

# Membraanfiltratie voor de drinkwaterbereiding: economische optimalisatie van ontwerpparameters

## Inleiding

Membraanfiltratie heeft zich de afgelopen jaren ontwikkeld tot een volwassen, betrouwbare techniek die onovertroffen is uit het oogpunt van waterkwaliteit. Op basis van diverse recente studies en ontwikkelingen kan geconcludeerd worden dat membraanfiltratie een reële optie is bij de drinkwaterbereiding in Nederland [1, 2].



A. J. P. VERBERNE  
DHV Water BV



J. W. WOUTERS  
DHV Water BV

- Op het pompstation in Andijk (NV PWN) blijkt membraanfiltratie noodzakelijk om het zoutgehalte te verlagen wanneer chemische ontharding wordt geïmplementeerd [3].
- DZH wil in de toekomst membraanfiltratie toepassen voor de rechtstreekse zuivering van oppervlaktewater in een deelstroomproces in combinatie met duininfiltratie (Integraalplan Duinwater Plus). Hierbij wordt tevens de hardheidsdoelstelling gehaald [4].
- GWA overweegt de inzet van membraanfiltratie om het zoutgehalte te verlagen.
- Ten behoeve van industriële en agrarische waterleveringen, waarbij een laag zoutgehalte is gewenst, zijn goede mogelijkheden denkbaar voor membraanfiltratie. Een voorbeeld hiervan vormt de studie naar centrale ontzouting van drinkwater voor de glastuinbouw in het Westland [5].
- In de nabije toekomst zal membraanfiltratie voor meer pompstations overwogen kunnen worden als gevolg van de stijgende zoutconcentraties van het onttrokken water (o.a.  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl, Ca, Mg, Na, K).

Bij de verwachte introductie van membraanfiltratie is meer inzicht in het proces en de kosten gewenst. In dit artikel zal de bepaling van de meest economische procescondities centraal staan.

## Schematische voorstelling membraanfiltratie

Membraanfiltratie is een zuiverings-techniek waarbij een scheiding teweeg

## Samenvatting

Toepassing van membraanfiltratie bij de drinkwatervoorziening in Nederland wordt op relatief korte termijn (na de eeuwwisseling) overwogen. Dit betekent dat meer inzicht in de kosten van membraanfiltratie is gewenst.

Met een modelmatige aanpak is de kostenopbouw van een membraanfiltratie-installatie berekend. Met behulp hiervan zijn de optimale procescondities bepaald, waaruit blijkt dat de toe te passen voedingsdruk de belangrijkste parameter is.

De aldus berekende optimale voedingsdruk ligt hoger dan de door leveranciers toegepaste testdruk, maar is niet scherp gedefinieerd.

In de beschouwingen wordt specifiek aandacht besteedt aan de aspecten productievaryatie, temperatuurvariatie en de toepassing van membraanfiltratie in een deelstroom.

wordt gebracht tussen de vloeistof (water) en de daarin opgeloste deeltjes. De scheiding vindt plaats door het aanbrenge van een drukverschil over een semi-permeabel membraan. Hierbij ontstaat naast het gezuiverde produkt een geconcentreerde stroom (brijn) die wordt afgevoerd of verder behandeld.

In afb. 1 is een vereenvoudigde voorstelling van het proces weergegeven. Vlak voor de membranen is het gebruikelijk om kaarsenfilters te plaatsen om de membranen te beschermen voor grovere deeltjes.

Belangrijke aspecten bij membraanfiltratie zijn de wateropbrengst en het scalingsgevaar. Afhankelijk van de zoutconcentratie in de voeding gaat een deel van het water 'verloren' in de brijnstroom. Onder Nederlandse omstandigheden blijft ca. 80% van het voedingswater over. De verhouding tussen het permeaatdebiet en het voedingsdebiet (= 0,8) wordt recovery genoemd.

Als gevolg van verhoging van concentraties van verontreinigingen en zouten in de brijnstroom bestaat een grotere kans op scaling. Om deze scaling te voorkomen of te beperken kunnen chemicaliën, zogenaamde anti-scalants, worden gedoseerd. Tevens is het gebruikelijk om vóór de membranen zuur te doseren. Hiermee wordt een deel van het aanwezige (bi)carbonaat omgezet in koolzuur en worden afzettingen van calcium-

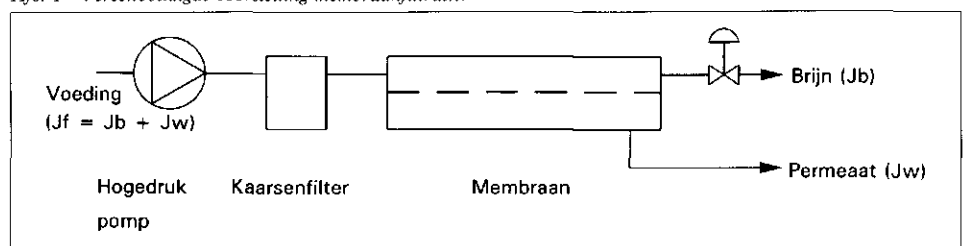
carbonaat voorkomen c.q. verminderd. De in afb. 1 schematisch weergegeven installatie bestaat in de praktijk uit een groot aantal zogenaamde drukvaten, waarin tot maximaal zes membraan-elementen zijn geplaatst. De levensduur van een membraanelement is ongeveer vijf jaar.

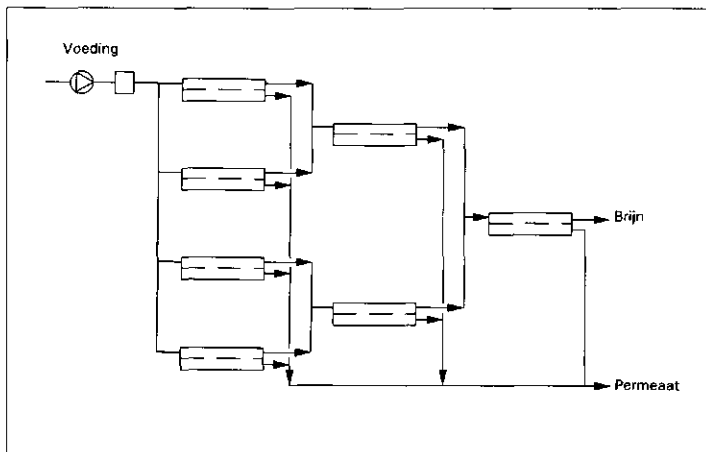
Om de recovery te verhogen kan bij relatief lage zoutconcentraties in de voeding de brijn uit het eerste drukvat vervolgens verder worden behandeld in een tweede drukvat, enzovoort. De mate waarin de serieschakeling kan worden doorgezet wordt bepaald door het voorkomen van precipitatie van slecht oplosbare zouten in de brijnstroom van de laatste trap. Door de voedingswaterkwaliteit wordt dus vastgelegd welke recovery voor de gehele installatie bereikt kan worden. In afb. 2 is het resultaat van een dergelijke schakeling geïllustreerd, de zogenaamde kerstboomschakeling.

## Theorie

De van belang zijnde vergelijkingen ter karakterisering van het water- en stoftransport over het membraan zijn samengevat in het kader op de volgende pagina. Voor zoet en brak water mag er globaal van worden uitgegaan dat het geproduceerde debiet lineair toeneemt met toenemende voedingsdruk. Alleen bij water met hoge zoutconcentraties (bijvoorbeeld zeewater) zal de osmotische druk een significante rol spelen.

Afb. 1 - Vereenvoudigde voorstelling membraanfiltratie.





Afb. 2 - Kerstboom-structuur.

Het debiet door het membraan wordt behalve door de voedingsdruk en het zoutgehalte ook door de temperatuurafhankelijke viscositeit van het water beïnvloed.

Globaal mag hierbij worden uitgegaan van een daling (resp. stijging) van het debiet door het membraan van ca. 2,5% per 1 °C daling (resp. stijging) van de temperatuur.

De specifieke zoutflux wordt volgens vergelijking (6) (in het kader) bepaald door het concentratieverschil van zouten over het membraan. In de vergelijking is  $K_s$  een membraanspecifieke stof- en diffusieafhankelijke constante.

### Kostenopbouw

De bij de kostenopbouw gehanteerde uitgangspunten zijn weergegeven in tabel I.

Om het vraagstuk van optimalisatie op te lossen moet de relatie tussen

TABEL I - Opbouw investerings- en exploitatiekosten

Investeringskosten	aandeel (%)
1. grondkosten	(niet berekend bij optimalisatie)
2. bouwkosten (afschrijvingstermijn)	
- civiele werken (30 j)	
- werktuigbouwkundige werken (15 j)	
- elektrotechnische werken (15 j)	
- membranen (5 j)	
3. inrichtingskosten	2% van 2
4. bijkomende kosten	
- voorbereiding/begeleiding	20% van 1 + 2 + 3
- overige bijkomende kosten	2% van 2 + 3
5. bouwrente	10% van 1 + 2 + 3 + 4
<b>Exploitatiekosten</b>	
1. vaste kosten (annuïteit bij 8% rente)	
- civiele werken (0,088)	
- werktuigbouwkundige werken (0,117)	
- elektrotechnische werken (0,117)	
- membranen (0,250)	
2. verbruikskosten	
- energie (4 Wh/m <sup>3</sup> per mWk à NLG 0,15/kWh)	
- chemicaliën (NLG 0,05/m <sup>3</sup> produkt, zuur- en loogdosering)	
3. onderhoudskosten	
- onderhoud (2% van totale investeringskosten)	
4. specifieke bedrijfskosten	
- bediening (2% van totale investeringskosten)	
- kwaliteitsbewaking (2% van totale investeringskosten)	

voedingsdruk en investeringskosten bekend zijn. De belangrijkste kostenbepalende elementen bij een membraanfiltratie-installatie zijn:

- Voedingpompen
- Kaarsenfilters
- Membraanmodules/drukvaten
- Chemicaliën opslag en- dosering
- Energievoorzieningen
- Leidingwerk

Om de investeringen voor een installatie te schatten zijn de investeringen gekoppeld aan het voedingsdebiet en het aantal membranen in de installatie die zijn bepaald door de voedingsdruk van de installatie.

