

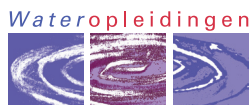
# Drinkwater

Principes en praktijk

P. J. de Moel

J. Q. J. C. Verberk

J. C. van Dijk





# Drinkwater

Principes en praktijk



# Drinkwater

Principes en praktijk

P. J. de Moel

J. Q. J. C. Verberk

J. C. van Dijk

Gepubliceerd door:  
Water Management Academic Press  
Delft, Nederland

Gedrukt door:  
Gildeprint  
Enschede, Nederland

Vormgeving: Eefje Ooms, TU Delft  
Layout: Robin van der Have, TU Delft

Derde herziene druk

ISBN 978 90 8957028-4  
NUR 956, 934

© TU Delft, Delft 2012

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kan voor de afwezigheid van eventuele (druk) fouten en onvolledigheden niet worden ingestaan en aanvaardt auteur(s) en uitgever deswege geen aansprakelijkheid.

## Voorwoord

### Drinkwater: het wonder uit de kraan

Drinkwater is in Nederland iets waar we normaal niet over nadenken. We draaien de kraan open en er komt schoon en helder drinkwater uit. We vinden dit vanzelfsprekend. We weten ook wel dat de kwaliteit prima is en dat het eigenlijk onzin is om flessenwater te kopen. Toch lezen we soms in de krant verontrustende berichten over verontreinigingen van de bronnen van de drinkwatervoorziening. Hoe zit dat nu eigenlijk? Hoe zorgen de drinkwaterbedrijven er voor dat ons drinkwater zuiver is, en blijft dat ook in de toekomst? Zo zijn er nog wel meer vragen die mensen soms stellen over drinkwater:

- Waarom spoelen we ons toilet eigenlijk door met dat zuivere en kostbare drinkwater?
- Is ons water 'hard' en moeten we de reclame voor waterontharders geloven?
- Is drinkwater gezond?
- Kun je water zelf zuiveren met filters?
- Kun je regenwater veilig drinken?
- Hoe wordt de kwaliteit van ons drinkwater bewaakt?
- Is grondwaterwinning verantwoordelijk voor de verdroging van natuurgebieden?
- Wat is de functie van een watertoren?
- Wat doen de drinkwaterbedrijven in de duinen en in de Biesbosch?

Deze vragen worden ook gesteld door studenten die de colleges Drinkwater volgen aan de TU Delft.

### Voor wie is dit boek?

Dit boek bevat de leerstof over drinkwater voor de studenten in de bachelor-fase (BSc) van de opleiding Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft. In deze colleges krijgen studenten een brede kijk op de drinkwatervoorziening. Niet alleen de theoretische principes, maar ook de praktische uitvoering bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven. Niet alleen de techniek, maar ook de historische achtergronden, de wettelijke regelingen, de financiële aspecten, de buitenlandse situatie etc.

De leerstof moet alle studenten Civiele Techniek een brede en stevige basis meegeven, waaruit geput kan worden in hun latere beroepspraktijk. Voor studenten die zich in de master-fase (MSc) gaan specialiseren geeft de leerstof een basis voor de specialistische vakken als 'Drinkwaterproductie' en 'Drinkwaterdistributie'.

De leerstof is modulair van opzet en gericht op zelfstudie. Daarmee is de leerstof ook zeer geschikt voor vele anderen. Van studenten in het Hoger Beroeps Onderwijs (HBO), via mensen die op een of andere manier betrokken zijn bij de drinkwatervoorziening, tot drinkwaterconsumenten die wat meer willen weten van 'het wonder uit de kraan'.

### Hoe is de opbouw van dit boek?

De moderne student is gericht op zelfstudie, waarbij plaats, tijd en fasering veel meer door de student zelf worden bepaald dan door het collegerooster. Moderne leermiddelen zijn hierop afgestemd.

Dit boek bestaat uit 10 zelfstandig te bestuderen modules. Alle modules hebben een uniforme opbouw. Allereerst is er de informatie over de module zelf, met 'Afbakening', 'Indeling' en 'Leerdoelen'. Vervolgens komt de eigenlijke leerstof. Daarna wordt een opsomming gegeven van aanbevolen literatuur en websites. Door het brede karakter van de leerstof wordt er binnen de tekst geen 'bronvermelding' opgenomen. Tenslotte wordt afgesloten met vragen en antwoorden over de stof.

Onderstaand schema geeft aan hoe de verschillende modules in dit boek gebruikt kunnen worden binnen kleinere cursussen in de drinkwatervoorziening:

Cursus	Module									
	Gezondheids- techniek	Amsterdam	Drinkwater- bedrijven	Planning en ontwerp	Financiën	Waterverbruik	Waterkwaliteit	Grondwater	Oppervlakte- water	Distributie
Korte basiscursus	•	•	•							
Ontwerpen			•	•	•					
Productie		•	•				•	•	•	
Distributie		•	•			•				•

### Voorwoord bij de tweede herziene druk (augustus 2005)

Dat er een grote behoefte bestond aan een handboek over de principes en de praktijk van de drinkwatervoorziening in Nederland, bleek zowel uit de vele enthousiaste reacties vanuit de watersector als uit het feit dat de eerste druk van juli 2004 (1000 exemplaren) binnen twee maanden uitverkocht was. Dit was voor ons een stimulans om deze tweede herziene druk (2000 exemplaren) te vervaardigen. Hierin zijn een aantal correcties en verbeteringen aangebracht (mede naar aanleiding van suggesties van deskundigen) en is - als casus, ter illustratie van de stof - een module toegevoegd over de drinkwatervoorziening van Amsterdam.

### Voorwoord bij de derde herziene druk

De overweldigende respons van lezers van de Nederlandse edities heeft ook geleid tot een Engelstalige uitgave onder de titel 'Drinking water Principles and Practices', die internationaal als 'Bestseller' is ontvangen (uitgegeven in april 2006 bij World Scientific, Singapore). Hierin is een addendum opgenomen met de specifieke kenmerken van de Nederlandse drinkwatervoorziening. Dit kan gezien worden als een spoedcursus 'Drinkwater voor beginners'.

Doordat de tweede druk van de Nederlandse uitgave uitverkocht was, is deze derde herziene druk gemaakt. Deze druk is synchroon met de Engelse uitgave.

ir. P.J. (Peter) de Moel  
 dr.ir. J.Q.J.C. (Jasper) Verberk  
 prof.ir. J.C. (Hans) van Dijk

augustus 2012



---

# Inhoud

<b>Drinkwater en gezondheidstechniek</b>	11
Gezondheidstechniek	11
<b>Drinkwater in Nederland</b>	41
Amsterdam	41
Drinkwaterbedrijven	91
Planning en ontwerp	123
Financiën	161
<b>Technische facetten drinkwater</b>	195
Waternverbruik	195
Waterkwaliteit	221
Grondwater	263
Oppervlaktewater	323
Distributie	381
<b>Addendum</b>	409
Drinkwater en Nederland	411
Drinkwater en Delft	421
Drinkwater en opleiding	425
Dankzegging	427
Register	429

## Gedetailleerde inhoudsopgave (per module)

### Drinkwater en gezondheidstechniek

---

<b>Gezondheidstechniek</b>	<b>11</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	12
1. Inleiding	13
2. Wat is gezondheidstechniek?	13
3. Historie gezondheidstechniek	16
4. Volksgezondheid	26
5. Gezondheidstechniek wereldwijd	30
Literatuur en websites	38
Vragen en opgaven	39
Antwoorden	40

### Drinkwater in Nederland

---

<b>Amsterdam</b>	<b>41</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	42
1. Inleiding	43
2. Nederland	44
3. Amsterdam	46
4. Ontwikkelingen in waterverbruik en distributie	57
5. Ontwikkelingen in drinkwaterproductie	65
6. Ontwikkelingen als onderneming	83
Literatuur en websites	87
Vragen en opgaven	88
Antwoorden	89
<b>Drinkwaterbedrijven</b>	<b>91</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	92
1. Inleiding	93
2. Technische opzet van de drinkwatervoorziening	93
3. Productie	94
4. Distributie	107
5. Capaciteit	112
6. Organisatie	115
Literatuur en websites	118
Vragen en opgaven	119
Antwoorden	120

<b>Planning en ontwerp</b>	<b>123</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	124
1. Inleiding	125
2. Planproces openbare watervoorziening	125
3. Ontwerpen binnen de levenscyclus van infrastructuur	128
4. Wetten, vergunningen en normen	140
5. Het ontwerpproces in de praktijk	145
Literatuur en websites	156
Vragen en opgaven	157
Antwoorden	158
<b>Financiën</b>	<b>161</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	162
1. Inleiding	163
2. Waterleidingbedrijf als onderneming	163
3. Investeringskosten	172
4. Exploitatiekosten	181
5. Kostenvergelijking alternatieven	187
Literatuur en websites	190
Vragen en opgaven	191
Antwoorden	193
<b>Technische facetten drinkwater</b>	
<b>Waterverbruik</b>	<b>195</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	196
1. Inleiding	197
2. Jaarverbruik	198
3. Kwaliteitseisen voor gebruik	208
4. Fluctuaties in verbruik	208
5. Voorspelling van verbruik	211
Literatuur en websites	215
Vragen en opgaven	216
Antwoorden	218
<b>Waterkwaliteit</b>	<b>221</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	222
1. Inleiding	223
2. Water op aarde	223
3. Water - fysisch, chemisch	233

