Strategische keuzen van de waterleidingbedrijven: Kwaliteit en/of kosten

Voordracht uit de 44e vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Beschouwingen met betrekking tot het VEWIN-Milieuplan', gehouden op 9 en 10 januari 1992 aan de TU Delft

Samenvatting
Door de gevolgen van de milieuvervuiling en de ontwikkeling van de natuurbeleving worden de waterleidingbedrijven momenteel geconfronteerd met een toenemend aantal randvoorwaarden bij de planning en het ontwerp van nieuwe drinkwaterproduktiebedrijven. Ook in verband met het feit dat in de afgelopen decennia beslissingen zijn uitgesteld, staan de waterleidingbedrijven nu voor belangrijke strategische keuzen die te maken hebben met de opzet van de toekomstige infrastructuur van de drinkwatervoorziening. Een integrale beschouwing van bron tot tap is daarbij nodig om deeloptimalisaties te vermijden. Aan de hand van tien stellingen wordt een overzicht gepresenteerd van recente ontwikkelingen en strategische keuzen van grond-, duin- en oppervlaktewaterbedrijven. Belangrijk daarbij is onder meer het op een juiste wijze combineren van produktiemethoden (grondwater èn oppervlaktewaterwinning, bekkens èn infiltratie, bodempassage èn membraanfiltratie), waarmee de voordelen van de afzonderlijke technieken elkaar versterken. Hierbij wordt ook een lans gebroken voor het toepassen van kunstmatige infiltratie bij de toekomstige drinkwatervoorziening.

1. *Historie*

De drinkwatervoorziening van Nederland is voor het grootste deel gebaseerd op grondwater, dat vanouds door de waterleidingbedrijven gezien wordt als de beste bron.
Terugblikkend op de historie van de drinkwatervoorziening, blijkt de centrale rol van het grondwater terecht en verklaarbaar.



PROF. IR. J. C. VAN DIJK
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Gezondheidstechniek
en Waterbeheersing

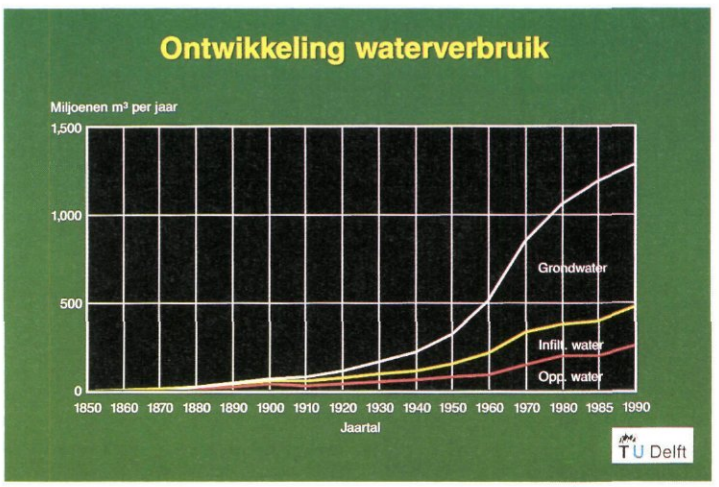
Grondwater voldoet immers van nature perfect aan de eisen die door de drinkwatervoorziening worden gesteld, te weten een wijd verspreide beschikbaarheid, een uitstekende kwaliteit, een lage kostprijs en een kleinschalige en bedrijfszekere opzet (afb. 1).
De afgelopen eeuw is dan ook een uitgebreide infrastructuur gerealiseerd van zo'n 220 grondwaterpompstations verspreid over de hoge gronden van Noord-, Oost-en Zuid-Nederland (afb. 2)
Afbeelding 2 maakt de kleinschalige opzet duidelijk en de koppeling tussen grondwaterwinning en bevolkingscentra ('iedere plaats zijn eigen pompstation')
In West-Nederland, dat grotendeeels beneden de zeespiegel ligt, is echter onvoldoende zoet grondwater beschikbaar; waterleidingbedrijven zijn hierdoor gedwongen het oppervlaktewater van Rijn of Maas als grondstof te gebruiken, al dan niet na kunstmatige infiltratie in de duinen, waarmee de waterleidingingenieur beoogt de kwalitatieve voordelen van grondwater te bereiken. Oppervlaktewaterwinning is, zoals bekend, grootschalig van opzet en gekoppeld aan het gebruik van bekkens en/of duinen en transportleidingen.
Het waterverbruik is intussen in de afgelopen eeuw enorm gestegen, van zo'n vijftig miljoen kubieke meter in 1890 tot twaalfhonderd miljoen kubieke meter in 1990. Afbeelding 3 laat zien dat het grondwatergebruik daarbij zelfs meer is toegenomen dan het gebruik van oppervlaktewater, al dan niet na kunstmatige infiltratie. Dit beeld bevestigt de voorkeur van de waterleidingingenieur voor het grondwater, maar is toch opvallend gezien de al in het eerste Structuurschema Drink-en Industriewatervoorziening van 1972 [1] uitgesproken verwachting dat capaciteitsuitbreidingen vooral via oppervlaktewaterprojecten gerealiseerd zouden moeten worden vanwege de beperkingen aan de winbare hoeveelheid grondwater.
Afbeelding 4 toont de vergaande plannen uit het eerste Structuurschema voor mogelijk te realiseren oppervlaktewaterprojecten in de periode 1972-2000.
Een beeld dat ons nu – twintig jaar later – met enig ongeloof vervult, vooral ten aanzien van de totaal geplande capaciteit van zo'n drieduizend miljoen kubieke meter per jaar! Hoewel dit ons bescheidenheid leert over de zekerheid van capaciteitsvoorspellingen, valt de doortastendheid en toekomstvisie van de opstellers van het eerste Structuurschema te prijzen. Met grote daadkracht werden goed onderbouwde alternatieven bedacht, die anno 1992 zonder uitzondering actueel zijn en waaruit in het komende decennium alsnog strategische keuzen gemaakt moeten worden bij de opzet van de drinkwatervoorziening.
Afbeelding 5 toont de sterk gereduceerde plannen uit het tweede Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening van 1984 [2], tot stand gekomen in een tijd van verminderde groei en toenemende



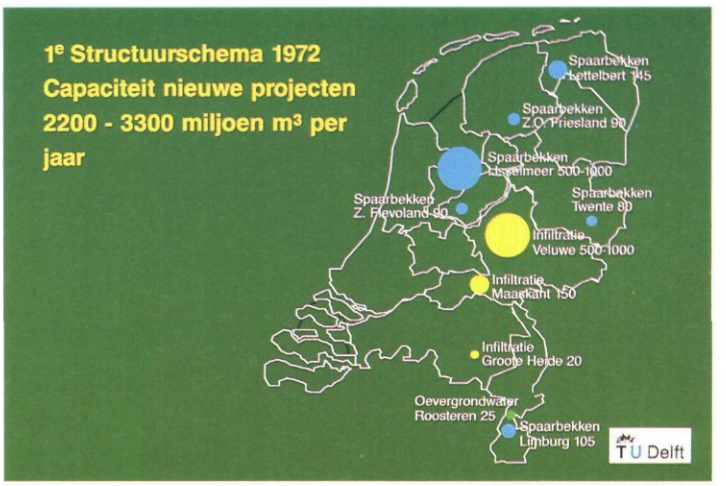
Afb. 1 - Centrale positie grondwater.



Afb. 2 - Infrastructuur drinkwatervoorziening Nederland.



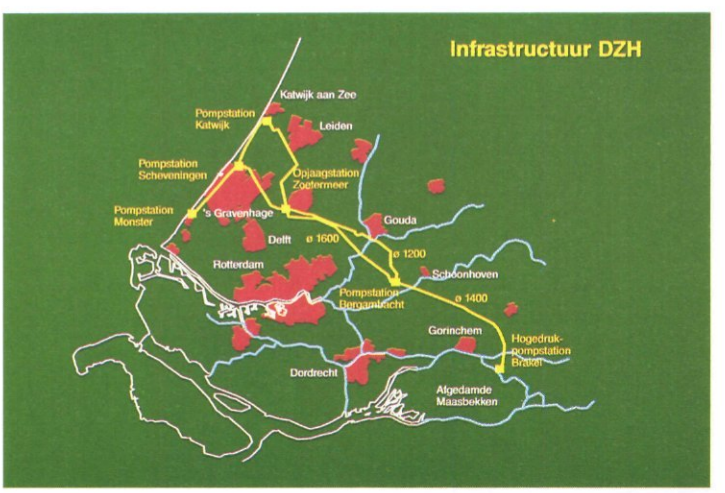
Afb. 3 - Ontwikkeling waterverbruik 1950-1990.



Afb. 4 - Oppervlaktewaterprojecten eerste Structuurschema.



Afb. 5 - Oppervlaktewaterprojecten tweede Structuurschema.



Afb. 6 - Infrastructuur DZH.

grenzen aan ruimtebeslag en beïnvloeding van natuur en milieu.
Het is tekenend voor de veranderde tijdgeest en de afnemende bestuurskracht dat zelfs van dit sterk gereduceerde plan anno 1992 nog geen enkel project is gerealiseerd of zelfs maar in een vergaande mate van voorbereiding is.

