Introductie in Energie- & Industriesystemen

TB141E – Hoorcollege 6 – Drink- en afvalwater

Prof. dr. ir. Margot P.C. Weijnen

Werkcollege energie- en industrieketens

Voorbereiding:

- Zie http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?werkcollege-ketens
- Maak een zo volledig en duidelijk mogelijk ketendiagram waarin de energiestromen van personenvervoer met een 'pluggable hybrid' tot uitdrukking komen.

World Water Day: 22 maart 2014

Foto CC SA BY: umweltsministerium.hessen.de

World Water Day 2014

- Water en energievoorziening zijn nauw met elkaar verbonden
- Veel vormen van elektriciteitsopwekking zijn water-intensief, ihb waterkracht, nucleaire en fossiel gestookte elektriciteitscentrales
- Circa 8% van de wereldwijd opgewekte elektriciteit wordt gebruikt voor watervoorziening: oppompen, waterzuivering, transport en distributie

World Water Day 2014

- Hygiënisch betrouwbaar drinkwater en veilige afvalwaterverwijdering en –behandeling zijn belangrijke voorwaarden voor bescherming van de volksgezondheid

- De realiteit anno 2014:
  - 768 mln mensen hebben geen toegang tot veilig en betrouwbaar drinkwater
  - Eén op de drie mensen moet het stellen zonder veilige afvalwaterverwijdering
  - Circa 1,5 miljard mensen heeft geen toegang tot elektriciteit

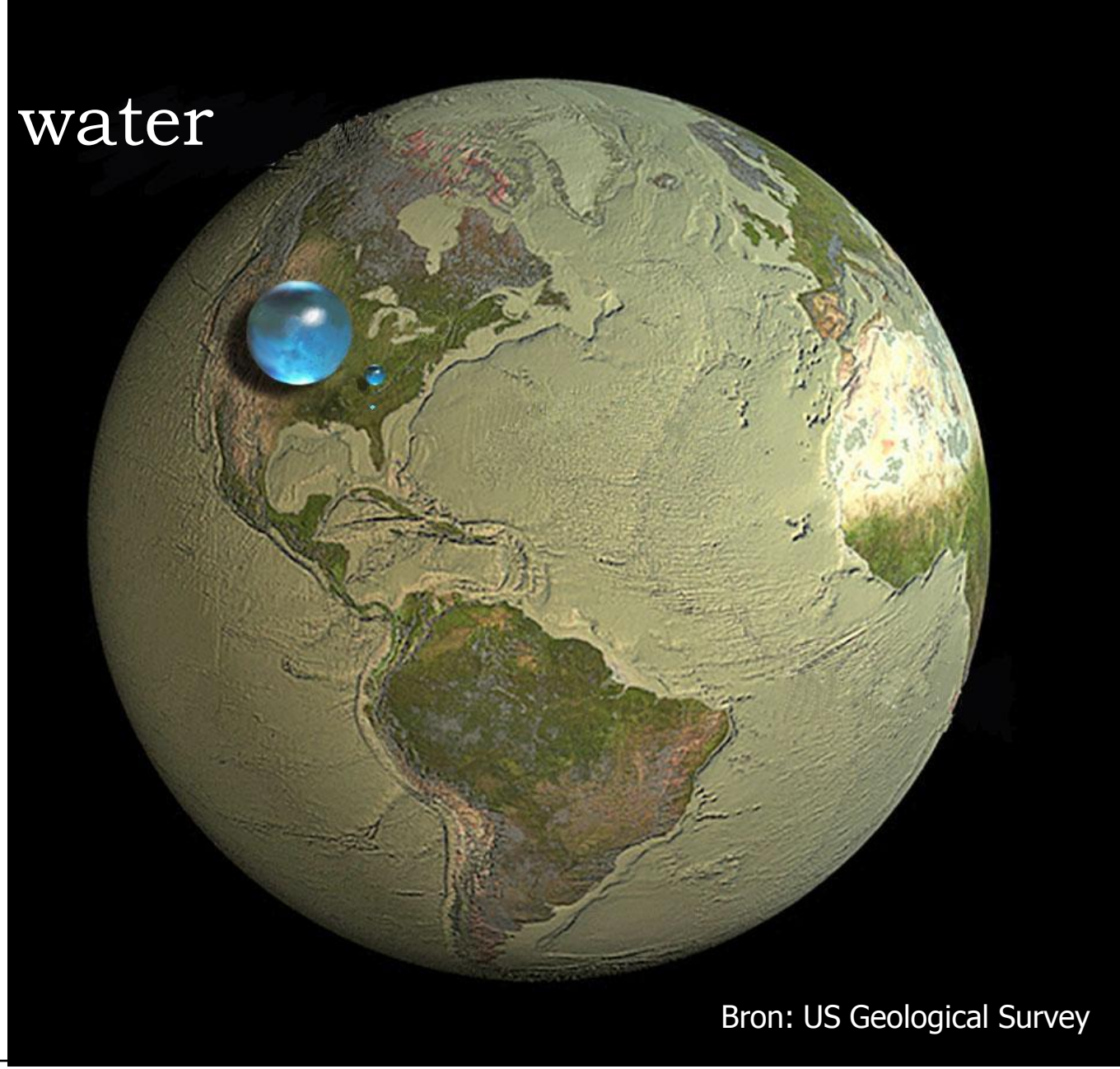
Een blauwe planeet ….

Opname vanuit de Apollo 17
(bron: NASA)

Dankzij water

Bubble diameters:

1385 km
272,8 km
56,2 km



Bron: US Geological Survey

Foto CC SA BY: Jack Cook

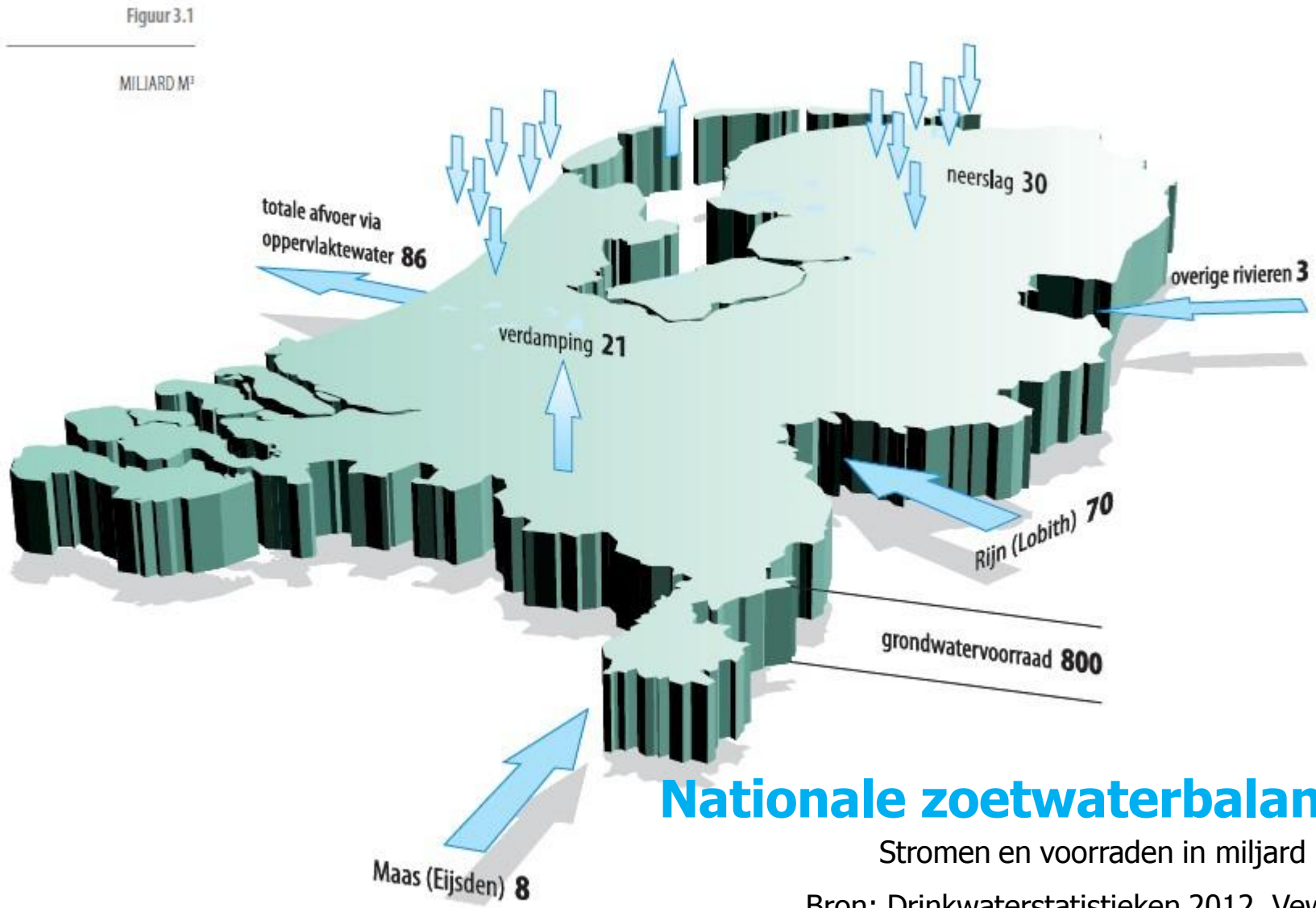
Waar komt het water op aarde vandaan?

- Gangbare theorie: het water is afkomstig van inslaande ijsmeteorieten en ijskometen – om de hoeveelheid water op aarde te verklaren moeten dat zo'n miljoen inslagen zijn geweest.
- Water wordt in de ruimte gevormd door botsingen van waterstofatomen met bevroren zuurstofatomen en -moleculen, zie: http://www.wetenschap24.nl/nieuws/artikelen/2013/mei/Waar-het-water-vandaan-komt.html
- Zwavelbacteriën kunnen uit waterstofsulfide en kooldioxide water hebben gevormd volgens de reactie: $4\ H_2S + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2\ H_2O + 4\ S$
- Sinds kort zijn er aanwijzingen (ringwoodiet in een 5 mm diamantje) dat er heel diep in de aardkorst (op ca. 600 km diepte) nog grote hoeveelheden water aanwezig zouden kunnen zijn, zie: http://www.nature.com/news/tiny-diamond-impurity-reveals-water-riches-of-deep-earth-1.14862 (12 maart 2014)

