit de Vlaamse duinen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening. Dit gebeurde het eerst in Duinbergen waar in 1901 een watertoren werd gebouwd en een waterwinning aangelegd in Park 58. In 1913 werd ook Knokke voorzien van drinkwater door het aanleggen van een filterbatterij in de 'Golf'. Gedurende de Eerste Wereldoorlog werd in Cabour een waterwinning aangelegd voor het Belgisch leger die in 1924 werd overgenomen door wat nu de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) is.

Al vlug bleek de vraag naar drinkwater te stijgen waardoor de waterwinning in deze bestaande gebieden werd uitgebreid. Na de Tweede Wereldoorlog heeft de IWVA aan de Westkust 2 bijkomende waterwinningen in gebruik genomen : Sint-André (1947) en Westhoek (1967). In Bredene werd in 1948-1949 een kleinere waterwinning aangelegd door de VMW.

Reeds in de beginfase werden de drinkwatermaatschappijen geconfronteerd met de beperkingen van duinwaterwinning in Vlaanderen. Door de aanwezigheid van zout water ten noorden (strand en zee) en ten zuiden (polders) van de duinen, en de beperkte breedte van onze duinengordel, moet de duinwateronttrekking zorgzaam gebeuren. Daardoor is de productiecapaciteit van deze winningen gelimiteerd.

Vanaf de jaren zeventig hebben ook de natuurbeschermers waterwinning in de duinen gecontesteerd. De verlaging van de watertafel heeft veel natuurwaarden verloren doen gaan. Maar de waterwinningen zijn niet alleen verantwoordelijk voor deze verlaagde grondwaterstanden. Ook de alsmaar uitbreidende bebouwing, meer verharde oppervlaktes, aanleg van rioleringen, illegale pompingen, langdurige bronbemalingen, lagere polderpeilen hebben bijgedragen tot verminderde aanvulling van de watertafel of grotere afvloeï van duinwater. Verruiging van het duinlandschap treedt dan ook op buiten de invloedzones van waterwinning.

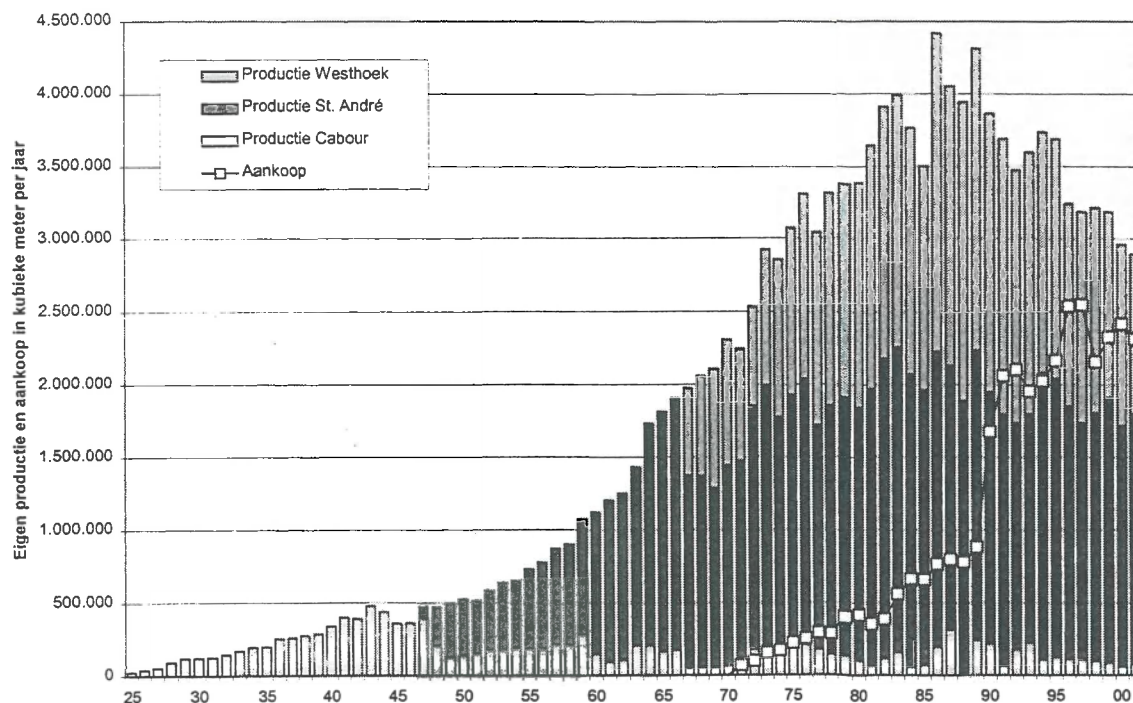
De waterwinning heeft als positief gevolg gehad dat belangrijke arealen duin gevrijwaard bleven als open ruimte. De IWVA alleen beschikt over ca 330 ha duinen. Zonder de waterwinning zou de Doornpanne nu waarschijnlijk volledig verkaveld zijn.