4. Gezondheid en de kwaliteit van drinkwater	244
5. Wetgeving drinkwaterkwaliteit in Nederland	249
6. Waterkwaliteit voor andere toepassingen	256
Literatuur en websites	258
Vragen en opgaven	259
Antwoorden	261
<b>Grondwater</b>	<b>263</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	264
1. Inleiding	265
2. Grondwater in de natuurlijke omgeving	265
3. Winning van grondwater	267
4. Zuivering van grondwater	280
5. Zuivering van oevergrondwater	309
6. Wetgeving grondwater in Nederland	315
Literatuur en websites	316
Vragen en opgaven	317
Antwoorden	319
<b>Oppervlaktewater</b>	<b>323</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	324
1. Inleiding	325
2. Oppervlaktewater in de 'natuurlijke' omgeving	325
3. Winning van oppervlaktewater	328
4. Rechtstreekse productie uit oppervlaktewater	331
5. Productie uit oppervlaktewater via infiltratie	366
6. Wetgeving oppervlaktewater in Nederland	373
Literatuur en websites	374
Vragen en opgaven	375
Antwoorden	377
<b>Distributie</b>	<b>381</b>
Afbakening, indeling, leerdoelen	382
1. Inleiding	383
2. Onderdelen distributiesysteem	384
3. Transport	385
4. Opslag	394
5. Distributie	397
6. Drinkwaterinstallaties	403
Literatuur en websites	404
Vragen en opgaven	405
Antwoorden	406





**ADDENDUM**

**Drinkwater en Nederland**

**Drinkwater en Delft**

**Drinkwater en opleiding**

**Dankzegging**

**Register**





## Drinkwater en Nederland

### Vragen van studenten

Buitenlandse studenten stellen ons telkens dezelfde vraag:

**“Waarom is het voor ons nuttig om de Nederlandse drinkwatervoorziening te bestuderen?”**

Meestal geven wij het volgende antwoord:

“Nederland heeft de beste drinkwatervoorziening van de wereld, waarmee je niet alleen de meest geavanceerde en moderne technieken leert, maar ook de ervaringen die in 150 jaar tot deze toppositie hebben geleid, inclusief de successen en de fouten”.



**150 jaar geschiedenis**  
**Focus op de volksgezondheid**  
**100% dekking**  
**Regionale leveringsgebieden**  
**Particuliere bedrijven**  
**Publiek eigendom**  
**Samenwerking in onderzoek**

**Waakhond van het milieu**  
**Beschermde bronnen**  
**Veilig grondwater**  
**Kunstmatig grondwater**  
**Meerdere barrières**

**Geen chloor**  
**Geen hard water**  
**Geen fluoride**  
**Geen pesticiden**  
**Geen thuisfilters**  
**Geen flessenwater**  
**Geen lekkage**  
**Geen watersverspilling**

Meestal komen de studenten daarna met de tweede vraag:

**“Kunt u in een paar woorden uitleggen wat de infrastructuur zo speciaal maakt en daarmee de moeite waard om te bestuderen?”**

Hiervoor geven we meestal de volgende uitleg:

“Tussen 1853 en 1970 is iedereen in Nederland aangesloten op het openbare drinkwaternet. De volksgezondheid was hierbij de centrale drijfveer. Het was de belangrijkste reden voor het aanleggen van openbare drinkwatersystemen in het hele land, ook naar de meest afgelegen huizen. De zorg voor de volksgezondheid heeft de hoogste prioriteit binnen de Nederlandse drinkwatercultuur, hetgeen blijkt uit de technische infrastructuur, maar ook uit institutioneel en juridisch beleid.

Als gevolg van de Waterleidingwet van 1957 zijn vele kleine drinkwaterbedrijven gefuseerd tot grotere regionale bedrijven. Nu (2012) hebben we 10 private drinkwaterbedrijven waarvan de aandelen in eigendom zijn van gemeenten en/of provincies. Hierdoor ligt de aandacht nog steeds op de volksgezondheid. De huidige situatie kan gekenmerkt worden door de primaire aandacht voor de volksgezondheid en de voortdurende zorg voor een hoge kwaliteit. We kunnen onder meer trots zijn op de volgende resultaten: de uitgebreide samenwerking in het onderzoek, het gebruik van veilig grondwater van hoge kwaliteit, het gebruik van kunstmatig grondwater, het gebruik van oppervlaktewater met ‘meervoudige barrières’, de ontwikkeling van waterzuivering zonder chloor, het ontharden van drinkwater en de zeer geringe lekkage in het distributiesysteem.

De hoge kwaliteit van het Nederlandse leidingwater heeft geresulteerd in enkele opmerkelijke ontwikkelingen. Voorbeelden hiervan zijn de lage verkoopcijfers van flessenwater, de vele waterbesparende maatregelen (in een land met een overvloed aan water), en het verbod op fluoride in drinkwater. Al deze feiten tonen de waardering van het Nederlandse volk voor hun kraanwater.”

Met dit antwoord raken de studenten geïnteresseerd. Maar moderne studenten geloven niet blindelings wat de hoogleraren hen vertellen, dus is soms hun volgende vraag:

**“Kunt u me laten zien dat al deze zaken onderbouwd zijn? Met feiten en getallen?”**

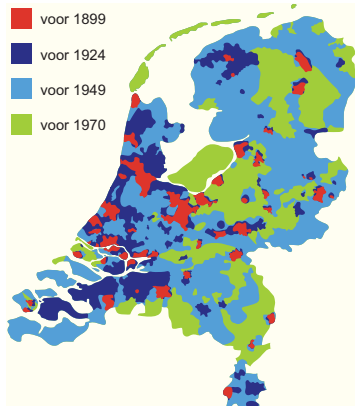
Dan pakken we onze boeken en rapporten en laten het volgende zien:

**Volledige dekking heeft 100 jaar geduurd ...**

De centrale drinkwatervoorziening is begonnen in Nederland in 1853 toen het Amsterdamse drinkwatersysteem gebouwd is. Tussen 1874 (met Rotterdam en Den Haag) en 1920 kwamen er drinkwatersystemen in alle Nederlandse steden, met overheids- dan wel private drinkwaterbedrijven. Daarmee werd 48% van de bevolking voorzien via drinkwaterleidingen.

Periode	Focus
1853-1920	Steden
1921-1950	Dorpen
1951-1970	Afgelegen gebieden

*Introductie van leidingwater*

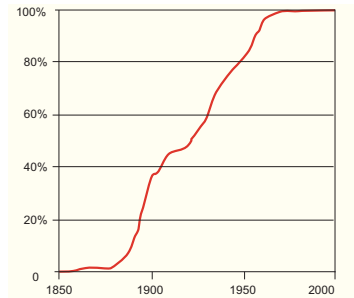


*Gebieden met leidingwater(VEWIN)*

Tussen 1920 (Noord Holland) en 1950 werden regionale drinkwaterbedrijven opgericht die de dorpen voorzagen van drinkwater. Daarmee was 82% van de totale bevolking aangesloten op een drinkwaternet.

Tussen 1950 en 1970 kregen deze regionale drinkwaterbedrijven steun van de landelijke overheid om de kosten voor de aansluitingen in verafgelegen gebieden te dragen, waarmee een dekking van 99% van de huizen werd bereikt

Dit heeft ertoe geleid dat de meeste huisaansluitingen zijn gemaakt in nieuwbouwgebieden.



*Huizen waar leidingwater wordt geleverd (VEWIN)*

Tegenwoordig hebben alle huizen een aansluiting, waarme 16,7 miljoen inwoners worden voorzien van drinkwater.

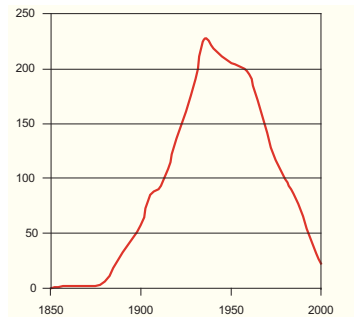
**... en de samenvoeging tot regionale bedrijven heeft 50 jaar geduurd.**

De stedelijke drinkwatersystemen werden afzonderlijk ontwikkeld door verschillende particuliere en gemeentelijke bedrijven. In 1910 waren er 90 drinkwaterbedrijven, waarvan ongeveer 55% in particulier eigendom, en ongeveer 45% in eigendom van een gemeente.

Het aantal drinkwaterbedrijven bereikte zijn maximum in 1938 toen 228 (meestal gemeentelijke) drinkwaterbedrijven actief waren.

In 1957 werd de (eerste) Waterleidingwet aangenomen door het Nederlandse parlement, welke tot 2011 nog verschillende keren is aangepast. Een van de belangrijkste doelen was om de drinkwatersector te versterken door de kleine gemeentelijke bedrijven samen te voegen tot provinciale drinkwaterbedrijven. Hierdoor is het aantal drinkwaterbedrijven verminderd tot 10 (2012).

In 2011 trad de nieuwe Drinkwaterwet in werking, waarin onder meer het overheids eigendom van de drinkwaterbedrijven wettelijk is verankerd.



*Het aantal drinkwaterbedrijven. Eerst lokaal en klein, daarna gefuseerd tot enkele grote bedrijven (VEWIN)*

### Volksgezondheid als drijfveer ...

In het 'Rapport aan den Koning' van 1868 wordt gesteld dat een goede drinkwatervoorziening noodzakelijk is om de volksgezondheid te verbeteren en dat de landelijke overheid de ontwikkeling van gemeentelijke en particuliere drinkwaterbedrijven moet aanmoedigen en de drinkwaterkwaliteit moet controleren.

Om cholera epidemieën te voorkomen is een goede drinkwatervoorziening vereist in stedelijke gebieden. Om tyfus te bestrijden moeten ook de landelijke gebieden voorzien worden van veilig drinkwater.

Sinds 1999 is bovendien bekend dat Legionellose veroorzaakt kan worden door aerosolen uit warmwatersystemen.

Gedurende de laatste 50 jaar is het milieu meer en meer vervuild geraakt waardoor er meer eisen aan de drinkwaterkwaliteit gesteld moesten worden, die meer geavanceerde zuiveringstechnieken noodzakelijk maakten.

Jaarlijks rapporteert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) aan het parlement over de drinkwaterkwaliteit in Nederland.