Foto CC SA BY: mining.com

Water oogsten uit mist

Foto CC SA BY: fogquest.org



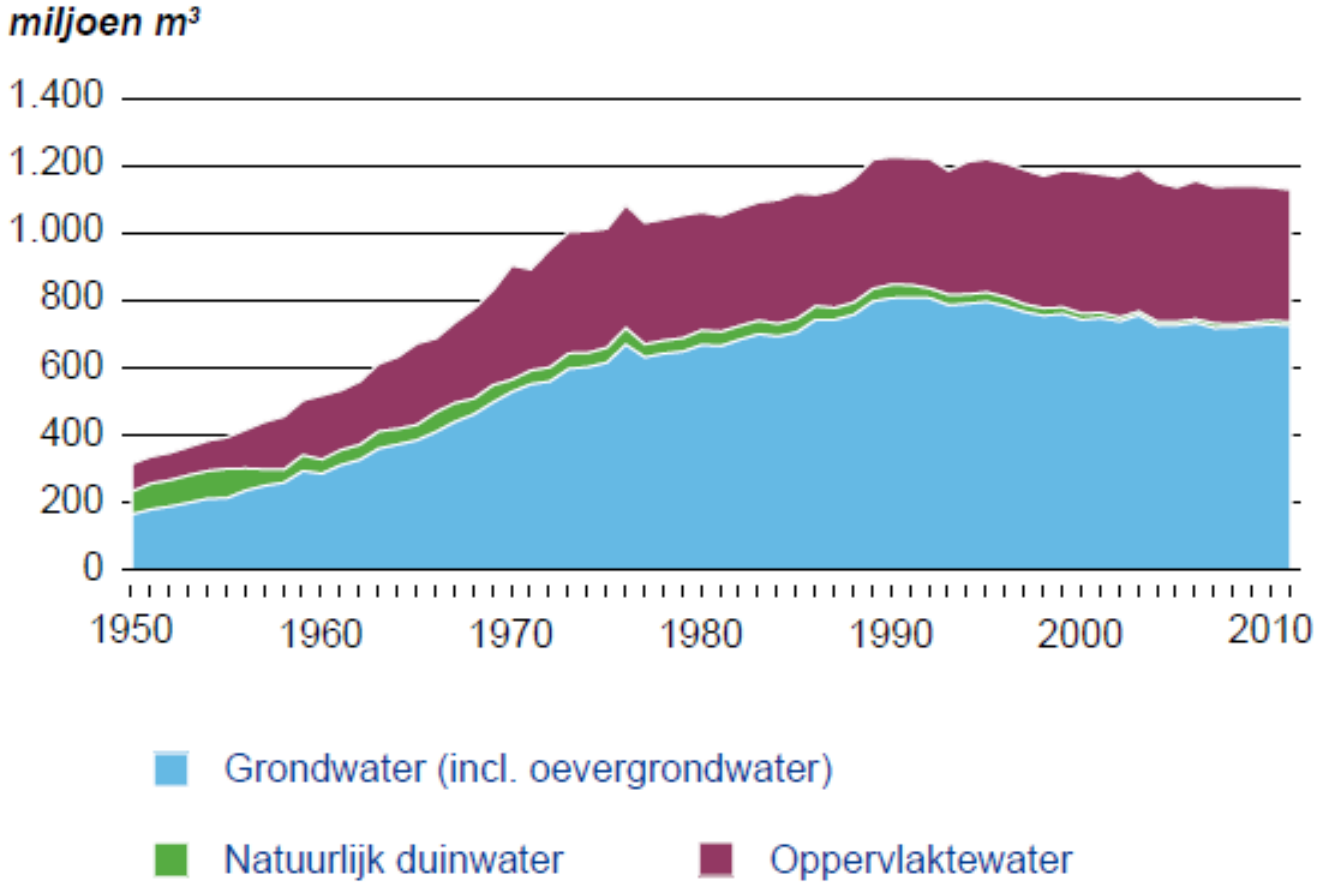
Nationale zoetwaterbalans

Stromen en voorraden in miljard m^3

Bron: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

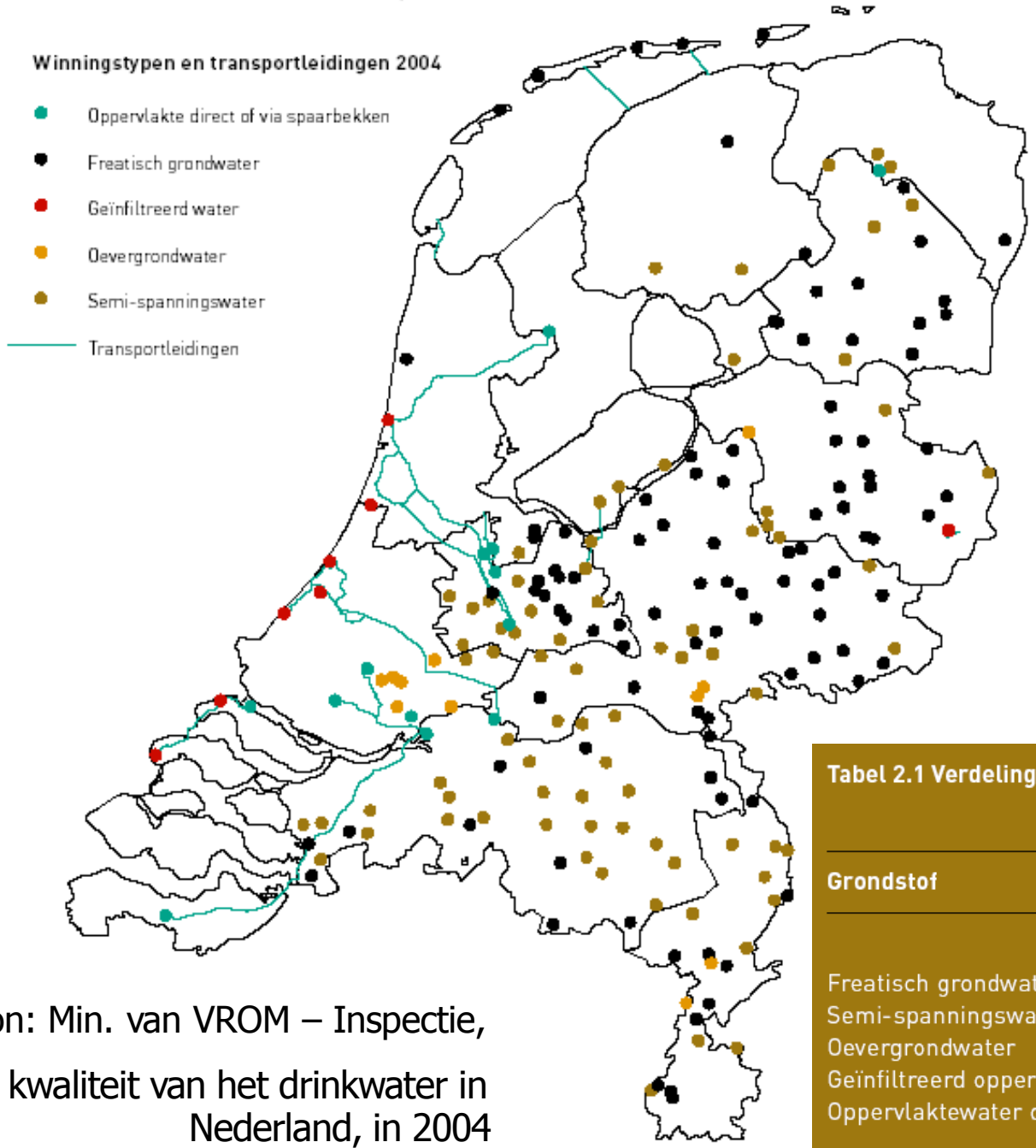
(Ontleend aan: Eurostat, Compendium voor de leefomgeving)

Productie drinkwater naar bron 1950 - 2011



Bron CC SA BY: Kerngegevens Drinkwater 2012, VEWIN

Figuur 2.1 Hoofdinfrastructuur drinkwatervoorziening



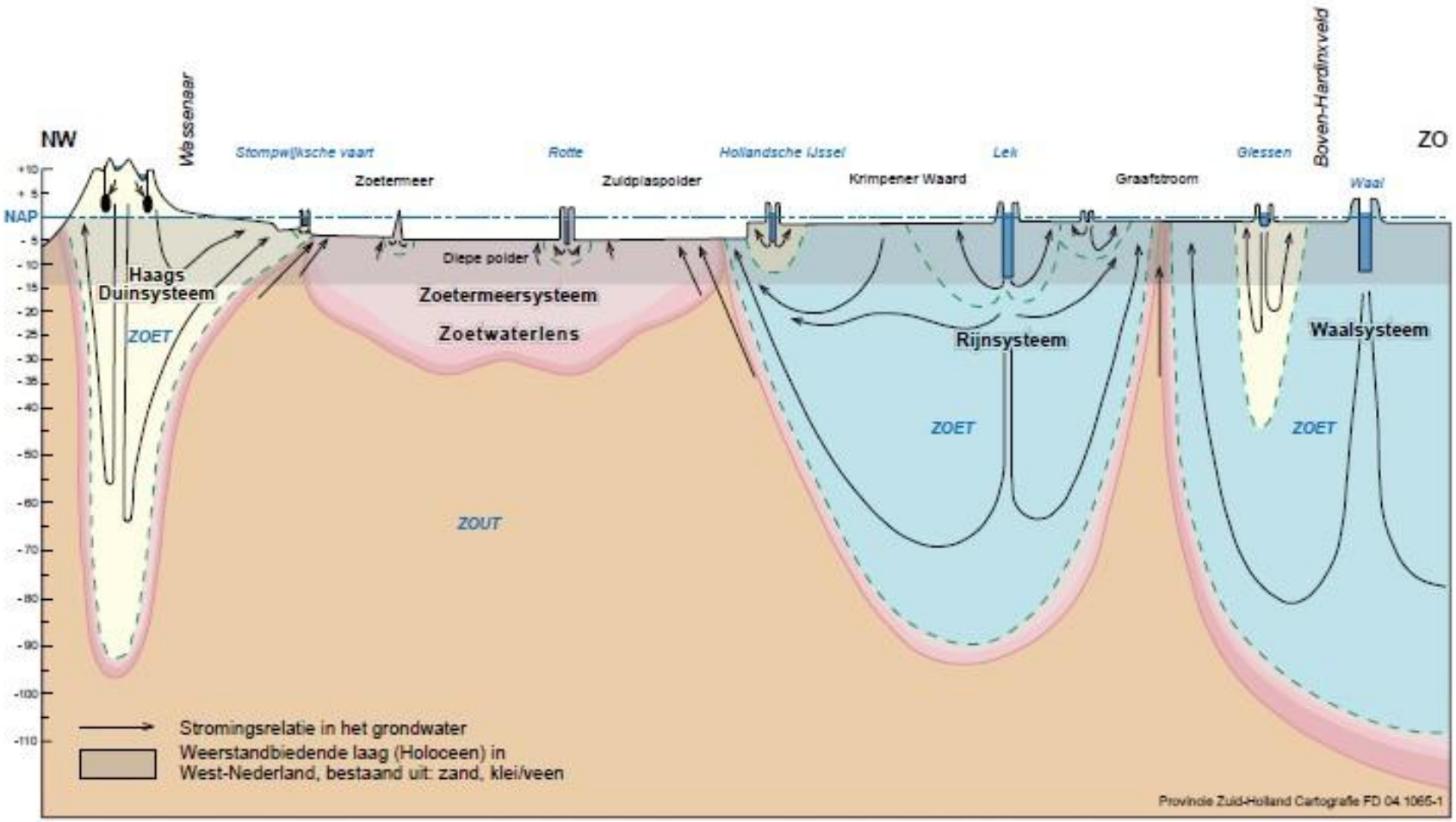
Bron: Min. van VROM – Inspectie,

De kwaliteit van het drinkwater in Nederland, in 2004

Bron: RIVM/VEWIN

Tabel 2.1 Verdeling van de pompstations naar grondstofsoort

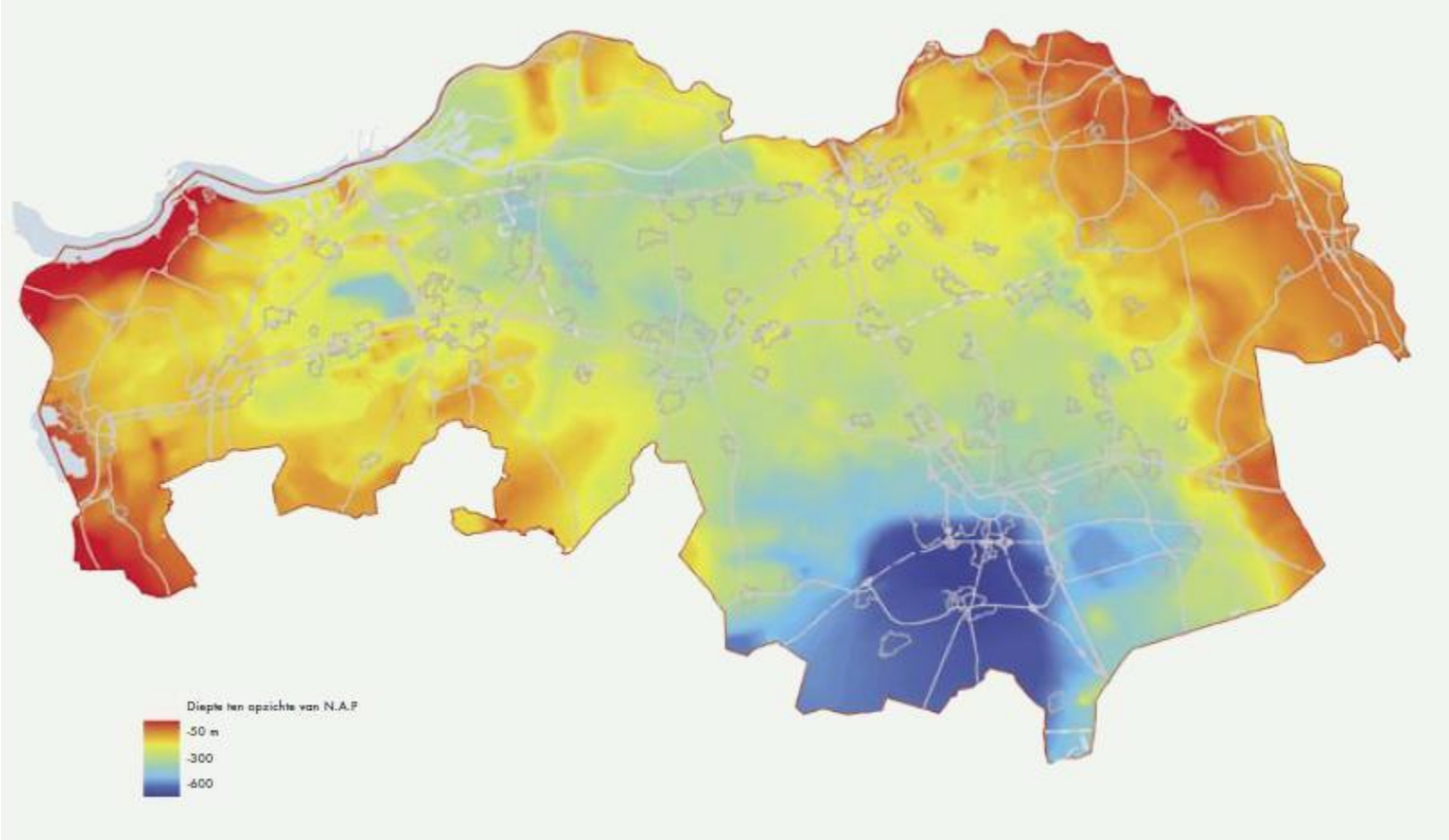
Grondstof	Aantal pompstations
Freatisch grondwater	112
Semi-spanningswater	80
Oevergrondwater	12
Geïnfiltreerd oppervlaktewater	7
Oppervlaktewater direct of via spaarbekken	7



Dwarsdoorsnede door Zuid-Holland (NW-ZO) van de waterhuishoudkundige systemen
Overdrijving verticale schaal: 1 op 200

Bron CC SA BY: Grondwater in gebruik, Provincie Zuid-Holland, brochure januari 2009

Diepteligging van de overgang van zoet naar zout grondwater in Brabant



Bron CC SA BY: Provincie Noord-Brabant. Brabant Waterland, watersystemen in beeld, april 2007 , ISBN 978-90-73083-33-2

Regels voor grondwateronttrekking

- Melding zonder algemene regels:
  - Als u tussen 1 m3 en 10 m3 grondwater per uur onttrekt, dan hoeft u geen vergunning aan te vragen maar moet u de onttrekking wel melden bij de provincie. U moet daarbij de gegevens aanleveren die worden genoemd in artikel 30, lid 2, van de Verordening waterbeheer Zuid-Holland.
  - Onttrekt u meer dan 10 m3 per uur óf meer dan 50.000 m3 per jaar, dan moet u een vergunning aanvragen (behalve bij noodvoorzieningen).
- Melding met algemene regels gelden bij wateronttrekkingen in de categorieën:
  - Bouwputten
  - Proefonttrekkingen
  - Bodemsaneringen
  - Beregening

Bron: Grondwater in gebruik, Provincie Zuid-Holland, brochure januari 2009

Grondwater

- Hernieuwbaar grondwater (onderdeel van de grote waterkringloop)
- Fossiel grondwater of paleowater: grondwatervoorraad in een afgesloten aquifer – dat geïsoleerd is geraakt van de grote waterkringloop en dus niet wordt aangevuld.
- Voorbeelden van paleowater:
  - Ogallala aquifer in de VS
  - Nubisch zandsteen aquifer

Transport van pijpleidingsegmenten voor het Great Manmade River project in de Lybische Sahara, een voorbeeld van "groundwater mining" (b ro n: Wikipedia)