Recente ontwikkelingen

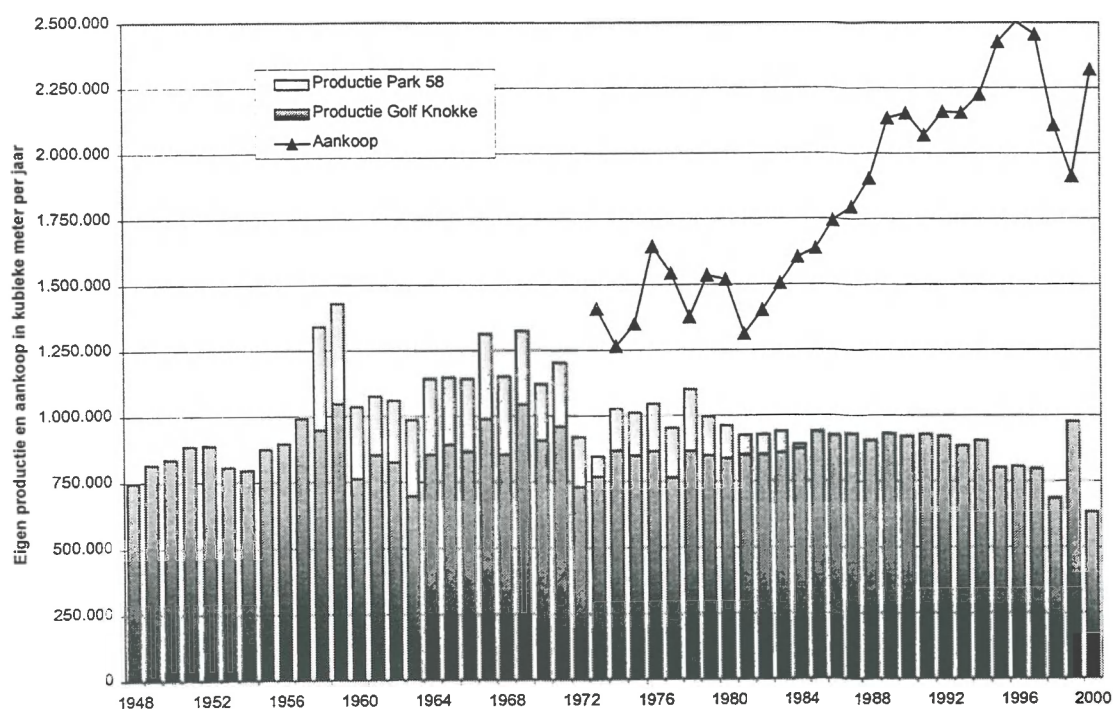
In de jaren '80 werden zowel de Intercommunale Waterleidingsmaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) als het Gemeentelijk Waterbedrijf van Knokke-Heist (GWKH) geconfronteerd met een tekort aan drinkwater. Vanaf eind de jaren '80 kwam het besef dat de maximale wincapaciteit van de meeste duinwaterwinningen was bereikt of in het slechtste geval overschreden. Verdere verhoging van de onttrekking zou geleid hebben tot verzilting. Het

GWKH is in 1984 zelfs overgegaan tot het stilleggen van de winning van Park 58 omwille van kwaliteitsproblemen.