De civiele en werktuigbouwkundige investeringen zijn gerelateerd aan het voedingsdebiet en het aantal membranen. Voor de elektrotechnische investeringen is gekozen voor een functie afhankelijk van het voedingsdebiet en de voedingsdruk.

### Theorie

#### Waterflux

- (1)  $J_w = K_w (\Delta P - \Delta \pi)$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·s)
  - (2)  $\Delta P = P_f - P_p$  (bar)
  - (3)  $\Delta \pi = \pi_i - \pi_p$  (bar)
  - (4)  $\pi_i = R_g \cdot T \cdot C_i / 10^6$  (bar)
- Indien  $P_p, \pi_p \ll P_f$  wordt vgl (1):
- (5)  $J_w = K_w \cdot (P_f - \pi_m)$

#### Zoutflux

- (6)  $J_s = K_s (C_m - C_p)$  (mol/m<sup>2</sup>·s)

#### Legenda

- $J_w$  = waterflux door het membraan (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·s)
- $\Delta P$  = drukverschil over het membraan (bar)
- $\Delta \pi$  = osmotisch drukverschil over het membraan (bar)
- $\pi_i$  = osmotische druk op lokatie i (bar)
- $K_w$  = vloeistofpermeabiliteit (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·s·bar)
- $P_f$  = druk in het voedingskanaal (hoge druk zijde) (bar)
- $P_p$  = druk aan de permeaatzijde van het membraan (bar)
- $R_g$  = gasconstante (J/°K mol)
- $T$  = absolute temperatuur (°K)
- $K_s$  = stofoverdrachtscoëfficiënt (m/s)
- $C_i$  = zoutconcentratie op lokatie i (mol/m<sup>3</sup>)
- $t$  = dissociatiefactor (voor NaCl: t=2) (-)
- $J_s$  = zoutflux door het membraan (mol/m<sup>2</sup>·s)

#### Subscript:

- p = permeaat (zijde)
- f = voeding
- m = membraan
- i = lokatie
- w = water
- s = stof (zout)

De kosten voor membranen zijn direct gekoppeld aan het aantal membranen. In tabel II zijn de gehanteerde vergelijkingen en uitgangspunten samengevat. Bij het opstellen van de investeringsvergelijkingen is gebruik gemaakt van gerealiseerde projecten en

TABEL II - Kostenvergelijkingen en uitgangspunten.

Kostenvergelijkingen*: werktuigbouwkundige investeringen:	$K = 7950 \cdot Q_v^{0,85} + 2000 \cdot n$ (1)
civiele investeringen:	$K = 1900 \cdot Q_v + 2730 \cdot n$ (2)
elektrotechnische investeringen**:	$K = 3 \cdot 10^6 + 120 \cdot P \cdot Q_v$ (3)
investering membranen:	$K = 2500 \cdot n$ (4)
met:	
K = investeringen (NLG)	
$Q_v$ = voedingsdebiet (m <sup>3</sup> /h)	
P = voedingsdruk (bar)	
n = aantal membranen	

\* Rekening wordt gehouden met 10% fluxafname per membraan gedurende de levensduur van de membranen.

\*\* De elektrotechnische investeringspost wordt opgebouwd uit een kostenpost die gerelateerd is aan het vermogen van de installatie, vermeerderd met een vaste kostenpost.

offertes van gerenommeerde internationale leveranciers.

**Voorbeeld**

De kosten voor membraanfiltratie worden berekend aan de hand van een voorbeeld. Hierbij wordt gekozen voor:

- voeding: 2.500 m<sup>3</sup>/h
- recovery: 0,8

Er wordt uitgegaan van een installatie bedreven met een constant debiet en constante temperatuur. Voor de temperatuur wordt 10°C aangehouden.

Uit het voorgaande volgt:

- permeaat: 2.000 m<sup>3</sup>/h (17,5·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/j)
- brijn: 500 m<sup>3</sup>/h

Gekozen wordt voor een brakwater membraan (BW 30-8040). De specificaties zijn gegeven in tabel III. In dezelfde tabel zijn tevens de specificaties van een nanofiltratiemembraan (Filmtec NF 70-8040) opgenomen. Uitgaande van bovenstaande gegevens en een gegeven voedingsdruk kan het benodigd aantal

TABEL III - Specificaties NF70-8040 en BW30-8040 (opgave Filmtec).

		NF70-8040	BW30-8040
testdruk	(bar)	5	16
maximale druk	(bar)	17	41
temperatuur	(°C)	25	25
flux*	(m <sup>3</sup> /d)	26	28
retentie*	(%)	80	98

\* bij recovery = 0,15 en 2.000 mg/l NaCl

membranen worden vastgesteld.

De met behulp van tabel I en II bepaalde kosten zijn samengevat in tabel IV voor een gekozen voedingsdruk van 20,4 bar.

Hieruit blijken de totale exploitatiekosten 12,3 miljoen NLG per jaar te bedragen of 0,70 NLG per m<sup>3</sup> geproduceerd water.

**Verdeling van kostencomponenten**

In afb. 3 is de kostenopbouw uit het voorbeeld weergegeven. Uit de afbeelding blijken de rente/afschrijvingen en de energetische kosten een groot deel van de exploitatiekosten uit te maken. De bepaling van de economisch meest optimale condities is in principe gebaseerd op een minimalisatie van deze kostencomponenten. Bij een toenemende druk zullen minder membranen nodig zijn (meer productie per module) waardoor zowel de afschrijvingen als kosten voor membraanvervanging dalen. Daartegenover staat een stijging van de energiekosten. De economische optimalisatie richt zich

op het vinden van die voedingsdruk waarbij de exploitatiekosten minimaal zijn.

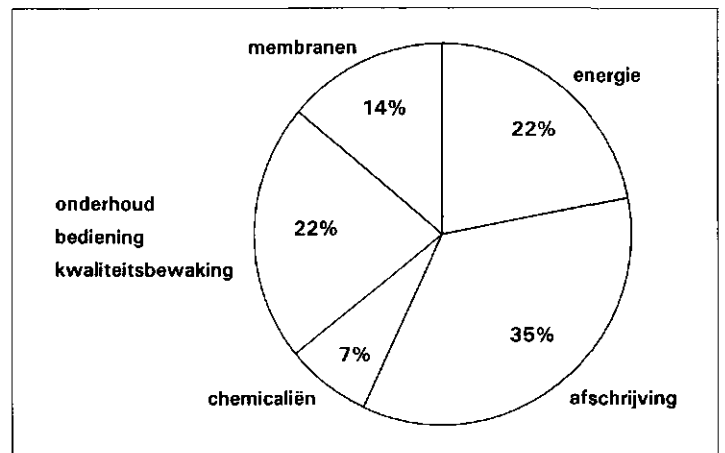
**Berekening van optimale voedingsdruk**

Met behulp van de gegevens in de tabellen I en II kunnen de exploitatiekosten voor membraanfiltratie als functie van de voedingsdruk worden berekend. Beschouwd zijn een hyperfiltratiemembraan en een nanofiltratiemembraan

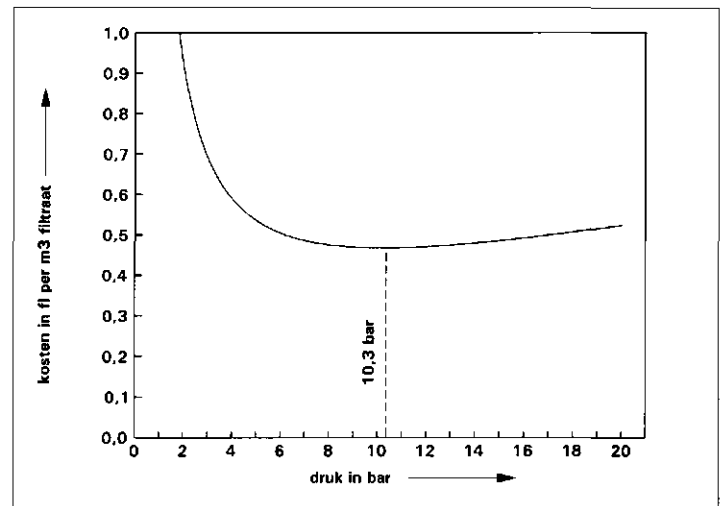
(BW 30 resp. NF 70 zie tabel III).

Het nanofiltratiemembraan kenmerkt zich door een meer open structuur en derhalve lagere voedingsdruk voor eenzelfde flux ten opzichte van een hyperfiltratiemembraan. Hierdoor is de verwijdering van met name éénwaardige ionen en laagmoleculaire stoffen van een nanofiltratiemembraan slechter dan van een hyperfiltratiemembraan.