2. Strategische keuzen

Ook doordat keuzen voor nieuwe projecten sinds het eerste Structuurschema zijn uitgesteld, staan de waterleidingbedrijven nu voor essentiële beslissingen die te maken hebben met de opzet van de toekomstige infrastructuur van de drinkwatervoorziening.

Strategische keuzen zijn urgent vereist, ook vanwege een aantal recente ontwikkelingen. De belangrijkste zijn:
* milieuvervuiling
(verontreiniging bronnen)
* natuurbeleving
(verdroging, ruimtebeslag)
* kwaliteitseisen
(drinkwater, nevenprodukten)
* schaalvergroting en veroudering infrastructuur
(kwaliteit, bedrijfszekerheid)

Er moet veel gebeuren als we ook in de toekomst willen beschikken over een kwalitatief hoogwaardige drinkwatervoorziening tegen een aanvaardbare prijs, die goed is afgestemd op maatschappelijke ontwikkelingen en zo mogelijk een positief effect heeft op natuur en milieu.

Aan de hand van tien actuele stellingen, zullen strategische keuzen aangeduid worden die de waterleidingingenieur moet maken bij de planning en het ontwerp van nieuwe drinkwaterproduktiebedrijven.

Integraal boven deeloptimalisatie
Een integrale beschouwing van bron tot tap is nodig om deeloptimalisaties te vermijden. Een illustratief bewijs van deze stelling kan worden ontleend aan een recente studie naar de optimale infrastructuur van de NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, het Integraalplan 'Duinwater-plus' [3].

Afbeelding 6 toont de huidige opzet van de aanvoer van het water uit het Afgedamde Maasbekken naar de infiltratiegebieden in de duinen bij Scheveningen, Katwijk (EWR) en Monster (WDM).
De voorzuivering van het water vindt plaats door snelfiltratie te Bergambacht, waar tussen 1955 en 1973 Lekwater werd ingenomen. Doordat tussen Brakel en Bergambacht ruwwater wordt getransporteerd, is een transportchloring noodzakelijk om aangroei van vooral driehoeksmosselen te beperken.
Deze transportchloring resulteert uiteraard in desinfectie-nevenprodukten (onder meer trihalomethanen), die ongewenst zijn uit het oogpunt van kwaliteit en bovendien vóór de duininfiltratie verwijderd zullen moeten worden (bijvoorbeeld door middel van actieve koolfiltratie) in het kader van het recent gepubliceerde besluit Infiltratie Bodembescherming (IB). Hoewel de snelfilterinstallatie technisch nog goed functioneert, is besloten deze installatie niet uit te breiden, maar op korte termijn te

vervangen door een nieuwe voorzuiveringsinstallatie op de lokatie Brakel, waarmee het probleem van de transportchloring en de desinfectie-nevenprodukten definitief wordt opgelost. Deze oplossing levert niet alleen een betere kwaliteit op, maar ook een lagere integrale kostprijs door de lagere belading en regeneratiekosten van de IB-actieve koolfiltratie (die op zich nodig blijft voor de adsorptie van andere organische microverontreinigingen).

Voorkomen is beter dan genezen
Deze stelling is vanouds het motto geweest van de altijd voorzichtige waterleidingingenieur. Dat deze oude wijsheid nog steeds van toepassing is, kan bewezen worden aan de hand van vele voorbeelden, zowel op het gebied van kwaliteit (het voorkomen van de vorming van nevenprodukten bij de desinfectie zoals bij DZH, maar ook het saneren van vervuiling aan de bron) als met betrekking tot de kwantiteit (waterbesparing boven uitbreiding infrastructuur).

Onder de laatse noemer zijn zeker ook afzonderlijke industriewaterprojecten te noemen (afb. 7), waarmee de waterleidingbedijven een alternatief kunnen bieden voor de eigen winning of het verbruik van drinkwater door de industrie. Dergelijke projecten kunnen vooral interessant zijn wanneer het mogelijk is oppervlaktewater of overtollig stedelijk grondwater in te zetten, waardoor minder beslag wordt gelegd op het schaarse grondwater in de grondwaterbeschermingsgebieden.
Het valt dan ook te betreuren dat de realisatie van industriewaterprojecten niet met meer kracht ter hand is genomen. Hierbij zijn enkele uitzonderingen buiten beschouwing gelaten, zoals de WRK-levering aan de glastuinbouw. In overleg met een aantal waterleidingbedrijven en aan de hand van een aantal case-studies zal de (economische) haalbaarheid van relatief kleinschalige industriewaterprojecten binnenkort onderzocht worden tijdens een afstudeerproject aan de TU-Delft.

3. Grondwater

3.1. *Kwantiteit*

De voorkeur van de waterleidingbedrijven voor het grondwater is, zoals gezegd, terecht.
Ondanks de recente problemen rond de aantasting van de kwaliteit van het freatische grondwater door de gevolgen van de verzuring, het overvloedig gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen en de verontreiniging van de bodem met industriële (afval)produkten, blijft het grondwater verreweg de beste bron voor de drinkwatervoorziening.
Deze conclusie blijkt al direct uit de belangrijkste kenmerken van grondwater (afb. 8). Vanouds hebben waterleidingingenieurs het grondwater geroemd om zijn hygiënische betrouwbaarheid.
Hun voorkeur wordt anno 1992 bevestigd door chemici die voortdurend nieuwe ongewenste nevenprodukten van de chemische desinfectie aantonen [4].
Ook het belang van de constante lage temperatuur en de biologische stabiliteit wordt heden ten dage bevestigd door het onderzoek van Van der Kooy [5] over de nagroeiproblematiek. Grootschalige calamiteiten als Tsjernobyl bevestigen voorts het door onze voorouders al aangevoelde belang van de strategische, beschermde, grondwatervoorraad.

Tenslotte is de gelijkmatige en goede waterkwaliteit en de bijbehorende eenvoudige zuivering door de eeuwen heen terecht hogelijk gewaardeerd.
Er zijn, kortom, maar twee nadelen aan het gebruik van grondwater verbonden: de beperkte beschikbaarheid en het grote ruimtebeslag, daar de voeding beperkt is tot de nuttige neerslag van zo'n tweehonderdvijftig millimeter per jaar.
Dit betekent dat het infiltratiegebied een enorme omvang heeft, bijvoorbeeld tweehonderd vierkante kilometer voor een winning van vijftig miljoen kubieke meter per jaar.
Dit ruimtebeslag is uiteraard slechts voor een klein deel exclusief (het waterwingebied, eigendom van het waterleidingbedrijf), terwijl het overgrote deel van het infiltratiegebied (het grondwaterbeschermingsgebied en daarbuiten) gebruikt wordt door derden voor verschillende doeleinden (natuur en recreatie, maar ook landbouw, stedebouw, industrie) met alle gevolgen van dien.
Juist deze beide nadelen blijken in deze tijd een verdere uitbreiding van het grondwatergebruik in de weg te staan.
Was er in het verleden nog sprake van een duidelijk primaat van de waterleidingbedrijven op de grondwaterwinning, inmiddels hebben de maatschappelijke en ecologische ontwikkelingen geleid tot een kentering. De voortdurende toename van grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven, industrie en landbouw en de afname van de nuttige neerslag door bebouwing en ontwatering, hebben geleid tot plaatselijke verdroging van natuurterreinen.
Ook door de ontwikkeling van de natuurbeleving wordt de roep om een reductie van de grondwaterwinning, ook die van

Afb. 7 - Industriewaterprojecten.

- Alternatief voor eigen winning en voor verbruik drinkwater
- Gebruik oppervlaktewater of stedelijk grondwater
- Minimale schaal vereist
- Eenvoudiger opzet systeem + zuivering
  Voorbeeld: WRK (Hoogovens, Crown - van Gelder)
  WMD (tuinbouw)
- Soms specifieke kwaliteit vereist
  Voorbeeld: AVR (demiwater)
  Westland (gietwater)
- Studies Waprog WDM
  WOB WLF

Afb. 8 - Kenmerken grondwater.