Foto CC SA BY: wikipedia

E&I… ketens

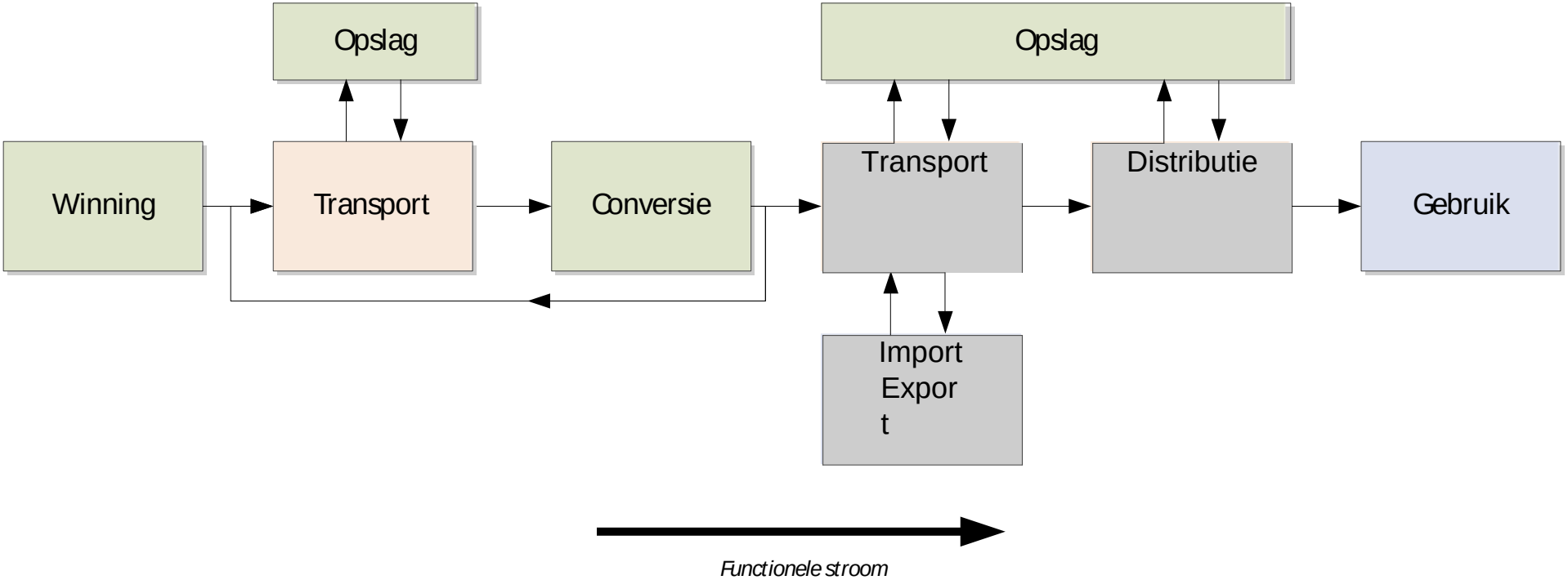


Foto CC SA BY: Margot Weijnen

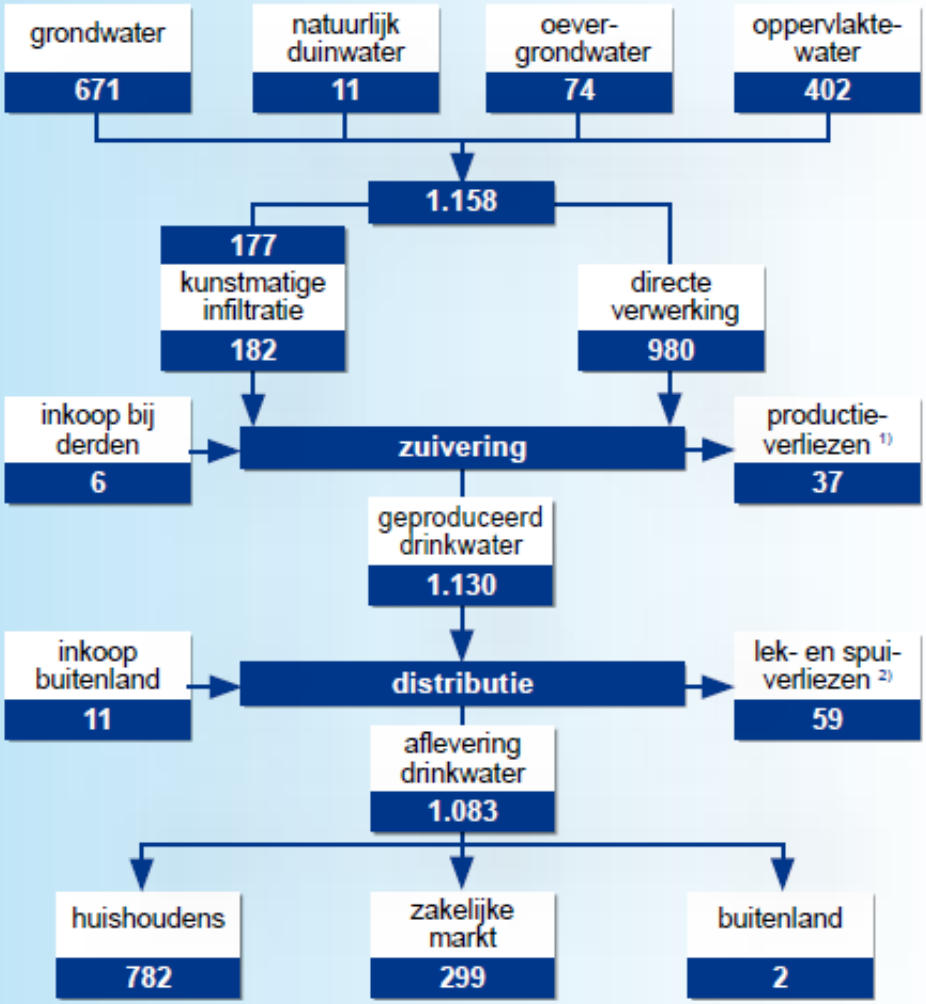
Watervoorzienings-gebieden

10 drinkwaterleidingbedrijven

TU Delft

Foto CC SA BY: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

Drinkwaterbalans 2011 (in miljoen m³)



1) Inclusief meetverschil engros geleverd halffabricaat vs. engros ingekocht halffabricaat.
2) Inclusief niet verrekende verkoop (b.v. bluswater) en meetverschillen.

Foto CC SA BY: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

Ter vergelijking …

Drinkwaterinstallatie nr. 9 in Beijing produceert 600 miljoen m^3 drinkwater per jaar.

Dat komt overeen met de helft van de totale Nederlandse drinkwaterproductie.

Bron CC SA BY: WaterForum Online, 15 april 2004

Drinkwaterkwaliteit

Vereiste kwaliteit vastgelegd in waterleidingbesluit

- Vijf categorieën parameters
  - Microbiologische parameters* — Tabel I
  - Chemische parameters* — Tabel II
  - Organoleptische/esthetische parameters
  - Bedrijfsparameters
  - Signaleringsparameters

  } Tabel III

*gezondheidskundige parameters

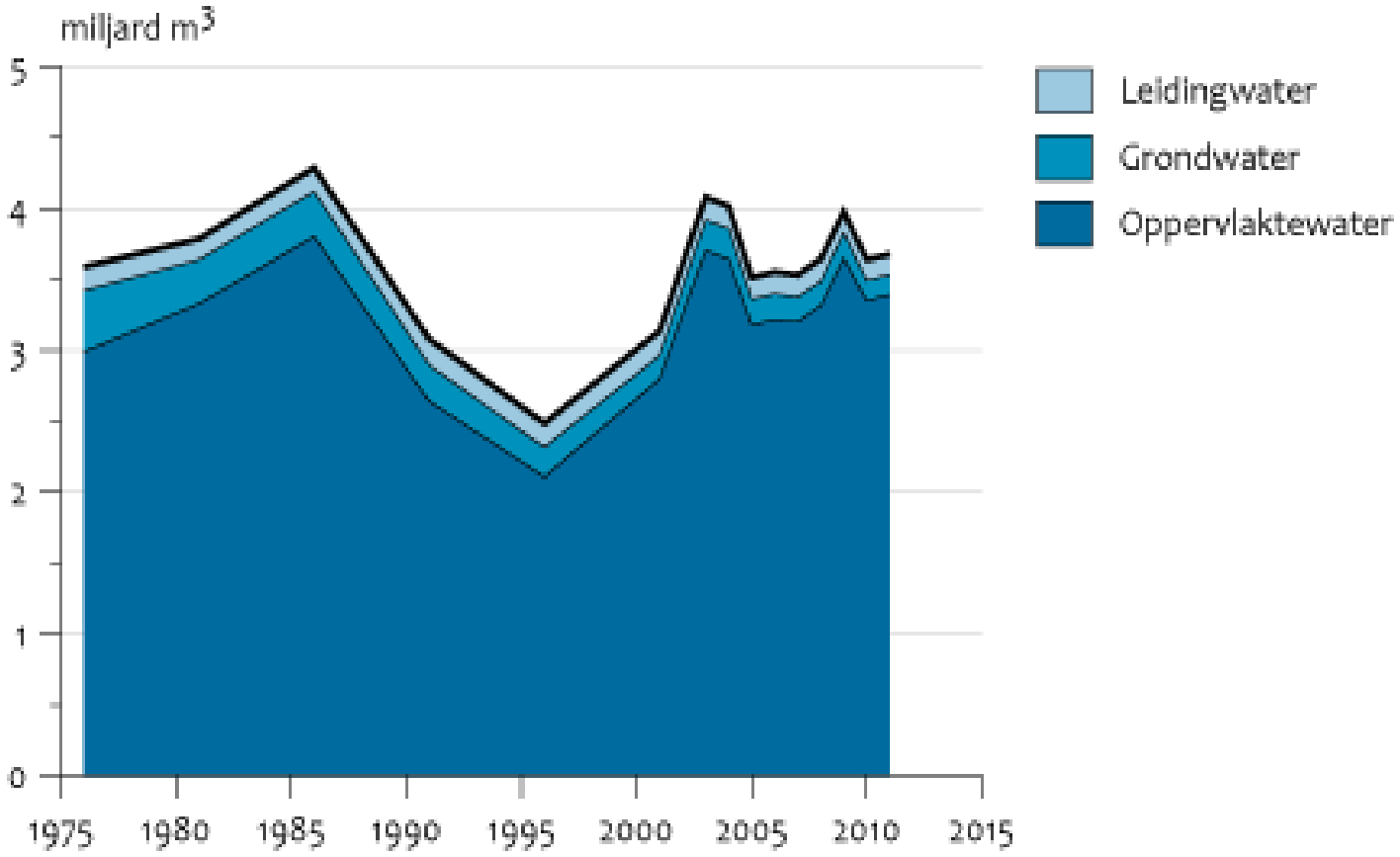
Foto CC SA BY: sweetsfoods.com

Leidingwater – niet altijd drinkwater

- Drinkwater (publieke taak)
- Ander water (competitieve markt):
  - Landbouwwater
  - Industriewater
  - Demiwater (gedemineraliseerd)
  - Ultrapuur water

Verschillende kwaliteitsspecificaties!

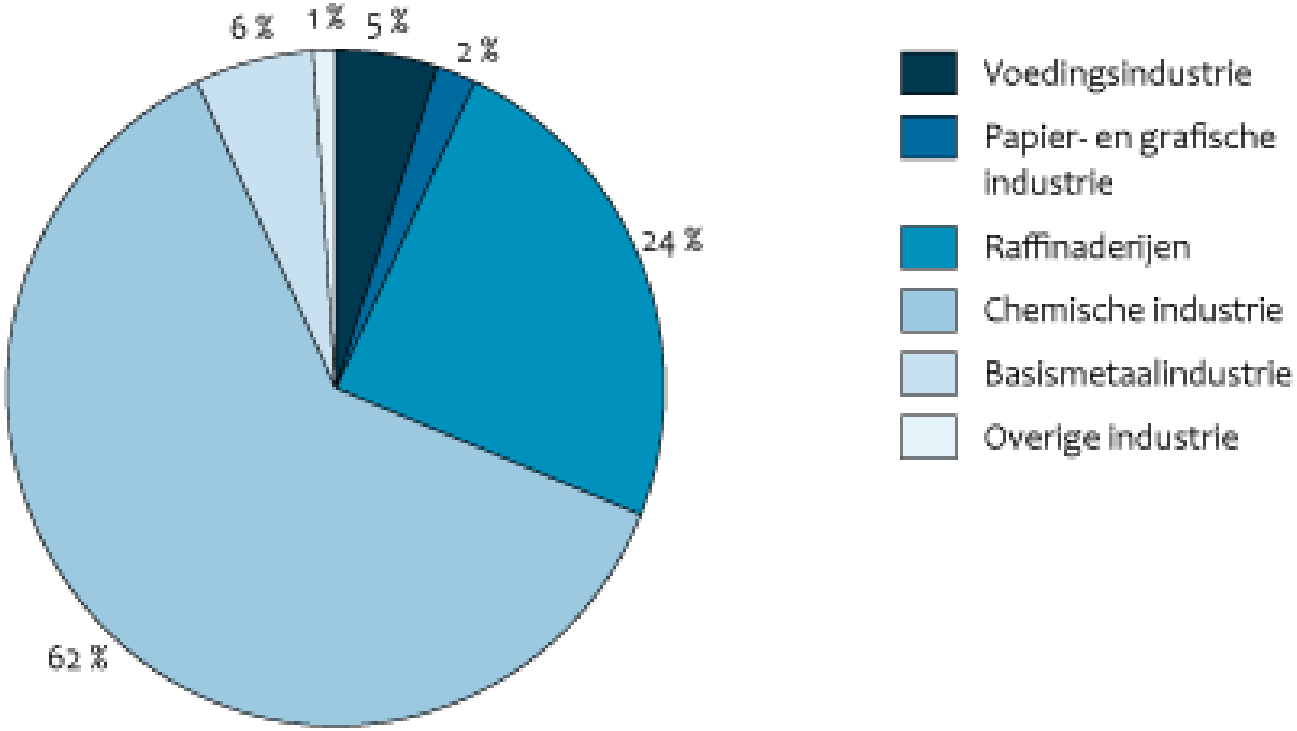
Waterwinning en -verbruik door de industrie



Bron: CBS.