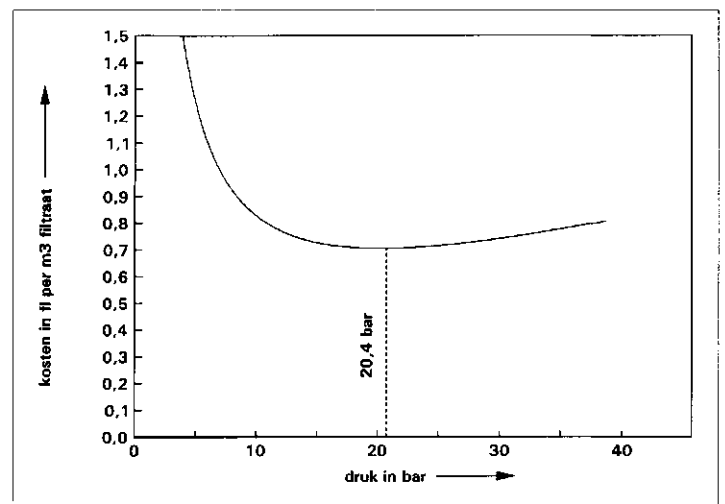
Afb. 3 - Kostenverdeling membraanfiltratie.



Afb. 4 - Optimale druk voor nanofiltratie (NF 70).



Afb. 5 - Optimale druk voor hyperfiltratie (BW 30).



TABEL IV - Voorbeeld.

algemeen	
voeding	: 2.500 m <sup>3</sup> /h
permeaat	: 2.000 m <sup>3</sup> /h
voedingsdruk	: 20,4 bar
temperatuur	: 10 °C
piekfactor	: 1
aantal membranen	
type	: BW 30-8040
flux bij	
10 °C en 20,4 bar	: 24,6 m <sup>3</sup> /d
aantal membranen	: 1.956
investeringen (tabel I en II)	
civiel	: 10,1 miljoen NGL
werktuigbouwkundig	: 10,1 miljoen NGL
elektrotechnisch	: 9,1 miljoen NGL
membranen	: 4,9 miljoen NGL
totaal	34,2 miljoen NGL
inrichtingskosten	: 0,7 miljoen NGL
bijkomende kosten	: 7,7 miljoen NGL
bouwrente	: 4,3 miljoen NGL
totale investeringskosten	
	46,9 miljoen NGL
exploitatiekosten (tabel I)	
rente/afschrijvingen	: 4,3 miljoen NGL per jaar
membraanvervanging	: 1,7 miljoen NGL per jaar
energie	: 2,7 miljoen NGL per jaar
chemicaliën	: 0,9 miljoen NGL per jaar
onderhoud	: 0,9 miljoen NGL per jaar
bediening	: 0,9 miljoen NGL per jaar
kwaliteitsbewaking	: 0,9 miljoen NGL per jaar
totaal	12,3 miljoen NGL per jaar

In afb. 4 en 5 zijn de resultaten van de berekeningen voor een installatie met een capaciteit van 2.000 m<sup>3</sup>/h (voeding 2.500 m<sup>3</sup>/h) gegeven. Het meest opvallende resultaat is het niet scherp gedefinieerde minimum voor de exploitatiekosten. Voor het hyperfiltratiemembraan ligt het minimum bij een voedingsdruk van ca. 20 bar terwijl de jaarlijkse lasten maximaal 10% hiervan afwijken binnen een voedingsdruk van 12 tot 35 bar. Voor het nanofiltratiemembraan bedraagt de optimale druk ca. 10 bar. Het 10% interval is hierbij 6 tot 19 bar. De resultaten zijn samengevat in tabel V. Opvallend is dat de optimale druk voor het nanofiltratiemembraan twee maal zo hoog is dan de door de leverancier toegepaste testdruk (zie tabel III). Ook voor het hyperfiltratiemembraan blijkt de berekende optimale druk hoger dan de door de leverancier toegepaste testdruk.

### Gevoeligheidsanalyse

Om de gevoeligheid van het verkregen

TABEL V - Resultaten optimalisatie (constant debiet).

		NF70-8040	BW30-8040
optimale druk	(bar)	10,3	20,4
10% range*	(bar)	5,7-19,0	12,0-34,8
kosten per m <sup>3</sup>	(NGL)	0,47	0,70
investeringen	(10 <sup>6</sup> NGL)	33,0	46,8

\* binnen 10% exploitatiekosten

resultaat voor variaties van de uitgangspunten te illustreren zijn twee voorbeelden uitgewerkt voor het BW30 membraan. De meest belangrijke parameters rente/afschrijving en energie zijn sterk gevarieerd. De resultaten zijn weergegeven in afb. 6. Er is gerekend met een verhoging van de rente met 50%. Tevens is een verhoging van de energiekosten met 50% in de berekening verwerkt. Uit de resultaten blijkt dat de optimale procescondities relatief weinig verschuiven. Ook blijft het minimum voor de exploitatiekosten niet scherp gedefinieerd.

### Invloed van variatie in de produktie

De gepresenteerde optimalisatie gaat uit van een constante produktie door de installatie. De drinkwaterbereiding wordt echter geconfronteerd met een variatie van de vraag. De invloed hiervan wordt geïllustreerd aan de hand van een berekening met een 'piekfactor' van 1,5. Dit betekent dat de capaciteit van de installatie met 50% toeneemt (de produktie op de maximale dag is 1,5 maal de produktie op een gemiddelde dag). De kosten voor membraanfiltratie zullen hierbij eveneens toenemen. De toename van de capaciteit kan op twee manieren worden bewerkstelligd.

1. Realisatie van meer membraanmodules. Hierdoor kan bij eenzelfde voedingsdruk (en derhalve constante flux) meer capaciteit worden gerealiseerd door het bijschakelen van membranen.
2. Verhoging van de voedingsdruk. Hierdoor kan bij eenzelfde aantal membranen meer capaciteit worden gerealiseerd.

Voor beide opties zijn kosten en optimale procescondities berekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel VI. Hieruit blijken de optimale procescondities naar verwachting te verschuiven. Bij meer membranen (= meer afschrijvingen) stijgt de optimale voedingsdruk. Bij hogere druk (= meer energiekosten) daalt de optimale voedingsdruk.

Uit de berekeningen volgt dat bij een variërende produktie op economische gronden de voorkeur uitgaat naar het moduleren van de voedingsdruk. Enigzins relativerend dient te worden opgemerkt dat het uiteindelijke verschil voor beide opties in installatiegrootte (aantal membranen) slechts 10% is.

Uit het voorgaande blijkt dat de kosten voor membraanfiltratie aanzienlijk stijgen bij een variabele produktie. Het is dus

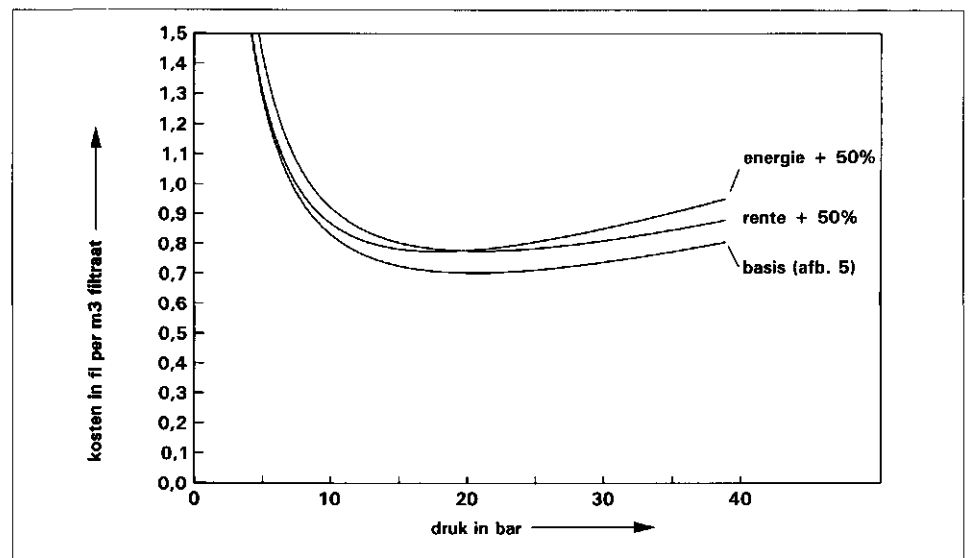
TABEL VI - Resultaten optimalisatie (piekfactor = 1,5)

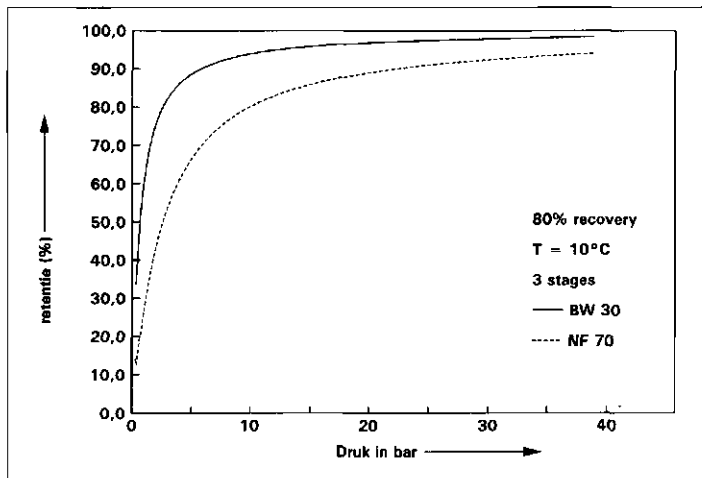
		NF 70		BW 30	
		meer membranen	hogere druk	meer membranen	hogere druk
optimale druk*	(bar)	12/12	9/13,5	23/23	17/25,5
10% range**	(bar)	6,4-21,2	4,7-15,9	13,5-38,9	10-29,2
kosten per m <sup>3</sup>	(NGL)	0,61	0,58	0,95	0,86
investeringen	(10 <sup>6</sup> NGL)	45,8	45,4	45,7	64,8

\* aangegeven is gemiddeld/maximum.