### ... private bedrijven in eigendom van de overheid ...

Alle Nederlandse drinkwaterbedrijven (op Amsterdam na) zijn private bedrijven waarbij de aandelen in eigendom zijn van gemeentes en/of provincies. Deze bedrijven worden volledig autonoom en bedrijfsmatig bestuurd maar worden gecontroleerd door hun publieke aandeelhouders.

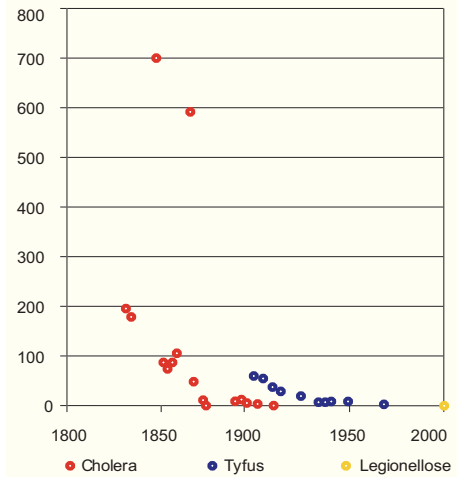
De bedrijven zijn volledig kostendekkend zonder enige gemeentelijke of overheids-subsidies.

De bedrijven opereren, voor wat betreft hun drinkwateronderdeel, zonder winstoogmerk en keren daarvoor dan ook geen dividend uit aan hun aandeelhouders.

De stad Amsterdam wordt voorzien van drinkwater door de stichting Waternet die min of meer op dezelfde wijze functioneert.

In de negentiger jaren werd, binnen de Europese doctrine voor privatisering van nutsbedrijven, het eigendom van drinkwaterbedrijven bediscussieerd.

In 1999 besloot de Nederlandse regering tenslotte dat drinkwaterbedrijven in handen moeten blijven van de overheid vanwege de belangrijke rol die drinkwaterbedrijven spelen bij de volksgezondheid en het milieubeheer.



Sterfte per 100.000 inwoners in Nederland als gevolg van drinkwater gerelateerde ziektes (RIVM)



Van 225 in 1938 tot 10 waterbedrijven in 2012 (TU Delft)

### ... gezamenlijke inspanning in onderzoek en publieke voorlichting ...

De gezamenlijke aandacht voor de volksgezondheid en de afwezigheid van commerciële competitie was en is, een gezonde basis voor intensieve samenwerking tussen de drinkwaterbedrijven. Zo'n samenwerking past bovendien binnen de eeuwenoude Nederlandse traditie in de gezamenlijke strijd tegen het overstromingsgevaar. Daarnaast waren en zijn de korte reisafstanden in Nederland gunstig voor de informatie-uitwisseling.

In 1899 werd de Vereniging voor Waterleidingbelangen Nederland (VWN) opgericht als een persoonsvereniging. Het is de oudste vereniging op drinkwatergebied in Nederland, die na honderd jaar koninklijk werd (KVWN). De KVWN was de moeder van organisaties zoals VEWIN, Kiwa, Wateropleidingen, Aqua for All en andere.



Uit de KVWN en de Nederlandse Vereniging voor Waterbeheer (NVA) is per 1 januari 2009 het Koninklijk Nederlands Waternetwerk (KNW) ontstaan, met ongeveer 4.000 leden.



Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) is verantwoordelijk voor het Nederlandse drinkwater.



IenM schakelt het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in voor onderzoek met betrekking tot de volksgezondheid, alsmede voor de (onafhankelijke) kwaliteitscontrole van drinkwater ter toetsing van de uitgebreide kwaliteitsbewaking van de drinkwaterbedrijven.

IenM en RIVM werken hierbij nauw samen met de drinkwatersector.

De 'Vereniging van waterbedrijven in Nederland' (VEWIN) is de vereniging van alle drinkwaterbedrijven in Nederland.



VEWIN is sinds haar oprichting in 1952, de woordvoerder van de drinkwaterbedrijven, bij zowel de Nederlandse als de Europese overheid.

VEWIN heeft 25 medewerkers en heeft een jaarlijks budget van meer dan € 5 miljoen.



De drinkwaterbedrijven in Nederland richtten in 1948 het Keurings Instituut voor Waterleiding Artikelen (KIWA) op voor kwaliteitscontrole van alle artikelen die gerelateerd zijn aan drinkwater (leidingen, meters, enz.). In 2005 is dit een zelfstandige organisatie geworden voor certificering op velerlei terrein in meerdere landen in Europa.

Vanuit KIWA is KWR Watercycle Research Institute ontstaan die het gezamenlijke onderzoeksprogramma uitvoert zoals het is gedefinieerd door de drinkwaterbedrijven (circa € 6 miljoen per jaar). In dit onderzoek werkt KWR samen met TU Delft en ook met nationale en internationale partners inclusief Unesco-IHE, AWWARF, UKWIR, TZW, CRC, Veolia en Ondeo.

### ... en open informatie naar het publiek

De Nederlandse drinkwaterbedrijven onderhouden een open communicatie met het publiek. Alle drinkwaterbedrijven publiceren jaarverslagen met technische en financiële informatie. De Drinkwaterstatistieken geven jaarlijks kwalitatieve informatie over alle Nederlandse drinkwaterbedrijven (sinds 1902). RIVM rapporteert jaarlijks de drinkwaterkwaliteit (sinds 1992).

De efficiëntie van de drinkwaterbedrijven wordt openbaar geëvalueerd in de VEWIN benchmark (iedere 3 jaar).



### Veilig natuurlijk grondwater als het beschikbaar is ...

Grondwater is de voorkeurbron voor de productie van drinkwater in Nederland.

Het opgepompte grondwater is vrij van pathogene micro-organismen, en daardoor direct bruikbaar zonder desinfectie. Bovendien heeft het een constante en goede kwaliteit en een constante aangename temperatuur.

Grondwater wordt in Nederland onttrokken in waterwin-gebieden binnen grondwaterbeschermingsgebieden waarvoor strenge regels aan het bodemgebruik worden gesteld. Terreinen in de directe nabijheid van de winputten zijn eigendom van de drinkwaterbedrijven.

Het duurt 25 tot 100 jaar voordat water van buiten een beschermingsgebied aankomt bij de winputten.

Deze grote gebieden (in totaal 1.500 km<sup>2</sup>, 4,4% van het land in Nederland) geven een adequate bescherming en een lange responstijd voor mogelijke verontreiniging van het grondwater.

Bron	Aantal locaties	Winning (miljoen m <sup>3</sup> )
Grondwater (natuurlijk)	192	709
Kunstmatig grondwater (oeverfiltratie)	12	61
Kunstmatig grondwater (duininfiltratie)	7	214
Oppervlaktewater (reservoirs)	7	293
Totaal	218	1.277

Verskillende bronnen voor drinkwaterproductie in Nederland in het jaar 2004 (VEWIN/RIVM 2004)

### ... of kunstmatig grondwater ...

De beschikbare hoeveelheid grondwater is onvoldoende voor de totaal benodigde hoeveelheid drinkwater. Daardoor wordt de beschikbaarheid vergroot door oppervlaktewater, na voorzuivering, te infiltreren in de duinen aan de Noordzeekust en in de bodem langs de grote rivieren. Op deze manier wordt oppervlaktewater omgezet in 'kunstmatig grondwater', waarmee de eerder genoemde voordelen van grondwater worden verkregen (veilig, constant en betrouwbaar).

Ongeveer 20% van het Nederlandse drinkwater komt van



Infiltratievijvers in de duinen langs de Noordzeekust bij Den Haag

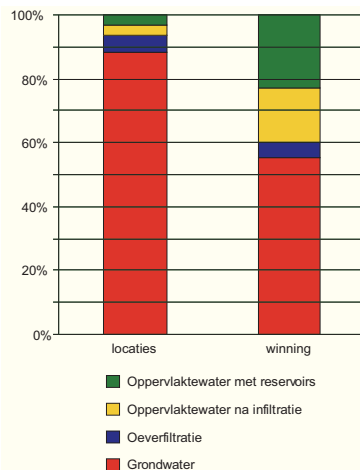
kunstmatig grondwater dat onttrokken is in de duinen.

De infiltratie van voorgezuiverd oppervlaktewater in

de bodem is uniek in de wereld. Dit systeem maakt het mogelijk om een tienvoudige hoeveelheid uit hetzelfde onttrekkingsgebied te produceren dan met alleen natuurlijk grondwater. De bodempassage vormt een natuurlijk filter voor pathogene micro-organismen, leidt tot een constante waterkwaliteit en temperatuur, en voorziet in een grote voorraad waarmee 'gifgolven' in de rivier overbrugd kunnen worden.



Op meer dan 30-40 km vanaf de kust is er zoet grondwater beschikbaar voor de productie van drinkwater (RIVM 2010)



Bijna 80% van het Nederlandse drinkwater is afkomstig uit het grondwater (en kunstmatig grondwater) (VEWIN/RIVM 2004)

In mindere mate wordt kunstmatig grondwater gebruikt langs de rivieren (oeverfiltratie). Dit systeem wordt veel gebruikt in Duitsland, waar de Rijn oevers een grotere doorlatendheid hebben.

Oeverinfiltratie vanuit een bekken is hierbij een moderne variant. Dit combineert de eenvoud van oeverfiltratie met de voordelen van een reservoir voor de overbrugging van innamestops ten gevolge van 'gifgolven'.



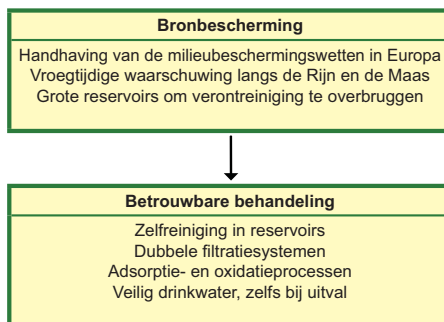
Oeverinfiltratie met een bekken, een voormalige grind-groeve in de buurt van de Maas (WML 2004)

### ... en oppervlaktewater met 'meervoudige barrières' ...

Ongeveer 25% van het drinkwater in Nederland wordt direct geproduceerd vanuit oppervlaktewater.