Een eerste oplossing bestond erin om drinkwater aan te kopen bij naburige maatschappijen (figuren 1 en 2).



Figuur 1. Evolutie van de productie en de aankoop van drinkwater door de IWVA



Figuur 2. Evolutie van de productie en de aankoop van drinkwater in Knokke-Heist

Omdat de vraag toen nog steeds toenam hebben de IWVA en het GWKH opdracht gegeven om te zoeken naar **alternatieve winningsmogelijkheden** ^{1,2,3}. Dit ging tevens gepaard met een veranderd beleid waarbij er nu ook aandacht was voor natuurbescherming en -ontwikkeling, maar ook voor educatie. De IWVA was de eerste maatschappij om een **beheersplan** op te stellen voor één van haar duingebieden ⁴ en dit op basis van voorstellen door het Instituut voor Natuurbehoud ⁵. In het kader van het beheersplan, dat sedert 1994 operationeel is in de Doornpanne (Sint-André), werden reeds volgende zaken verwezenlijkt : begrazing, selectieve kappingen, bosomvorming en de bouw van een bezoekerscentrum. Middels tentoonstellingen, geleide bezoeken en natuurwandelingen wordt o.a. grote aandacht besteed aan de natuurwaarden en aan rationeel waterverbruik.

Duurzame waterwinning in de duinen van de westkust

Project

Voor de IWVA bleek uit de hydrogeologische studie van het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent dat door **kunstmatige aanvulling in de Doornpanne** de drinkwaterproductie kon worden verhoogd, terwijl de natuurlijke grondwateronttrekking toch nog kon worden verlaagd ¹. Het Instituut voor Natuurbehoud dat aansluitend de ecologische haalbaarheid van kunstmatige aanvulling bestudeerde, concludeerde dat infiltratie in het zuidelijk deel van de waterwinning van Sint-André mogelijk was, mits dit gekoppeld wordt aan de 'afbouw van de exploitatie van de natuurlijke zoetwatervoorraad in een aantal duincomplexen' en mits een 'ecologisch verantwoord beheer van de duinen' ⁶.

Infiltratiewater kon geproduceerd worden door behandeling van drainagewater uit de polders dat ter hoogte van een zandige kreekrug, de Avekapellekreek, via de oever kon teruggewonnen worden ^{1,7}. In 1996 heeft de IWVA, in samenwerking met het GWKH, proeven opgestart met membraaninfiltratie in de Avekapellekreek. Omdat de realisatie van dit project lang kon duren, werd in 1997 gestart met proeven op rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen, geëxploiteerd door de NV Aquafin. Voor de productie van infiltratiewater werd geopteerd voor een combinatie van microfiltratie en omgekeerde osmose.

In 1998 werd de vergunning voor kunstmatige aanvulling verkregen. De totale infiltratiecapaciteit bedraagt 2.500.000 m³/jaar; alle geïnfiltreerde water wordt teruggewonnen. De verhoogde drinkwaterproductie wordt gecompenseerd door het verminderen van de natuurlijke grondwateronttrekking met 1.000.000 m³/jaar : 300.000 m³/jaar in Sint-André en 700.000 m³/jaar in de Westhoek (tabel 1).

Tabel 1. Evolutie van de drinkwaterproductie in Sint-André / Westhoek samen, bij kunstmatige aanvulling in Sint-André

	Via natuurlijke grondwateronttrekking	Via kunstmatige aanvulling	Totaal
Toestand vóór infiltratie	3.700.000 m ³ /jaar	0 m ³ /jaar	3.700.000 m ³ /jaar
Toestand vanaf infiltratie	2.700.000 m ³ /jaar - 27 %	2.500.000 m ³ /jaar	5.200.000 m ³ /jaar + 40 %

In 2000 werd de milieu- en bouwvergunning afgeleverd. Het totale project is een uitstekend voorbeeld van **integraal waterbeheer** waarbij de zoetwaterbronnen uit de omgeving, na verregaande voorzuivering, ingeschakeld worden in de drinkwaterproductie. Uiteindelijk zal de verminderde natuurlijke grondwateronttrekking, samen met actief natuurbeheer, een positieve invloed hebben op de natuurwaarden in deze duinen.

