

De wereldwijde waterschaarste wordt een van de grootste problemen van de 21^e eeuw. Nieuwe begrippen kunnen de aard, oorzaken en oplossingen van de mondiale waterproblematiek inzichtelijker maken.

Virtueel water

Blauw, groen en grijs

Heeft u enig idee hoeveel water u per dag verbruikt? Sommigen denken aan de paar liter die ze per dag drinken, inclusief koffie, thee en andere dranken. Anderen tellen er het water bij op dat ze gebruiken voor koken, douchen, afwassen, poetsen en het toilet doorspoelen, en komen op ruim 100 liter. En dan zijn er nog mensen die beseffen dat er voor de vervaardiging van alle producten die ze consumeren water nodig is geweest. Maar ze hebben geen idee om hoeveel het gaat. Ze schrikken als blijkt dat de gemiddelde Nederlander per dag 3961 liter water verbruikt. Dat is 1446 m³ ofwel 1,45 miljoen liter per jaar. Tweederde daarvan zit in het voedsel dat we eten; de rest in industrieproducten. Mensen zijn helemaal verbaasd dat 94% van dat water uit het buitenland komt, ook uit ontwikkelingslanden die kampen met watertekorten.

Water is geen product dat in grote hoeveelheden verslept wordt over de wereld. Daarvoor is het te volumineus, te zwaar en per gewichtseenheid van te weinig waarde. Er zijn in de Verenigde Staten, China, Spanje en Zuid-Afrika wel voorbeelden van grootschalige watertransporten van het ene stroomgebied naar het andere (*interbasin water transfers*), maar op wereldschaal stellen ze weinig voor. Veel belangrijker is het virtuele transport van water dat in producten besloten zit. Met een

miljoen ton tarwe importeert een land immers virtueel 1,8 miljard m³ water. Zo kan de globalisering niet alleen lokale watertekorten veroorzaken, maar ook bijdragen aan de oplossing ervan.

Verborgен water

Hoeveel water de inwoners van een land jaarlijks verbruiken, is weer te geven in de waterafdruk (*water footprint*), een pendant van de bekendere ecologische voetafdruk. Die geeft aan hoeveel hectares productief land of water – waar op aarde dan ook – nodig zijn om de hulpbronnen te produceren en het afval te

verwerken voor een bepaalde bevolking bij een bepaald welstandsniveau. Voor de berekening van de water footprint is het begrip *virtueel water* van belang. Dat is de hoeveelheid water die nodig is voor de productie van een bepaald goed.

Om een idee te geven hoeveel water gemeoid is met de productie van voedsel een paar vuistregels: de productie van een kilo graan kost gemiddeld bijna 2000 liter water, en de productie van één calorie voedsel kost 1 liter (een volwassene heeft 2000-3000 calorieën per dag nodig). Planten, dieren en mensen bestaan grotendeels uit water en hebben water nodig om voedingsstoffen in op te lossen en naar de cellen te vervoeren, en vooral om af te koelen (via transpiratie). In warme streken verbruiken planten en dieren veel meer water dan in gematigde streken. En hoe hoger in de voedselketen, des te meer water nodig is. Daarom kost vlees, vooral rundvlees, veel meer water en hebben vegetariërs een veel lagere waterafdruk dan vleeseters (figuur 1 en 2, pag. 36).

Virtueel water

Het begrip virtueel water is in de jaren 90 bedacht door de Brit Tony Allan. Hij hield zich bezig met internationale waterconflicten en verbaasde zich erover dat de toenemende

De gemiddelde Nederlander verbruikt per dag 3961 liter water



Veel van het water dat we dagelijks verbruiken zit verborgen in ons voedsel.

Gebruik en verbruik

In veel waterstatistieken (en schoolboeken) wordt geen onderscheid gemaakt tussen gebruik (*withdrawal*) en verbruik (*consumption*) van water. Toch is dit belangrijk. Water dat je gebruikt, wordt tijdelijk onttrokken aan de watervoorraad en komt daarna weer terug als (meer of minder vervuild) afvalwater. Dat water kan (meestal na zuivering) worden hergebruikt. Bij water dat je verbruikt kan dat niet, want het is verdampt, verwerkt in een product (bijvoorbeeld voedsel) of zo vervuild dat het zich niet leent voor hergebruik. In huishoudens en industrieën wordt het meeste water gebruikt (als proceswater), in de landbouw verbruikt (evapotranspiratie). Bij de water footprint gaat het om waterverbruik.