De afgelopen decennia zijn deze systemen van eenvoudige tot zeer complexe systemen uitgegroeid ten einde de toegenomen verontreiniging in de rivieren het hoofd te bieden.

Op dit moment zijn de rivieren Rijn en Maas van uitgebreide alarmsystemen voorzien met kwaliteitsbewaking op meerdere plaatsen. Bij gifgolven wordt de inname in bekken onderbroken.



Meervoudige barrières in de productie van drinkwater uit oppervlaktewater



Drie waterreservoirs in Nationaal Park De Biesbosch

Het belangrijkste reservoirsysteem in Nederland is gelegen in het Nationaal Park De Biesbosch. De drie grote reservoirs voorzien in een verblijftijd van enkele maanden, en opslag voor meer dan een maand om toevloeronderbrekingen te kunnen opvangen.

Dit systeem is de bron van veilig drinkwater voor meer dan 1,5 miljoen mensen in Rotterdam en omliggende regio's.

### ... met uitgebreide zuiveringssystemen

De zuivering van oppervlaktewater in Nederland bevat altijd minimaal een tweevoudige filtratie (dubbelvoudige filtratie en actief-koolfiltratie). Het water wordt gedesinfecteerd met ozon, waterstofperoxide en/of UV-straling.

De Nederlandse drinkwater is vrij van pesticiden en is laag in organische stof en nutriënten.

De behandeling is zo uitgebreid dat het water biologisch stabiel is. Daardoor is geen chloor nodig voor de distributie.



UV voor desinfectie in Andijk (PWN 2005)

### Veilig water zonder chloor ...

Chloor wordt niet meer voor desinfectie van drinkwater gebruikt in Nederland. Wereldwijd wordt hiervoor chloor nog steeds veruit het meest gebruikt. In 1974 ontdekte Joop Rook, een chemicus bij het drinkwaterbedrijf van Rotterdam, dat gebruik van chloor leidt tot de vorming van trihalomethanen die een negatieve invloed hebben op de volksgezondheid.

Meteen na deze ontdekking werd het gebruik van chloor gereduceerd tot een minimum. Bestaande zuiveringsinstallaties werden gewijzigd en sinds 2005 wordt chloor op geen enkel drinkwaterproductiebedrijf meer gebruikt voor desinfectie.

Alternatieve desinfectiemethoden zijn ontwikkeld en verbeterd, zoals ozon en UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-systemen.



*Chloor wordt niet meer gebruikt voor het desinfecteren van drinkwater in Nederland*

Om bacteriologische activiteit in het distributiesysteem te voorkomen, produceren de Nederlandse drinkwaterbedrijven drinkwater met een zeer laag gehalte assimileerbaar organisch kool (AOC), en beperken ze de verblijftijd bij de distributie naar de afnemers.

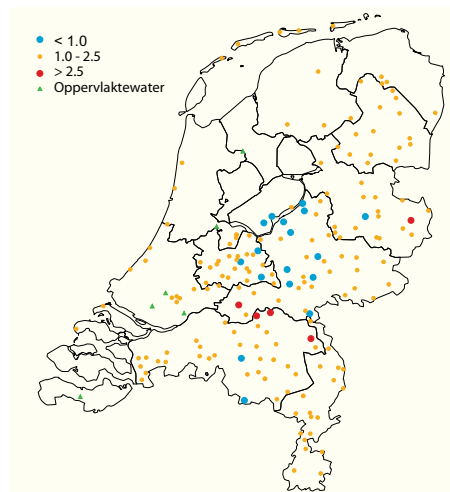
Er is sinds 1950 geen enkele uitbraak van ziekte geweest in Nederland die een verband heeft met drinkwater.

### ... met een zeer lage hardheid ...

Nederland is het enige land in de wereld waarbij de kwaliteitsnormen voor drinkwater vereisten dat er zacht water wordt geleverd (bovengrens van 2,5 mmol/l totale hardheid). Om deze norm te bereiken staan op heel veel productielocaties onthardingsinstallaties.

Dit komt voort uit de duidelijke voordelen van een lage hardheid voor de volksgezondheid en het milieu, gecombineerd met comfort en lagere kosten voor de gebruikers.

Het merendeel van het Nederlandse drinkwater wordt onthard, door kristallisatie in korrelreactoren of in reservoirs, door membraanfiltratie, of door het mengen van hard water met zacht water vanuit een andere locatie. Het overige deel bestaat uit drinkwater dat van nature al zacht is.



*Ontharden is ook gepland voor de maar weinig overgebleven locaties met een totale hardheid van meer dan 2,5 mmol/l (RIVM 2010)*

Volksgezondheid	Milieu	Comfort	Economie
Minder lood, koper en zink Geen risicovolle thuisfilters	Minder fosfaat Minder afvalwater uit huizen Minder metalen in afvalwaterslib	Meer schuim tijdens douchen Betere smaak Beter uiterlijk (thee) Minder kalkafzettingen in heet water	Besparing op waspoeder Besparing op thuisfilters Besparing door schaalvergroting Lagere algemene kosten

*De voordelen van onthard drinkwater worden opgenomen in het Nederlandse Waterleidingbesluit*

**... en zonder fluoride ...**

Rond 1960 onderzochten drinkwaterbedrijven de mogelijkheid van het doseren van fluoride in drinkwater, ten einde de tandheelkundige zorg te verbeteren. Vele Noord-Amerikaanse en Australische drinkwaterbedrijven fluorideren hun drinkwater. Zij melden dat deze actie effectief is tegen tandbederf en propageren de lage kosten. Rond 2000 krijgt ongeveer twee derde van de Amerikaanse bevolking gefluorideerd drinkwater. Deze fluoridering wordt niet volledig geaccepteerd door de bevolking.

In 1974 keurde de Nederlandse bevolking het doseren van fluor in het drinkwater af. De voornaamste reden hiervoor was dat het gezien werd als het door de overheid toevoegen van 'medicijnen' in het drinkwater.

Caries (tandbederf) wordt in Nederland voorkomen door het gebruik van tandpasta met fluoride, en door goed ontwikkelde tandheelkundige zorg, die voor kinderen gratis is.



*Nederlandse bevolking weigert het gebruik van fluoride in drinkwater*

**... voorkomt het gebruik van thuisfilters ...**

Thuisfilters zijn min of meer standaard in keukens en huizen in Noord-Amerika en Australië.

Vanwege de zeer goede kwaliteit van het Nederlandse drinkwater komen thuisfilters in Nederland nauwelijks of niet voor.

Het gebruik van thuisfilters wordt beschouwd als oneconomisch voor gebruikers en heeft ook nadelen voor de volksgezondheid en het milieu.

De Nederlandse drinkwaterwereld beschouwt het toepassen van thuisfilters als een oplossing voor een gebrekkige drinkwaterzuivering, of voor situaties waarbij het voorzien van veilig drinkwater technisch en economisch niet haalbaar is.



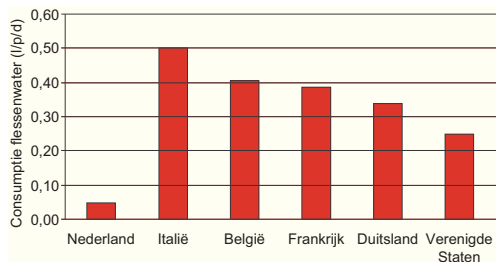
*Nederlandse bevolking drinkt water rechtstreeks uit de kraan*

**... en resulteert in een zeer laag verbruik van flessenwater.**

Flessenwater wordt veel gebruikt in andere Europese landen, in de Verenigde Staten en in Australië.

Het publieke vertrouwen in de goede kwaliteit van drinkwater in Nederland kan ook afgelezen worden aan het zeer lage verbruik van flessenwater.

Flessenwater wordt beschouwd als duur en onvriendelijk voor het milieu.



*Consumptie flessenwater (Bottled water reporter 2005/VEWIN 2006)*



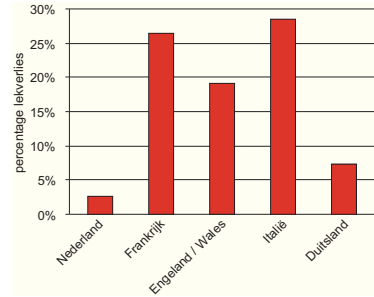
### Geen lekverlies ...

Het lekverlies in het distributiesysteem van de Nederlandse drinkwaterbedrijven is heel laag.

Dit is ten dele bereikt door het gebruik van materialen van hoge kwaliteit (gecertificeerd door Kiwa) en zorgvuldig toezicht gedurende de aanleg en reparatie. Ook wordt er onmiddellijk gereageerd bij elk incident en worden oude leidingen tijdig vervangen.

In de volledig bemeten Nederlandse drinkwatersystemen wordt de niet-betaalde hoeveelheid drinkwater gemeten als 4,6% van de productie.

Uit dit getal kan het lekverlies of 'daadwerkelijke verliezen' zoals dit in vele andere landen wordt genoemd, geschat worden op ca. 2,5%. De rest van de niet-betaalde hoeveelheid bestaat uit drinkwater dat wordt gebruikt voor spuien van distributieleidingen en voor de brandweer. Illegaal aftappen van drinkwater komt nauwelijks voor.



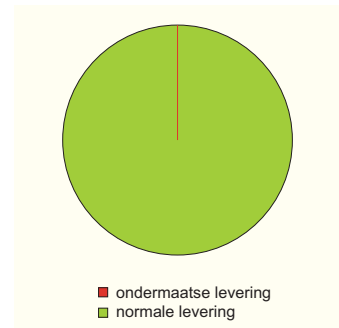
*Kleinste hoeveelheid lekverlies ter wereld (DGW 2006, VEWIN 2004).*

### ... betrouwbare leveringssystemen ...

De Nederlandse drinkwaterbedrijven hebben als wettelijke verplichting een ononderbroken levering aan hun klanten, 24 uur per dag, 7 dagen per week. In werkelijkheid kan dit doel niet geheel worden bereikt, ten dele door gepland onderhoud in het distributiesysteem (spuien) en ten dele door ongeplande storingen.