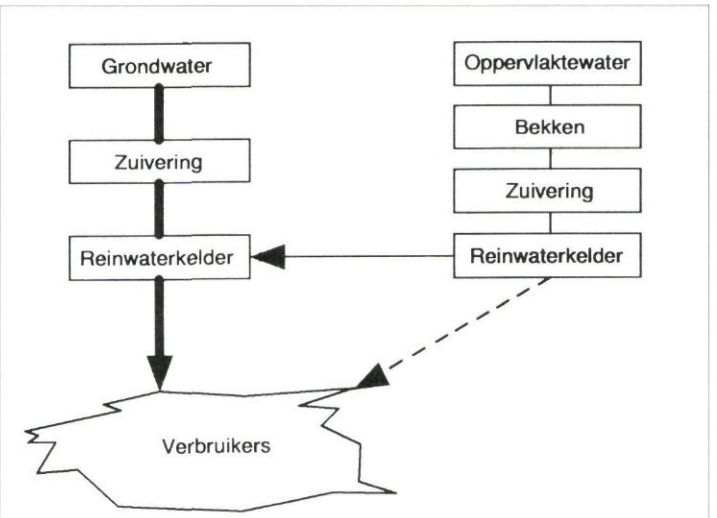
↙ Voordelen
- Hygiënische betrouwbaarheid
- Constante temperatuur
- Biologische en chemische stabiliteit
- Gelijkmatige, goede kwaliteit
- Ongevoelig voor calamiteiten

↙ Nadelen
- Beschikbaarheid beperkt
- Ruimtebeslag vrij groot (niet exclusief)

↙ Opzet infrastructuur
- Kleinschalig

- Voordeel
  - Beschikbaarheid gemiddeld voldoende
- Nadelen
  - Desinfectie vereist
  - Sterke variatie temperatuur
  - Biologisch en chemisch niet stabiel
  - Sterke variatie kwaliteit
  - Gevoelig voor calamiteiten
  - Ruimtebeslag vrij groot, exclusief
- Opzet infrastructuur
  - Grootschalig

Afb. 9 - Kenmerken oppervlaktewater.



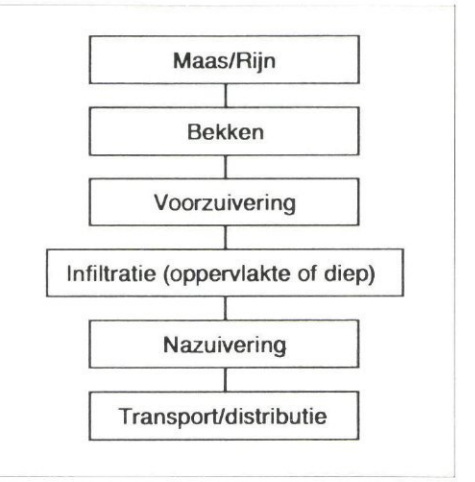
Afb. 10 - Combinatie grondwater en oppervlaktewater.

de waterleidingbedrijven, steeds sterker. Verplaatsing van winningen kan in het dichtbevolkte Nederland nauwelijks soelaas bieden, ook door het grote ruimtebeslag van het infiltratiegebied en de aanspraken van landbouw, stedebouw en industrie op het gebruik van de bodem en de daarmee verbonden vervuilingsrisico's.
Samenvattend moet de conclusie zijn dat grondwater weliswaar de beste bron voor de drinkwatervoorziening is, maar dat de beschikbaarheid en het ruimtebeslag een verdere substantiële uitbreiding van de capaciteit in de toekomst in de weg zullen staan.

Van grondwater naar oppervlaktewater?
Publiek en politiek bepleiten het verder inschakelen van oppervlaktewater bij de drinkwatervoorziening. Het voordeel hiervan is uiteraard dat de gemiddelde beschikbaarheid meer dan voldoende is, aangezien de jaarlijkse afvoer van Rijn en Maas respectievelijk zeventig en zeven miljard kubieke meter bedraagt.

Aan het gebruik van oppervlaktewater zijn echter vele nadelen verbonden (afb. 9), waarvan de noodzaak tot een dubbele desinfectie de waterleidingingenieurs grijze haren bezorgt vanwege de problemen met de nevenprodukten van Cl_2 (trihalomethanen), ClO_2 (chloraat) en O_3 (bromaat). De periodiek hoge temperatuur en de biologische activiteit van oppervlaktewater nopen de oppervlaktewaterverwerkende bedrijven er bovendien toe gebruik te maken van een persistent nadesinfectiemiddel ter beheersing van de nagroei in het distributienet. Dit was voor de Consumentenbond onlangs aanleiding om de waterleidingbedrijven in het verdachtenbankje te plaatsen.

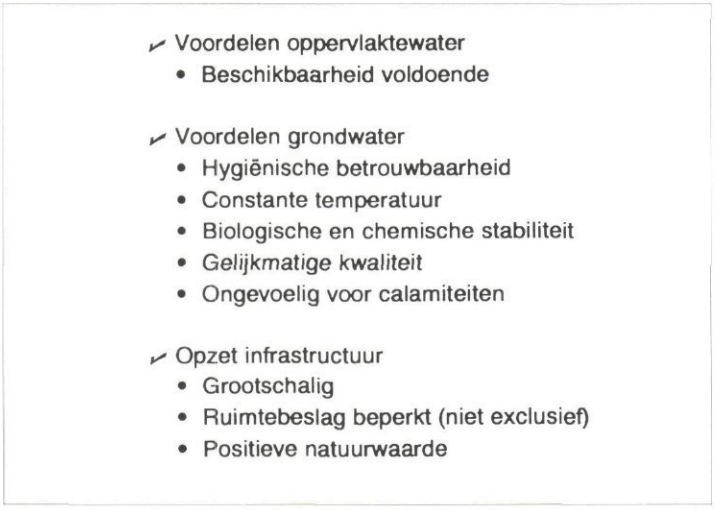
Bacteriën zijn weer probleem nummer één
De zeer lage temperatuur van oppervlaktewater in de winter heeft bovendien een sterk nadelig effect op biologische zuiveringsprocessen, wat zich onder meer uit in een slechte NH_4^+-afbraak in snelfilters en een hygiënisch onbetrouwbaar effluent van langzame zandfilters.
De variabele en matige kwaliteit van het oppervlaktewater leidt tot de noodzaak van bekkens en een uitgebreide zuivering, waarmee echter nooit een volledige beveiliging tegen grootschalige calamiteiten bereikt kan worden en wat bovendien tot een vrij groot en exclusief ruimtebeslag leidt.
Samenvattend moet de conclusie zijn dat de beschikbaarheid van oppervlaktewater weliswaar voldoende is, maar dat de kwaliteit op essentiële onderdelen te kort schiet ten opzichte van die van grondwater.
Daarmee dringt zich de vraag op: is de combinatie van oppervlaktewater en grondwater wellicht beter geschikt?
Een dergelijke combinatie is denkbaar op de wijze zoals in afb. 10 is aangegeven. Vooral in de variant waarbij het oppervlaktewater en het grondwater worden gemengd in de reinwaterkelder (of nog beter voor de laatste filtratiefase), kunnen enkele kwalitatieve nadelen van het oppervlaktewater enigszins worden beperkt. Het gemengde drinkwater zal immers een gematigde temperatuur en een gelijkmatige kwaliteit hebben, terwijl voorts de gevoeligheid voor calamiteiten beperkt is (twee ankers, grondwater en oppervlaktewater). Uiteraard gaat dit alleen op zolang de oppervlaktewaterwinning slechts een beperkt deel (zeg één derde) van het totale verbruik uitmaakt, omdat anders de kwalitatieve nadelen van het oppervlaktewater gaan overheersen. Ook daardoor de kleinschalige opzet van de grondwaterwinning en de noodzakelijke grootschalige opzet van de oppervlaktewaterwinning moet de conclusie luiden dat deze combinatie slechts in uitzonderlijke gevallen overwogen kan worden.



Afb. 11 - Kunstmatige infiltratie.

Een andere en veel aantrekkelijker combinatie van oppervlaktewater en grondwater kan bereikt worden door kunstmatige infiltratie van voorgezuiverd oppervlaktewater in de bodem en terugwinning van het 'grond'water (afb. 11).

Bodempassage is essentieel
Met behulp van kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater in de bodem kunnen de voordelen van oppervlaktewater en grondwater gecombineerd worden



Afb. 12 - Kenmerken infiltratiewater.

	Aantal	Duur
WRK I / II	10	3 - 11 dagen
WRK III	—	—
PWN - Andijk	3	enkele dagen
GW - Plassen	—	—
WBB	20	2 - 21 dagen
DZH	1	2 dagen
WOT	1	7 dagen

Afb. 13 - Innamestops voor calamiteiten 1986-1991.

(afb. 12), te weten de kwantitatieve beschikbaarheid van het oppervlaktewater en de kwalitatieve voordelen van het grondwater. Voor grondwaterbedrijven heeft dit bovendien tot gevolg dat het ruimtebeslag sterk verkleind wordt (vijf vierkante kilometer voor vijftig miljoen kubieke meter per jaar of 2,5 procent van het huidige infiltratiegebied), waardoor een betere bescherming mogelijk wordt en niveauverlagingen buiten het wingebied niet hoeven voor te komen.
Afhankelijk van de uitvoeringsvorm van de infiltratie (oppervlakte- of diepte-infiltratie, met behulp van plassen, kanalen of putten, kan binnen het infiltratiegebied de natuurwaarde aan het oppervlak gehandhaafd blijven of zelfs positief worden beïnvloed (natuurontwikkeling van watervogels, otters en natte vegetatie).
Infiltratieprojecten lijken dan ook goed inpasbaar in het overheidsbeleid met betrekking tot recreatie en natuurontwikkeling (vierde Nota Ruimtelijke Ordening, Natuurbeleidsplan, Meerjarenprogramma Natuur en Landschap).
Bij de realisatie van infiltratieprojecten verdient een aantal aspecten primair de aandacht.