\*\* binnen 10% exploitatiekosten, aangegeven ten opzichte van gemiddelde druk.

Afb. 6 - Gevoeligheidsanalyse.





Afb. 7 - Druk-afhankelijke retentie van éénwaardige ionen voor NF en HF.

aantrekkelijk membraanfiltratie toe te passen met een gelijkmatige productie. Hiervoor kunnen een aantal mogelijkheden genoemd worden:

- Implementatie van een grotere reinwaterberging (bijvoorbeeld van dag- naar weekberging)
- De plaats van de membraanfiltratie: vóór infiltratie in het geval van oppervlakte- of diepfiltratie.

#### Invloed van variatie in temperatuur

Voorgaande beschouwingen zijn gebaseerd op een constante temperatuur van het voedingswater. Bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater zal de temperatuur echter fluctueren (0-25°C). Als gevolg hiervan zal de installatie in de winter ca. 25% aan capaciteit verliezen. Net als bij de variatie in de productie is de meest economische oplossing het variëren van de voedingsdruk.

In de winter wordt het capaciteitsverlies deels gecompenseerd door de lagere drinkwatervraag. Het resterende deel kan worden aangevuld door het toepassen van een hogere druk. In de zomer daarentegen kan de installatie onder lagere druk worden bedreven. Bij de genoemde bedrijfsvoering is dezelfde installatie met globaal dezelfde jaarlijkse energiekosten toereikend ten opzichte van een constante temperatuur.

#### Maximale druk

Het variëren van de voedingsdruk zoals aangegeven bij temperatuur- en debietvariaties, dient te geschieden onder de door de fabrikant opgegeven maximum toelaatbare druk (tabel III).

Voor Nederlandse toepassingen is in een groot aantal gevallen membraanfiltratie in een deelstroom interessant. Dit is het geval wanneer de verwijdering van een

bepaalde component slechts gedeeltelijk gewenst of noodzakelijk is. Hierbij kan bijvoorbeeld een gedeeltelijke verwijdering van hardheid of natrium worden genoemd. De grootte van de deelstroom hangt in principe af van:

- hoogte en fluctuatie van concentratie in het voedingswater,
- verwijderingsgraad van verontreinigingen/zouten door het membraan,
- maximale concentratie (natrium) en fluctuatie van de concentratie (hardheid) in het geproduceerde water na opmengen.

De diverse hierbij aan de orde komende invloedsfactoren, die deels alleen zijn te schatten op basis van historische gegevens, kunnen optimalisatie van een deelstroominstallatie erg complex maken. Een van de factoren die hierbij een rol speelt is het optreden van een verbetering van de waterkwaliteit bij het toepassen van een hogere voedingsdruk. Dit effect is in afb. 7 weergegeven voor één- en tweewaardige ionen. Een dergelijke relatie geldt in principe ook voor andere parameters (DOC, bestrijdingsmiddelen e.d.). Als gevolg van dit effect zal ook de capaciteit van de deelstroom bij optimalisatievraagstukken als variabele moeten worden meegenomen.

#### Evaluatie

De optimale druk voor membraanfiltratie is op basis van economische overwegingen berekend. Bedacht dient te worden dat de uiteindelijk te kiezen druk in een te ontwerpen installatie ook van andere factoren zal afhangen. Een van deze factoren is de bedrijfsvoering van de membraanfiltratie-installatie. De verwachting mag worden uitgesproken dat de membranen bij hogere drücken sneller vervuilen waardoor reinigen vaker noodzakelijk is. Frequente reiniging kan bezwaarlijk zijn

met het oog op de eenvoud in bedrijfsvoering.

Membraanvervuiling kan in principe ook als parameter in de economische optimalisatie worden meegenomen. De extra kosten voor het toepassen van een lagere voedingsdruk om membraanvervuiling te beperken kan hierbij bijvoorbeeld worden afgewogen tegen uitbreiding van de voorzuivering ter beperking van de vervuiling. Ook kan de invloed van versnelde membraanafschrijving worden beschouwd (kortere levensduur membranen). Dit laatste is uitgewerkt in tabel VI voor een afschrijvingstermijn van membranen van drie in plaats van vijf jaar.

TABEL VII - Invloed versnelde afschrijving membranen (BW 30-8040).

	afschrijvings- termijn = 5 jaar	afschrijvings- termijn = 3 jaar
optimale druk (bar)	20,4	22,6
10% range* (bar)	12,0-34,8	13,4-38,2
kosten per m <sup>3</sup> (NGL)	0,70	0,75
investeringen (10%NGL)	46,8	45,8

\* binnen 10% exploitatiekosten

Uit de resultaten blijkt dat de membraanvervuiling een geringe rol speelt met betrekking tot economische optimalisatie. Anders gezegd: er mogen relatief veel extra afschrijvingen voor membranen of extra investeringen voor de uitbreiding van de voorzuivering worden gemaakt. Dit alles onder behoud van een compacte installatie bedreven met een relatief hoge druk.

Meer inzicht in bovenstaande aspecten zal door middel van toekomstig onderzoek moeten worden verkregen. Hierbij speelt onder andere het effect van variërende drücken en fluxen op de vervuiling van membranen een rol.

Dit geldt evenzeer voor het effect van de druk op de kwaliteit van het produktwater. Zoals gezegd doet zich hierbij het op het eerste gezicht merkwaardige verschijnsel voor dat een hogere druk leidt tot een lagere investering en een betere kwaliteit van het water. In de praktijk zal dus een keuze moeten worden gemaakt tussen de criteria membraanvervuiling (=lage druk) en waterkwaliteit en kosten (= hoge druk).

Een belangrijk resultaat van de optimalisatie is dat de economische optimale procescondities niet erg scherp gedefinieerd zijn. Hierdoor wordt in principe een speelruimte verkregen om het proces op basis van procestechnisch optimale condities te ontwerpen.

# Duinen voor de wind Past (diep)infiltratie in het streefbeeld van natuurontwikkeling?

Voordracht uit de 45e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Grondwater of oppervlaktewater?', gehouden op 8 januari 1993 aan de TU Delft

## De duinen als ecosysteem

De duinen als ecosysteem worden gekenmerkt door een grote differentiatie in ruimte en tijd en door een hoge graad van natuurlijkheid.

Direct langs de kust kunnen we grote stuivende duincomplexen aantreffen of overgangssituaties tussen land en zee zoals de Slufter op Texel.



DRS. M. P. J. M. JANSSEN  
Stichting Duinbehoud

Verder landinwaarts komen we vochtige duinvalleien tegen met diverse soorten orchideeën en langs de duinrand kunnen we uitgestrekte duinbossen tegenkomen. De landschappelijke differentiatie binnen het Nederlandse duingebied vinden we zowel op grote schaal als op kleine schaal. De oostpunten van Schiermonnikoog en Terschelling zijn voorbeelden van hoog dynamische duingebieden met onder andere jonge duinvorming, terwijl de duinen van Voorne sterk bebost zijn. Maar ook op een klein eiland als Schiermonnikoog kunnen we zowel stuivende duincomplexen als hoog opgaand struweel aantreffen.

Deze diversiteit wordt in stand gehouden door landschapsvormende processen, ecologische processen en hydrologische processen. Vooral verjongende processen als verstuiwingen en begrazing zijn van groot belang in het duingebied aangezien de natuurlijke vegetatieprocessen resulteren in een tendens van stabilisatie door struweel- en bosvorming. Verjongende processen verhogen de natuurwaarden en de differentiatie in het duingebied.

De Nederlandse duinen worden van nature ook gekenmerkt door een bijzondere hydrologische situatie: in de duinen bevindt zich een grote zoetwatervoorraad die gevoed wordt door regenwater en waarvan de kwaliteit nauwelijks wordt beïnvloed door het zoute zeewater aan de ene kant en het voedselrijke polderwater aan de andere kant. Hierdoor heeft zich in vochtige duinvalleien, die onder invloed staan van dit zoete grondwater, een zeer specifieke vegetatie kunnen ontwikkelen met vele zeldzame plantensoorten. Oorspronkelijk was in het Nederlandse duingebied ongeveer 13.000 ha natte en vochtige duinvalleien aanwezig met zeer soortenrijke vegetaties. Hiervan is heden ten dage, door water-

## Samenvatting

In 1991 kreeg de Stichting Duinbehoud het verzoek van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij om een 'ecosysteemvisie' voor de duinen te schrijven als uitwerking van het Natuurbeleidsplan. Aan de Stichting Duinbehoud werd gevraagd om een visie te geven op de duinen vanuit ecologische invalshoek. Deze ecosysteemvisie zal als uitgangspunt moeten dienen voor de nog op te stellen (regionale) gebiedsvisies, waarin meer concreet wordt ingegaan op de doelstellingen en het medegebruik van de afzonderlijke duingebieden. De ecosysteemvisie voor de duinen is op 30 juni 1992 aangeboden aan staatssecretaris drs. J. D. Gabor in de vorm van het rapport 'Duinen voor de wind' [3]. In dit artikel wordt ingegaan op de inhoud van het rapport 'Duinen voor de wind' en wordt vooral aandacht gegeven aan het gebruik van de duinen voor de waterwinning.