De gemiddelde leveringszekerheid van de Nederlandse drinkwaterbedrijven is 99,9932%. Dit betekent dat iedere aansluiting gemiddeld 36 minuten per jaar geen of onvoldoende drinkwater krijgt ('ondermaatse leveringsminuten').

Ongeveer 40% van deze onderbrekingen zijn gepland, en tevoren aan de klanten gemeld.



*Drinkwater is 99,9932% van de tijd beschikbaar (TU Delft 2005)*

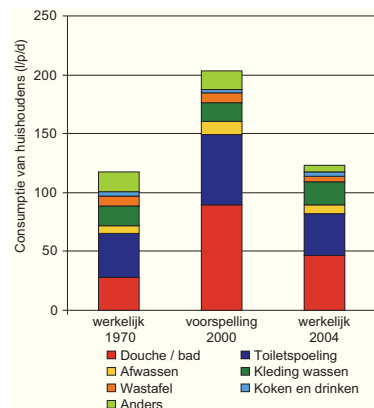
### ... en indrukwekkende waterbesparing

Huishoudens verbruiken ongeveer 65% van de totale productie van de Nederlandse drinkwaterbedrijven.

In 1970 was dit verbruik ca. 117 l/p/d (liter per persoon per dag). Vanwege het toenemende verbruik van water werd voorspeld dat dit verbruik zou toenemen tot boven de 200 l/p/d in het jaar 2000.

De toename van het waterverbruik werd omgebogen en is nu zelfs afgenomen, vanwege de introductie van waterbesparende accessoires, die ondersteund werden door uitgebreide publieke voorlichting. Belangrijke nieuwe ontwikkelingen zijn waterbesparende toiletten, wasmachines, vaatwasmachines en douches.

Tegenwoordig is het waterverbruik (120 l/p/d) bijna hetzelfde als in 1970 en het blijft nog afnemen nadat het zijn top heeft bereikt in 1990 (140 l/p/d).



*Waterbesparing in huishoudens (Vakantiecursus 1973, VEWIN 2004)*



## Drinkwater en Delft

### Delft

Delft is de waterkennisstad van Nederland. TU Delft en UNESCO-IHE zijn technische universiteiten met uitstekende reputaties en beiden trekken nationale en internationale studenten aan. Andere internationaal bekende waterinstituten in Delft (en omgeving) zijn Deltares, het Netherlands Water Partnership (NWP), de International Water Association (IWA) en het International Water and Sanitation Centre (IRC).

UNESCO-IHE  
Institute for Water Education



TU Delft  
Delft University of Technology

IWA  
International Water Association

Deltares  
Enabling Delta Life

NWP  
Netherlands Water Partnership

### TU Delft

In 1937 startte de 'Faculteit Weg- en Waterbouwkunde van de Technische Hoogeschool te Delft' een 'Cursus in Gezondheidstechniek' waarmee de openbare drinkwatervoorziening zijn academische basis kreeg. De toekomstige ingenieurs werden opgeleid in de fundamentele aspecten van de infrastructuur van drinkwater onder supervisie van de heer W.F.J.M. Krul, directeur van het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening (RID). In 1947 werd hij de eerste hoogleraar in de drinkwatervoorziening in Nederland. In die begintijd werd dit vakgebied meer beschouwd als kunst (weten hoe) dan als wetenschap (weten waarom).



Het 1<sup>o</sup> college (1937)



Prof. Krul  
(1947-1964)



Prof. Huisman  
(1964-1984)

In de loop van de jaren is het begrip en besef duidelijk verbeterd. Professor Huisman ontwikkelde de wetenschappelijke basis voor de drinkwatervoorziening en zijn collegedictaten over grondwaterwinning, kunstmatige infiltratie, sedimentatie, snelle- en langzame zandfiltratie werden internationale klassiekers en worden vandaag de dag nog gebruikt.

In 1984 volgde Professor Kop hem op. Hij introduceerde de milieuaspecten van drinkwaterbereiding in de opleiding.

Tussen 1990 en 2010 moderniseerde Professor van Dijk de opleiding en hij stimuleerde het onderzoek naar en de modellering van geavanceerde technologieën die nodig zijn om een hoge kwaliteit drinkwater te produceren. Bovendien heeft hij een nauwe samenwerking tussen de TU Delft en de Nederlandse drinkwaterbedrijven en de waterindustrie bewerkstelligd. Tussen 2001 en 2007 was hij tevens wetenschappelijk directeur van Kiwa Water Research.



Bij intrede van Prof. van Dijk

## Opleiding

TU Delft biedt verscheidene aan water gerelateerde opleidingen aan, op meerdere faculteiten. Binnen het BSc programma van Civiele Techniek, krijgen studenten een introductie in hydrologie, waterbeheer en gezondheidstechniek (drinkwater, riolering, afvalwaterbehandeling).



Faculteit van Civiele Techniek en Geowetenschappen

In het Engelstalige MSc programma kunnen studenten kiezen voor gespecialiseerde programma's in hydrologie, waterbeheer, drinkwater, riolering, en afvalwaterbehandeling. Binnen deze beide programma's worden diverse



Veldpracticum in Luxemburg



Excursie naar de infiltratie in de duinen



Kroonprins Willem Alexander als gastdocent

vakken gegeven voor ontwerp en onderzoek van infrastructuur voor de drinkwatervoorziening, inclusief grond- en oppervlaktewaterwinning, waterbehandeling en -distributie, met praktische toepassingen en ontwerp oefeningen.



Studenten voor collegezaal

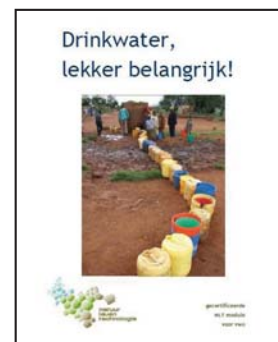
MSc studenten zijn afkomstig uit diverse BSc opleidingen in Nederland, Europa en daarbuiten. De opleiding wordt ook aangeboden aan werknemers van waterbedrijven die in deeltijd hun MSc kunnen halen. Alle vakken in de MSc opleiding worden ook als online afstandsonderwijs aangeboden, waarbij een aantal praktische onderdelen en excursies tijdens korte verblijven in Delft worden gedaan. Certificaten van deze vakken kunnen worden gebruikt voor vrijstellingen binnen de volledige MSc opleiding.



Practicum in het lab

De vakken worden gegeven door hoogleraren en academici (post-docs) die werkzaam zijn binnen de universiteit, maar ook door diverse gastdocenten, zoals de Nederlandse kroonprins Willem Alexander.

Voor het bètavak Natuur, Leven en Technologie (HAVO/ VWO) is met hulp van de leerstoel Drinkwater de lesmodule 'Drinkwater – lekker belangrijk' ontwikkeld.



Drinkwater voor HAVO/VWO

## Onderzoek

De primaire aandacht van het onderzoek bij de TU Delft op drinkwater gebied ligt op het leveren van hoge kwaliteit drinkwater. Uitdagingen voor onderzoek zijn:

- optimaliseren van bestaande infrastructuur (door modelleren en verbeterde bedrijfsvoering)
- ontwikkelen van nieuwe geavanceerde technologieën (zoals membraanfiltratie, UV-desinfectie) om de drinkwaterkwaliteit te verbeteren en om nieuwe bedreigingen zoals Legionellose, medicijnresten en hormoonverstorende stoffen het hoofd te bieden
- ontwikkelen van een geïntegreerde benadering voor het ontwerp en de bedrijfsvoering binnen de waterketen (drinkwater, riolering, afvalwaterbehandeling) als één geheel.

Medio 2012 zijn er in Delft meer dan 20 lopende promotie (PhD) projecten op het gebied van de drinkwatervoorziening. De PhD projecten worden uitgevoerd in nauwe samenwerking met partners binnen de watersector. Nagenoeg alle projecten worden gefinancierd door deze partners waardoor de projecten verzekerd zijn van goede voorbereiding en ondersteuning. Experimenteel onderzoek wordt voornamelijk uitgevoerd in drinkwaterbedrijven en de resultaten worden onmiddellijk toegepast door deze drinkwaterbedrijven. Dit biedt een zeer stimulerende omgeving voor de PhD-studenten.



Onderzoek in het laboratorium van TU Delft



Onderzoek met een profinstallatie

Onze onderzoekers organiseren regelmatig workshops, congressen en colloquia. De resultaten van het onderzoek worden gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften en worden gepresenteerd bij wetenschappelijke congressen, maar ook in Nederlandse tijdschriften.

Het onderzoek is primair gericht op de drinkwatersector en afgestemd op het onderzoeksprogramma van de bedrijfstak zelf (BTO), maar wordt uitgevoerd in een internationaal kader en in samenwerking met buitenlandse universiteiten. De drinkwater onderzoeksgroep is actief betrokken in verscheidene Europese onderzoeksprojecten. De meest voorkomende zwaartepunten binnen deze onderzoeksprojecten zijn:

- identificeren van nieuwe opkomende stoffen (pesticiden, medicijnresten) en organismes in de bronnen voor de drinkwatervoorziening, en de zuiveringsprocessen om deze stoffen en organismes te verwijderen
- het zoeken naar nieuwe bronnen voor de drinkwatervoorziening (zeewater, brak grondwater, gezuiverd afvalwater) en de daarbij behorende zuiveringsprocessen
- definiëren van biologische en chemische stabiliteit van drinkwater om kwaliteitverslechtering te voorkomen in het distributiesysteem en in huisinstallaties (Legionella, metaaloplossend vermogen, kalkafzettingen, corrosie)
- het handhaven van een goede drinkwaterkwaliteit in het distributiesysteem
- het vergroten van het gebruikscomfort voor de gebruikers (vermindere van kalkafzettingen, verbeteren van kleur en smaak).