CBS/jan14
www.clo.nl/nl001810

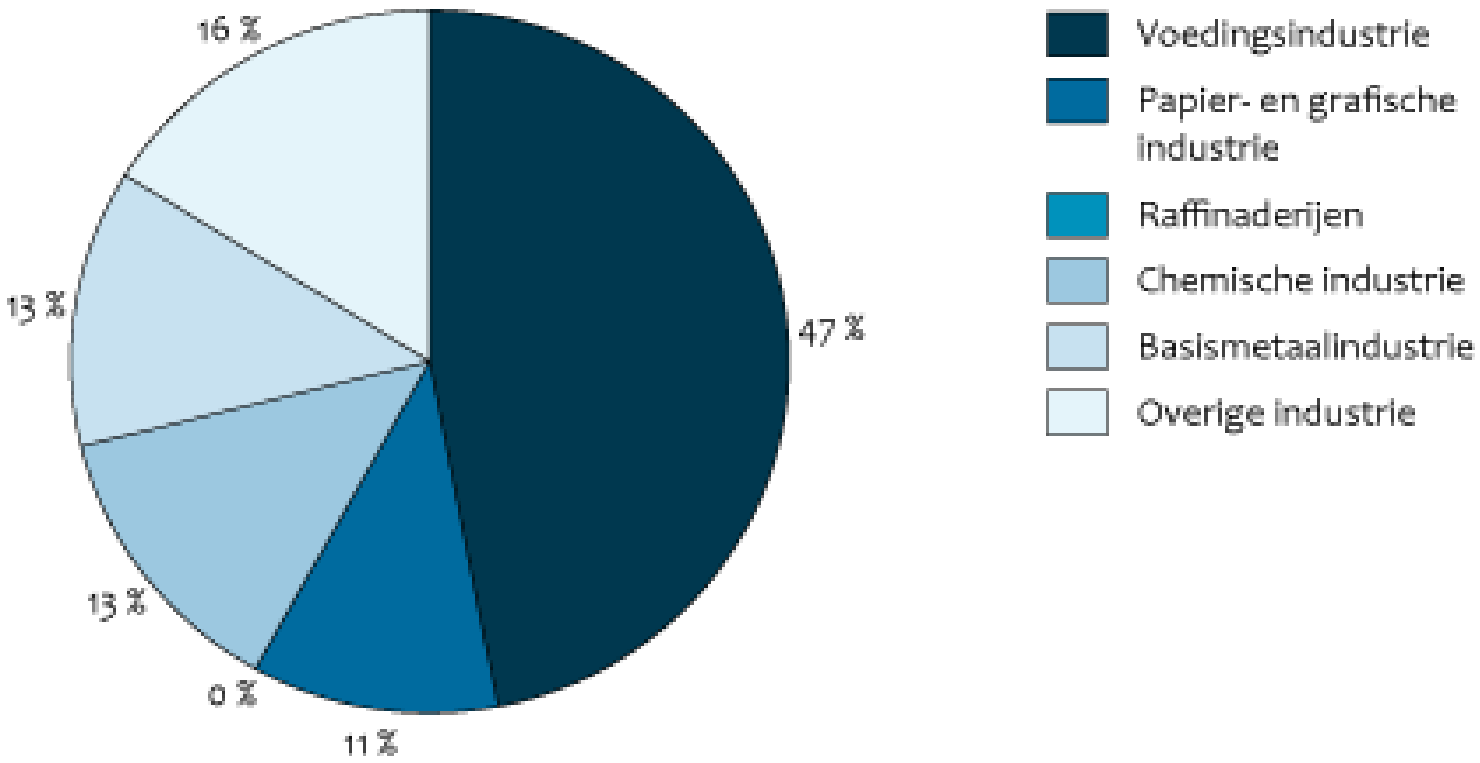
Winning en verbruik van ppervlaktewater door industrie, 2011



Bron: CBS.

CBS/jan14
www.clo.nl/nl001810

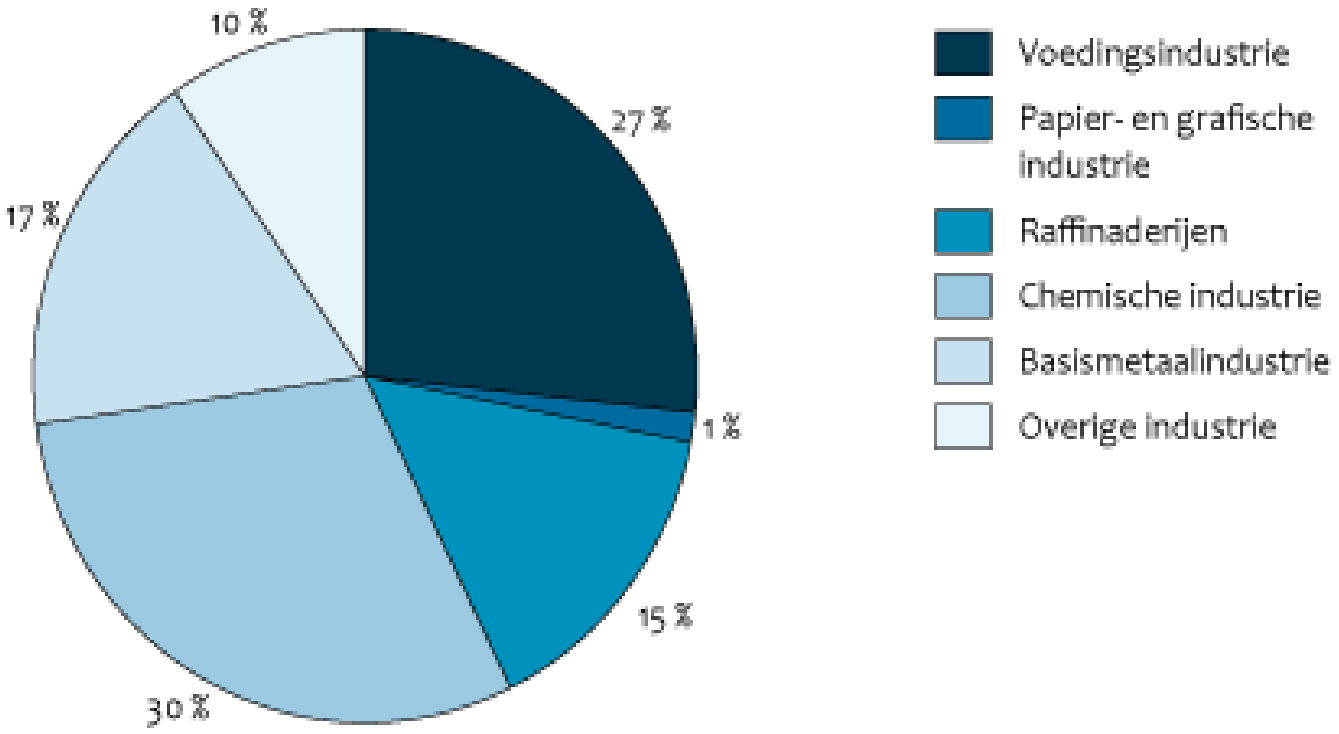
Winning en verbruik van grondwater door industrie, 2011



Bron: CBS.

CBS/jan14
www.clo.nl/nl001810

Winning en verbruik van leidingwater door industrie, 2011



Bron: CBS.

CBS/jan14
www.clo.nl/nl001810

Drinkwater

Wat is drinkwater?

Wettelijke doelstelling, in waterleidingwet:

Ten alle tijde levering van:

- **Voldoende** drinkwater
- Onder **voldoende druk**
- Van **vereiste (constante) kwaliteit**

Drinkwater

Wat is drinkwater?

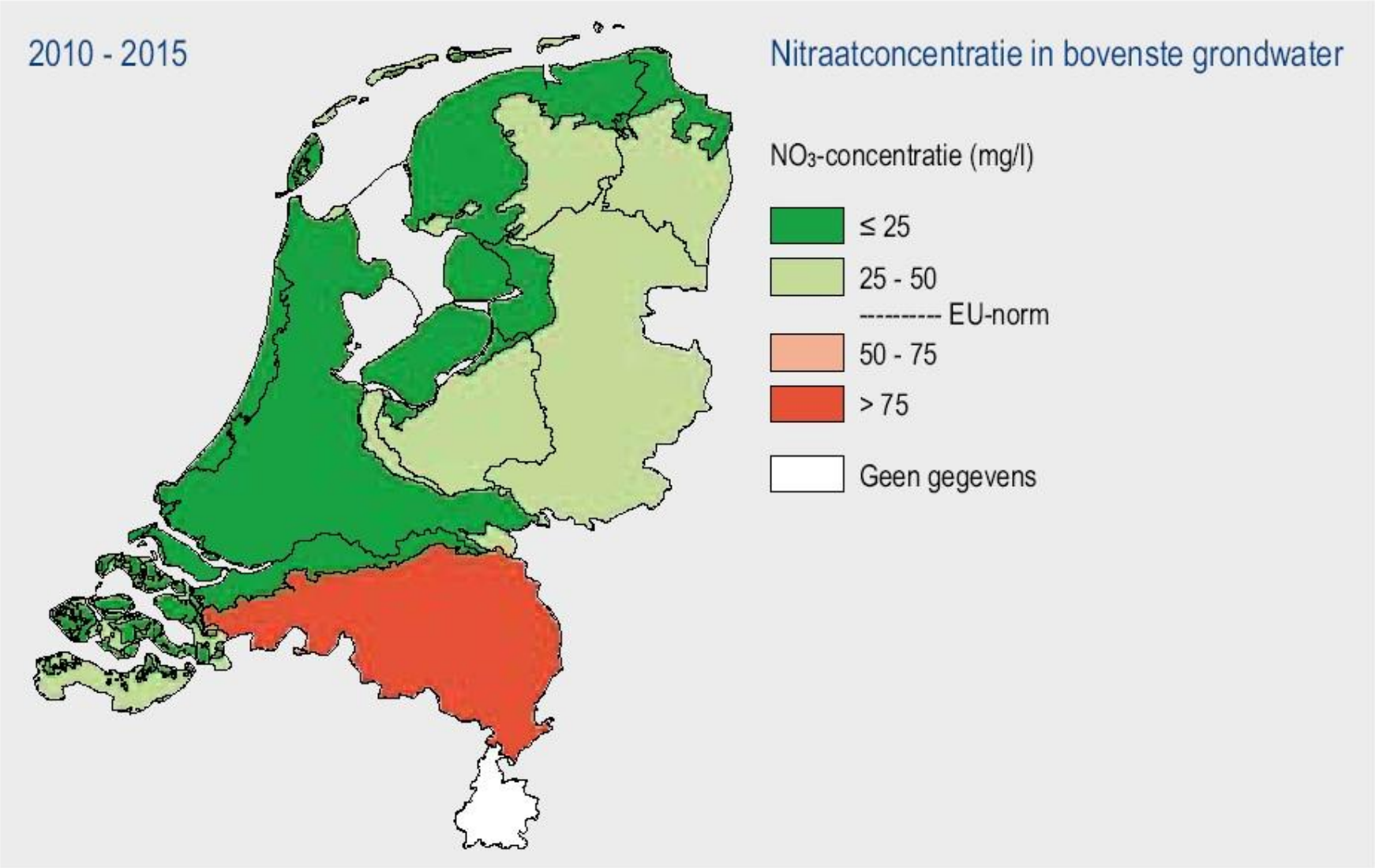
Wettelijke doelstelling, in waterleidingwet:

Ten alle tijde levering van:

- **Voldoende** drinkwater – terwijl vraag en aanbod fluctueren
- Onder **voldoende druk**
- Van **vereiste (constante) kwaliteit** – terwijl de kwaliteit aan de aanbodkant fluctueert

Grondwater als drinkwaterbron

- Voordelen
  - Op veel plaatsen beschikbaar
  - Hygiënisch betrouwbaar
  - Goedkope zuivering mogelijk
- Nadelen
  - Beschikbare hoeveelheden beperkt
  - Niet duurzame onttrekking betekent verlaging grondwaterstand
  - Fysische en chemische kwaliteit in toenemende mate probleem, onder meer door vermesting



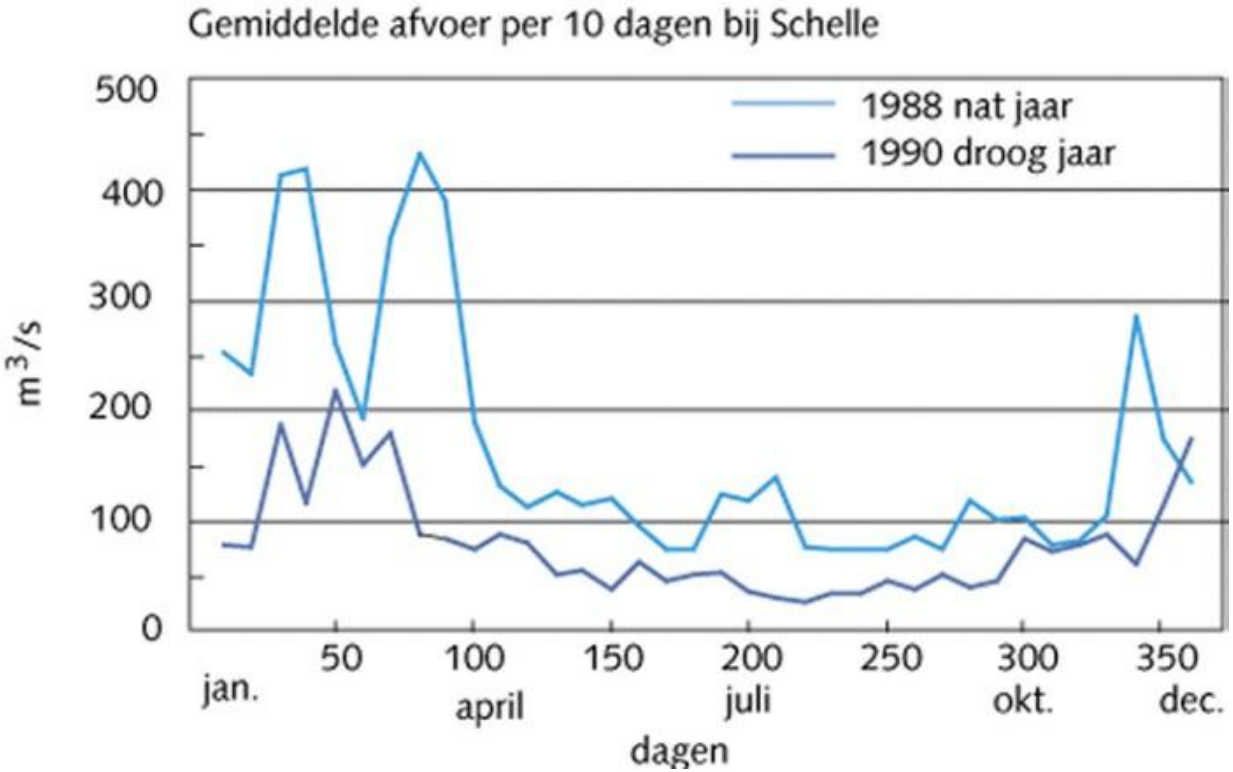
Figuur 4 Berekende gemiddelde nitraatconcentratie onder landbouwgrond in het bovenste grondwater per grondwaterlichaam (2010-2015). Natuurgebieden zijn in deze figuur niet meegenomen.