Door de schadelijke effecten van de huidige oppervlakte-infiltratie op het duingebied wordt gepleit voor een ander beleid. Enerzijds zou een deel van de oppervlakte-infiltratie moeten worden gesaneerd om ruimte te maken voor herstel van het natuurlijk ecosysteem in het duingebied en de instelling van grote natuurkernen. Anderzijds zou de resterende oppervlakte-infiltratie moeten worden aangepast op basis van ecologische principes om de negatieve effecten op het duinmilieu te minimaliseren. Het verlies van capaciteit voor de waterwinning zou kunnen worden opgevuld door toepassing van de techniek van diepinfiltratie.

winning, bosaanplant, duinafgravingen en polderpeilverlaging, helaas nog maar 2.000 ha over.

In het rapport 'Duinen voor de wind' [3] is getracht een visie te ontwikkelen op het beheer en het gebruik van het duingebied met als doel de natuurlijke processen en patronen weer een plaats te geven, zonder ernstig afbreuk te doen aan het medegebruik van dit duingebied voor onder andere zeewering, recreatie en waterwinning.

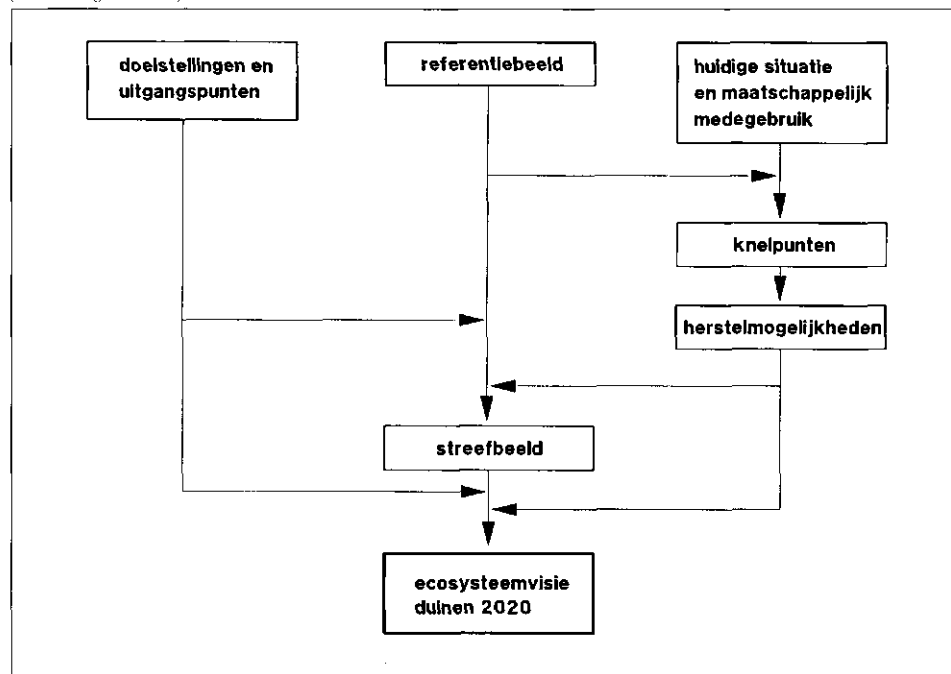
## Werkwijze

Voor de opstelling van de ecosysteemvisie voor de duinen is in het kort de volgende werkwijze gekozen (zie afb. 1).

Op basis van kennis over ontstaan en ecologie van het duingebied, kennis over buitenlandse duingebieden en historische gegevens is een 'referentiebeeld' geschetst. Dit referentiebeeld geeft een beeld hoe het Nederlandse duingebied er uit zou hebben gezien bij zeer minimale menselijke invloed.

Vervolgens zijn met behulp van een schets

Afb. 1 - De werkwijze die is gehanteerd voor het opstellen van de ecosysteemvisie voor de duinen (voor uitleg: zie tekst).



van de huidige situatie in het duingebied en het maatschappelijk medegebruik de belangrijkste verschilpunten ('*knelpunten*') tussen de huidige situatie en het referentiebeeld op een rij gezet en zijn mogelijkheden voor *herstel en ontwikkeling* van natuurwaarden in het duinlandschap geformuleerd.

Op basis hiervan is vervolgens een '*streefbeeld*' opgesteld, dat een denkbare situatie schetst in de tweede helft van de 21<sup>e</sup> eeuw. Het streefbeeld is in hoge mate gebaseerd op het referentiebeeld, maar verschilt daarvan onder meer omdat een groot aantal abiotische en biotische omstandigheden in de toekomst (technisch) niet of nauwelijks meer te realiseren zijn (bijvoorbeeld de kwaliteit van bodem, water en lucht) en omdat het maatschappelijk medegebruik in sommige gevallen dermate zwaarwegend is (zeewering, recreatie, waterwinning) dat daarvoor ook op de langere termijn een plaats moet worden ingeruimd in de duinen.

Op basis van het streefbeeld en de mogelijkheden voor herstel en ontwikkeling is vervolgens een *ecosysteemvisie* opgesteld voor de periode tot 2020: wat kunnen we bereiken in de komende 30 jaar. Bij de opstelling van de ecosysteemvisie voor de duinen hebben vooral de natuurlijkheid, de nationale en de internationale betekenis van het Nederlandse duingebied een belangrijke rol gespeeld.

De ecosysteemvisie voor de duinen is inhoud gegeven door het uitwerken van verschillende natuurdoeltypen, door het uitwerken van het medegebruik van het duingebied en door enkele suggesties voor natuurontwikkelingsprojecten.

### Streefbeeld

Vanuit ecologische invalshoek is het streven erop gericht om de specifieke waarden van het duingebied (flora, fauna, landschap) tot hun recht te laten komen. Dit kan vooral worden bereikt door in het duingebied ruimte te geven aan natuurlijke processen en daarnaast door zoveel mogelijk negatieve invloeden van buitenaf te weren. Dit betekent echter niet, dat elk medegebruik van het duingebied onmogelijk wordt. In het streefbeeld, zoals geformuleerd in de nota 'Duinen voor de wind', is nog steeds een wezenlijke plaats ingeruimd voor enkele belangrijke medegebruiksfuncties van het duingebied: zeewering, waterwinning en recreatie.

Voor de waterwinning betekent dit in eerste instantie dat ruimte moet worden gegeven aan de belangrijke functie van de zoetwatervoorraad in het duingebied voor



*Een stuwend duinlandschap op Terschelling.*

de drinkwatervoorziening in noodsituaties. In het streefbeeld is ervan uitgegaan, dat deze functie van de zoetwatervoorraad wordt benut en dat daartoe de nodige infrastructuur aanwezig is en wordt onderhouden. Dit impliceert onder andere dat enige vergraving van het duingebied wordt toegestaan voor onderhoud van putten en leidingen en dat enige grondwaterwinning wordt toegestaan om de pompen en putten bedrijfsklaar te houden. Daarnaast kunnen in het duingebied enkele diepinfiltratieprojecten worden gerealiseerd, voor zover deze zonder extra schade kunnen worden uitgevoerd met de infrastructuur die nodig is voor de benutting van de zoetwatervoorraad in noodsituaties. Dit medegebruik van het duingebied zal, lokaal, enige schade toebrengen aan het duingebied door onderhoudswerkzaamheden.

De kwaliteit van het grondwater hoeft niet wezenlijk te worden beïnvloed, wanneer alleen water wordt geïnfiltrerd dat voldoet aan ecologische normen. Daarnaast zijn diepinfiltratieprojecten mogelijk in het duinzoomgebied (dat is het overgangsgebied tussen duinen en achterland).

Voor de bulkproductie van drinkwater in het duingebied is in het streefbeeld geen ruimte meer. Deze productie vindt buiten het duingebied (gedeeltelijk in de duinzoom) plaats. De productie van drinkwater buiten het duingebied zal in het streefbeeld ook veel eenvoudiger zijn. De verwachting is immers, dat er door het

milieubeleid een sterke verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater optreedt. De rechtstreekse productie van drinkwater uit oppervlaktewater zal daarom op de lange termijn op verantwoorde wijze kunnen plaatsvinden. Bij de opstelling van de ecosysteemvisie voor de duinen is er ter dege rekening mee gehouden, dat het hiervoor geschetste streefbeeld zeer optimistisch en pas op de lange termijn realiseerbaar is. Voor de middellange termijn is daarom getracht om oplossingen te formuleren voor de huidige knelpunten in het duingebied. Oplossingen die ook rekening houden met de maatschappelijke realiteit en de praktische uitvoerbaarheid: de visie voor het jaar 2020.

### Natuurdoeltypen

De visie voor het jaar 2020 (de kern van de ecosysteemvisie) is in eerste instantie inhoud gegeven door het ontwikkelen van zes verschillende natuurdoeltypen. Via deze natuurdoeltypen is getracht aan te geven wat we eigenlijk willen met het duingebied en wat de consequenties daarvan zijn voor het medegebruik. Met het formuleren van zes verschillende natuurdoeltypen is getracht om recht te doen aan de ruimtelijke differentiatie in het duingebied en ook om ruimte te geven aan medegebruik van het duingebied.

Deze zes natuurdoeltypen zijn:

1. *Natuurlijke, zelfregulerende duinlandschappen*: hier staat het ongestoord verloop van natuurlijke processen voorop; het beheer moet gericht zijn op het

scheppen van de juiste randvoorwaarden (milieukwaliteit, hydrologie, geomorfologie) om die natuurlijke processen mogelijk te maken. Om dit natuurdoeltype te kunnen realiseren, zal het medegebruik (onder andere door recreatie of waterwinning) slechts zeer extensief kunnen zijn. Voorbeelden zijn: de oostpunten van Schiermonnikoog en Terschelling, de zuidkant van Texel en de Luchterduinen e.o.