Kunstmatige aanvulling

In het zuidwestelijk deel van de waterwinning van Sint-André werd een infiltratiepand aangelegd van 500 m lang met een gemiddelde breedte van 40 m (figuur 3). Door de geringe diepte (maximaal 50 cm), de zacht hellende oevers, het golvend patroon van de oevers en de aanwezigheid van een 'eiland' zal het geheel een natuurlijke aanblik hebben. De schade aan de natuur is tot een minimum beperkt omdat het pand werd aangelegd in een zone waar een filterbatterij lag en omdat kwetsbare en waardevolle vegetatiezones werden ontzien.

Er werd maximaal gebruik gemaakt van de bestaande infrastructuur voor het terugwinnen van het geïnfiltreerde water. De 112 nieuwe pompputten, waarvan 28 oude putten waren die herboord zijn, werden grotendeels geplaatst in de bestaande tracés (figuur 3). Er wordt gewerkt met randbronnering zodat het aangevulde water niet ondergronds zal afvoeren naar de verdere omgeving.

De afstand tussen het infiltratiepand en de winputten werd gespreid om (eventuele) kwaliteitsverschillen af te vlakken wordt. De minimale verblijftijd werd op 6 weken begroot zodat het teruggewonnen water bacteriologisch zuiver zal zijn.

De hoge ecologische waarde van de duinen maakt het ook noodzakelijk strenge normen te stellen aan de kwaliteit van het infiltratiewater (tabel 2).

Tabel 2. Normen voor de kwaliteit van het infiltratiewater

Parameter	Infiltratienorm
Zuurgraad	>6,5 en <9,2
Temperatuur (°C)	25
Geleidbaarheid (µS/cm)	1.000
Calcium (mg Ca/l)	TH <40 °F
Magnesium (mg Mg/l)	50
Natrium (mg Na/l)	150
Totaal fosfor (mg P/l)	0,4
Nitraat (mg NO ₃ /l)	15
Ammonium (mg NH ₄ /l)	1,5
Sulfaat (mg SO ₄ /l)	250
Chloriden (mg Cl/l)	250

Zo wordt vermeden dat de duinen, die van nature voedselarme milieu's zijn, zullen eutrofiëren door aanvoer van voedselrijk water. Beperking van het fosfaat- en zwevende stofgehalte verhindert bovendien de afzetting van slib in het infiltratiepand en dit moet het onderhoud aan het infiltratiepand tot een minimum herleiden.



Figuur 3. Ligging infiltratiepand, winputten en peilputten

Productie infiltratiewater

Wegens de strenge kwaliteitseisen werd voor **membraanfiltratie** gekozen. Het is de enige geschikte techniek die tegelijkertijd zouten en nutriënten uit het water kan verwijderen. Daarbij wordt druk gebruikt om stoffen via semi-permeabele membranen uit het water te verwijderen. De benodigde druk is afhankelijk van de osmotische druk van het voedingswater (o.a. bepaald door temperatuur en zoutgehalte), en ook van de grootte van de poriën van het membraan. In dalende orde van poriëngrootte onderscheiden we microfiltratie (MF), ultrafiltratie (UF), nanofiltratie (NF) en omgekeerde osmose (RO).

Bij membraanfiltratie wordt de voedingsstroom gescheiden in filtraat, het nuttige water, en concentraat, dat moet afgevoerd worden.

Uitgaande van resultaten in de Verenigde Staten ⁸ werd voor MF gekozen met filtratie van buiten naar binnen ('out-to-in') als voorbehandeling van omgekeerde osmose. Een combinatie van beide systemen krijgt meer en meer ingang in de waterbehandeling.