Promotie van Jasper Verberk (2005)

## Vakantiecursus

Ieder jaar organiseert TU Delft een symposium voor de Nederlandse waterwereld, onder de naam 'Vakantiecursus'. Dit symposium werd voor het eerst onder deze naam georganiseerd in 1948. Professor Krul vond het namelijk zonde om de collegezalen niet te gebruiken gedurende de vakantieperiode. Daarom organiseerde hij een cursus voor de alumni van de universiteit en ingenieurs, wetenschappers en directeurs van de drinkwaterbedrijven om ze bij te scholen in de laatste ontwikkelingen op het gebied van drinkwater. Vanaf het 2e jaar tot op heden wordt deze Vakantiecursus aan het einde van de Kerstvakantie gehouden.



Volle collegezaal (jaarlijks, sinds 1948)



Prof. van Dijk tijdens zijn jaarlijkse "state of the union"



Tweejaarlijkse Gijs Oskam Award voor de beste MSc-thesis

Vanaf 1966 wordt er ook een jaarlijkse Vakantiecursus in afvalwaterbehandeling georganiseerd, later aangevuld met riolering. Vanaf 2001 worden de Vakantiecursussen als gezamenlijk programma georganiseerd.



In de gang tijdens de nieuwjaarsreceptie

De inhoud van de Vakantiecursus in drinkwatervoorziening is over de jaren duidelijk veranderd: van het uitwisselen van technische ervaringen in drinkwater naar wetenschap, milieu, politiek en management.



Koffie geserveerd door studenten

Over de jaren heen heeft de Vakantiecursus zich ontwikkeld tot *het* toonaangevende Nederlandse congres op drinkwatergebied. Omdat de Vakantiecursus gepland wordt op de tweede Vrijdag van het jaar, wordt het ook gebruikt als een Nieuwjaarsbijeenkomst voor de Nederlandse waterwereld. Dit voorziet in de mogelijkheid om terug te zien op de hoogtepunten als-

mede de dieptepunten van het afgelopen jaar, ten einde van onze fouten te leren en te bouwen aan verbeteringen in het komende jaar.

Elk jaar nemen 400-500 waterdeskundigen deel aan de Vakantiecursus en luisteren naar presentaties door nationale en internationale deskundigen, zoals Don Bursil (CRC WQ&T, Australia), Wolfgang Kuhn (TZW, Duitsland), Jim Manwaring (AWWARF, USA) en Fred Hauchmann (EPA, USA).



Zowel leren als lachen tegelijkertijd

## Drinkwater en opleiding

### Opleiding

Bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven en de direct daarmee verbonden waterindustrie zijn ongeveer 10.000 mensen werkzaam. Dit betekent dat er per jaar zo'n 500 mensen in deze bedrijfstak instromen en daarmee ook opgeleid moeten worden. Deze opleidingen worden voor een belangrijk deel verzorgd door het reguliere Nederlandse onderwijs (VBO, MBO, HBO, universiteiten). Daarnaast vragen de veranderingen in techniek en organisatie om vergroting van kennis en vaardigheden van mensen in deze bedrijfstak. Hiervoor zijn er leermogelijkheden binnen de drinkwaterbedrijven zelf, maar worden ook ook opleidingen en cursussen verzorgd door gespecialiseerde instituten voor bij- en nascholing zoals *Wateropleidingen* en PAO.

### Wateropleidingen

Binnen de drinkwatersector leidt *Wateropleidingen* jaarlijks honderden professionals op. De focus ligt voornamelijk op de productie en distributie van drinkwater.

In de opleidingen en cursussen wordt ingespeeld op de huidige ontwikkelingen in de drinkwaterwereld, bedrijfsvoering, bedrijfsprocessen en de toekomst van drinkwaterbedrijven. Concreet kan gedacht worden aan onderwerpen als zuiveringstechnieken, legionelapreventie en het ontwerpen van leidingnetten.

De opleidingen en cursussen richten zich op de verschillende doelgroepen en taken/functies binnen de drinkwatersector. Het niveau varieert van VMBO tot en met HBO en WO. Alle (freelance) docenten zijn als professional in de watersector werkzaam.

Het opleidingsaanbod van *Wateropleidingen* is zo afgestemd, dat professionals in de watersector gedurende hun hele loopbaan kunnen groeien. *Wateropleidingen* is een organisatie zonder winstoogmerk, die zonder subsidies kostendekkend opereert.



*Drinkwaterbedrijven geven veel ruimte voor opleiding van medewerkers*



*Praktische opleidingen, met diploma's op diverse gebieden en niveaus*



*Diploma-uitreiking*

## Buitenland

Sinds 2003 is *Water*opleidingen ook in het buitenland actief. Onder de naam World Water Academy organiseert *Water*opleidingen in ontwikkelings- en transitielanden zoals Zuid-Afrika, Vietnam, Indonesië en in Europa waterscholing, training en capacity building.



In Vietnam is een Business Management Training ontwikkeld en georganiseerd voor de directies van drinkwaterbedrijven op het gebied van financieel management, HRM, kwaliteit en asset management. Voor de Nederlandse Antillen is een compleet programma ontwikkeld om de kennis en vaardigheden van lokale medewerkers van drinkwaterbedrijven te verbeteren.

In Indonesië zijn bij de Technische Universiteit Bandung (ITB) in samenwerking met TU Delft docenten en onderzoekers opgeleid in het

geven van drinkwateronderwijs en praktijktrainingen, en zijn cursussen ontwikkeld voor en gegeven aan MSc studenten, professionals en bedrijfsvoerders.

Daarnaast zijn er 'Train-de-trainer' trajecten uitgevoerd voor professionals van waterbedrijven in Indonesië, Vietnam en Zuid-Afrika. En zijn er korte cursussen gegeven over onder meer lekverliezen, zuiveringsprocessen, optimalisatie en distributie. De Nederlandse drinkwaterbedrijven leveren voor deze opleidingen doorgaans de didactisch getrainde docenten.

Nederlandse drinkwaterbedrijven, ingenieursbureau's, leveranciers en aannemers geven ook trainingen in het buitenland binnen hun projecten, die in vele gevallen ondersteund worden door de Nederlandse overheid. Ook hierbij wordt *Water*opleidingen veelvuldig ingeschakeld. Voor al deze opleidingen neemt de Nederlandse expertise een belangrijke plaats in, aangevuld met de lokale kennis, praktijk en ervaring.





## Dankzegging

### Achtergrond

De introductie van de Bachelor/Master structuur in 2002, om de opleidingen binnen alle Europese universiteiten af te stemmen, vereiste een aanpassing van het curriculum van de opleiding Civiele Techniek van de TU Delft. De Bachelor basisopleiding is ontworpen om een breed overzicht te geven, enerzijds met basiswetenschappen als wiskunde, maar anderzijds ook de praktische uitvoering. Omdat drinkwatervoorzieningen in de praktijk veel verschillen vertonen, zelfs binnen de westerse landen, besloot de faculteit om Nederlandse ervaringen te gebruiken als een voorbeeld. Dit goed ontwikkelde en succesvolle kader maakt het eenvoudiger voor studenten om situaties in andere landen te bestuderen, elk met hun eigen culturele en politieke verschillen.

Daarnaast werd besloten om de studenten niet alleen te onderwijzen in de theoretische principes van de hedendaagse drinkwatervoorziening maar om ook diverse oplossingen in de praktijk te tonen. Voor de gehele opzet werd gekozen voor een tiental lesmodules die elk ook als zelfstandige eenheid aangeboden kunnen worden, dan wel opgenomen kunnen worden in soortgelijke opleidingsprogramma's.

### Ondersteuning

De samenstelling van deze onderwijsmodules in dit boek komt voort uit een lange historie van de drinkwateropleiding binnen TU Delft, met een betrokkenheid van vele mensen

De ervaringen en gezichtspunten van de Nederlandse drinkwatersector zijn zeer uitgebreid gebruikt bij de voorbereiding van dit boek. VEWIN, Kiwa, KWR en de Nederlandse drinkwaterbedrijven hebben royaal foto's en illustraties ter beschikbaar gesteld. Ook is veel gebruik gemaakt van materiaal afkomstig uit DHV projecten.

In bijzonder willen wij de volgende bedrijven danken voor hun enthousiaste samenwerking en hun bereidwilligheid om foto's en illustraties beschikbaar te stellen :

- Waterbedrijf Groningen
- Waterleidingmaatschappij Drenthe
- Vitens
- PWN Waterleidingbedrijf Noord Holland
- Waternet
- Dunea
- Oasen
- Evides
- Brabant Water
- Waterleiding Maatschappij Limburg
- VEWIN
- Kiwa/KWR
- Royal HaskoningDHV.



*Vele drinkwaterbedrijven die hebben bijgestaan met informatie en foto's*

De auteurs willen van harte hun dankbaarheid uitspreken voor deze uitstekende samenwerking en melden hierbij aan hun lezers dat de eigendomsrechten van deze foto's in het bezit blijven van de betrokken bedrijven. Een speciaal woord van dank is gericht aan Kiwa en in bijzonder Ron van Megen voor ondersteuning bij het publiceren van dit manuscript. Dit boek is oorspronkelijk opgezet in de Nederlandse taal. De overweldigende respons van lezers heeft niet alleen geresulteerd in een tweede, uitgebreide editie, maar heeft ook geleid tot een meer uitgebreide Engelstalige uitgave ('Drinking water: Principles and Practices'), die internationaal als 'Bestseller' is ontvangen. Deze derde editie van de Nederlandse editie is synchroon met de Engelse uitgave.