2. *Begeleid natuurlijke duinlandschappen*: ook hier staat het ongestoord verloop van natuurlijke processen voorop, maar kan enige sturing van die processen plaatsvinden in een gewenste richting, bijvoorbeeld door begrazing of maai-beheer. Voorbeelden zijn: het Zwanenwater, de Kennemerduinen en de duinen van Voorne.

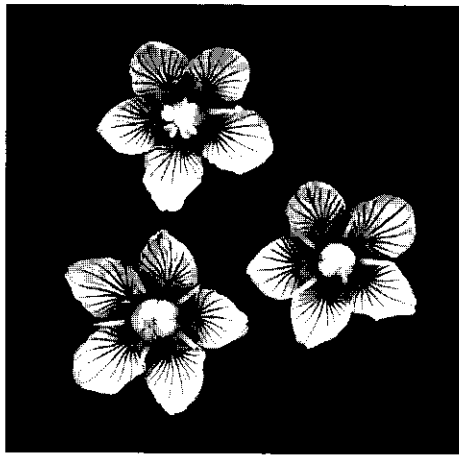
3. *Halfnatuurlijke duinlandschappen*: bij dit natuurdoeltype ligt de nadruk op natuurwaarden, landschappelijke waarden en cultuurhistorische waarden. Er is ruimte voor extensief medegebruik van het gebied.

3a. *accent op flora, fauna en landschap*: hier is het beheer primair gericht op de instandhouding van (inter)nationaal zeldzame c.q. waardevolle flora, fauna of de landschappelijke waarden. Tot dit natuurdoeltypen worden ook gebieden gerekend met een recreatief medegebruik of met waterwinactiviteiten.

3b. *Mienten, vroongronden en zeedorpen-landschap*: deze gebieden hebben naast hun floristische en faunistische waarde ook een belangrijke landschappelijke en cultuurhistorische waarde. Deze waarden zijn in belangrijke mate afhankelijk van het extensieve agrarisch medegebruik. Voorbeelden hiervan zijn de vroongronden op Schouwen of het zeedorpen-landschap bij Egmond.

3c. *Landgoederen en parkbossen*: deze gebieden hebben naast floristische en faunistische waarde ook een belangrijke landschappelijke en cultuurhistorische waarde. Deze waarden zijn in belangrijke mate afhankelijk van het extensieve stedelijk medegebruik. Voorbeelden hiervan zijn de landgoederen bij Haarlem en Wassenaar.

4. *Agrarische duinlandschappen*: in deze gebieden is het agrarisch grondgebruik veelal de hoofdfunctie, maar wordt ook ruimte geschapen voor natuurontwikkeling; bijvoorbeeld voor het herstel van duinrellen of hakhoutbosjes. Elk van deze zes natuurdoeltypen vergt een eigen beheer, waarbij het de ene keer gaat om het scheppen van de juiste randvoorwaarden en verder het zoveel mogelijk met rust laten (een beheer van zoveel mogelijk 'niets doen') en de andere



*In vochtige duinvalleien komen van nature veel zeldzame plantensoorten voor zoals Parnassia.*

keer om zeer specifiek soortenbeheer (het in stand houden van een orchideeënveldje).

In het rapport 'Duinen voor de wind' zijn deze zes verschillende natuurdoeltypen uitgewerkt door er bijvoorbeeld ook doelparameters aan te koppelen in de vorm van vegetatietypen en diersoorten. Ook is een eerste aanzet gegeven voor een gebiedstoedeling van de verschillende natuurdoeltypen.

Een essentieel onderdeel van de ecosysteemvisie voor de duinen is de instelling van grote natuurontwikkelingskernen (natuurdoeltype 1). Met de instelling van deze grote natuurontwikkelingskernen kan inhoud worden gegeven aan de belangrijke plaats en functie van natuurlijke processen in het duingebied. De beste kansen voor dergelijke natuurontwikkelingskernen liggen uiteraard op de Waddeneilanden, omdat daar de natuurlijke processen nog in belangrijke mate aanwezig zijn. Maar ook elders langs de kust liggen goede mogelijkheden. In het rapport 'Duinen voor de wind' worden genoemd:

- de Schoorlsche Duinen ten noorden van Bergen aan Zee;
- de duinen bij Egmond-binnen;
- de duinen ten noorden van Wijk aan Zee;
- Duin en Kruidberg-Midden Heeren-duinen;
- Luchterduinen-Langevellderduin-De Blink;
- zuidelijk Berkheide-noordelijk Meijndel;
- het Voornse Westplaatgebied;
- de Kwade Hoek op Goeree;
- de Westerlanduinen-Zeepeduinen op Schouwen.

In de ecosysteemvisie voor de duinen wordt op basis van de (indicatieve) toedeling van natuurdoeltypen aan

afzonderlijke duingebieden een aanzet gegeven voor de toekomstige inrichting van het duingebied. Deze inrichting heeft directe consequenties voor de opzet van natuurontwikkelingsprojecten (waar is regeneratie mogelijk) en voor het medegebruik van het duingebied.

In het vervolg van dit artikel zal verder worden ingegaan op de gevolgen van de natuurdoeltypentoedeling voor het medegebruik van het duingebied voor de waterwinning.

### Waterwinning

De waterwinning is een activiteit die in belangrijke mate het huidige aanzien van de duinen heeft bepaald (zie afb. 2):

- door grondwaterwinning zijn grote delen van het duingebied verdroogd en waardevolle vochtige duinvalleien verdwenen;
- door de aanleg van infiltratievelden, putten en leidingen zijn grote delen van het duingebied vergraven en waardevolle vegetaties verdwenen;
- door de infiltratie van rivierwater zijn grote delen van de duinen veruigd, is het landschap aangetast, zijn bodem en grondwater verontreinigd en is de natuurlijke hydrologie verstoord. Het terugdringen van de invloed van de waterwinning op het duinmilieu is dan ook één van de speerpunten van beleid. Dit kan via twee wegen verlopen:
- regeneratie of herstel van de oorspronkelijke situatie door het saneren van de waterwinactiviteiten en
- optimalisatie of aanpassen van de waterwinning op basis van ecologische randvoorwaarden.

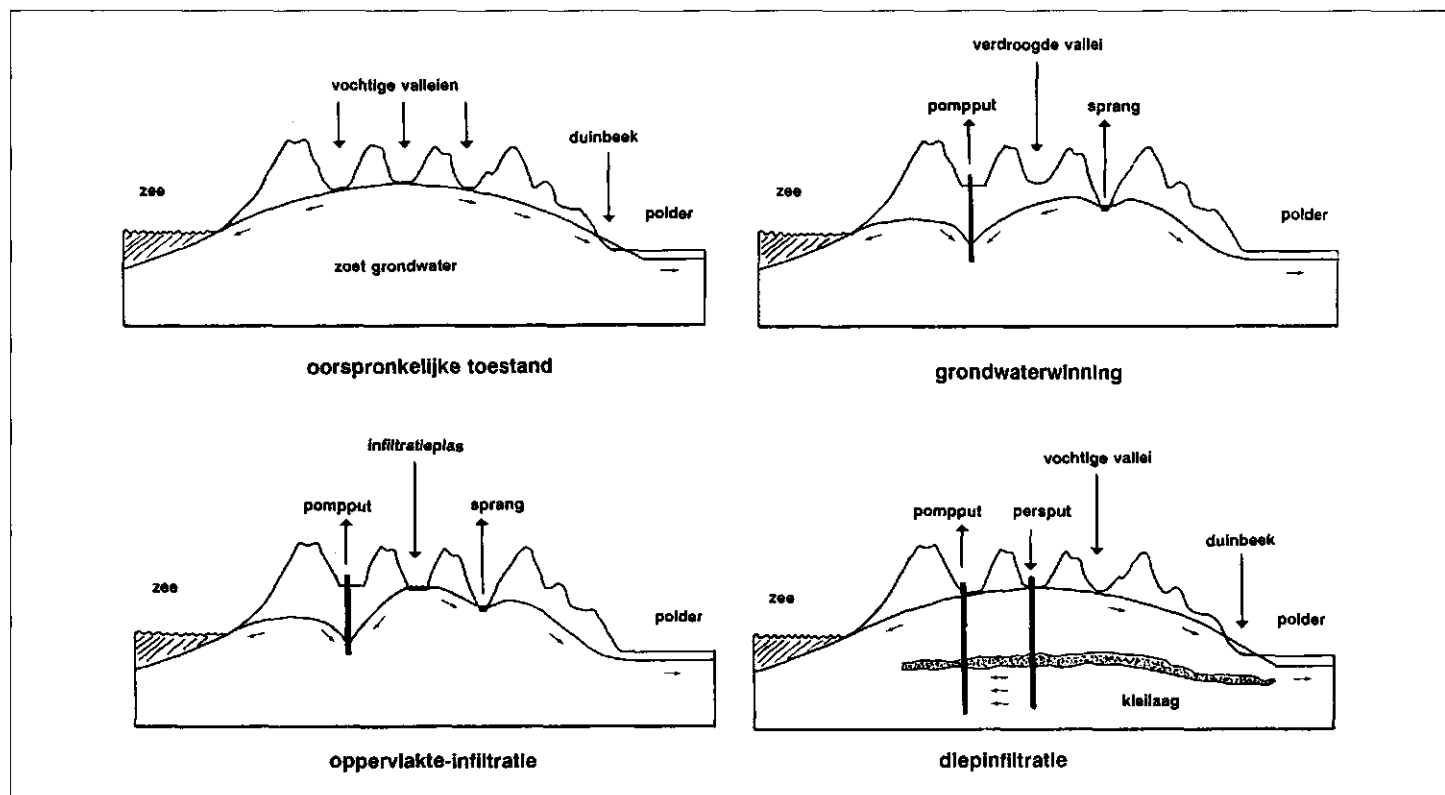
In het rapport 'Duinen voor de wind' wordt gekozen voor een combinatie van deze twee mogelijkheden.