Via de voorbehandeling met **microfiltratie** (MF) worden bacteriën en zwevende stoffen uit het water verwijderd terwijl **omgekeerde osmose** (RO) zorgt voor de aanvullende zoutverwijdering.

Tussen 1996 en 2000 heeft de IWVA verschillende proeven uitgevoerd. In het kader van deze publicatie gaan we niet dieper in op de resultaten maar beperken we ons tot een overzicht :

- Proeven met MF op het oppervlaktewater uit de Kromme Gracht te Avekapelle ^{9,10};
- Proeven met MF en RO op het rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen ^{11,12,13};
- Vergelijkende proeven met 3 MF systemen op het rioolwatereffluent van het RWZI te Wulpen ¹⁴;
- Proeven met MF en RO op het oeverfiltraat ter hoogte van de Kromme Gracht te Avekapelle ¹³.

Naast de technische aspecten, werd ook grote aandacht besteed aan de kwaliteit van het geproduceerde infiltratiewater ¹⁵. Als besluit van deze proeven was het duidelijk dat dergelijk proces technisch en economisch haalbaar was; daarom werd in 2000 een openbare aanbesteding uitgeschreven.

De behandelingsinstallatie werd op de terreinen van het RWZI Wulpen gebouwd door de NV Depret uit Zeebrugge. Er is een buffercapaciteit voorzien voor effluent omdat er gedurende 6 tot 8 uur per dag onvoldoende beschikbaar is.

De technische installaties voor de productie van infiltratiewater werden aanbesteed aan de Tijdelijke Vereniging SEGHERSbetter Technology for Water NV en ZENON bv, de leverancier van ondergedompelde ZeeWeed membranen. Deze aannemers zijn gedurende 10 jaar verantwoordelijk voor het onderhoud van de installaties.

De microfiltratie bestaat uit 5 eenheden, die elk 8 cassettes bevatten. De totale membraanoppervlakte bedraagt 12.250 m²; de productiecapaciteit bedraagt ca 450 m³/h.

Het deel RO bestaat uit twee eenheden van elk 36 drukbuizen. Iedere drukbuis (8 inch) heeft een lengte van 6 m; er kunnen 6 membranen in.

Gemiddeld zou 285 m³/uur infiltratiewater geproduceerd kunnen worden. De productie zal iets groter zijn in de zomer vergeleken met de winter. De osmotische druk neemt namelijk af naarmate de temperatuur stijgt, wat betekent dat bij eenzelfde druk meer water kan worden gewonnen.

Vooraleer het infiltratiewater naar de duinen wordt gepompt, zal het nog een UV ontsmetting ondergaan. De installatie wordt operationeel in mei of juni van dit jaar.

Waterwinning in de Avekapellekreek

In het kader van een ruilverkaveling heeft de IWVA in 1998-1999 de nodige gronden verworven in Avekapelle, zodat ook daar in de toekomst een project kan uitgebouwd worden. De Avekapellekreek is een zandige kreekrug – de doorlatende sedimenten zijn 12 tot 30 m dik – die bovenaan gevuld is met zoet grondwater en onderaan met zout grondwater ¹⁶. Het polderwater dat afgevoerd wordt door de Kromme Gracht en de Oude A-vaart kan ter hoogte van de Avekapellekreek teruggewonnen via een dubbele puttenserie langs beide zijden van een innamekanaal. De ene puttenserie, met filterelementen in het bovenste deel van de watervoerende laag, zal infiltrerend oppervlaktewater en zoet grondwater oppompen. De andere puttenserie, met filterelementen in het onderste deel van de watervoerende laag, zal het onderaan aanwezige zout grondwater oppompen. Dit voorkomt aantrekking van zout water naar de bovenliggende pompput ^{7,17}. Deze manier van winning heeft vele voordelen :

- de kwaliteitsverschillen van het oppervlaktewater worden afgevlakt door spreiding van de afstand tussen de puttenseries en het innamekanaal en het oeverfiltraat is bij voldoende afstand tot het innamekanaal bacterievrij;
- door denitrificatie is de nitraatbelasting van het opgepompte zoet water miniem;
- de gehele watervoerende laag zal verzoeten.