* *Functie bekken*
De klassieke functies van een bekken bij het gebruik van oppervlaktewater zijn:
- analyse
- zelfreiniging
- afvlakking
- voorraad.

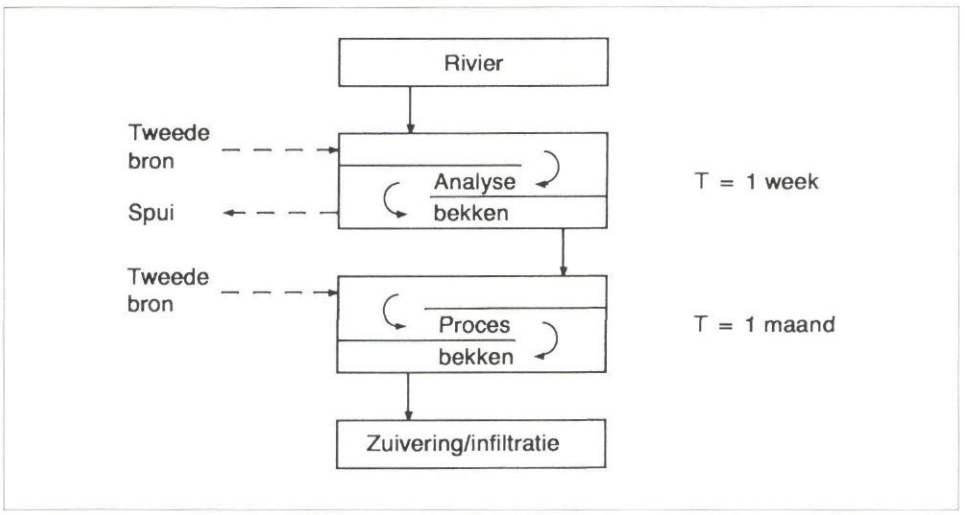
De analysefunctie vereist een verblijftijd van circa één week. Dit is voldoende om een vergiftiging te kunnen analyseren en de inname te kunnen stoppen. Tijdens de (calamiteuze) verontreiniging moet ingeteerd worden op een beschikbare voorraad, of overgeschakeld worden op een tweede bron. Nadat de golf van onbruikbaar water is gepasseerd, wordt het analysebekken doorgespoeld en het normale bedrijf hervat.
Zelfreiniging (bezinking, aëratie/ontgassing, biologische afbraak) vereist een verblijftijd van circa één maand en verloopt het beste in een propstroombekken.

Het afvlakken van kwaliteitsvariaties daarentegen vergt juist een gemengd bekken, terwijl een verblijftijd van circa zes maanden het beste resultaat geeft.
De voorraadfunctie tenslotte kan nodig zijn voor het overbruggen van calamiteiten en ook voor een selectieve inname in perioden van slechtere kwaliteit (zout, NH_4^+) of onvoldoende kwantiteit (niet meer relevant bij Rijn en Maas in verband met het gereedkomen van de Deltawerken).

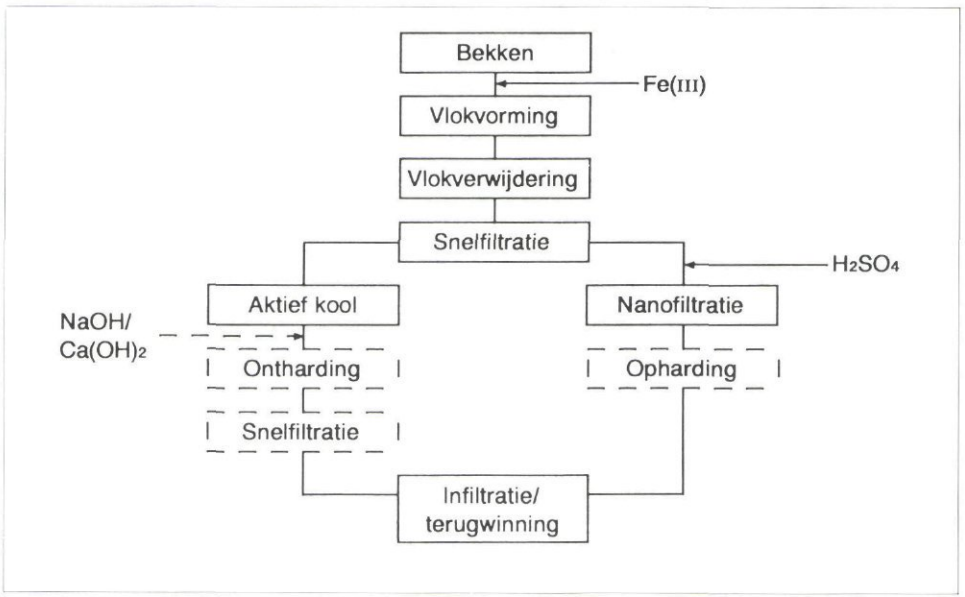
Uiteraard moeten hierbij niveauvariaties worden toegestaan.
In de waterleidingtechniek wordt dikwijls gesproken over de keuze tussen open en gesloten opslag, tussen bekkens en kunstmatige infiltratie. In feite is een keuze echter ongewenst en geeft juist een combinatie het beste resultaat.

Niet bekkens of infiltratie, maar bekkens èn infiltratie
Met behulp van alleen bekkens is het onmogelijk de kwaliteit van grondwater te bereiken (biologische stabiliteit, constante temperatuur, strategische voorraad), terwijl voorts het grote en exclusieve ruimtebeslag in het volle Nederland een onoverkomelijk bezwaar is.
Met kunstmatige infiltratie kunnen deze nadelen worden ondervangen, waarbij bekkens met een beperkte functie zinvol zijn. De afvlakkingsfunctie vervalt immers, daar deze veel effectiever in de bodem kan worden gerealiseerd.
De voorraadfunctie blijkt in de praktijk slechts beperkt noodzakelijk te zijn, zoals een analyse van opgetreden innamestops bij de oppervlaktewaterbedrijven in Nederland laat zien (afb. 13). Langdurige innamestops komen in het geheel niet voor, terwijl kortdurende innamestops sterk afhankelijk blijken te zijn van de bedrijfsopzet en -filosofie. Overigens is een veel betere bescherming tegen calamiteiten realiseerbaar door gebruik te maken van twee onafhankelijke bronnen (Maas/Waal, Lek/IJsselmeer), waardoor innamestops slechts bij uitzondering behoeven voor te komen.

Bij kunstmatige infiltratie is daarnaast een ondergrondse voorraad beschikbaar die in noodgevallen aangesproken kan worden, bijvoorbeeld in het uitzonderlijke geval van een simultane calamiteit bij beide bronnen.
Daarmee is slechts een klein analysebekken en een beperkte zelfreiniging vereist, wat resulteert in de gewenste systeemopzet van afb. 14. Dergelijke bekkens met een beperkte functie blijken op diverse plaatsen in Nederland gerealiseerd te kunnen worden door gebruik te maken van bestaande rivierarmen (zoals het Afgedamde Maasbekken), zandwinplassen (Lithse Ham, Panheel) en dergelijke. Hiervoor is geen groot en exclusief ruimtebeslag nodig.
Hierbij moet volledigheidshalve worden opgemerkt dat bekkens bij voorkeur een minimale diepte van vijftien meter horen te hebben om beperking van algengroei door luchtcirculatie mogelijk te maken, terwijl bij een geringere diepte fosfaatfixatie door ijzerdosering een alternatief biedt.



Afb. 14 - Inzet bekkens bij infiltratie.



Afb. 15 - Voorzuivering bij infiltratie.

⋆ *Proceskeuze voorzuivering*

De proceskeuze van de voorzuivering wordt bepaald door de volgende overwegingen:

1. Vérgaande verwijdering van zwevende stof en fosfaat is vereist om verstopping en eutrofiëring van het infiltratiegebied te voorkomen → vlokvorming/vlokverwijdering/snelfiltratie.
2. Vérgaande verwijdering van organische microverontreinigingen is vereist in het kader van het IB (volledige verwijdering bestrijdingsmiddelen, gehalogeneerde koolwaterstoffen) → actieve koolfiltratie of nanofiltratie.
3. Toepassing van chemische desinfectiemiddelen is onnodig en ongewenst → geen O_3 of AOP.
4. Conditionering is gewenst in de voorzuivering, zodat de nazuivering eenvoudig en goedkoper wordt en gebruik gemaakt wordt van de lange verblijftijd in de bodem om het kalkkoolzuurevenwicht te stabiliseren → chemische ontharding of nanofiltratie.
5. Voorzuivering is goedkoper dan nazuivering in verband met de meer gelijkmatige belasting (afvlakken piekfactor).

Verwijderen boven omzetten

Afbeelding 15 toont dat twee processchema's mogelijk zijn, welke elkaar in kosten niet veel meer ontlopen door de snelle ontwikkeling van de nanofiltratiemembranen (kosten actief kool/ontharding/snelfiltratie vijftig cent per kubieke meter; kosten nanofiltratie/opharding zeventig cent per kubieke meter; beide berekeningen bij een capaciteit van vijftig miljoen kubieke meter per jaar). Hierbij moet bedacht worden dat de actieve koolfilters relatief vaak geregenereerd zullen moeten worden vanwege de strenge eisen aan microverontreinigingen, die in het kader van het IB gesteld worden.