Wij ontvingen waardevolle commentaren van de volgende personen:

- |                                |                           |                                  |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| - M. den Blanken (PWN)         | - E. Hulshof (WML)        | - P. Mense (Oasen)               |
| - C. Bruggink (Vitens)         | - P. Jonker (Dunea)       | - M. Mons (KWR)                  |
| - R. Campen (DHV)              | - P. Kamp (PWN)           | - W. van Paassen (Brabant Water) |
| - M. Gast (Waternet)           | - J. Koelink (WGroningen) | - T. Schmitz (VEWIN)             |
| - P. Hesselink (Kiwa)          | - J. Kop (TU Delft)       | - R. Schuurmans (Waternet)       |
| - J.P. van der Hoek (Waternet) | - H. de Kraa (Evides)     | - G. Vogelesang (Evides)         |
| - K. Hoogsteen (WMD)           | - H. van Lieverloo (KWR)  | - F. van der Willigen (WML)      |
| - Th. van den Hoven (KWR)      | - R. van Megen (KWR)      | - J. van Winkelen (Vitens)       |

### Productie team

Met teksten, plaatjes en illustraties is er nog geen boek. Zonder de inzet van vele enthousiaste mensen zouden wij nooit geslaagd zijn in het verwerken van al deze stukken tot een professioneel product.

Voor de technische realisatie van het manuscript willen wij alle medewerkers en studenten danken die geholpen hebben tijdens de voorbereiding, in het bijzonder Eefje Ooms (layout en samenstelling), Bertus van Woerden (illustraties), Simon Frans de Vries (illustraties), Adele Sanders (Engelse vertaling en bewerking), Robin van der Have (layout), en Martijn Klootwijk (materialen verzameling).

### Auteurs

Peter de Moel (1954) werkt sinds 1979 in de drinkwater sector. Binnen Kiwa Water Research (1979-1980) publiceerde hij over waterchemie, coagulatie en ontwateren van drinkwater slib.

Binnen DHV (1980-2000) ontwierp hij drinkwatervoorzieningen voor alle drinkwaterbedrijven in Nederland, en voor bedrijven en organisaties in meer dan 20 landen wereldwijd. Zijn patenten (membraanfiltratie) zijn toegepast in complete installaties. Sinds 2000 werkt hij voor zijn eigen ICT-bedrijf en is hij deeltijd-docent bij TU Delft. Hierin is hij zeer actief met OpenCourseWare en Distance Learning.



Peter de Moel



Jasper Verberk

Jasper Verberk (1970) begon zijn loopbaan bij de TU Delft als een docent en onderzoeker in 1996.

In 2005 rondde hij zijn promotieonderzoek af met als onderwerp 'de toepassing van lucht in membraanfiltratie'. Van 2005 tot 2006 deed hij onderzoek bij het Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment in Adelaide, Australië. Daarna kwam hij weer in dienst bij de TU Delft als 'associate professor'. In 2012 tradt hij dienst bij Evides als Hoofd Strategie.

Hans van Dijk (1954) is een drinkwater deskundige met een levenslange ervaring op het gebied van drinkwaterzuivering. Van 1990 tot 2011 was hij de verantwoordelijke hoogleraar in de drinkwatervoorziening bij de TU Delft. In 1991 kreeg hij de IWA Maarten Schalenkamp Award voor zijn werk in de ontwikkeling van korrelreactoren voor zacht drinkwater.

Tussen 2001 en 2007 was Hans van Dijk ook de wetenschappelijke directeur voor Kiwa Water Research. Van 2004 tot 2011 was professor Hans van Dijk tevens de voorzitter van de afdeling Watermanagement bij de TU Delft.

Tegenwoordig begeleidt hij als emeritus hoogleraar nog een aantal PhD studenten, en is hij commissaris bij het drinkwaterbedrijf Oasen.



Hans van Dijk

## Register

### A

Aanbeveling VEWIN	143	Bedrijfsvergelijking	171
Aandelen	84	Bedrijfsvoering	139
Aanjagers	392	Bedrijfsvoeringskosten	86, 189
Aanlegdiepte	273	Bedvolumina	314
Aanschafwaarde	167	Beerput	24
Aansluittarief	169	Behoeftedekking	127, 147, 214
Aarde	223	Bekkens	102, 341
Aciditeit	240	Beleidsplan	126
Actief-koolfiltratie	75, 313, 364	België	30
Activiteit(-encoëfficiënt)	236	Bellenbeluchting	290
Administratieve beheerskosten	187	Beluchting	74, 285, 300
Adsorptie	313, 364	Benchmark	164
Aerob water	280	Bentazon	333, 372
Afleverdruk	110	Beschermingsplan	142
Afschrijving	166, 183	Bestek	136
Afschrijvingstermijn	166, 188	Bethunepolder	78
Afvalwaterbehandeling	15	Bevolking	46
Afvlakking	208, 349	Bewakingsparameters	255
Agressief water	242, 282	Bezinking	81, 353
Algen	230, 343	Bezinsnelheid	353
Alkaliteit	240	Bier	233
Ammonium	294	Bierbrouwers	51
Amstel	50	Biesbosch	341, 342
Amsterdam	41	Bijkomende kosten	174
Amsterdam-Rijnkanaal	79	Biochemische afbraak	343
Anaëroob water	283, 284	Biologisch zuurstofverbruik (BZV)	343
Analysebekken	341	Blokdiagram	148
Ander water	206	Bodembescherming (wet)	373
Annuiteit	183	Boekwaarde	167
Anorganische stoffen	228	Boorgat	277
Appendages	393, 402	Bouw	155
Aquaduct	17	Bouwkosten	174
Architectuur	153	Bouwplan	131
Artesis water	266	Bovenkarspel	29
Atoommassa	235	Brandblussing	402
		Breekpuntchlorering	332
		Broad Street	29
		Bromaat	333
		Broncaptering	267
		Bronnen	94
		Buiktyfus	28
		<b>C</b>	
		Californië	31
		Capaciteit	81, 112
		Capaciteitsuitbreiding	214

### B

Bacteriën	232
Balans	165
Balansmethode	394
Bangladesh	35
Base	301
Basecapaciteit	240
Bedrijfskosten (specifieke)	187
Bedrijfsplan	127
Bedrijfstechnische parameters	253

### C

Californië	31
Capaciteit	81, 112
Capaciteitsuitbreiding	214

Captering	267	Drinkwaterbedrijven	91
Carrier (National Water Carrier)	36	Drinkwaterinstallatie	111, 403
Cascadebeluchting	288	Drinkwaterreservoir	396
Chemicaliënkosten	186	Drinkwatervoorziening	14
Chemisch	233	Droogfiltratie	299
Chloor	333, 364	Droogrest	229
Cholera	27	Druk	238, 399
Circulatiekoeling	201	Drukfiltratie	299
Cloaca Maxima	19	Druklijn	388
Coagulatie	81, 351	Drukzones	400
Collectief net	404	Dubbel leidingnet	59, 86
Colloïdale deeltjes	226	Duinen	370
Colorado	37	Duinwater-Maatschappij	53
Compressorbeluchting	290	Duitsland	117
Concentratie	234	<b>E</b>	
Concessies	83	Economische snelheid	389
Conditioneren	242, 281	Electriciteitscentrales	199
Constructie	153	Energiekosten	185
Contacttijd (schijnbaar)	315	Engeland	117
Contract	131, 135	Esthetische parameters	253
Cryptosporidium	333	Eutroof	330
<b>D</b>		Evenwichtsreactie	242
Deelstroom	305	Exploitatiekosten	181
Definitief ontwerp	134, 155	Extrapolatie	212
Definitie-fase	130	<b>F</b>	
Desinfectie(bijproducten)	333, 363	Fasering	188
Detailontwerp	135, 155	Filterbed	297
Dichtheid	234	Filtermateriaal	297
Dienstaansluiting	402	Filtratie	292
Diepe winning	68	Filtratieproces	296
Diepinfiltratie	367	Financien	161
Dierlijke organismen	231	Financiering	85
Directe zuivering	101	Flessenwater	245
Directievoering	138	Flotatie	356
Dissociatie	240	Fluctuaties	62, 208
Distributie	83, 107, 381, 397	Frankrijk	117
Distributieleidingen	111, 398	Freatisch water	266
Distributienet	109	Frontinus	18
Distributiepompen	401	FTU	227
Distributiereservoirs	60	Fysisch	233
Doorstroomkoeling	199	<b>G</b>	
Draineerleidingen	272	Garantiemeting	139
Drempelwaarde	246	Gasoverdracht	287
Drijvende stoffen	227		
Drink- en industriewatervoorziening	126		

Gassen	238	Infiltratie	69, 106, 366, 370
Geboorde putten	275	Inflatie	188
Gebruiksdoelen	208	Inhoud berging	394
Gegraven putten	273	Initiatief	128
Geleidbaarheid	229	Innamestops	106
Gemeente	127	Inrichtingskosten	174
Gemeentebedrijf	84	Integrale kostprijs	188
Gemeentewaterleidingen	55	Intredesnelheid	273
Geslagen putten	273	Intrekgebied	279
Gespoten putten	275	Inventarisatie	130
Gesuspendeerde stoffen	226	Investeringskosten	128, 166
Gezondheid	244	Investeringskosten	172, 178, 189
Gezondheidskundige parameters	252	Ionen(balans)	236
Gezondheidstechniek	11	Ionenproduct	239
Gietwater	257	Ionensterkte	236
Grachtenwater	57	Israël	35
Grindomstorting	272	<b>J</b>	
Grofrooster	350	Jaarcapaciteit	113
Grondkosten	174	Jaarverbruik	197
Grondwater	96, 263	Jaarverslag	164
Grondwaterbeschermingsgebied	316	<b>K</b>	
Grondwaterwet	315	Kaderrichtlijn	249
<b>H</b>		Kalk	241, 306
H <sub>2</sub> S	294	Kalkafzettend	242
Hardheid	243	Kalkagressief	242
Heffingen	184	Kalk-koolzuur evenwicht	241
Heilzaam water	244	Kanalen	326
Henry (wet van)	238	Kapitaalslasten	182
Historie	16	Kentallen	171
Hoogreservoir	397	Ketelvoedingwater	202, 257
Horizontale winning	269	Kiwa	116
Huishoudelijk verbruik	62, 172, 204	Klein zakelijk verbruik	205
Huishoudwater	206, 256	Klein- en grootverbruik	171
Hydraulische lijnschema	151	Koelwater	199, 256
Hydrologie	46	Koloniale periode	50
Hydrologische kringloop	223, 265	Kolonie vormende eenheden (KVE)	232
<b>I</b>		Koolzuur	240
Identificatie-fase	129	Korrelreactor	306
IJzer	293	Kosten	62
IJzeren voorraad	395	Kostenvergelijking	187
Indexering	175	Kroosrek	350
Industrie	202	KVWN	116
Industriewater	59	Kwaliteit	208
Industrieel verbruik	205		