Bron CC SA BY: MNP, Milieubalans 2006

Oppervlaktewater als drinkwaterbron

- Problemen met oppervlaktewater als
  - bron Vervuiling (met name rivierwater)
  - Fluctuaties in kwaliteit en kwantiteit
  - Rivier is grensoverschrijdend

Oppervlaktewater - aanbodfluctuaties



Fluctuaties in waterafvoer van de Schelde: regenrivier

Oppervlaktewater - aanbodfluctuaties

	Rijn	Maas
Zomerafvoer (m^3/s)	1500 (620)	100
Winterafvoer (m^3/s)	2500 (12000)	400

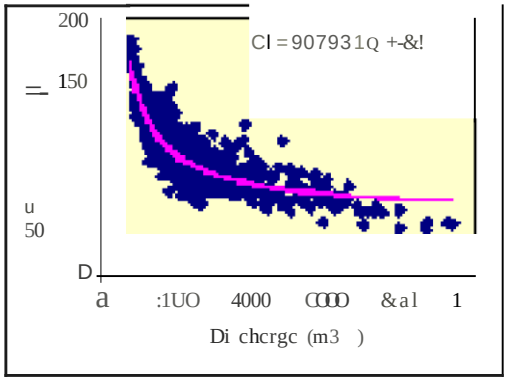
Rijn: gletsjer/regenrivier; stroomgebied 185.000 km2

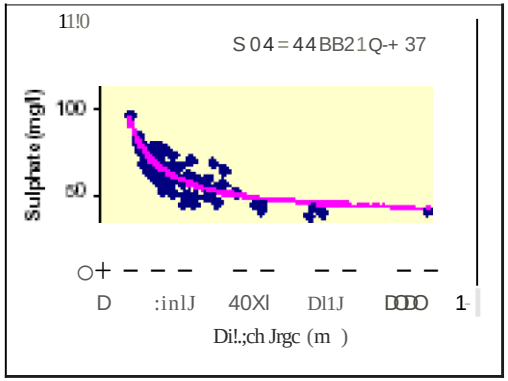
Maas: regenrivier

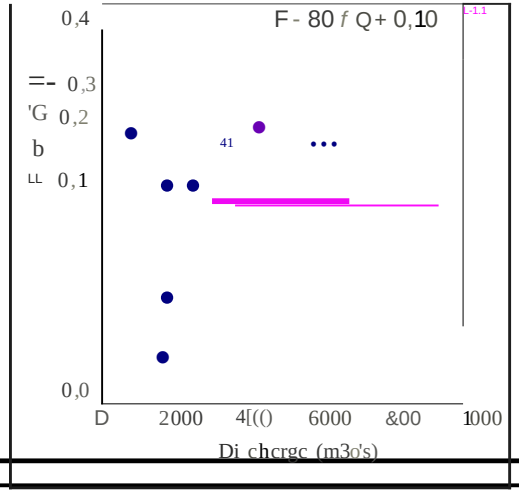
Door afvoerfluctuaties ook grote fluctuaties in kwaliteit!

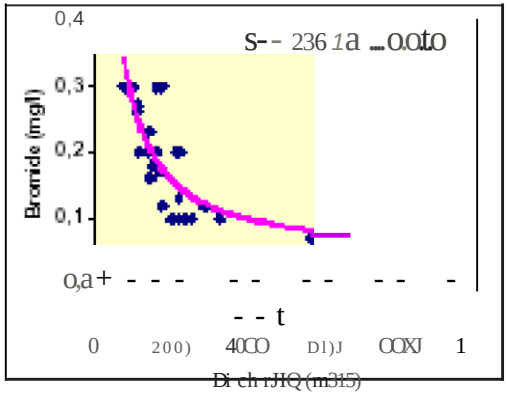
Tussen haakjes: gemeten extremen bij Lobith

Verslechtering van de waterkwaliteit bg lage afvoer (Rijn, Lobith, 2002-2004)





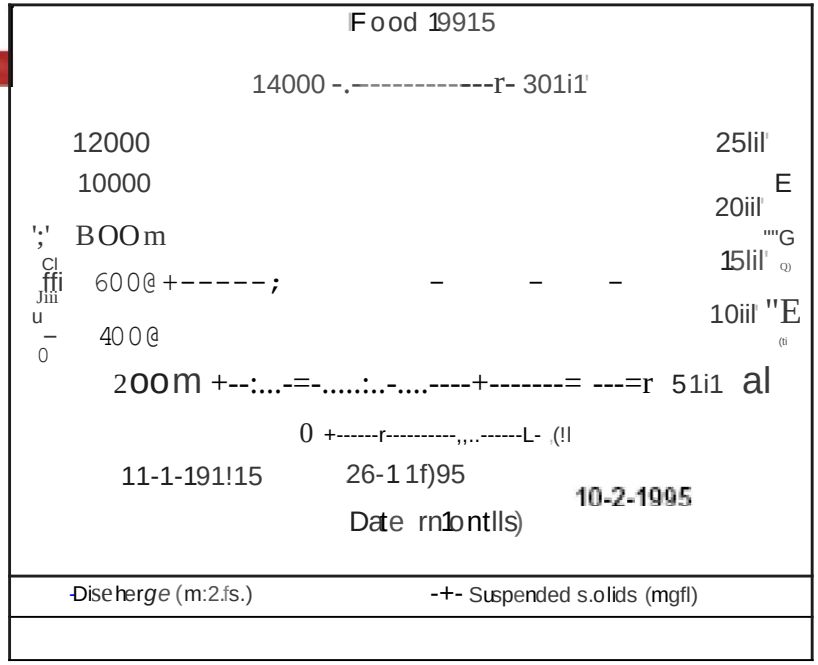




Kt.n 2001

Bron CC SA BY: Rijn, Lobith, 2002-2004

Slibgolven tijdens hoogwater (Rijn, januari 1995)



- Erosie oud slib uit het rivierbed
- Overstroming bedrijfsterreinen
  Breuk van pijpleidingen of olietanks etc.
- Overstorten riolering

Bron CC SA BY: Rijn,januari 1995

Drinkwaterbereiding

Selectie zuiveringsstappen afhankelijk van grondstofkwaliteit

- Beluchting
- Marmerfiltratie
- Ontharding
- Zandfiltratie
- Actief koolfiltratie
- UV desinfectie
- Coagulatie
- Desinfectie met chloor, ozon
- Membraanzuivering
- Etc.

Actief kool filtratie

Bron CC SA BY: innovatie.waternet

Handhaven drinkwaterkwaliteit

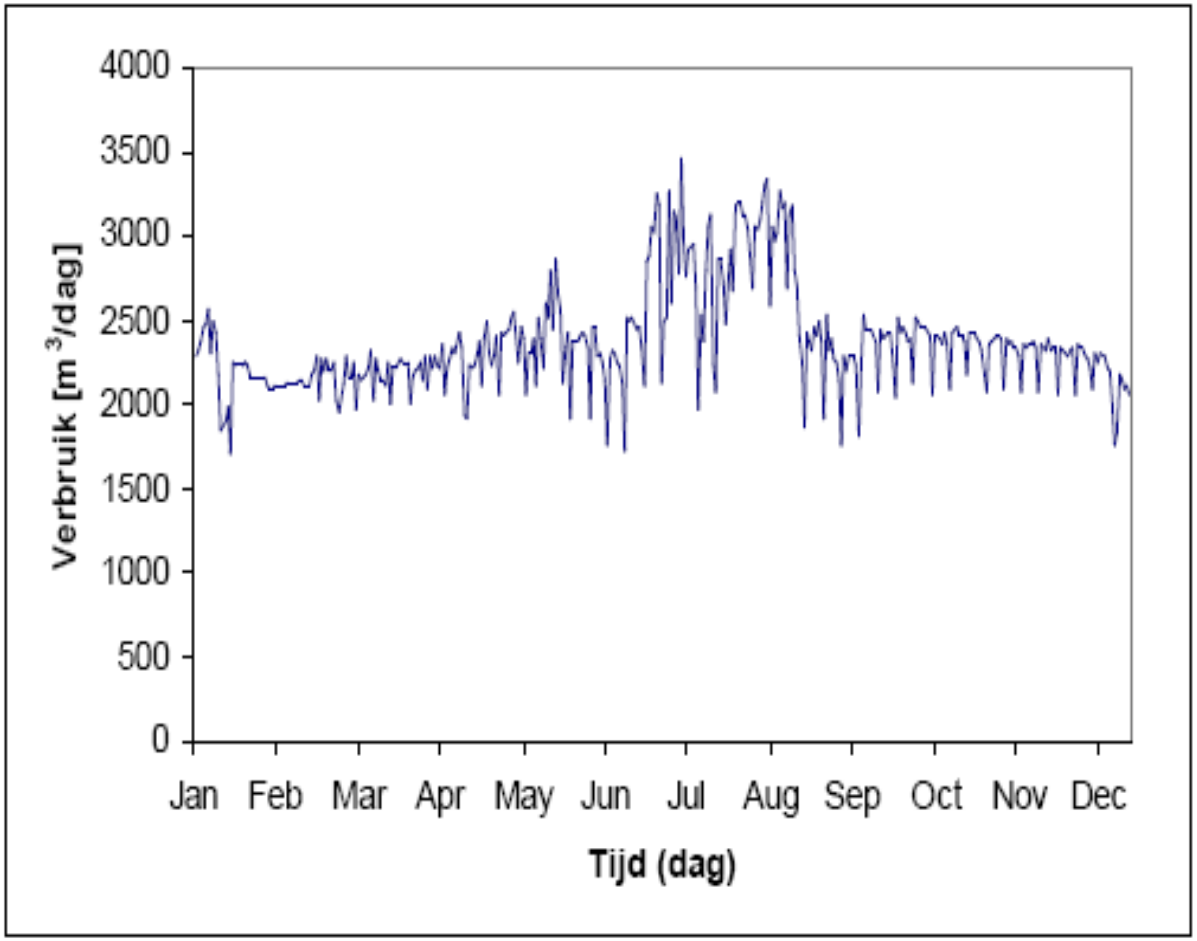
- Monitoren
  - Grondstof
  - Processtappen in de fabriek
  - Drinkwaterproduct
  - Drinkwater in distributiesysteem
  - Drinkwater aan de kraan
- Voorkomen vervuiling, bij de bron
- Onderzoek naar steeds betere zuiveringstechnieken zoals membraanfiltratie*

* Membraanfiltratie wordt ook toegepast om drinkwater te bereiden uit brak water en zeewater: **omgekeerde osmose.** Wordt vooral veel toegepast in het Midden-Oosten.

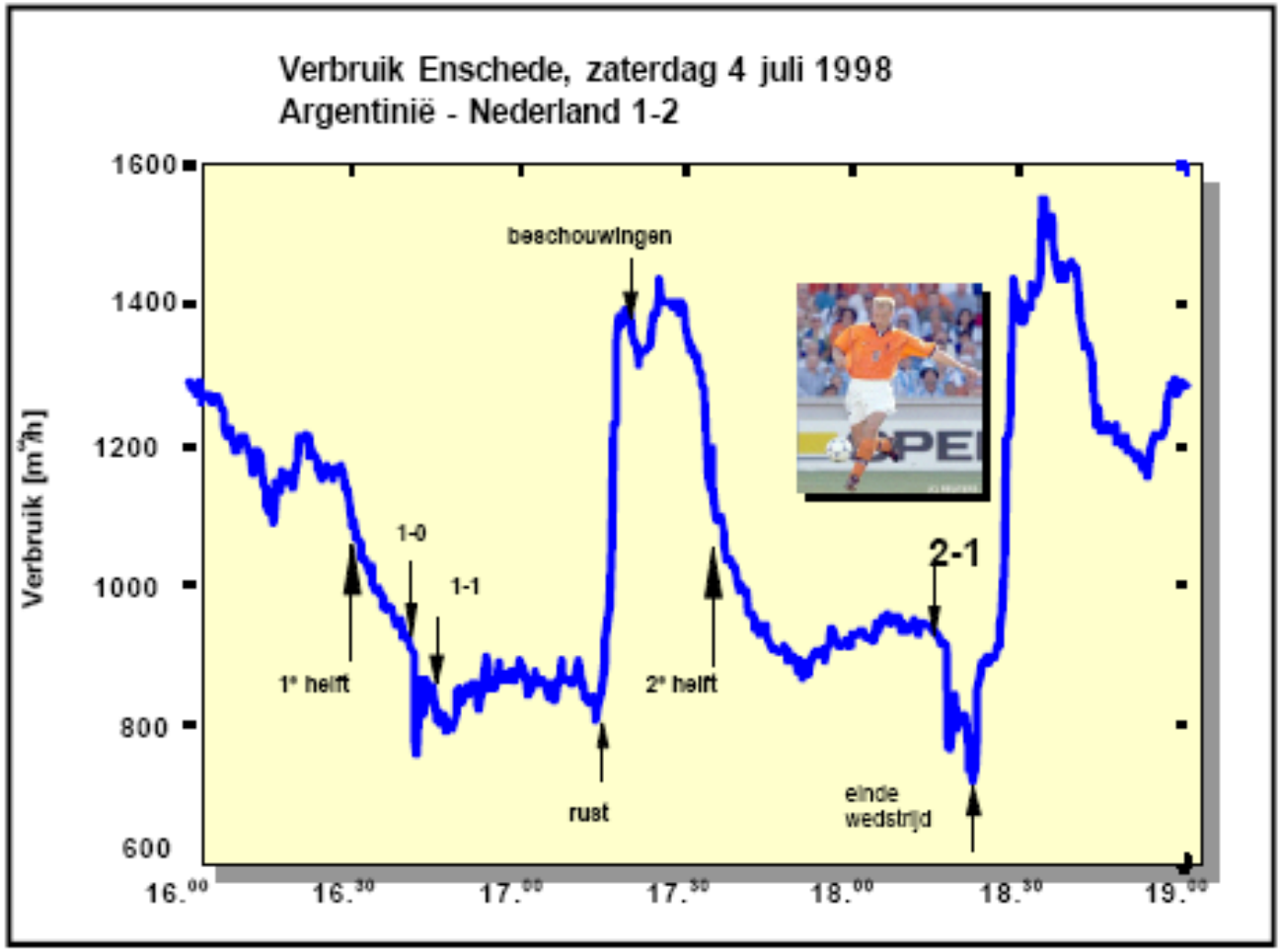
Tijdsafhankelijkheden in de vraag

- Over de dag
  - Ochtend: douchen, wassen,
  - Avond: koken, pauze voetbalwedstrijd
- Over de week
  - Weekend: vrij
  - Maandag: wassen
- Over het jaar
  - Zomer: Sproeien van de tuin