De voorafgaandelijk voorbehandeling via bodempassage levert grote voordelen op voor MF/RO, zoals proefondervindelijk werd vastgesteld ^{10,13}. In de toekomst kan hier dan ook een tweede project worden uitgebouwd, waarbij mits bijkomende aanvoer bv. van effluent, het ganse jaar door drinkwater kan geproduceerd worden.

Het Avekapelleproject werd in het kader van het doelstelling 5b-programma Westkust-Middenkust-Zeevisserijgebied gesteund door de Europese Gemeenschap (Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling).

Duurzame waterwinning in de duinen van de oostkust

Project

Het GWKH had eerst de intentie om drinkwater te produceren uitgaande van oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal ¹⁸. Aansluitend werd ook het idee opgevat om oeverfiltraat te winnen in de omgeving van de Put De Cloedt ² en om diep grondwater op te pompen.

Ook hier is veel onderzoek verricht :

- Pompproef in de omgeving van de Put De Cloedt ¹⁹ en op de diepe watervoerende laag van het Ledo-Paniseliaan ²⁰;
- Proeven met MF op het oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal ¹⁰;
- Proeven met MF en RO op het rioolwatereffluent van het RWZI te Heist ¹³;
- Ecologische studie van de omgeving van Put De Cloedt ²¹.

Het uiteindelijke project is een combinatie van de behandeling van oppervlaktewater en de productie van oeverfiltraat (tabel 3) :

- via MF/RO zal oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal worden behandeld;
- het RO-filtraat zal gemengd worden met oeverfiltraat opgepompt vlak naast de Put De Cloedt.

Op die manier wordt water verkregen dat aan de drinkwaternormen voldoet. Gedurende de zomer zou ook nog eens diep grondwater uit het Ledo-Paniseliaan opgepompt worden. Deze winning heeft geen effect op de watertafel. Op deze manier kan de grondwateronttrekking in de duinen onder de 'Golf' van de huidige 800.000 m³/jaar gereduceerd worden tot 600.000 m³/jaar.

Tabel 3. Drinkwaterproductie zoals dat er in de toekomst bij het GWKH zal uitzien

	<i>Maximale productie</i>	<i>Verandering t.o.v. huidige toestand</i>
Natuurlijk freatisch grondwater ('Golf')	600.000 m ³ /jaar	- 25 %
Oppervlaktewater uit het Leopoldkanaal	2.500.000 m ³ /jaar	
Oeverfiltraat	500.000 m ³ /jaar	
Diep grondwater (Ledo-Paniseliaan)	100.000 m ³ /jaar	
TOTAAL	3.700.000 m³/jaar	+ 362,5 %

Wat betekent duurzame waterwinning in de Vlaamse duinen ?

Zoals eerder aangehaald is de Vlaamse duinengordel relatief smal, en bevindt het zout water zich in de onmiddellijke omgeving. De zoetwaterzak onder de duinen heeft zich gevormd door infiltrerend zoet neerslagwater dat geleidelijk het initieel aanwezige zout water heeft verdrongen. Zolang er een afstroming is van zoet water vanuit de duinen in de richting van de zee en de polders is de kwaliteit van het duinwater beschermd. De lagere grondwaterstanden in de duinen, en dit kan zowel het gevolg zijn van waterwinning als van andere menselijke ingrepen, kunnen dit evenwicht verstoren. Indien de natuurlijke grondwaterstroming wordt omgekeerd zal het grondwater onder de duinengordel geleidelijk zouter worden.