watertekorten in het Midden-Oosten nog niet geleid hadden tot gewapende conflicten (*water wars*). Tot ongeveer 1970 konden landen als Egypte nog zelf voorzien in hun waterbehoeften, maar daarna werd dat onmogelijk. Vooral door de enorme bevolkingsgroei: elke Egyptenaar erbij betekende toen een extra waterbehoefte van 1100 m³ per jaar. Daarin konden landen in het Midden-Oosten en Noord-Afrika volgens Allan onmogelijk voorzien. Er moest dus ergens een verborgen

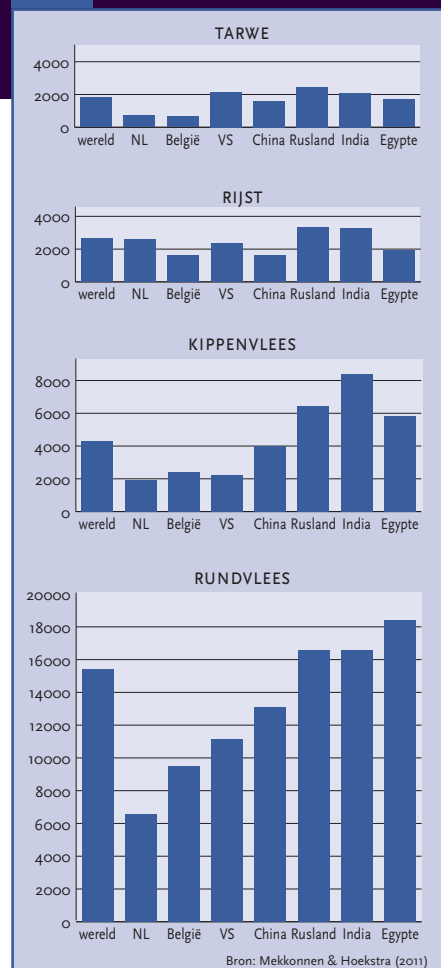
bron zijn, die hij 'virtueel water' noemde. Die bron zat besloten in het voedsel dat landen als Egypte importeerden. Per kilo graan voerde een land virtueel 1800 liter water in, ofwel 1800 m³ per ton. Volgens Allan stroomt er vanuit de Verenigde Staten en de Europese Unie 'meer virtueel water naar het Midden-Oosten dan via de Nijl naar de Egyptische landbouw'.

Waterafdruk

Het begrip water footprint werd in 2002 gemunt door Arjen Hoekstra, tegenwoordig hoogleraar waterbeheer aan de Universiteit Twente en destijds medewerker van het UNESCO-IHE Institute for Water Education in Delft. Hij heeft in het kader van het *Value of water*-onderzoeksproject van UNESCO-IHE samen met Ashok Chapagain en Mesfin Mekonnen baanbrekend onderzoek verricht naar de water footprint van landen en producten, en daarvan een krachtig analyse-instrument gemaakt. Dat project heeft inmiddels 53 onderzoeksrapporten opgeleverd die allemaal te downloaden zijn van www.waterfootprint.org. Op de site staat ook een calculator waarmee iedereen zijn eigen water footprint kan berekenen.

Om inzicht te krijgen in het watergebruik van een land wordt vanouds onderscheid gemaakt tussen het watergebruik in de huishoudelijke, industriële en agrarische sector. Die cijfers zeggen echter weinig over het werkelijke waterverbruik in een land. Want veel hier geconsumeerde goederen kunnen in het buitenland geproduceerd zijn, terwijl omgekeerd veel hier geproduceerde goederen in het buitenland geconsumeerd kunnen worden.

Figuur 3: Water footprint van twee soorten graan en twee soorten vlees



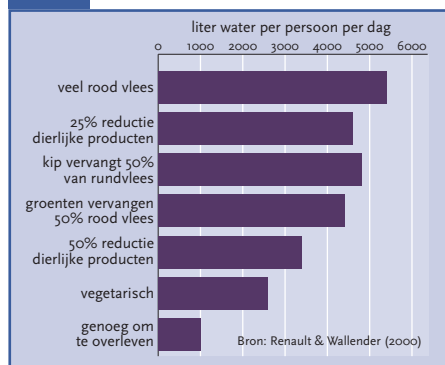
Waterverbruik in liters per kilo geconsumeerd product. Producten die in land X geconsumeerd worden, kunnen in land Y geproduceerd zijn. De herkomst van de producten is in deze water footprint dus verdisconteerd. Zie bijvoorbeeld de in Nederland geconsumeerde rijst.