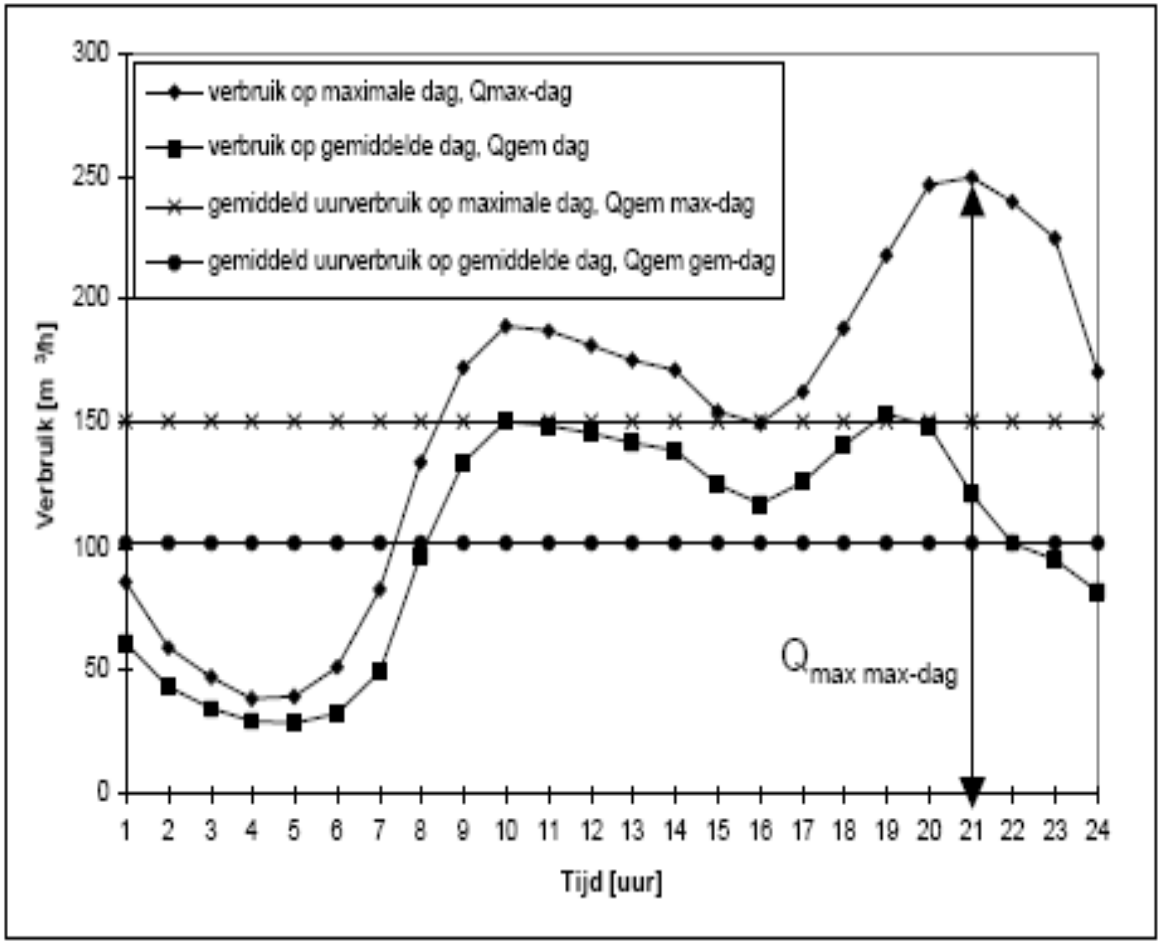
Tijdsafhankelijkheden in de vraag



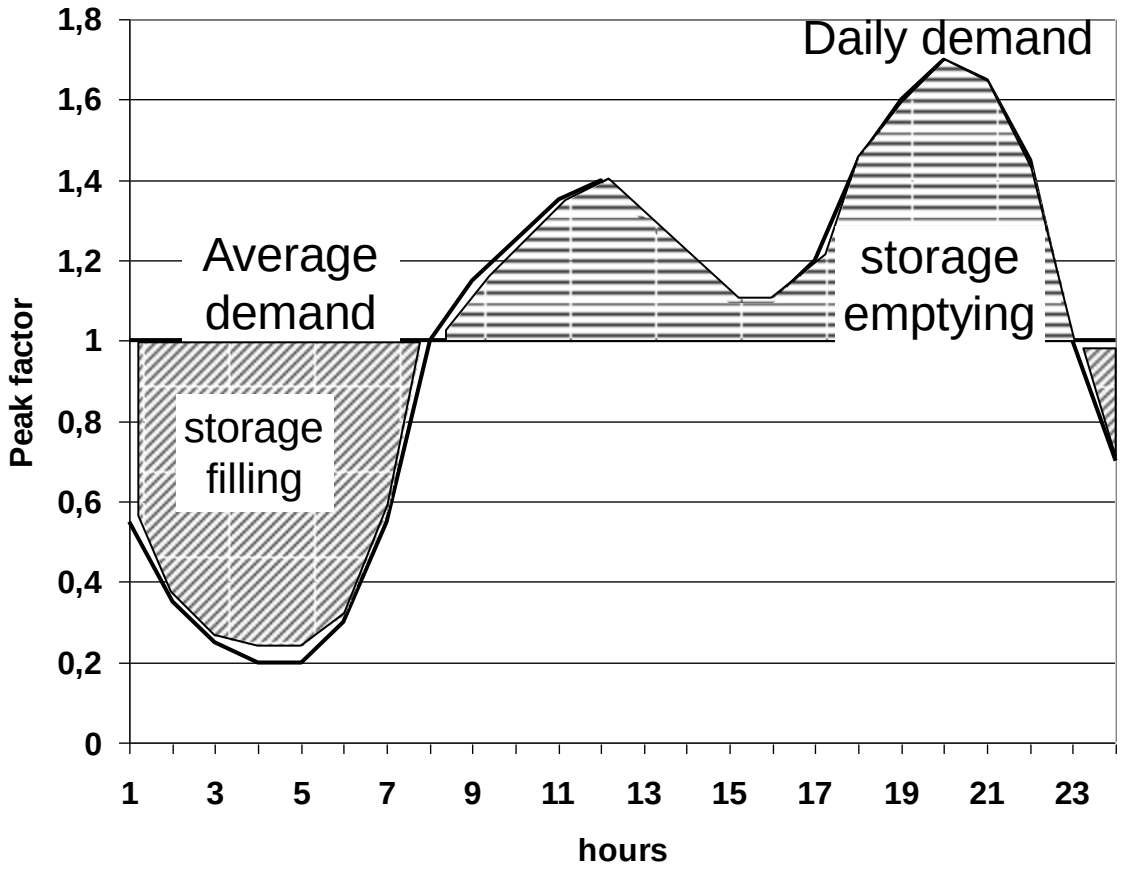
Tijdsafhankelijkheden in de vraag



Tijdsafhankelijkheden in de vraag



Afstemming vraag en aanbod



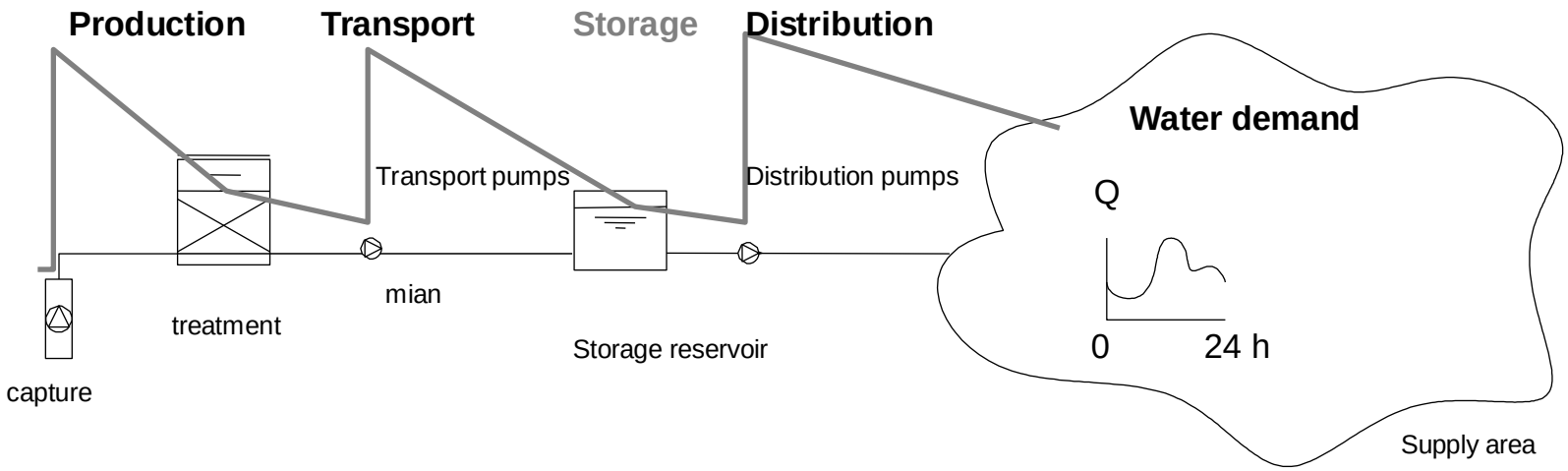
Afstemming vraag en aanbod

- Reservoirs (opslag water)
  - Vroeger: watertorens
  - Tegenwoordig: reinwaterkelders
- Reservoirs dimensioneren op piekvraag
- Vuistregel:
  - $V_{berging}$ = 0,25 x (max. dagverbruik)

Watertorens hadden een dubbelfunctie: niet alleen opslagfunctie, maar ook drukstabilisatie in het leidingnet. Tegenwoordig zijn er betere pompen en regelsystemen, zodat de drukstabilisatiefunctie minder belangrijk is geworden. In de opslagfunctie wordt tegenwoordig voorzien door reinwaterreservoirs.

Foto CC SA BY: skyscrapercity.com

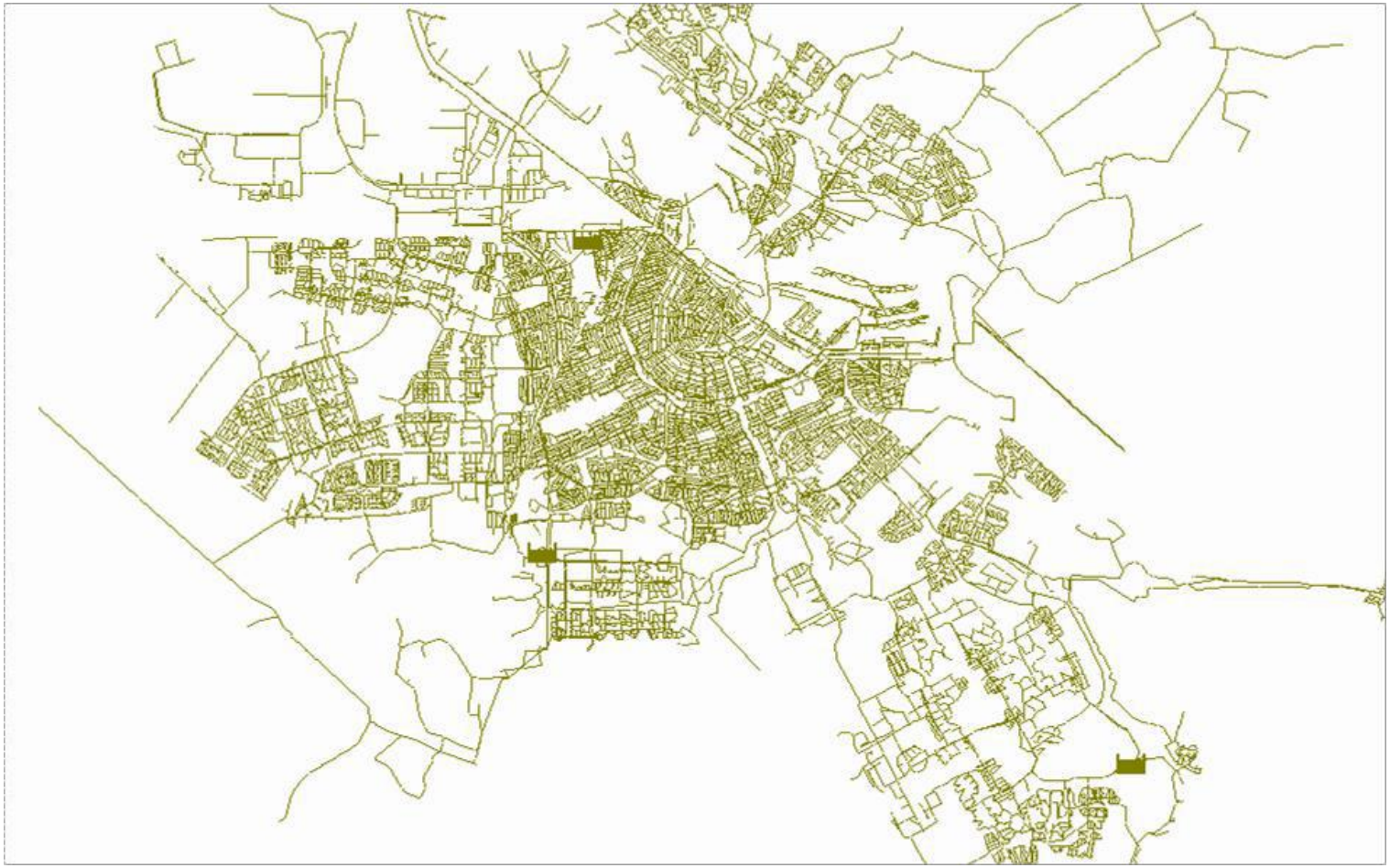
Transport en distributie drinkwater



Energie hoogtelijnen in drinkwater transport

Foto CC SA BY: Margot Weijnen

Drinkwater distributie



Drinkwater distributie

- Technische elementen
  - Reservoirs (watertorens)
  - Pijpen
  - Pompen

Drinkwaterbedrijven leveren een minimale druk van 2 bar op de begane grond. Na de watermeter is de waterdruk afhankelijk van leidingen, kranen en de locatie van het warmwatertoestel in huis. Vooral hoogteverschillen zorgen voor veel drukverlies, evenals lange, dunne leidingen en leidingen met veel bochten. Met een verlies van ca. 0,5 bar per etage, is er op een 3e woonlaag meestal 1 à 1,5 bar waterdruk over om het warmwatertoestel te vullen.