Zowel de IWVA als het GWKH proberen met hun projecten te bekomen dat er steeds een grondwaterstroming blijft vanuit de duinen naar de aangrenzende gebieden toe. Vandaar dat we vanuit hydrogeologisch standpunt gezien kunnen spreken over **duurzame waterwinning**. Maar het betekent ook dat er continu controle moet zijn op de grondwaterstanden en op de kwaliteit van het grondwater. De grondwaterstanden evolueren immers volgens het seizoen en in functie van het neerslagoverschot op langere termijn. Daarom behelst duurzame waterwinning ook dat er kennis moet zijn van de waterwinningen en hun omgeving en dat vereist ook een continue en deskundige opvolging.

Besluit

De I.W.V.A. en het GWKH, die samen met een kleinere winning van de VMW, drinkwater produceren uit duinwater, beseffen dat om de waterwinningen op langere termijn te kunnen behouden duurzame waterwinning nodig is. Duurzame waterwinning in de duinen betekent dat er steeds een grondwaterstroming is vanuit de duinen naar de polders en de zee. Vandaar dat beide maatschappijen kiezen voor een verminderde natuurlijke grondwateronttrekking.

De IWVA zal daarvoor kunstmatig water aanvullen in haar waterwinning Sint-André; dit gebeurt door productie van infiltratiewater met membraantechnieken. De bron voor deze productie is rioolwatereffluent van het RWZI Wulpen.

Het GWKH zal de verminderde productie uit de duinen opvangen door behandeling van oppervlaktewater. Daarvoor zullen dezelfde technieken gebruikt worden als bij de IWVA. Dit water zal gemengd worden met oeverfiltraat uit de omgeving van de Put De Cloedt.

Het gebruik van membraanfiltratie garandeert een constant goede kwaliteit van het infiltratiewater. Om de natuurwaarden van de duinen maximaal te beschermen worden strenge normen opgelegd aan de kwaliteit van infiltratiewater.

Samen met natuurtechnische maatregelen, vastgelegd in een beheersplan, zal het IWVA project bijdragen tot verhoogde natuurwaarden in de omgeving van de bestaande waterwinningen. De verminderde grondwateronttrekking in de 'Golf' te Knokke zal ook hier leiden tot verhoogde grondwaterstanden.

Beide projecten kunnen bewijzen dat natuur, recreatie en waterwinning wel degelijk kunnen samengaan. Via drinkwaterproductie in de duinen komen immers fondsen vrij die kunnen aangewend worden voor een actief beheer van de duinen of voor het uitbouwen van recreatieve infrastructuur. Het is hier ook interessant te vermelden dat de IWVA bij de realisatie van recreatieve infrastructuur de laatste jaren verscheidene keren steun heeft ontvangen van de Provincie West-Vlaanderen (via WVT, nu geïntegreerd in WESTTOER)

Referenties

- ¹ Van Houtte, E., Lebbe L. en De Breuck W., 1992. *Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek*. Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, Universiteit Gent (TGO 91007b), 368 p.