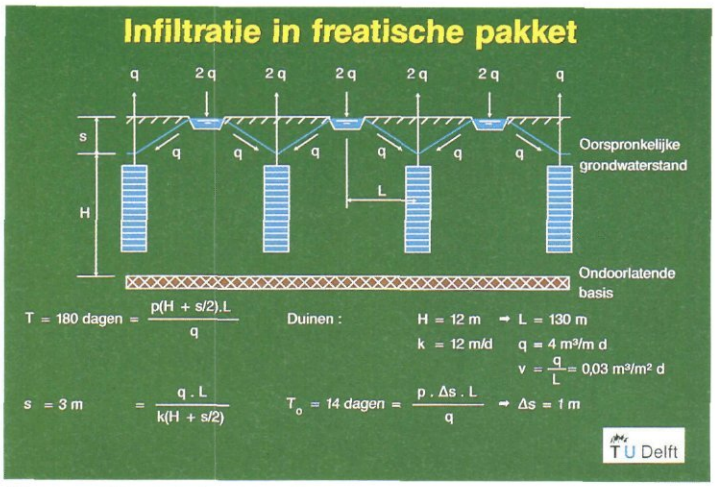
Uiteraard zijn de beide processchema's kwalitatief niet vergelijkbaar, aangezien nanofiltratie een veel breder spectrum aan verontreinigingen verwijdert (onder meer nutriënten en zouten). Daarnaast is het duidelijk uit afbeelding 15 dat kostentechnisch een optimum te bereiken is door met een zodanige combinatie van de beide processen te werken, dat zowel ontharding (+ snelfiltratie) als opharding overbodig worden. In de praktijk kan dit bereikt worden bij een mengverhouding van circa 1:1 (hardheid oppervlaktewater 3 mmol/l, gewenste hardheid 1,5 mmol/l). In deze situatie bedragen de kosten slechts circa veertig cent per kubieke meter (exclusief voorzuivering) waarvoor dan een voortreffelijke kwaliteit infiltratiewater wordt verkregen (laag gehalte aan zouten, nutriënten, hardheid en organische stof en micro's) dat bij de bodempassage nog eens verrijkt wordt met de eigenschappen van grondwater (hygiënische betrouwbaarheid, constante temperatuur, gelijkmatige kwaliteit, stabiliteit en strategische voorraad).

Ten opzichte van de nachtmerries van de verontreiniging van het oppervlaktewater lijkt dit wel haast een droom, die dan ook nog verstoord kan worden door de mogelijke aanwezigheid in het oppervlaktewater van laag moleculaire polaire organische microverontreinigingen, die wellicht niet met actief kool en nanofiltratie zijn tegen te houden. In hoeverre dit gevaar reëel is, kan niemand bij de huidige stand van onderzoek zeggen. Mocht het echter ooit een probleem worden, dan is er alle reden om de lozing van deze uitzonderlijke stoffen bij de bron aan te pakken!

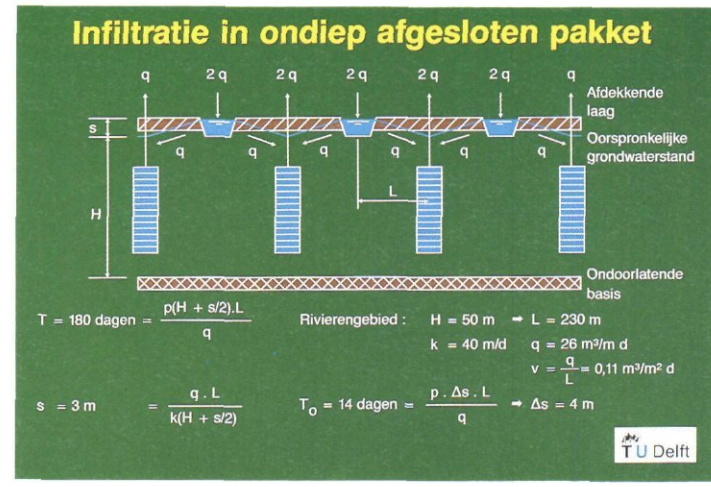
⋆ *Infiltratie/terugwinning*

Aan de basisvoorwaarde, te weten de aanwezigheid van een geschikt aquifer met voldoende doorlatendheid, is uiteraard bij vrijwel alle grondwaterbedrijven voldaan.

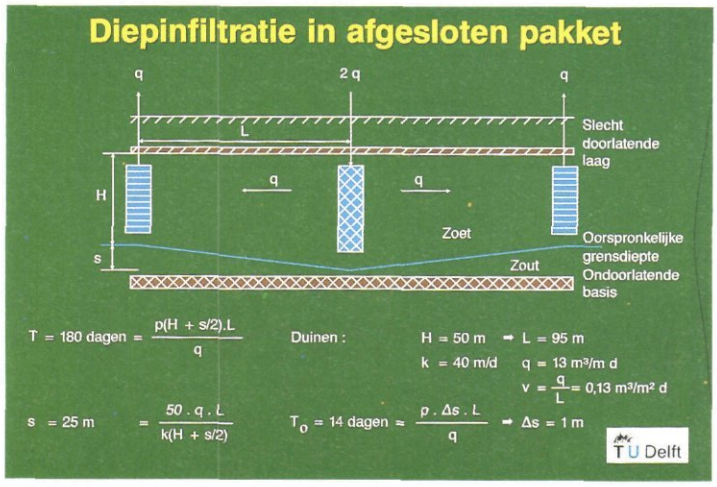
In het freatische pakket op de hoge gronden zoals de Veluwe, komt naar analogie van de duinen oppervlakteinfiltratie door middel van plassen of kanalen in aanmerking en terugwinning met bestaande of nieuw te boren putten of drains (afb. 16a). De gewenste verblijftijd van zes maanden en een goede verblijftijdspreiding kan eenvoudig gerealiseerd worden en beïnvloeding van de omgeving kan sterk worden beperkt ten opzichte van de huidige situatie. Het ruimtebeslag wordt enorm verminderd aangezien de



Afb. 16a - Infiltratie in freatisch pakket.



Afb. 16b - Infiltratie in ondiep afgesloten pakket.



Afb. 16c - Diepinfiltratie in afgesloten pakket.

'nuttige neerslag' wordt verhoogd van 0,25 $m^3/m^2/a$ tot 10 $m^3/m^2/a$.
Een beperkte overbrugging van innamestops (veertien dagen) is mogelijk en leidt tot een tijdelijke grondwaterstanddaling van circa één meter. Randvoorwaarden zullen worden gesteld in kwetsbare natuurgebieden (ongewenste vernatting, beperking aan bergingsfunctie).
De bezwaren van wijziging der begroeiing kunnen op de Veluwe worden ondervangen door infiltratie met behulp van putten toe te passen.
In het Rivierengebied bestaan goede mogelijkheden voor infiltratie door gegraven kanalen in het watervoerend pakket direct beneden de toplaag van klei en veen (enkele meters dik, afb. 16b).
Het gaat hier dikwijls om polders die in gebruik zijn voor landbouwdoeleinden waardoor slechts positieve effecten op de natuurwaarde worden verwacht. Door de grotere dikte van het watervoerend pakket en de grote doorlatendheid, is in principe een nog hogere oppervlaktebelasting mogelijk (40 $m^3/m^2/a$). Die zal echter ook tot een grotere grondwaterstanddaling bij overbrugging van calamiteiten leiden.

Diepinfiltratie in het afgesloten pakket stelt technische randvoorwaarden (verstopping, grensvlak zoet/zout) welke de duinwaterbedrijven nu onder de knie trachten te krijgen (afb. 16c). De beïnvloeding van het biotische milieu is hierbij minimaal, terwijl de gewenste verblijftijd, verblijftijdspreiding en overbrugging goed realiseerbaar zijn.

* *Ontwerp nazuivering*
Deze kan bestaan uit de 'klassieke' grondwaterzuivering, te weten beluchting en snelfiltratie, om Fe en Mn te verwijderen dat uit de bodem kan worden opgelost.