Met de water footprint wilde Hoekstra duidelijk maken hoeveel water de bevolking van een land werkelijk verbruikt. Net als Allan kwam hij tot de conclusie dat de virtuele waterstromen een heel nieuw licht wierpen op de waterschaarste van landen en de manier waarop ze daarmee omgingen. Zo bleek Jordanië vooral via graanimporten virtueel 5 tot 7 miljard m³ water per jaar te importeren, terwijl de gangbare statistieken het watergebruik schatten op ongeveer 1 miljard m³. Voor Egypte kwam hij uit op een virtuele waterimport van 10 tot 20 miljard m³ bij een binnenlands gebruik van 65 miljard m³. Voor sommige landen met weinig water is de import van virtueel water dus van levensbelang.

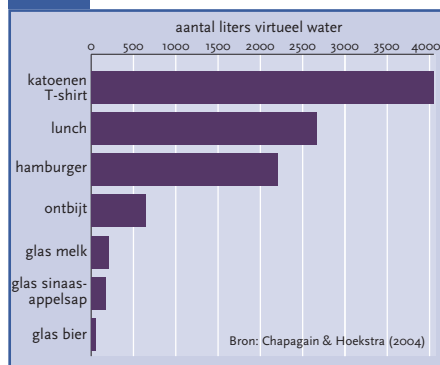
Intern en extern

De water footprint bestaat uit een intern en een extern deel. De interne afdruk omvat al het water dat binnenlands in huishoudens, industrieën en landbouw verbruikt wordt. Het water dat nodig was voor de productie van goederen voor de export, gaat daarvan

Figuur 1: Van rood vlees tot vegetariër en survival



Figuur 2: Benodigde hoeveelheid virtueel water per product (wereldgemiddeld)



Blauw, groen en grijs

Blauw water is het oppervlaktewater uit meren en rivieren, en het grondwater in ondergrondse *aquifers*. Het zit in het met water verzadigde deel van de bodem. De ruimte tussen de bodemdeeltjes is daar helemaal opgevuld met water. Blauw water kun je oppompen, vervoeren en gebruiken in huishoudens, industrieën, irrigatie, recreatie en elektriciteitsopwekking. Je kunt er geld voor vragen en het verhandelen.

Groen water is neerslag die niet wordt toegevoegd aan het oppervlakte- of grondwater (*run off* en *recharge*). Het bevindt zich in het niet-verzadigde deel van de bodem ('hangend vocht') of op de vegetatie. Groen water kun je niet oppompen, vervoeren en verhandelen; het is gratis. Je kunt het ook niet verspillen en het valt buiten het huidige waterbeheer. Maar planten kunnen het wél gebruiken en voor de voedselproductie is het van enorm belang. De hele regenafhankelijke landbouw (85% van de gewassen) is erop aangewezen; de resterende 15% wordt geïrrigeerd (en daar gaat 70% van het gebruikte blauwe water naartoe). Van al het water dat landbouwgewassen verbruiken is 83% groen.

De landbouw zou meer kunnen inzetten op een maximale benutting van groen water. Blauw water moet zo veel mogelijk gereserveerd worden voor huishoudens en industrieën. In de landbouw zou het alleen met zeer efficiënte technieken zoals druppelirrigatie ingezet mogen worden.

Grijs water is de hoeveelheid die nodig is om de vervuiling in het afvalwater zover te verdunnen dat deze niet meer schadelijk is. Hoe smeriger het afvalwater, des te meer verdunningswater nodig is om de vervuiling te neutraliseren. Zuivering van afvalwater vóór lozing kan het grijswatergebruik reduceren. Het is dus een vorm van indirect waterverbruik en verschilt van wat we in Nederland onder grijs water verstaan (afvalwater uit douche, wasmachine en keuken).

af. De externe footprint omvat het water dat in andere landen verbruikt is voor de productie van de ingevoerde en geconsumeerde goederen.

In beide gevallen gaat het zowel om 'blauw', 'groen' als 'grijs' water (gelijknamig kader). Dit is een belangrijk, maar nog weinig gemaakt onderscheid. In de gangbare statistieken en literatuur telt alleen blauw water mee, terwijl een groot deel van de landbouw is aangewezen op groen water.