Foto CC SA BY: amsterdam.citymundo.com

Drinkwater distributienetwerk

- Structuur netwerk
- Aantal verbindingen (pijpen) en knooppunten
  - Diameter, lengte
- Hoeveelheid water door het netwerk
  - Drinkwaterbehoefte
  - Bluswaterbehoefte
- Druk
  - Minimaal 20 meter boven straatniveau (waterleidingwet)

Drinkwater distributienetwerk

- Kwaliteitsbehoud van het drinkwater
  - Snelheid van het water
  - Verblijftijd van het drinkwater in het netwerk*
  - Materiaalkeuze pijpen
  - Verhinderen terughevelen (terugslagkleppen)
  - Hygiënisch werken
  - Kwaliteitsmonitoring
  - Desinfectie tijdens transport

* 14 uur gemiddeld

Drinkwater distributienetwerk

Opsporen lekken tussen waterleidingbedrijf en huisaansluitingen (watermeter)

Gebruikelijk: ca. 5% lekkage

Opsporen met geluidsmetingen

Vergelijk:

- Yorkshire Water
- Groot verzorgingsgebied, dun bevolkt, veel oude leidingen (> 50 jr)
- Begin 90'er jaren: circa 40% lekkage !
- Inmiddels: NRW (Non Revenue Water) gereduceerd tot ca. 20%

Tabel 2.10 Een overzicht van de normoverschrijdingen per parameter ten opzichte van het totaal aantal metingen voor drinkwater in het distributiegebied

Parameter	Aantal waarnemingen	Aantal overschrijdingen	Overschrijdingen (%)
Tabeli			
Enteracoccen	345		0,29
Tabel 11			
Broomdichlaarmethaan	575	3	0,52
Nitriet	4541	3	0,07
Trihalomethanen. som	312		0,32
Tabel 111			
Aeromonas	7994	13	0,16
Ammonium	11723	7	0"06
Bacteriën van de coLigroep	31499	B	0,03
Clostridium perfringens, sporen	1420		0,07
Kleur	9380	9	0'10
Mangaan	3981	7	0,18
Saturatie Index	3347	413	12,34
Temperatuur	22230	3	0,01
TataLe hardheid	4090	1	0,02
Troebelingsgraad	15956	14	0,09
IJzer	6844	24	0,35
Zuurstof	3092	4	0,13
Zuurgraad	10520	7	0,07
Niet wettelijk parameter			
Legianella spp	934	33	3,53

Tabel CC SA BY: ilent.nl

Samenvattend: Afstemming vraag en aanbod drinkwatervoorziening

- Aanbodfluctuaties: groot voor oppervlaktewater in kwantiteit (weersinvloeden) en kwaliteit (bijv. lozingen)
- Aanbodfluctuaties: gering voor (diep) grondwater – kwaliteitsverandering is traag proces
- Capaciteit drinkwaterfabriek: variatie mogelijk, maar beste prestaties bij constant debiet – stationaire condities
- Opslag ruw water – natuurlijke voorraad in bijv. meren
- Opslag voorgezuiverd water in spaarbekkens
- Opslag drinkwater in reinwaterkelders (vroeger watertorens) en in het leidingnet zelf ("line pack")

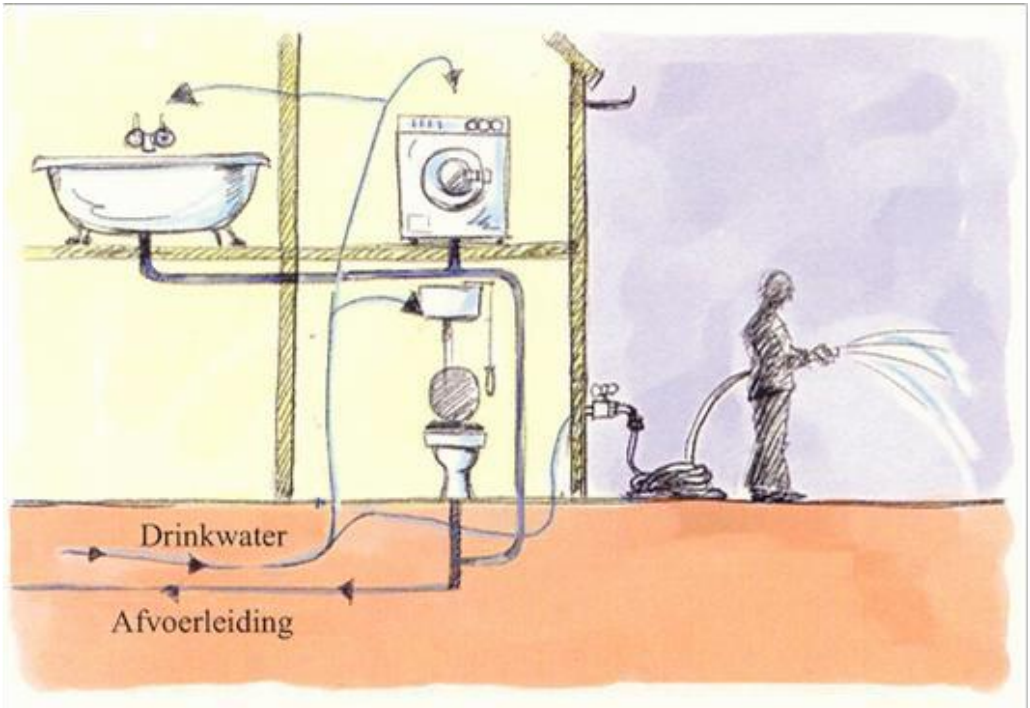
Drinkwater gebruik

Liters/persoon, dag	2004
Bad	2,8
Douche	43,7
Wastafel	5,1
Toiletspoeling	35,8
Kleding wassen/hand	1,5
Kleding wassen/machine	18,0
Afwassen/hand	3,9
Afwassen/machine	3,0
Voedselbereiding	1,8
Koffie/thee/water	1,6
Overig	6,4
Totaal	**123,8**

Bron: VEWIN

Inzameling afvalwater: riolering

- Drinkwaternetwerk
- Rioleringsnetwerk



Water in Nederland - organisatie

- Drinkwaterbedrijven
  - 10 bedrijven – publieke aandeelhouders
  - Verantwoordelijk voor drinkwaterbereiding, transport en levering

- Andere waterorganisaties
  - Waterschappen – peilbeheer, oppervlaktewaterkwaliteit; afvalwaterzuivering
  - Rijkswaterstaat – beheer grote wateren (zee, rivieren, IJsselmeer)
  - Provincies – vergunningverlener voor onttrekkingen diep grondwater
  - Gemeenten – riolering

Drinkwatervoorziening en sanitatie in Nederland [1]

Per 1 januari 2014

	DRINKWATER	AFVALWATER totaal	AFVALWATER collectie	AFVALWATER zuivering	TOTAAL
Operators	10	456	430	403 / 26 / 24	466
Bevolking aangesloten (%)	100%	99%	99%	99%	
Geleverd drinkwater / gezuiverd afvalwater					
In miljoen m^3	1.090			1.818	
In m^3 per inwoner per jaar	65			110	
In liters per inwoner per dag	178			301	
Zuiveringstations	203			353 [2]	
Leidingnet (km)	117.585	129.650	121.050	8.600 [3]	
Personeel (fte)	5.228	4.129	2.629 [4]	1.500	9.357
Omzet (miljoen euro)	1.442	2.377	1.280 [5]	1.097 [6]	3.819
Investeringen (miljoen euro)	458	1.380	1.050	330 [7]	1.838

BRON: CBS, EUREAU, Stichting RIONED, Unie van Waterschappen en Vewin

1) Peiljaar drinkwater 2010, peiljaar afvalwater wisselt (2009 of 2010)
2) Bron: Unie van Waterschappen
3) Betreft deel van de riolering dat in beheer is bij de Waterschappen (vnl. persleiding)
4) Inclusief detachering en uitbesteding aan adviseurs, bestekschrijvers, inspectie/reiniging e.d.; exclusief uitbesteding aan aannemers
5) Totale opbrengst rioolheffing 2010
6) Totale opbrengst zuiveringsheffing 2009
7) Exclusief investeringen van waterschappen in transport van afvalwater

TU Delft

Bron CC SA BY: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

Afstemming vraag en aanbod afvalwater?

- Aanbod huishoudelijk afvalwater is voorspelbaar
- Aanbod hemelwater vertoont grote en onvoorspelbare fluctuaties
- Gevolgen voor riolering en rioolwaterzuivering?

Inzameling afvalwater: riolering

Typen gemeentelijke riolering

TYPE RIOLERING	AANGESLOTEN HUISHOUDENS x 1.000	%	NETLENGTE km buis	%
Gemengd gerioleerd	4.944	69	50.800	44
(Verbeterd) gescheiden gerioleerd	1.888	26	38.800	33
Afvalwater			20.400	
Hemelwater			18.400	
Totaal vrijverval riolering	**6.832**	**95**	**89.600**	**77**
Mechanische riolering	298	4	27.100	23
Niet aangesloten	44	0,6		
Gemeentelijke persleidingen			4.350	
Totaal Nederland	**7.174**	**100**	**121.050** [1]	**100**

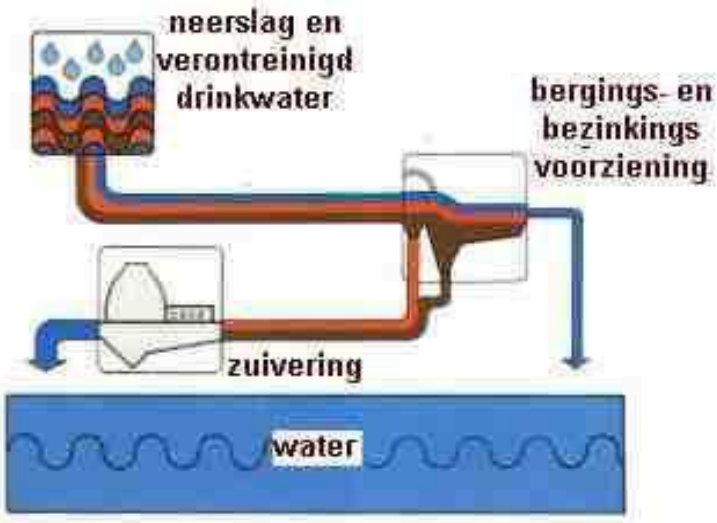
1) Waterschappen hebben daarnaast in beheer: ca. 600 km vrijvervalriolering en ca. 8.000 km persleiding.

BRON: Stichting RIONED

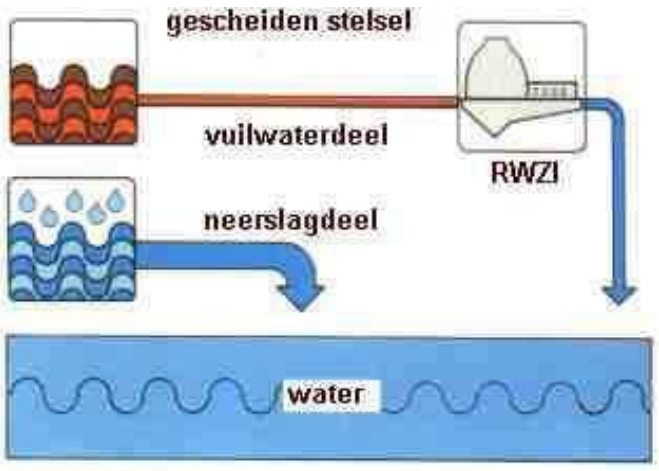
Bron CC SA BY: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

Inzameling afvalwater: riolering

Twee soorten riolen: gemengd en gescheiden



Probleem met overloop bij piekbelasting met hemelwater!



Overloop van neerslagdeel leidt niet tot extra belasting milieu

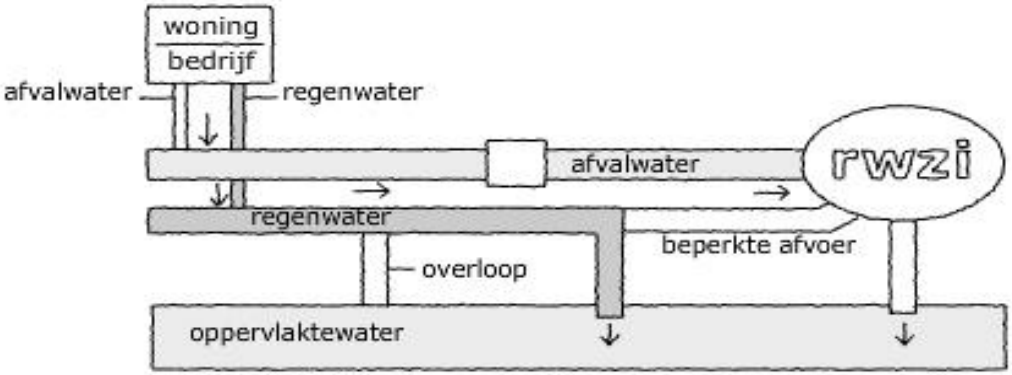
Foto CC SA BY: lenntech.nl

Inzameling afvalwater: riolering

Verbeterd gescheiden riool:

Bij verbeterd gescheiden riolen lopen regen- en afvalwater allebei naar een gemaal. Vanaf het gemaal gaat een klein deel van het regenwater naar de rwzi: het water van kleinere buien en het begin van grotere buien. De rest van het (vaak wat schonere) regenwater loopt over naar een vijver of sloot.

Helaas gaat jaarlijks toch nog 75% van het regenwater naar de rwzi.



Rioolstelsel in Nederland

Lengte en waarde riolering (2008)

Stelseltype	km buis	miljard €
Gemengd rioolstelsel	48.500	38
Gescheiden stelsel - dwa[a]	12.000	6,9
Gescheiden stelsel - rwa[a]	15.500	8,9
Verbeterd gescheiden stelsel - dwa[a]	5.000	2,9
Verbeterd gescheiden stelsel - rwa[a]	5.600	3,3
Totaal vrijvervalriolering	**86.600**	**60**
Drukriolering[b]	19.000	1,5
Persleiding beheer gemeenten	5.400	0,7
Totaal gemeentelijke riolering	**111.000**	**62**
Vrijvervalriolering beheer waterschappen	600	
Persleiding beheer waterschappen	8.000	

Bronnen: Gemeentelijke enquête 2005 (bewerkt); Waterschapsenquête 2008; Leidraad Riolering

a) Berekend o.b.v. peijjaar 2005 met toename door nieuwbouw: (50% gescheiden, 50% vgs) en afkoppelen (100% gescheiden rwa).

b) Extrapolatie o.b.v. aantal aansluitingen. Vermoedelijk is dit een onderschatting door toenemend aantal meters per woning.

Ouderdom van de aanwezige riolering

Jaar van aanleg	km buis	Aandeel %
Voor 1950	4.100	5
1950-1959	6.000	7
1960-1969	12.500	14
1970-1979	18.500	21
1980-1989	16.000	18
1990-1999	15.000	17
2000-2008[a]	14.500	17

a) Extrapolatie van gegevens uit 2005 o.b.v. toename woningvoorraad, afkoppelen en vervanging oude riolering.