### Regeneratie

Het terugdringen van de waterwinning is niet alleen noodzakelijk door de schadelijke effecten op het duinmilieu, maar ook om natuurontwikkeling mogelijk te maken. Het realiseren van het eerste natuurdoeltype, de natuurlijke, zelf-regulerende duinlandschappen, kan bijvoorbeeld alleen op grote oppervlakten worden gerealiseerd en laat zich niet combineren met een intensief medegebruik van de duinen zoals het geval is bij oppervlakte-infiltratie.

Een eerste stap op weg naar regeneratie of herstel van het duingebied is de beëindiging van de winning van natuurlijk duinwater. Dit grondwater is uitermate belangrijk voor het herstel van de karakteristieke vochtige duinvalleien en voor het herstel van duinrellen en duinbeken langs de duinzoom.





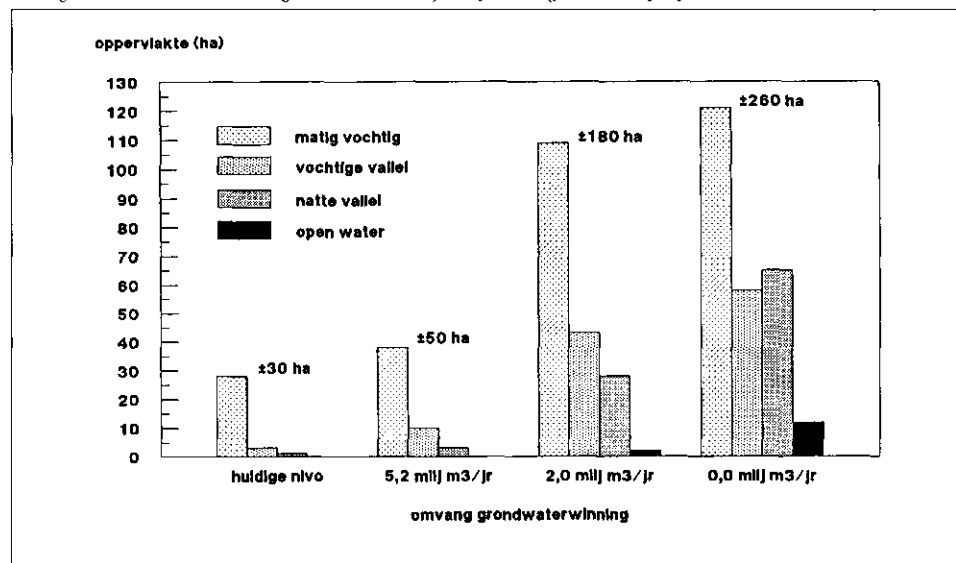
Afb. 2 - De natuurlijke hydrologie in het Nederlands duingebied met vochtige duinvalleien en duinbeekjes (eerste plaatje) en de effecten op die hydrologie van de verschillende waterwintechnieken.

Dat het stoppen van de grondwaterwinning tot grote natuurwinst kan leiden is onder andere gebleken uit het DOVE-project (diepinfiltratie Overveen) [2]. Uit deze studie is naar voren gekomen, dat bij het stoppen van de grondwaterwinning in de Kennemerduinen de oppervlakte vochtige milieu's (variërend van open water tot matig vochtige gebieden) kan oplopen van de huidige 30 ha tot 260 ha (zie afb. 3) [7]. Eenzelfde resultaat kwam ook naar voren uit de studie naar het stoppen van de grondwaterwinning in de Luchterduinen. Hier kan de oppervlakte vochtige milieu's toenemen van de huidige 20 ha tot 149 ha, waarbij slechts de winning van 3 miljoen m<sup>3</sup> grondwater hoeft te worden ingeleverd [1]. Dit betekent niet, dat grondwaterwinning volledig onmogelijk wordt in het duingebied. Er kan een kleine grondwaterwinning in stand worden gehouden die gekoppeld is aan de infrastructuur die noodzakelijk is voor de calamiteitenvoorziening, maar ook langs de duinzoom zijn mogelijkheden aanwezig voor het afvangen van grondwater voor zover dit niet strijdig is met natuurontwikkeling in die duinzoom. Een tweede stap naar herstel van het duingebied is het terugdringen van de oppervlakte-infiltratie. In het rapport 'Duinen voor de wind' wordt voorgesteld om de huidige oppervlakte-infiltratie van

± 165 miljoen m<sup>3</sup> per jaar in 30 jaar tijd terug te brengen naar ± 100 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Hierdoor kan de verruiging van het duingebied door de inbreng van een overmaat aan voedingsstoffen en de verstoring van de hydrologische situatie worden verminderd en ontstaan mogelijkheden voor natuurlijke processen en landschappelijk herstel. De gebieden die het meest in aanmerking komen voor beëindiging van de oppervlakte-infiltratie

is het infiltratiegebied nabij Heemskerk, een aantal infiltratiegebieden in de Amsterdamse Waterleidingduinen en de infiltratiegebieden in het zuiden van Berkeheide en het noorden van Meijendel. In deze gebieden zijn goede mogelijkheden aanwezig om grote natuurkernen tot ontwikkeling te laten komen, waarmee de realisering van het eerste natuurdoeltype (de natuurlijke, zelfregulerende duinlandschappen) mogelijk wordt gemaakt.

Afb. 3 - De gevolgen van het terugdringen van de grondwaterwinning in de Kennemerduinen voor de oppervlakte vochtige duinvalleien. In de huidige situatie wordt 9,4 miljoen m<sup>3</sup> grondwater per jaar onttrokken.



### Diepinfiltratie

Als alternatief voor oppervlakte-infiltratie is sinds enige tijd de techniek van diepinfiltratie beschikbaar (zie afb. 2). Hierbij wordt het infiltratiewater diep in de ondergrond gebracht, waardoor het ondiepe grondwater in de duinen (waar de vegetatie van afhankelijk is) nauwelijks meer wordt beïnvloed. Bij de techniek van diepinfiltratie blijven de voedingsstoffen, die bij oppervlakte-infiltratie zorgen voor een verruiging van het duingebied, buiten bereik van de plantenwortels.

Dit betekent niet, dat diepinfiltratie zonder meer overal in het duingebied kan worden toegepast, want ook diepinfiltratie kent enkele nadelen. Zo laat diepinfiltratie zich moeilijk combineren met grote verstuingen in het duingebied vanwege de aanwezigheid van leidingen en putten in de ondergrond. Ook treedt er bij de aanleg van diepinfiltratieprojecten en het onderhoud van putten en leidingen nogal wat schade op aan vegetaties die gevoelig zijn voor vergravingen. Het beste laat diepinfiltratie zich combineren met natuurdoeltype 3a: de halfnatuurlijke duinlandschappen. Dit natuurdoeltype is niet primair gericht op de natuurlijke processen, maar op het veiligstellen van waardevolle patronen. Binnen deze patronen is een medegebruik van het duingebied beter inpasbaar. Zeker in gebieden met wandel- en fietspaden is diepinfiltratie goed te combineren met de natuurfunctie. Een goed voorbeeld hiervan is het diepinfiltratieproject van het Duinwaterbedrijf Zuid-Holland in de Waalsdorpervlakte.

Diepinfiltratie hoeft echter niet persé in het duingebied plaats te vinden. Deze techniek kan ook zeer goed buiten het duingebied gerealiseerd worden, waardoor het duingebied ook niet meer vergraven hoeft te worden voor de aanleg van putten en leidingen. Ook buiten het duingebied zijn immers goed afgesloten zandpakketten aanwezig die gebruikt kunnen worden voor de bacteriologische en virologische zuivering van het voorgezuiverde infiltratiewater. Dat diepinfiltratie goed mogelijk is buiten het duingebied, is onder andere gebleken uit het DOVE-project. In dit project scoorden alternatieve lokaties voor diepinfiltratie buiten het duingebied beter dan de voorgenomen lokatie in het duingebied, ook voor het waterwinbelang [2].

In hoeverre diepinfiltratie in de duinen acceptabel is, zal moeten blijken uit milieueffectrapportages. Zo wordt momenteel bij het Duinwaterbedrijf Zuid-Holland een onderzoek verricht naar 15 kansrijke diepinfiltratieprojecten met



*Duizendguldenkruid.*

een totale capaciteit van 72 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Hiervan liggen 8 projecten buiten het duingebied met een totale capaciteit van 39 miljoen m<sup>3</sup> per jaar [5].

### Optimalisatie

Een tweede mogelijkheid voor het terugdringen van de negatieve invloed van de waterwinning op het duinmilieu is de zogenoemde 'ecohydrologische optimalisatie'. Hierbij worden maatregelen getroffen om de waterwinactiviteiten in het duingebied beter af te stemmen op de natuurwaarden. Dit houdt in de eerste plaats in, dat het infiltratiewater verder moet worden voorgezuiverd om de aanvoer van gebiedsvreemde stoffen (voedingsstoffen, zware metalen, enz.) te verminderen. In de tweede plaats moet de fluctuatie van het waterpeil sterk worden verminderd om de verstoring van flora en fauna te verminderen. Daarnaast kunnen enkele natuurtechnische maatregelen worden uitgevoerd, zoals het minder steil maken van de oevers en een grillige vormgeving van de infiltratieplassen. Hierdoor ontstaan op kleine schaal weer verschillen in vochtgehalte en voedselrijkdom van de oevers, waardoor ook de vegetatie weer meer gevarieerd wordt. Er ontstaan weer kansen voor karakteristieke plantensoorten van vochtige duinvalleien.