Kwaliteitseisen	256	Milwaukee	333
Kwaliteitsparameters	95	Mineraalwater	244
Kwaliteitsverklaring Kiwa	145	Molaire atoommassa	235
<b>L</b>		Molaliteit	235
Lamellenbezinking	356	Molariteit	235
Landverlies	44	Monopolie	163
Langzame zandfiltratie	75, 82, 360	Monsterplaatsen	256
Leges	175	<b>N</b>	
Legionella	29, 232	Namibië	33
Leiding- en instrumentatieschema	153	Nanofiltratie	307
Leidingkarakteristiek	391, 401	Natronloog	304
Leidingmaterialen	111	Natuurbeheer	71
Leidingnet	61	Nauwkeurigheid	133
Leiduin	65	Nazuivering	372
Lesotho	32	Netto contante waarde	187
Levenscyclus	128	Nitrobacter	294
Levering	203	Nitrosomonas	294
Leveringspunt	403	No observed adverse effect level (NOAEL)	246
Leveringszekerheid	392, 398	Nooddrinkwater	403
Libië	37	Normen	141
Liernur	24	<b>O</b>	
Lineariteit	183	Oeverfiltraat	310
Loosdrechte plassen	77	Oeverfiltratie	100
Los Angeles	31	Oevergrondwater	100, 309
Lucht-water verhouding (RQ)	287	Omzet	115
<b>M</b>		Omzetbelasting (BTW)	175
Mali	33	Onderdelen drinkwatervoorziening	94
Mangaan	295	Ondergrond	45, 393
Marmerfiltratie	282, 302	Onderhoudskosten	186
Materiaal (leiding)	392	Onderneming	163
Maximum dag	114	Ondiepe winning	67
Maximum uur	114	Ondoorlatende basis	267
Meetfrequentie	256	Ontgassing	285
Membraanfiltratie	365	Ontharding	75, 82, 243, 282, 304
Mengbekken	341	Ontijzering	293
Menging	345	Ontwerp	123, 132
Meren	327	Ontwerpcapaciteit	112
Merwedekanaal	77	Ontwerpdocumenten	133
Methaan	293	Ontwerpproces	145
m-getal	241	Ontwerptekening	152
Microzeef	350	Ontzuring	301
Middeleeuwen	20	Onvoorzien	175
Milieubeheer (wet)	373	Open infiltratie	366
Milieueffectrapport (MER)	315	Opgeloste stoffen	226

Oplevering	139	Protozoa	232
Oplosbaarheidsproduct	241	Provincie	127, 251
Oppervlaktebelasting	354	Publieke invloed	84
Oppervlaktewater	323	Putbeluchting	290
Opslag	108, 394	Puttenveld	279
Opstart	139, 155		
Opvoerhoogte	389	<b>R</b>	
Opwarming	199, 226	Radiale putten	278
Organisatie	115	Rechtstreekse productie	331
Organische stoffen	229	Redox-reacties	243
Organoleptische parameters	253	Reductie	244
Overheid	86, 250	Regenwater	21, 57
Overheidstoezicht	164	Reinwaterreservoir	75, 83, 108
Oxidatie	244, 365	Rente	182
Ozon	333, 363	Richtlijn nutssector	137
Ozonisatie	74, 81	Riolering	15
		Risiconiveau	247
<b>P</b>		River (man-made-river)	38
Partiële druk	238	Rivieren	45, 328
Pathogenen	231, 248	Romeinen	17
Patronen	209	Roosters	350
Percussieboren	276	Rotoryboren	276
PFD	151		
p-getal	240	<b>S</b>	
pH	239	Sandoz	311
PI&D	155	Saturatie-idex (SI)	242
Piekfactoren	210	Schaalfactor	177
Plaatbeluchting	291	Schadelijke stoffen	249
Planning	123	Schetsontwerp	131, 150
Planproces	125	Signaleringsparameters	255
Plantaardige stoffen	230	Slibverwerking	365
Poederkool	365	Sloop	140
Poepton	24	Snelfiltratie	74, 81, 357
Polders	331	Snow, John	28
Pompenenergie	389	Sommatie	213, 395
Prijsindexcijfer	175	Spaarbekken	341
Prijspeil	175	Specifiek waterverbruik	198
Private onderneming	83	Spoelwater	202, 257, 298
Procesbekken	81, 334, 341	Spoelwaterverwerking	308
Processchema	151	Spui	201
Proceswater	202	Standpijpen	58
Productie	94	Stoffen in water	226
Productielocaties	96	Stratificatie	344
Programma van eisen	130	Structuurschema	126
Projectvorm	136	Stuwmeren	327, 331
Propstroming	345	Suppletie	200, 397

<b>T</b>			
Tappunt	209	Vertakt net	397
Tariefbepaling	168	Vertikale winning	271
Technische opzet	93	Vertragsingsverlies	387
Technologische vernieuwingen	87	Vervangingsreserve	182
Terugwinning	45	VEWIN	117
Tienjarenplan	126	Virussen	232
Tijdshorizon	211	Viscositeit	234
Tijdschema	150		
Toezicht	139	Vlaanderen	118
Tolerable Daily Intake (TDI)	246	Vlekkenplan	149
Torenbeluchting	291	Vlokkendekenfilter	352
Traditionele zuivering	333	Vlokvorming	352
Transport	75, 385	VOC	48
Transportleidingen	81, 108	Volksgezondheid	26
Trendanalyse	214	Vorbereidings en begeleidingskosten	174
Trihalomethanen	333	Vooronderzoek	146
Troebelheid	227	Voorontwerp	133, 150
		Voorraadbekken	333
<b>U</b>		Voorspelling	211
Uitvoering	137	Voorstudie	129
Unitair	184	Voorzieningsgebied	87
Uurcapaciteit	114	Voorzuivering	73, 368
UV-desinfectie	315	VROM inspectie	116, 250
<b>V</b>		<b>W</b>	
Valentie	235	Waswater	202
Vaste kosten	182	Waterhuishouding (wet)	373
Vecht	76	Waterketenbedrijf	86
Venturibeluchting	290	Waterkwaliteit	221
Veranderbaarheid	133	Waterleggers	57
Verbruikpatroon	110	Waterleidingbedrijven	115
Verbruiksgoederen	185	Waterleidingbesluit	251
Verbruikskosten	185	Waterleidingwet	256, 373
Verbruikstarief	169	Watermeters	63
Verdelingscoëfficiënt	238	Waternet Amsterdam	55
Verenigde Staten	118	Waterschappen	251
Vergunningen	140	Waterschuiten	57
Verhang	388	Waterstofsulfide	294
Vermaasd net	397	Watertorens	110, 402
Vermogen	115	Watervalbeluchting	288
Verontreinigingen	225	Waterverbruik	195, 207
Verpakt water	244	Weesperkarspel	75
Versch-Water Sociëteit	52	Wenen	268
Versproeiing	287	Wereldwijd	30



Wetgeving	116, 249
- grondwater	315
- oppervlaktewater	373
WIC	49
Windhoek	33
Winning	
- grondwater	267
- oppervlaktewater	328
Winstafdracht	85
Winst- en verliesrekening	164
Wrijvingsverlies	386
WVO	225

**Z**

Zeeën	44, 328
Zelfreiniging	345
Zeven	350
Zuid-Afrika	32
Zuiverheid water	233
Zuivering grondwater	281
Zuiveringsschema	148
Zuur-base	238
Zuurcapaciteit	240
Zuurproductie	295
Zuurstof	243, 295





# Drinkwater

Principes en praktijk



Dit unieke boekwerk geeft een overzicht van alle belangrijke aspecten van een moderne drinkwatervoorziening, in de West-Europese context.

Het behandelt niet alleen de theoretische principes, maar geeft ook de historische achtergrond en praktische aspecten van ontwerp en bedrijfsvoering, wetgeving, planning en financiering van de drinkwatervoorziening binnen haar sociale en economische contouren.

De principes en praktijk worden geïllustreerd aan de hand van ervaringen in Nederland. De Nederlandse drinkwatervoorziening staat bekend om haar systemen met meervoudige barrières en om haar hoogwaardige technische normen. Het Nederlandse drinkwater is van hoge kwaliteit en bevat geen chloor. Als gevolg van hiervan drinken Nederlanders water uit de kraan en is het niet nodig om flessenwater of thuisfilters te kopen met hun nadelen op de nationale economie, de volksgezondheid en het milieu. Dit illustratieve overzicht kan gebruikt worden als referentie voor andere landen en regio's.

Drinkwater Principes en praktijk biedt:

- het best geïllustreerde leerboek over drinkwatervoorziening, geschreven door internationaal erkende deskundigen
- 10 afzonderlijke modules voor cursussen op maat en voor zelfstudie, aangevuld met vragen en antwoorden
- achtergronden over kwaliteit, verbruik, productie en distributie van drinkwater
- het collegedictaat van een vooraanstaande technische universiteit op het gebied van de drinkwatervoorziening.



*Water Management*  
Academic Press

ISBN 978-90-8957028-4