Om de water footprint per land te berekenen moet je dus weten wat er in een land geconsumeerd wordt, hoeveel water voor de productie van goederen nodig is, waar de goederen geproduceerd zijn, hoeveel in- en uitgevoerd worden, enzovoort. Wat het nog ingewikkelder maakt: er zijn tussen landen grote verschillen in de hoeveelheid water die nodig is om eenzelfde goed te produceren. Zo kost de productie van een ton tarwe in Rusland 2442 m³ water, in China 1602 m³ en in Nederland 731 m³. De productie van een ton rundvlees kost in Tadjikistan gemiddeld 56.721 m³ water en in Nederland 7569 m³. Dit komt door uiteenlopende klimatologische omstandigheden en productiemethoden. De verschillen zijn bij industrieproducten nog veel groter. Daar varieert het verbruik van 11 liter per dollar toegevoegde waarde in Japan en 16 liter in Nederland, tot 1071 liter in Vietnam.

Minstens zo belangrijk als de *hoeveelheid* is het *soort* water dat verbruikt wordt: blauw, groen of grijs. Zo is de tarweproductie in China voor 52% afhankelijk van blauw water, terwijl dat in Rusland maar 1% is.

Deze cijfers geven aan dat je een bepaald goed misschien beter elders kunt produceren, of dat je het waterefficiënter kunt produceren.

Verschillen wereldwijd

Figuur 4a (pag. 38) toont de gemiddelde water footprint per inwoner van alle landen. Het wereldgemiddelde ligt op 1385 m³ per persoon per jaar (3794 liter per dag). De

De productie van 1 ton tarwe kost in Rusland 2442 m³ water en in Nederland 731 m³

Water footprint van in Duitsland gegeten tomaten

De tomatenconsumptie in Duitsland bedroeg in 1996-2005 gemiddeld 714.000 ton. Daarvan kwam 47.000 ton uit Duitsland zelf met een water footprint van 36 liter per kilo. Van de geïmporteerde 667.000 ton kwam 252.000 ton uit Nederland (footprint 10 liter per kilo), 244.000 ton uit Spanje (83 liter per kilo) en 72.000 ton uit Italië (109 liter per kilo). De gemiddelde water footprint van de in Duitsland gegeten tomaten kwam zo uit op 57 liter per kilo.

mondiale watervoetafdruk bedraagt 9087 miljard m³ (74% groen, 11% blauw en 15% grijs). Daarvan ging 92% naar de landbouw.

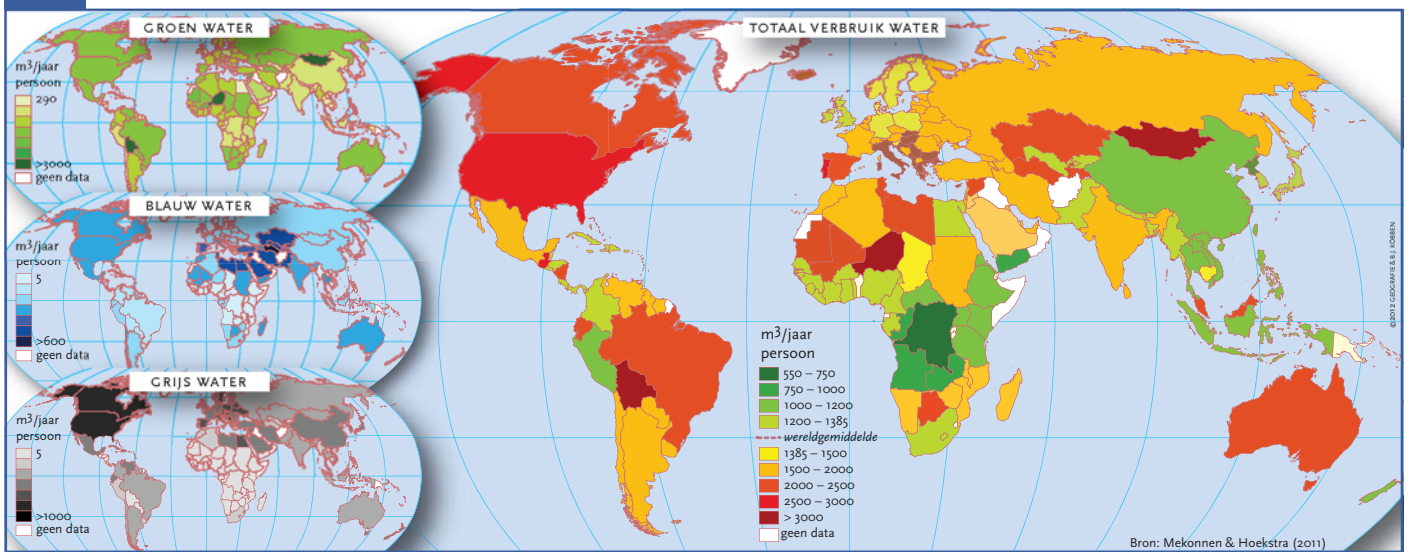
De geïndustrialiseerde landen zitten tussen de 1250 en 2850 m³ (VS), afhankelijk van consumptiepatronen en productieomstandigheden. De gemiddelde Amerikaan eet 43 kilo rundvlees per jaar waarvoor in de VS per kilo gemiddeld 14.500 liter water nodig is. De gemiddelde Engelsman eet 18 kilo waarvoor in Engeland per kilo 'maar' 9900 liter verbruikt wordt.