Bron CC SA BY: Riool in Cijfers 2009-2010, Stichting RIONED

Rioolstelsel in Nederland

mini-rwzi voor individuele behandeling van afvalwater (iba)

Vrijwel 100% van de bevolking is op het openbare rioolstelsel aangesloten. Nog maar zo'n 50.000 mensen hebben geen rioolaansluiting, omdat hun woningen te ver van een rioolstelsel liggen. Daarom hebben ze hun eigen minizuivering in de tuin.

iba met helofytenfilter (rietveld)

Bron CC SA BY: Riool in Cijfers 2009-2010, Stichting RIONED

Samenstelling huishoudelijk afvalwater

Samenstelling huishoudelijk afvalwater

PARAMETER	ZWART AFVALWATER	GRIJS AFVALWATER	GEMENGD	VUILVRACHT
	mg/l	mg/l	mg/l	g/inwoner/dag
Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV)	440-570	290-370	330-420	50-65
Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV)			600-1000	90-150
Kjeldahl-stikstof (N-Kj)	250-320	25-35	90-120	14-18
Totaal fosfaat (P-totaal)	20-30	15-20	15-25	2-4
Zwevende stof			350-450	45-68

BRON: Stichting RIONED

Bron CC SA BY: Drinkwaterstatistieken 2012, Vewin

Percentages bevolking in (selectie van) Europese landen aangesloten op riolering/zuivering (bron: Eurostat)

Rio: percentage bevolking aangesloten op riolering
Zui: percentage bevolking aangesloten op riolering waarvan afvalwater wordt gezuiverd
Ind: percentage bevolking aangesloten op individuele inzameling en zuivering

	Rio	Zui	Ind
Nederland	99	100	1
België	86	64	12
Bulgarije	69	59	31
Denemarken	92	95	
Duitsland	96	98	
Frankrijk	95	100	
Italië	84	100	
Malta	100	13	0
Polen	60	100	26
Portugal	74	88	5
Spanje	100	92	
Ver. Koninkrijk	98		1,9
Zweden	86	100	14
Zwitserland	97	100	3

Bron CC SA BY: Riool in Cijfers 2009-2010, Stichting RIONED

Rioolstelsel in Nederland

Aantal aangesloten inwoners (2008)

Type riolering	Aantal inwoners[a]	Aandeel %
Gemengd gerioleerd	11.400.000	69
Gescheiden gerioleerd	3.000.000	18
Verbeterd gescheiden gerioleerd	1.350.000	8,2
Drukriolering	590.000	3,6
Niet aangesloten (zuivering ter plaatse)	65.000	0,4
waarvan: IBA 3a en 3b	12.000	
IBA 2	13.000	
overig, o.a. IBA 1 (= septic tank)	40.000	
Totaal Nederland	**16.405.000**	**100**

a) O.b.v. lengtes riolering en sanering buitengebied.

Samenstelling huishoudelijk afvalwater

	Concentratie mg/l			Vuilvracht[a]
Parameter	zwart	grijs	totaal	(g/inw/dag)
Biochemisch zuurstof-verbruik (BZV)	440-570	290-370	330-420	50-65
Chemisch zuurstof-verbruik (CZV)	-	-	600-1.000	90-150
Kjeldahl-stikstof (N-Kj)	250-320	25-35	90-120	14-18
Totaal fosfaat (P-totaal)	20-30	15-20	15-25	2-4
Zwevende stof	-	-	350-450	45-68

a) O.b.v. waterverbruik van 150 liter/inw./dag.
Bron: Leidraad Riolering

Bron CC SA BY: Riool in Cijfers 2009-2010, Stichting RIONED

Rioolwaterzuivering

- Afvalwater?
  - Totale hoeveelheid rioolwater: 1915 miljoen m^3 (CBS, 2004)
  - Hoe vuil (CBS, 2004) (in kg):

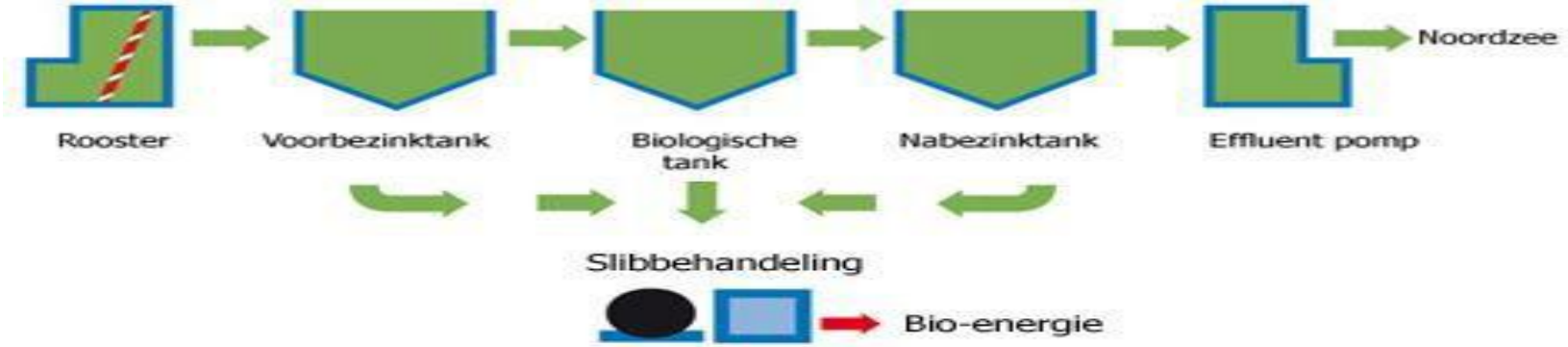
koper	Chroom	Zink	Lood	Cadmium	Nikkel	Kwik	Arseen
12767	2819	36486	6576	323	9346	103	2690

- Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI)

Foto's CC SA BY: lenntech.nl

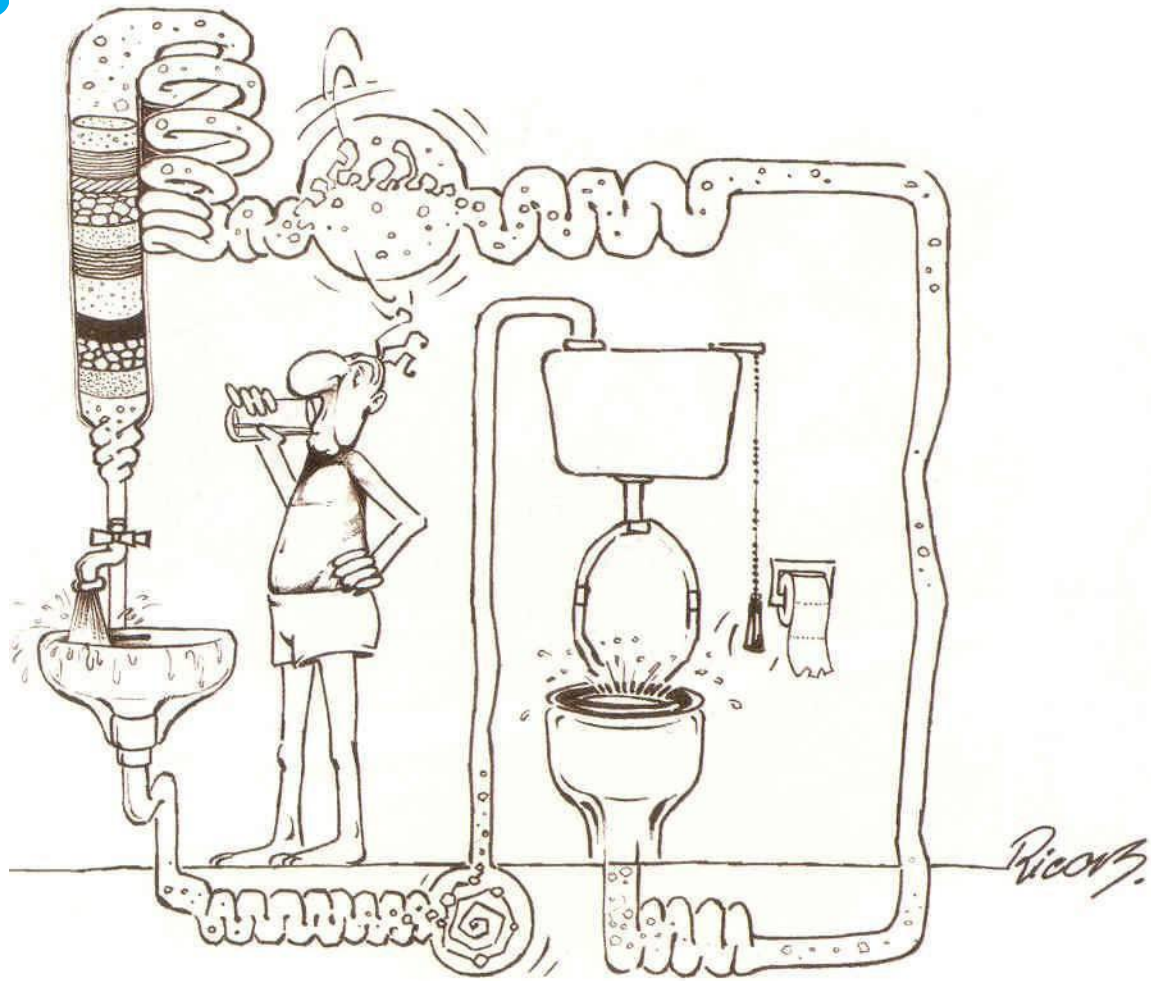
Rioolwaterzuivering

- Nederland telt ca. 400 RWZI's
- Laatst in gebruik genomen: Harnaschpolder, zuivert 1,35 miljoen i.e.; 35.800 m^3 per uur; bio-energie uit slib dekt ca. 30% van de eigen energiebehoefte
- Uitdaging: de energieneutrale RWZI te ontwikkelen (gebruik makend van slimmere zuiveringstechnieken en o.m. warmtepompen)



Bron CC SA BY: Delfluent.nl, Foto: vliegasunie

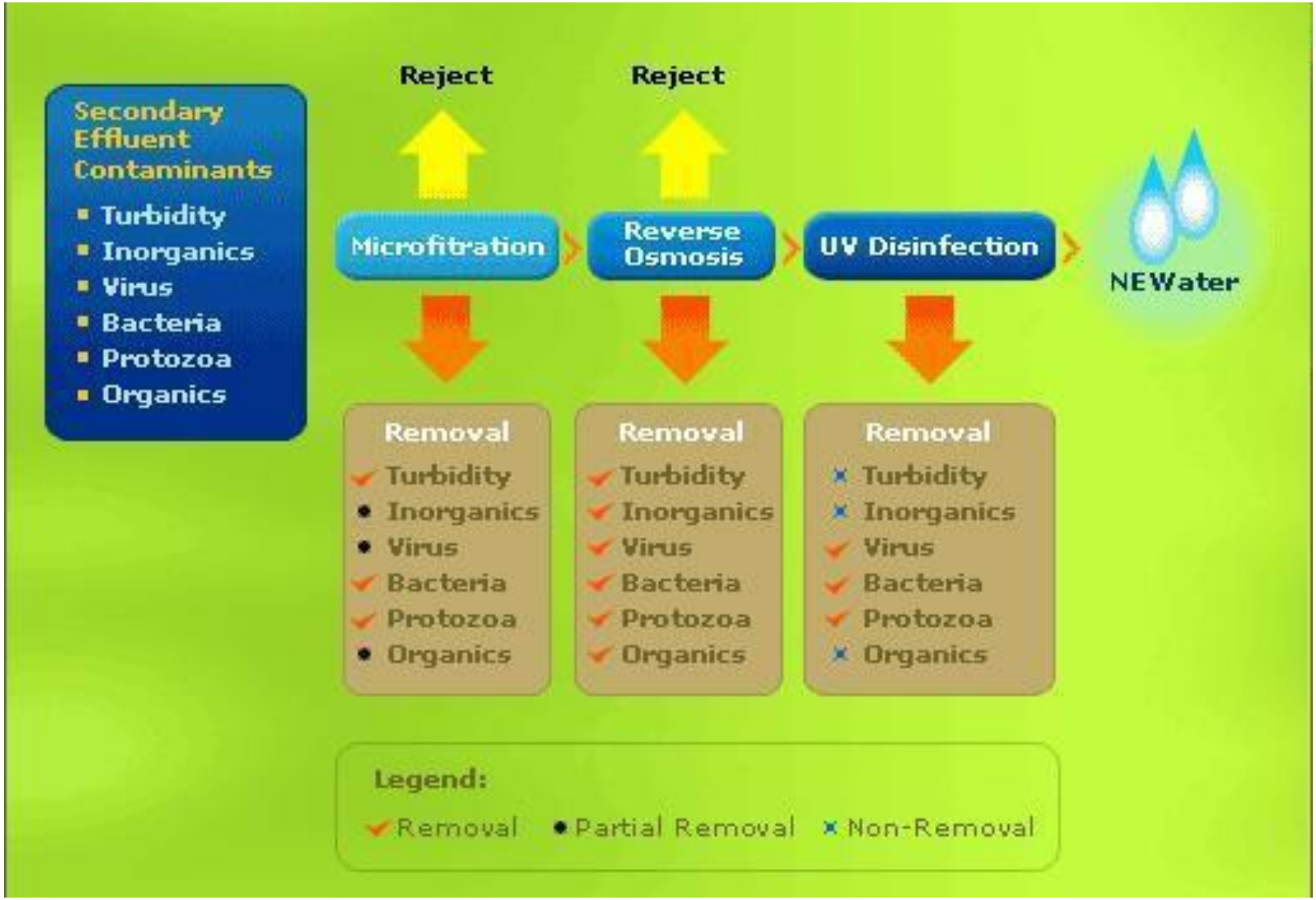
Kunnen we de kleine waterkringloop sluiten?



Drinkwater uit afvalwater: NEWater, Singapore

- Singapore voorziet in een derde van zijn drinkwaterbehoefte uit afvalwater (anno 2013)
- Politieke aanleiding: verminderen van de afhankelijkheid van Maleisië
- De technieken die daarvoor worden ingezet: micro-filtratie, gevolgd door omgekeerde osmose en UV-desinfectie
- Er zijn al vier NEWater fabrieken in Singapore; de vijfde wordt nu gebouwd, en moet in 2016 operationeel worden
- Doelstelling lange termijn: 55% van de waterbehoefte dekken met NEWater
- Overige bronnen: lokale opvang hemelwater, zeewaterontzilting en zoetwaterimporten uit Johor, Maleisië.

Foto CC SA BY: pingsketchbook.wordpress



Bron: **De waterhuishouding van Singapore,** Machteld Weerstra-de Boer - 18-2-2005

Min. EZ, www.twanetwerk.nl

Wat hebben we vandaag geleerd?

- Kun je de functionele eenheden in de drinkwater- en afvalwater-infrastructuur benoemen?
- Welke eisen stelt de waterleidingwet aan de drinkwater-voorziening?
- Welke kwaliteitsparameters definieert het waterleidingbesluit voor drinkwater?
- Hoe gaat de balanshandhaving van vraag en aanbod in zijn werk, kwantitatief en kwalitatief, bij fluctuaties in vraag en/of aanbod met verschillende tijdconstanten?
- Zijn er grenzen aan de schaalgrootte van drink- en afvalwater-infrastructuur? Zo ja, waardoor worden die bepaald?
- Waarom worden steeds meer gemengde rioleringen vervangen door (verbeterde) gescheiden rioleringen? Kun je de verschillen beschrijven?
- De drinkwaterzuivering is volledig gecentraliseerd – de afvalwaterzuivering niet. Waarom?
- Hoe kan afvalwater gezuiverd worden tot drinkwaterkwaliteit? Waarom doen we dat niet op grote schaal?

Werkcollege energie- en industrieketens

Voorbereiding:

- Zie http://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?werkcollege-ketens
- Maak een zo volledig en duidelijk mogelijk ketendiagram waarin de energiestromen van personenvervoer met een 'pluggable hybrid' tot uitdrukking komen.