* *Transport/distributie*
Grondwaterbedrijven kenmerken zich door een kleinschalige opzet en een directe koppeling van produktie en verbruik (iedere plaats heeft zijn eigen pompstation). Grootschalige transportleidingen en onderlinge koppelingen ontbreken in het algemeen. Aangezien oppervlaktewaterprojecten juist tegengestelde kenmerken hebben (grootschalige winning en zuivering op één lokatie) ontstaat een transportprobleem bij de toepassing van kunstmatige infiltratie. De duinwaterbedrijven hebben dit zoals bekend opgelost door het ruwe of voorgezuiverde water te transporteren naar de infiltratiegebieden in de duinen, waar de grootschalige reinwaterdistributie-infrastructuur al aanwezig was.
Bij nieuwe infiltratieprojecten in het binnenland zullen winning en voorzuivering het meest efficiënt grootschalig op één lokatie opgezet worden, waarna transport naar één of meerdere infiltratiegebieden moet geschieden. Na de infiltratie, terugwinning en nazuivering is het dan nog de vraag op welke wijze het infiltraat gedistribueerd moet worden.
De volgende aspecten zijn hierbij van belang:
- distributie gemengd of gescheiden van het overige grondwater
- minimalisatie transportkosten
- leveringszekerheid
- faseerbaarheid

Het mengen van infiltraat met grondwater op de diverse pompstations kan in bijzondere gevallen de voorkeur verdienen, vooral wanneer significante kwaliteitsverschillen in gunstige zin kunnen worden afgevlakt (hardheid, NO_3^-, kleur). In het algemeen zullen er echter geen doorslaggevende argumenten voor het mengen zijn, terwijl bij een gescheiden distributie veel beter gebruik gemaakt kan worden van de transportinfrastructuur (minimale kosten, grotere leveringszekerheid, implementatie beter faseerbaar), aangezien geen aparte infiltraatwaterleidingen naar alle verspreide pompstations hoeven te worden gelegd.

3.2. **Kwaliteit**
Vanouds is de lage prijs van het drinkwater de trots en het hoogste ideaal van de waterleidingingenieur. De terechte wens om een economisch optimaal



a. NO_3^-



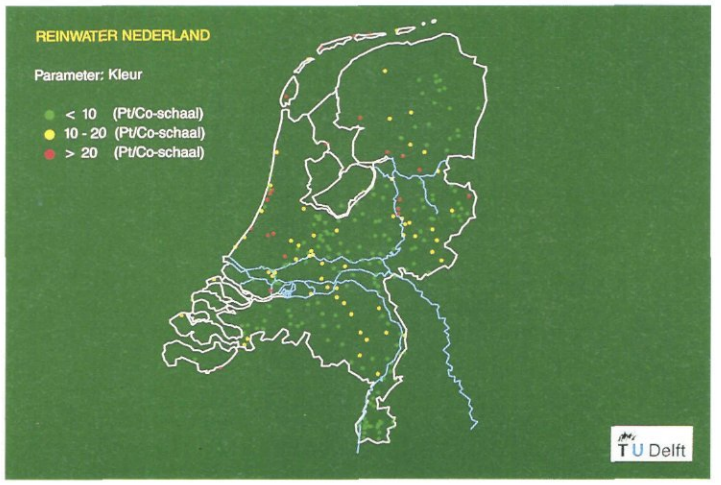
b. Na^+



c. Ca^{++}



d. SO_4^{--}



e. kleur.

Afb. 17 - Waterkwaliteit drinkwater af pompstation. (a, b, c, d en e)

ontwerp te maken mag in deze tijd echter niet meer leiden tot een minder dan optimale kwaliteit.

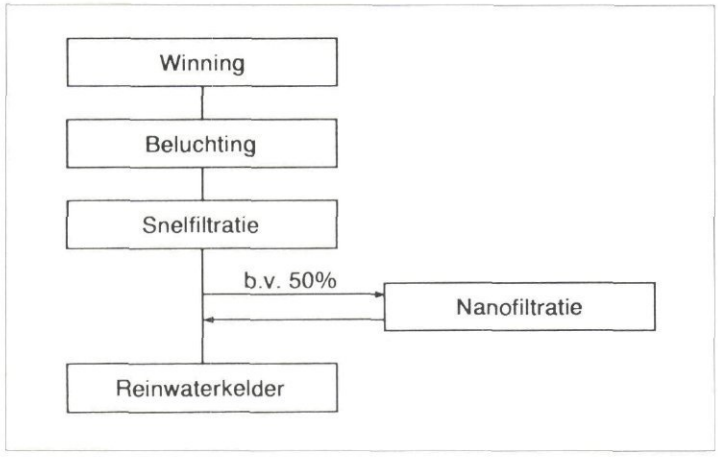
Kosten niet belangrijker dan kwaliteit

Dit geldt niet alleen voor gezondheidsschadelijke stoffen, zoals nitraat en natrium, maar ook voor 'esthetische' parameters zoals sulfaat, kleur en hardheid. De VEWIN-aanbevelingen en de EG-richtlijnwaarden voor deze parameters zijn er niet voor niets en ieder waterleidingbedrijf behoort deze richtlijnen zoveel mogelijk na te streven.

Afbeelding 17a tot en met e toont de waterkwaliteit van het drinkwater bij de Nederlandse pompstations in 1986 (gegevens ontleend aan lit. 6, maximale waarden aangegeven). Pompstations waar de VEWIN-aanbeveling en/of EG-richtlijnwaarde overschreden wordt, zijn in geel aangegeven, terwijl pompstations waar de MTC uit het Waterleidingbesluit wordt overschreden rood gekleurd zijn. Zonder nu een uitspraak te doen over de aanvaardbaarheid van deze situatie (zoals gezegd zijn de afbeeldingen gebaseerd op maximale waarden en is de relevantie voor de volksgezondheid van een aantal parameters discutabel) kan toch gesteld worden dat een verbetering van de waterkwaliteit in een aantal gevallen wenselijk is.

Een mogelijkheid hiervoor is de toepassing van nanofiltratie in een deelstroom (afb. 18).

Deze toepassing is in de USA al bij een aantal drinkwaterbedrijven gerealiseerd als alternatief voor ontharding (met kalkslibproces in de USA) of actieve koolfiltratie (reductie kleur en DOC, mede gericht op beperking van vorming van desinfectie-nevenprodukten bij het toepassen van chloor). Daarnaast heeft nanofiltratie als belangrijk voordeel dat



Afb. 18 - Nanofiltratie bij grondwaterzuivering.

alle twee-waardige ionen waaronder SO_4^{--}) nagenoeg volledig en alle één-waardige ionen (waaronder Na^+, NO_3^-) voor circa 70% verwijderd worden.
Vooral het onthardings 'voordeel' is zeer significant; bij een deelstroompercentage tot 50% (ontharden van 3 mmol/l naar 1,5 mmol/l) bedragen de kosten voor nanofiltratie ongeveer evenveel als de ontharding met korrelreactoren (beide circa vijfentwintig cent per kubieke meter). De overige kwaliteitsvoordelen (NO_3^-, SO_4^{--}, kleur, enzovoort) zijn daarmee gratis.
De gesignaleerde problemen rondom de brijnafvoer mogen geen reden zijn om de genoemde voordelen te laten schieten. Door een actieve opstelling van de bedrijfstak zijn zeer zeker oplossingen voor de brijnverwerking te vinden.
Te noemen zijn indamping en verwerking tot strooizout, injectie in het zoute grondwater en als meest voor de hand liggende optie afvoer naar (oppervlaktewater en) zee.
De introductie van een nieuwe techniek als membraanfiltratie vergt uiteraard veel onderzoek en een bundeling van alle krachten in Nederland op het gebied van onderzoek en ontwikkeling. In dit kader hebben TUD/UT/RIVM recent een voorstel geformuleerd aan VROM/VEWIN/KIWA om een bijdrage te leveren aan het onderzoek naar de toepassingen en beperkingen van membraanfiltratie bij de drinkwatervoorziening in Nederland.

4. **Infiltratiewater**

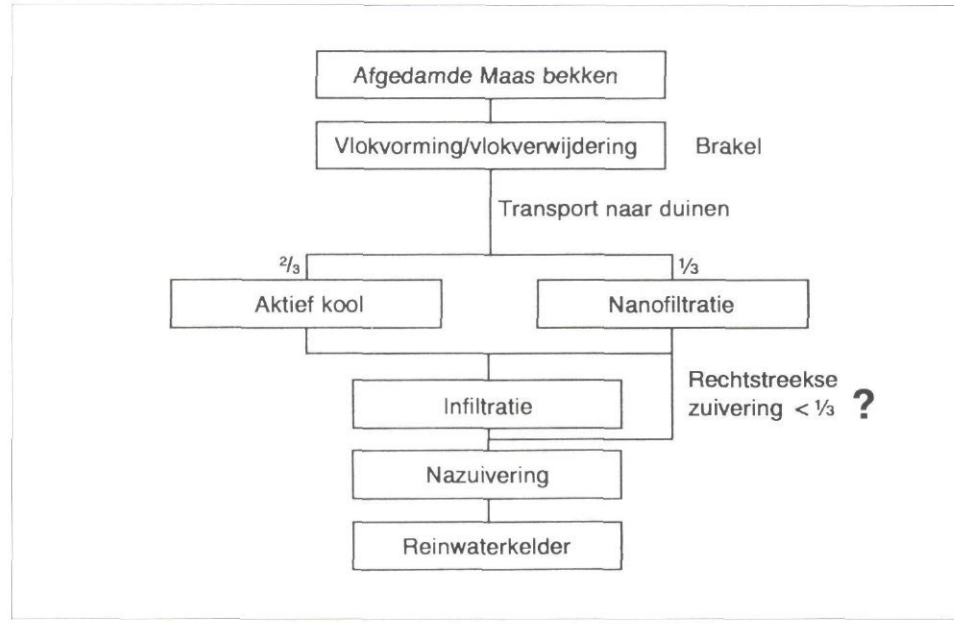
4.1. *Kwantiteit*

Kunstmatige infiltratie in de Nederlandse duinen wordt sinds 1940 toegepast. Terugblikkend past de conclusie dat de strategische keuze van de waterleidingbedrijven (gelukkig!) juist is geweest en heeft geleid tot een betrouwbare infrastructuur voor de drinkwatervoorziening met een voortreffelijke kwaliteit ondanks de slechte kwaliteit van het oppervlaktewater. Toch zijn de duinwaterbedrijven niet vrij van zorgen. De gegroeide belangstelling voor natuur en milieu heeft ook hier geleid tot een situatie waarin de functie van de duinen voor de drinkwatervoorziening ter discussie wordt gesteld.
De regeneratie van het duin is een actueel politiek thema geworden, waardoor de waterleidingbedrijven worden geconfronteerd met nieuwe randvoorwaarden en beperkingen:

- reductie duinwaterwinning
- reductie oppervlakte-infiltratie
- reductie niveauvariatie oppervlakte-infiltratie
- capaciteit diepinfiltratie onzeker
- voorzuivering infiltratie uitbreiden (IB)

Hoe kunnen de duinwaterbedrijven aan deze – deels tegenstrijdige – eisen voldoen?
In de eerste plaats door de essentiële plaats en functie van de kunstmatige infiltratie in de duinen duidelijk te maken aan politiek en publiek. Men zal het ons niet kwalijk nemen wanneer de waterleidingingenieur niet wenst te berusten in een minder dan optimale kwaliteit.
De uitbreiding van de voorzuivering ter verwijdering van organische micro's (IB) en een gedeeltelijke vervanging van de oppervlakte-infiltratie door diepinfiltratie, zijn maatregelen die passen in een optimale drinkwaterinfrastructuur èn een positieve ontwikkeling voor natuur en milieu.
Hierbij is ook een zinvolle toepassing van membraanfiltratie denkbaar.
Afbeelding 19 toont het gekozen processchema voor de NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland: het 'Integraalplan' Duinwater-plus. Ook in dit geval blijkt dat de eigenschap van nanofiltratie om hardheid en organische stof vergaand te verwijderen zeer goed bruikbaar is als alternatief voor actieve koolfiltratie in combinatie met chemische ontharding.
In een deelstroomproces waarbij in geval van het Andelse Maaswater één derde met behulp van nanofiltratie gezuiverd wordt, is de chemische ontharding overbodig en wordt tegen een prijs van circa vijfendertig cent per kubieke meter (exclusief voorzuivering) een voortreffelijke kwaliteit infiltratiewater verkregen met een laag gehalte aan zouten, hardheid, nutriënten, organische stof en microverontreinigingen.
In verband met de door de politiek en publiek gewenste reductie van de kunstmatige infiltratie in de duinen en de universele barrière tegen verontreinigingen (waaronder bacteriën) die door de nanofiltratie wordt geleverd, is het

Afb. 19 - Nanofiltratie bij Maas-duinwaterbedrijven.



in principe zelfs mogelijk het produktwater van de nanofiltratie niet te infiltreren, maar rechtstreeks op te mengen met het duininfiltraat vóór de nazuivering (snelfiltratie en langzame zandfiltratie).
Het voordeel van deze optie is uiteraard de directe produktie van (een deel van het) drinkwater buiten het duinmilieu, welke bovendien snel en gefaseerd realiseerbaar is.
Evenals bij de eerder genoemde combinatie van grondwater en oppervlaktewater, moet bij de combinatie van duininfiltratie en membraanfiltratie het aandeel rechtstreeks gezuiverd oppervlaktewater worden beperkt tot circa één derde om de kwalitatieve voordelen van het 'grond'water te laten overheersen (constante lage temperatuur, constante kwaliteit, chemische en biologische stabiliteit, bedrijfszekerheid, strategische voorraad).

4.2. *Kwaliteit*
De duinwaterbedrijven die Rijnwater infiltreren kunnen met het processchema van afbeelding 19 ook uit de voeten, maar moeten het deelstroompercentage verder verhogen tot 50% in verband met de hogere hardheid en het hogere zoutgehalte van de Rijn en vooral het IJsselmeer.
In dit geval moet echter tenminste een deel van het produktwater van de membraanfiltratie via oppervlakte- of (bij voorkeur) diepte-infiltratie in de bodem worden gebracht om de kwalitatieve voordelen van de bodempassage te bereiken en de kwetsbaarheid van de oppervlaktewaterzuivering te verminderen. Als infiltratieprojecten van voldoende capaciteit technisch en milieuhygiënisch realiseerbaar blijken, verdient het vanuit kwaliteitsoverwegingen uiteraard de voorkeur om het volledige debiet te infiltreren, om volledig te profiteren van de voordelen van de bodempassage.
Het processchema van afbeelding 20 bereikt een reductie van hardheid van 50% en zoutgehalte van zo'n 35% tegen kosten van zo'n veertig cent per kubieke meter (zestig cent per kubieke meter voor nanofiltratie in 50% deelstroom, twintig cent per kubieke meter voor actief kool in 50% deelstroom, kosten exclusief voorzuivering en voor een capaciteit van vijftig miljoen kubieke meter per jaar). Een nog betere verwijdering van zouten kan bereikt worden door gebruik te maken van hyperfiltratie in plaats van nanofiltratie. Dit is echter niet vereist en bovendien minder economisch gezien de hogere kostprijs van hyperfiltratie in verhouding tot nanofiltratie (tachtig cent per kubieke meter in verhouding tot zestig cent per kubieke meter).

5. **Oppervlaktewater**

5.1. *Kwantiteit*
Zuivere kwantiteitsproblemen doen zich na het voltooien van de waterhuishoudkundige hoofdinfrastructuur (Deltawerken) niet meer voor. De beschikbaarheid van oppervlaktewater in Nederland is gegarandeerd.

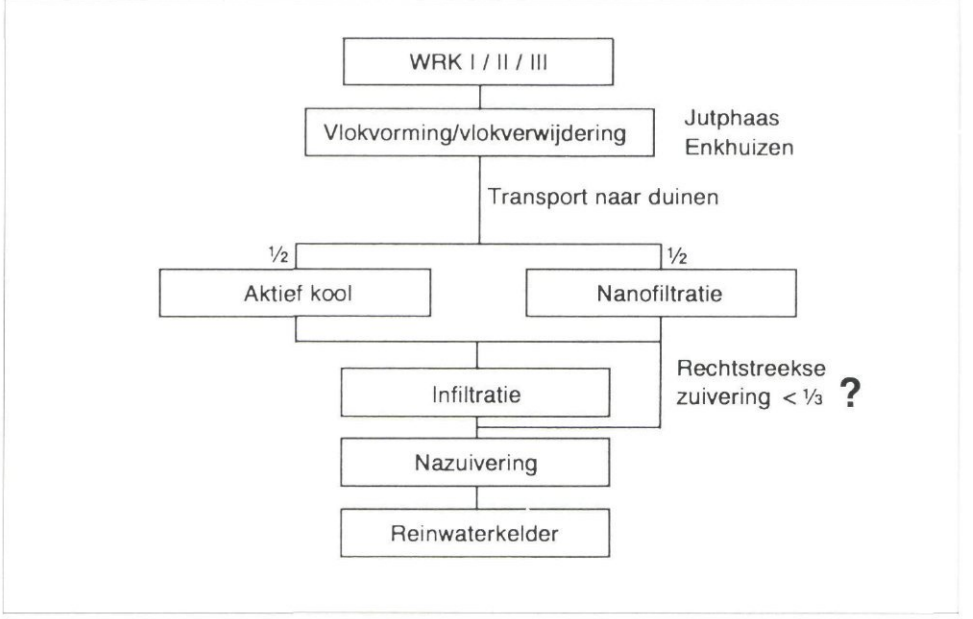
Toch kunnen zich in droge jaren wel problemen voordoen, vooral in combinatie met kwalitatieve aspecten (verhoogde concentraties zouten en verontreinigingen, toestroming gebiedsvreemd water, verschuiving Maas/Rijn-grensvlak).
Voor onze beide grote rivieren de Maas en de Rijn kan gesteld worden dat de afvoer van de Maas in droge perioden erg gering kan zijn, terwijl deze bij de Rijn altijd voldoende is. Voor de dekking van de toekomstige waterbehoefte is het dan ook onverstandig volledig te vertrouwen op de Maas, ondanks het lagere zoutgehalte. Wel zijn er nog verdere mogelijkheden tot benutting van de Maas, onder meer via de Afgedamde Maas infrastructuur en in Limburg en Noord-Brabant (onder meer het Project Infiltratie Maaskant te Lith).