Bij ontwikkelingslanden zijn de verschillen veel groter: ze variëren van 552 in (het waterrijke) Congo tot 3775 m³ in (het droge) Mongolië. Ook Bolivia en Niger springen eruit door hun hoge waterverbruik. Dat komt doordat ze daar 1,3 en 1,4 keer het wereldgemiddelde aan rundvlees eten en, veel belangrijker, doordat ze daarvoor 5 tot 6 keer het wereldgemiddelde aan water verbruiken (76.080 liter per kilo in Bolivia).

In het algemeen worden de verschillen in water footprints veroorzaakt door vier factoren:

- het algemene welvaartsniveau: hoe groter de welvaart, des te groter de consumptie van allerlei goederen en diensten;
- de eetgewoonten: veel/weinig dierlijke producten; veel/weinig rijst;
- het klimaat: hoe warmer, des te hoger de evapotranspiratie;

Figuur 4: Verbruik van groen, blauw en grijs water in m³ p.p.j. en gemiddeld per land



- de landbouwmethoden: opbrengst per m³ water; bij waterinefficiënte landbouwmethoden zoals oppervlakte-irrigatie draagt slechts een klein deel van het gebruikte water bij aan de productie van biomassa.

De figuren 4b, c en d (pag. 38) geven aan hoeveel groen, blauw en grijs water landen verbruiken. De water footprint is het hoogst in dichtbevolkte gebieden (India, China, Europa) en in minder dichtbevolkte gebieden met een hoge vleesconsumptie (VS, Argentinië) of waterintensieve agrarische productieomstandigheden (warm klimaat, weinig efficiënte landbouwmethoden).

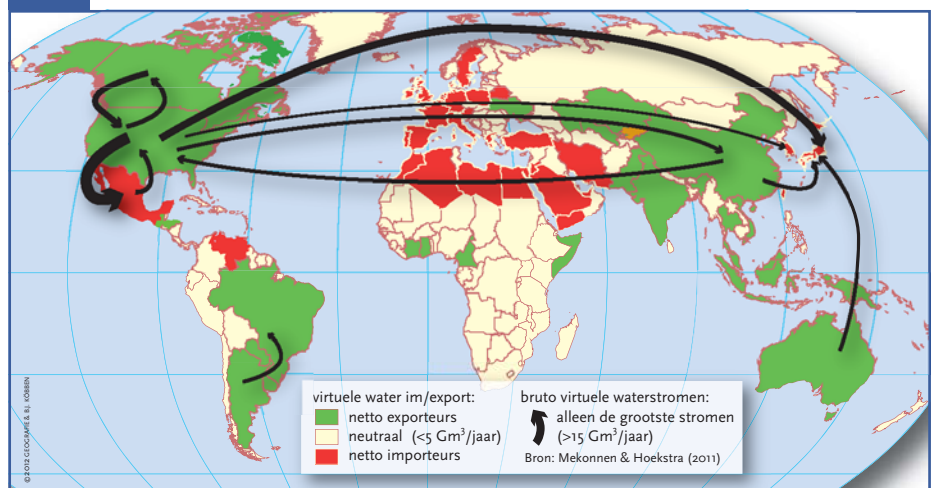
Virtuele waterstromen

Figuur 5 laat zien welke landen netto virtueel water importeren of exporteren en hoe het virtuele water over de wereld stroomt. De totale virtuele waterstroom bedraagt 2320 miljard m³.