Een zeer belangrijke voorwaarde voor ecohydrologische optimalisatie is de normstelling voor de voedingsstoffen (stikstof en fosfaat) in het infiltratiewater.



*Gevlekte Orchis.*

Deze normstelling zou gebaseerd moeten zijn op de natuurlijke achtergrondwaarden van voedingsstoffen in het duingebied en ook rekening moeten houden met de hoge stroomsnelheden van het infiltratiewater in de oevers van infiltratieplassen. De negatieve effecten van de infiltratie van gebiedsvreemd water in het duingebied zijn in belangrijke mate gerelateerd aan de inbreng van voedingsstoffen en zijn des te ernstiger, omdat bij kunstmatige infiltraties gewerkt wordt met hoge stroomsnelheden van het grondwater. Door deze hoge stroomsnelheden veroorzaken lage concentraties voedingsstoffen al een grote mate van eutrofiëring van vooral de oevers. Wat dit betreft zijn de normen zoals voorgesteld in het concept-Infiltratie-Besluit [6] zeer teleurstellend. Deze normen zijn afgeleid van landelijke waarden voor de concentratie van voedingsstoffen in grond- en oppervlaktewater en hebben weinig relatie met de specifieke situatie in het duingebied. Zo ligt de stikstofnorm (nitraat + ammoniak) een factor 5 boven de natuurlijke stikstofconcentraties in het duingebied en de fosfaatnorm een factor 10 tot 100 boven de natuurlijke concentraties.

Hoewel ecohydrologische optimalisatie zeker perspectieven kan bieden, moet hieraan wel direct worden toegevoegd, dat een dergelijke optimalisatie van de waterwinning niet het karakteristieke duinlandschap met het natuurlijke duinecosysteem terugbrengt. Met deze

optimalisatie is slechts op soortniveau succes te bereiken, bijvoorbeeld voor enkele riet- en moerasvogels en moerasplanten.

Ook moet bedacht worden, dat optimalisatie lang niet altijd tot bevredigende resultaten hoeft te leiden. De mogelijkheden voor optimalisatie zullen sterk afhankelijk zijn van bijvoorbeeld de terreingesteldheid en de flexibiliteit in bedrijfsvoering. Zo lijken de mogelijkheden voor optimalisatie in de uitgestrekte en vlakke valleien van het Noordhollands Duinreservaat groot. Langs de brede en vlakke oevers is voldoende ruimte voor natuurtechnische maatregelen en in het vlakke terrein kunnen zich bovenop het snelstromende, voedselrijke infiltratiewater stilstaande regenwaterlensen vormen. Tussen de infiltratiekanalen kan op deze wijze een milieu ontstaan, dat veel lijkt op dat van vochtige duinvalleien. In meer geaccidenteerde duingebieden zoals Berkheide en Meijendel zijn de mogelijkheden voor optimalisatie veel minder groot: de ruimte voor natuurtechnische maatregelen is vaak gering en de oevers zijn veelal erg smal door de grote hoogteverschillen in het terrein. Optimalisatiemaatregelen zijn vaak alleen mogelijk door grootschalige vergraving van nu nog onvergraven terreingedeelten, waardoor waardevolle droge duinvegetaties verloren gaan.

### Slot

Ik zou willen besluiten met twee opmerkingen. In de eerste plaats zou ik willen stellen, dat het zeer wel mogelijk moet zijn om te komen tot een harmonieus samengaan van natuurbehoud en waterwinning in het duingebied. Om dit te bereiken zal zowel gewerkt moeten worden aan een optimalisatie van de huidige waterwinning als aan het vrijmaken van delen van het duingebied voor regeneratie (de instelling van grote natuurkernen van 1.500 à 2.500 ha). Wanneer deze beide opties constructief worden opgepakt, ontstaat er binnen afzienbare tijd in de duinen ruimte voor herstel van natuurlijke processen en patronen zonder afbreuk te doen aan een verantwoorde drinkwatervoorziening. Deze verantwoorde drinkwatervoorziening zou dan vorm kunnen krijgen door een 'infiltratie nieuwe stijl' met schoner infiltratiewater, een geringer ruimtebeslag en een groter aandeel diepinfiltratie ter vervanging van oppervlakte-infiltratie. Ook zou ik echter willen stellen, dat de noodzaak voor het gebruik van de duinen voor de waterwinning vermindert, wanneer we er in slagen om onze afval-

stromen in goede banen te leiden. Met schone rivieren en schoon oppervlaktewater is het niet langer noodzakelijk om het natuurgebied de duinen te gebruiken als langzame zandfilter. En ook in dit streven voor de lange termijn kunnen waterwinning en natuurbehoud hand in hand gaan.

### Literatuur

1. Geelen, L. H. W. T. (1992). *Oecologische beoordeling van 13 optimalisatie-scenario's*. Oeco-hydrologisch onderzoek Gemeentewaterleidingen Amsterdam.
2. Grondmij NV (1990). *Milieu-effectrapport Diepinfiltratie Overveen, eindrapport*.
3. Janssen, M. P. J. M. & Salman, A. H. P. M. (1992). *Duinen voor de wind: een toekomstvisie op het gebruik en het beheer van de Nederlandse duinen*. Uitgave: Stichting Duinbehoud. ISBN 90-72021-05-3.
4. Janssen, M. & Slings, R. (1991). *Optimalisatie van de waterwinning*. In: DUIN 91/1, pg. 7-9.
5. KIWA/IWACO (1992). *Milieu-effectrapportage voor diepinfiltratieprojecten in Zuid-Holland west, fase 1*. Samenvattend hoofdrapport.
6. Ministerie VROM (1992). *Ontwerp-Infiltratiebesluit bodembescherming*. Staatscourant 67, 3 april 1992.
7. Provinciale Waterstaat NH (1986). *Ecologie en grondwaterwinning in de duinen van Zuid-Kennemerland*.



### Membraanfiltratie

- Slot van pagina 387

### Literatuur

1. Dijk, J. C. van (1992). *Strategische keuzes in relatie tot het VEWIN Tienjaren-plan*. Vakantiecurcus 1992, Technische Universiteit Delft.
2. Kruithof, J. C., Schippers, J. C. en Dijk, J. C. (1991). *De drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater in de jaren negentig*. H<sub>2</sub>O 24 (1991), nr. 17.
3. DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV (1990). *Het zoutgehalte van het PWN-water*.
4. DHV Water BV (1991). *Integraal plan 'Duinwater-plus'*. NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland.
5. Dijk, J. C., Munneke, B. R., en Kramer, B. (1990). *Membraanfiltratie: een reële optie bij drinkwaterzuivering*. H<sub>2</sub>O 23 (1990), nr. 11.



## Filtergebouw Nietap mogelijk oorzaak smaakproblemen drinkwater

De smaakproblemen aan het drinkwater in het Groningse Westerkwartier medio juni zijn mogelijk afkomstig uit het filtergebouw 2 van het pompstation Nietap.

Na de kortsluiting in de nieuwe krachtbatterij in het pompgebouw in Nietap is filtergebouw 2 ongeveer 10 dagen buiten gebruik geweest. Tijdens die lange stilstand heeft zich, mogelijk mede door het zeer warme weer in die periode, een combinatie van bacteriën in het filter gevormd, die stoffen afscheiden, waardoor de smaakproblemen zijn veroorzaakt. Ondanks intensieve speurtocht naar de oorzaak door het Waterlaboratorium Noord, kon steeds geen bacteriologische of chemische verontreiniging worden vastgesteld. Uit de analyses van het later ingeschakelde laboratorium van de NV Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) bleek een zeer geringe hoeveelheid van de 'smaakstoffen' aanwezig te zijn. Ook het laboratorium van het RIVM doet onderzoek naar monsters van het bewuste drinkwater, maar heeft tot nu toe geen onregelmatigheden ontdekt. (Persbericht Waprog)

## Schenking WNWB van f 75.000,- voor natuurproject De Smalle Beek te Wouw

Ter gelegenheid van haar 75-jarig bestaan op 21 juni jl. stelde de NV Waterleiding Maatschappij 'Noord-West-Brabant' een bedrag van f 75.000,- beschikbaar voor het natuurontwikkelingsproject De Smalle Beek te Wouw. De schenking is bedoeld als geste aan de West- en Midden-Brabantse bevolking en aan de Brabantse natuur. Het bedrag werd op 21 juni symbolisch aangeboden aan de hoogste vertegenwoordiger van de Brabantse bevolking, de heer mr. F. J. M. Houben, Commissaris van de Koningin in Noord-Brabant. De president-commissaris van de waterleidingmaatschappij, de heer drs. M. J. H. van de Ven, burgemeester van Etten-Leur overhandigde hem de donatie op drinkwaterproductiebedrijf Altena te Wouw, nabij de lokatie van het natuurproject.

De keuze van de waterleidingmaatschappij is gevallen op het project in het dal van De Smalle Beek omdat dat gericht is op versterking van de landschappelijke ecologische én recreatieve waarden in de regio. Bovendien is dit dal gesitueerd in en nabij het waterwin- en grondwaterbeschermingsgebied van drinkwaterproductiebedrijf Altena. Het project sluit daarmee aan op het streven van de WNWB de bronnen voor het drinkwater optimaal te beschermen. Natuurontwikkeling in dit gebied draagt daartoe bij. (Persbericht WNWB)