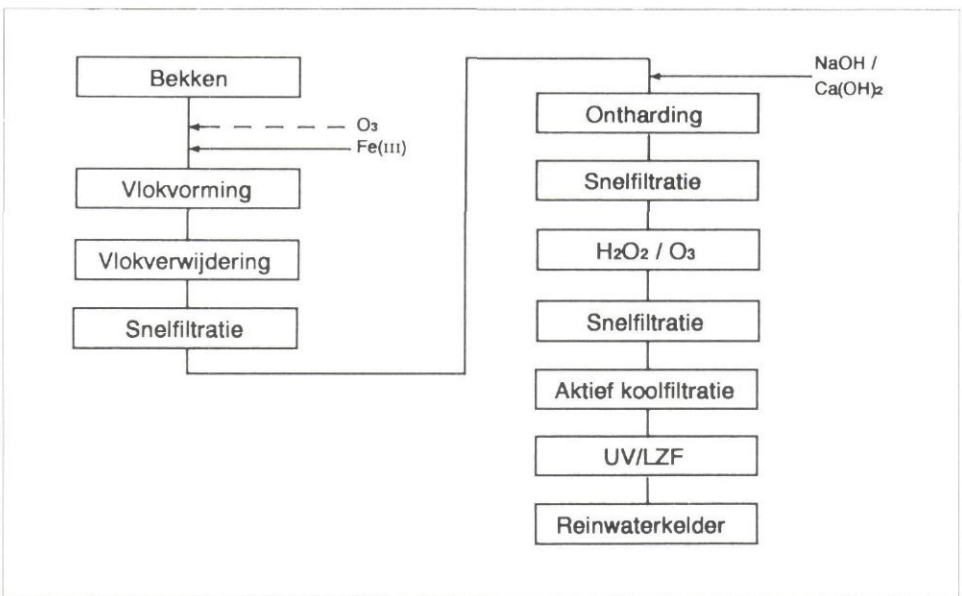
In dit verband zijn nadere studies naar de waterverdeling in droge perioden en internationaal overleg over sanering en calamiteitenvoorzieningen noodzakelijk.
Voor de dekking van de waterbehoefte in Noord- en West-Nederland ligt het gebruik van de Rijn en het IJsselmeer voor de hand, waarbij de WRK-infrastructuur een goede basis biedt.
Uiteraard moet uit calamiteitenoverwegingen altijd aandacht worden geschonken aan het realiseren van een innamemogelijkheid uit twee onafhankelijke bronnen (Maas/Waal, Lek/IJsselmeer, enzovoort).

5.2. *Kwaliteit*
De drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater is slechts één jaar geleden – tijdens de drieënveertigste Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening – uitgebreid aan de orde geweest [6]. Om het complexe mengsel aan verontreinigingen, zoals we dat tegenwoordig in oppervlaktewater in de geïndustrialiseerde wereld aantreffen, te verwijderen werden twee zuiveringsschema's gepresenteerd: de chemische zuivering (gebaseerd op het gebruik van geavanceerde oxydatieprocessen en chemische ontharding, afb. 21) en de fysische zuivering (gebaseerd op het gebruik van nanofiltratie, afb. 22).

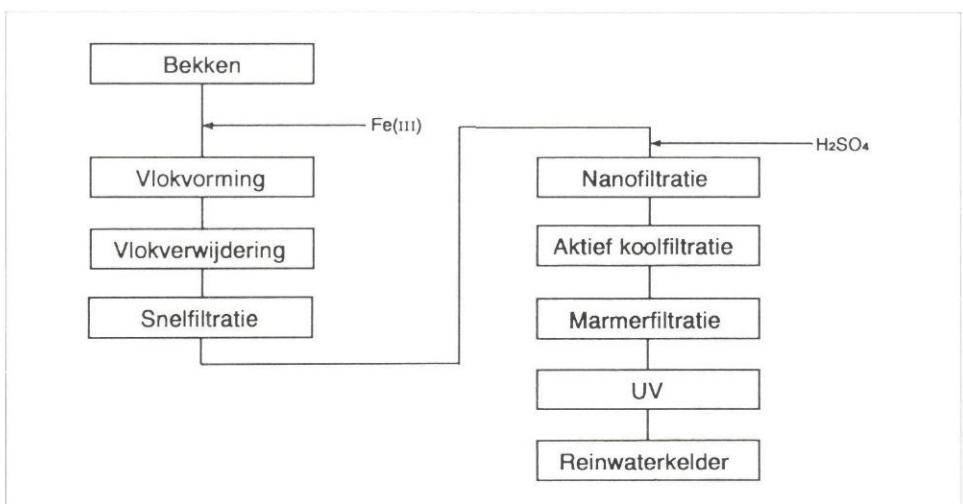
Hoe snel gaat de tijd nu nauwelijks één jaar later één van de vragen bij de chemische zuivering – namelijk de consequenties voor de volksgezondheid van de gevormde restprodukten – de grondvesten van de oppervlaktewaterzuivering even ernstig door elkaar dreigt te schudden als de ontdekking van de trihalomethanen door Rook. Het gaat hierbij met name om BrO_3^- dat bij de chemische oxydatie wordt gevormd en sterk carcinogeen blijkt.
Ook deze ontwikkeling leert ons bescheidenheid waar het onze kennis betreft.

Afb. 20 - Nanofiltratie bij Rijn-duinwaterbedrijven.



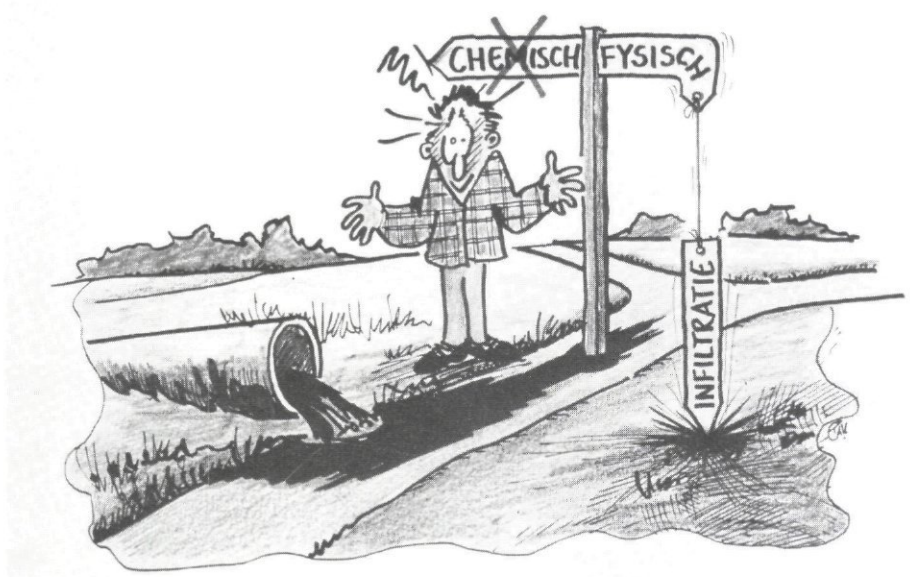


Afb. 21 - Chemische zuivering oppervlaktewater.



Afb. 22 - Fysische zuivering oppervlaktewater.

Afb. 23 - Toekomst oppervlaktewaterzuivering.



Waar de fysische zuivering derhalve sterk in de belangstelling staat, past het ons om ook stil te staan bij de nadelen van deze opzet. Naast de brijnafvoer en de al gememoreerde vragen over de aanwezigheid en verwijdering van laagmoleculaire polaire organische microverontreinigingen (molecuulgewicht < 300), betreft dit vooral de bezwaren die inherent verbonden zijn aan het gebruik van oppervlaktewater (afb. 9).

Van oppervlaktewater naar grondwater!
De constante lage temperatuur, de bedrijfszekerheid en strategische voorraad en de biologische stabiliteit van grondwater is ook met het meest uitgebreide zuiveringsschema niet te bereiken, zodat de waterleidingingenieur zich oprecht mag afvragen of naast de keuze van type zuivering het toepassen van kunstmatige infiltratie niet een absolute voorwaarde is voor een betrouwbare, kwalitatief hoogwaardige drinkwatervoorziening (afb. 23). Deze keuze heeft uiteraard enorme consequenties ten aanzien van de bestaande infrastructurele voorzieningen. De waterleidingingenieur moet daarbij echter voor ogen houden dat niet het verleden maar de toekomst maatgevend is.

Ontwerpen is vooruitzien!

Literatuur

1. *Eerste Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening.* Ministerie VROM, 1972.
2. *Tweede Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening.* Ministerie VROM, 1984.
3. DHV Water BV (1991). *Integraalplan Duinwater – plus.* NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland.
4. Kruithof, J. C. (eindred.) (1991). *Bromaatvorming bij ozonisatie en toepassing van andere chemische desinfectiemiddelen.* KIWA, SWI 91-157.
5. Kooy, D. van der (1984). *The growth of bacteria on organic compounds in drinking water.* Proefschrift LU Wageningen.
6. *Waterleidingstatistiek.* Vewin, 1986.
7. Dijk, J. C. van, Munneke, B. R. en Kramer, B. (1990). *Membraanfiltratie: een reële optie bij de drinkwaterzuivering.* H_2O (23), 1990, p. 286-291.
8. Kruithof, J. C., Schippers, J. C. en Dijk, J. C. van (1991). *De drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater in de jaren negentig.* H_2O (24), 1991, p. 468-476.

● ● ●