- ² Van Houtte, E., 1995. *Hydrogeologische verkenning van de omgeving van 'Put van De Cloedt' te Knokke-Heist*.
- ³ Vermoortel, Y., Mahauden, M. en De Breuck, W., 1995. *Hydrogeologische studie van de waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - deel 1 : inventarisatie*, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, Universiteit Gent (TGO 94/37).
- ⁴ I.W.V.A., 1994. *Beheersplan Doornpanne*. 38 p + bijlagen.
- ⁵ Provoost, S., Kuijken, E. en Leten, M., 1993. *Inrichtings- en beheersvoorstellen voor de Doornpanne*, Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, A93.114, 57 p.
- ⁶ Kuijken, E., Provoost, S. en Leten, M., 1993. *Oppervlakte-infiltratie in de Doornpanne*. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt, 93.69, 86 p.
- ⁷ Lebbe, L., Tarhouni J., Van Houtte E. en De Breuck W., 1995. *Results of an artificial recharge test and a double pumping test as preliminary studies for optimizing water supply in the Western Belgian coastal plain*. Hydrogeology Journal, vol. 3, nr 3, p 53-63.
- ⁸ Leslie, G.L., W.R. Dunivin, P. Gabillet, S.R. Conklin, W.R. Mills, en R.G. Sudak, 1996. *Pilot testing of microfiltration and ultrafiltration upstream of reverse osmosis during reclamation of municipal wastewater*, Proceedings of het American Desalting Associations Biennial Conference, Monterey, California, August 1996, pp. 29-40.
- ⁹ Van Houtte, E and F. Vanlerberghe, 1998. *Using membrane filtration techniques for the production of infiltration water in the western part of the Flemish coastal plain*. Proceedings 15th Salt Water Intrusion Meeting, Ghent 1998.
- ¹⁰ Van Houtte, E., J. Verbauwhede, F. Vanlerberghe, S. Demunter and J. Cabooter, 1998. *Treating different types of raw water with micro- and ultrafiltration for further desalination using reverse osmosis*. Proceedings 'Membranes in drinking and industrial water production' Amsterdam, The Netherlands, Desalination Volume 117, Vol. 1, p 49-60.
- ¹¹ Van Houtte, E., J. Verbauwhede, F. Vanlerberghe, F. de Bruijn and M. Beumer, 1998. *Completing the Water Cycle : Reuse of WWTP Effluent for Drinking Water Purpose*, Koksijde, Belgium. AWWA Water Reuse Conference Proceedings, Orlando, USA, p 321-335.
- ¹² Van Houtte, E., 1999. *Re-use of biologically treated wastewater effluent for artificial recharge in the Flemish dunes*. 'Water recycling and effluent re-use' conference, Copthorne Effingham Park, 1999.
- ¹³ Van Houtte, E. and F. Vanlerberghe, 2001. *Preventing biofouling on RO membranes for water reuse - Results of different tests*. AWWA Membrane Technology Conference, San Antonio, 2001.
- ¹⁴ Van Houtte, E., J. Verbauwhede, F. Vanlerberghe and J. Cabooter, 2000. *Comparison between different out-to-in filtration MF/UF membranes*, International Conference on 'Membrane Technology in Water and Wastewater treatment', Lancaster 2000, p 190 -197.
- ¹⁵ Dewetincx, T., Van Houtte, E., Geenens, D., Van Hege, K. en Verstraete, W., 2000. *HACCP to guarantee microbial safe water reuse and drinking water production - A case-study*. Proceedings Health-Related Water Microbiology Symposium, 1st World Water Congress of the International Water Association. Parijs 3-7/07/00.
- ¹⁶ Zeuwts, L., 1991. *Hydrogeologie en hydrochemie van de IJzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (Westelijke kustvlakte)*. Geologisch Instituut, Universiteit Gent, Doctoraatsverhandeling, 389 p.
- ¹⁷ Lebbe, L., Van Houtte E., Vanlerberghe F. en De Breuck W., 1996. *Quality evolution of the fresh and salt groundwater pumped near a drainage canal in the Western Flemish coastal plain*. Proceedings of 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, Sweden, p 157-167.
- ¹⁸ Cabooter, J., 1993. *Tienjarenplan waterbedrijf . Fase 2 : verhoging waterproductie en -aanvoer*.
- ¹⁹ Vermoortel, Y., Gaus, I., De Smet, D. en De Breuck, W., 1998. *Hydrogeologische studie van de waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - deel 2 : karakterisering + hydrogeologische karakterisatie van de omgeving van Put De Cloedt*, LTGH.
- ²⁰ Vermoortel, Y., Lebbe, L., Mahauden, M. en De Breuck, W., 1997. *Studie van de grondwaterwinningsmogelijkheden uit de Ledo-Paniseliaan watervoerende laag in de gemeente Knokke-Heist*, LTGH dossier TGO 94/37.
- ²¹ Martens, L., Provoost, S., en Kuijken, E., 1998. *Waterwinningsmogelijkheden in de gemeente Knokke-Heist - verkennend onderzoek naar de ecologische gevolgen*, Instituut voor Natuurbehoud.