Je zou verwachten dat landen met waterschaarste veel virtueel water importeren en dus een hoge externe water footprint hebben. Van waterschaarste is in dit verband sprake als de water footprint van een land hoog is in vergelijking met de hoeveelheid water die in het land zelf duurzaam beschikbaar is. Landen hebben – bij het gegeven welvaartspeil – meer (virtueel) water nodig dan ze zelf hebben. Om in hun waterbehoefte te voorzien, zouden ze hun footprint kunnen externaliseren. China doet dat momenteel al door de aankoop of lease van miljoenen hectares landbouwgrond in Afrika en Latijns-Amerika.

Tussen waterschaarste en afhankelijkheid

Figuur 5: Virtuele waterstromen



De groene landen zijn netto-exporteurs van virtueel water, de gele en rode zijn nettoimporteurs. Opvallend is dat waterarme landen als China, India en Pakistan, en ook Afrikaanse landen nettowaterexporteurs zijn en dat waterrijke landen in Europa tot de netto-importeurs behoren.

van externe waterbronnen blijkt (vooralsnog) in het algemeen echter nauwelijks verband te bestaan. Voor een aantal landen in het Midden-Oosten (Koeweit, Bahrein, Oman, Qatar, Israël, Jordanië, Saoedi-Arabië) gaat het verband wel op, maar voor een aantal landen in deze regio ook niet (Egypte, Tunesië, Yemen, Algerije, Libië, Marokko). Het verband gaat voornamelijk op voor de rijkere landen die over voldoende deviezen beschikken om waterintensieve goederen te importeren. Opvallend is ook dat er landen met een hoge externe water footprint zijn die niet (echt) kampen met waterschaarste, zoals Nederland, Zwitserland, België, IJsland, het Verenigd Koninkrijk en Noorwegen. Zij importeren

goederen die in eigen land niet verbouwd kunnen worden (koffie bijvoorbeeld) of die elders goedkoper geproduceerd kunnen worden. Verder valt op dat waterarme landen als Pakistan, India en China en ook Afrikaanse landen nettowaterexporteurs zijn. Water is blijkbaar (nog) geen dominante factor in de internationale handel.

Efficiëntie

De waterafdrucken en virtuele waterstromen verhelderen het watergebruik en de waterproblemen op de wereld. Sommige waterarme landen ontwikkelen al beleid om de export van waterintensieve gewassen te beperken en de import ervan te vergroten. De

handel in virtueel water kan de problemen van waterarme landen verminderen en mondiaal de efficiëntie van het watergebruik vergroten. De handel in landbouwproducten zou 369 miljard m³ water kunnen besparen wanneer landen producten importeren die elders met minder (en vaak groen) water geproduceerd zijn dan wanneer ze van eigen bodem en met blauw water geproduceerd zijn. De handel in virtueel water zou weleens praktischer en goedkoper kunnen zijn dan allerlei dure en energievretende projecten om *real water* te produceren via ontziltingsinstallaties of te vervoeren via pijpleidingen, aquaducten en kanalen (zoals het gigantische South to North Water Transfer Project in China, zie *Geografie* januari 2010). Het vereist wel dat landen elkaar vertrouwen, samenwerken en daarvoor geëigende instituties ontwikkelen.

Maar we moeten oppassen voor te simpele conclusies. Zo kost de productie van rijst in

Hoewel de rijstteelt in de VS minder water per kilo kost, is het met het oog op duurzaam waterbeheer beter rijst te eten uit Zuidoost-Azië.

De handel in virtueel water zou weleens praktischer en goedkoper kunnen zijn dan het vervoer van *real water*

de VS 2344 liter per kilo en in Thailand 3592 liter. Je zou dus zeggen: eet rijst uit de VS. Maar die wordt in Californië, Louisiana en Arkansas verbouwd op geïrrigeerde velden, waar veel blauw water wordt onttrokken aan overgeëxploiteerde rivieren en aquifers. In Thailand wordt de rijst tijdens de natte moesson verbouwd. Het vele regenwater wordt opgevangen in de rijstvelden; anders zou het weglopen en tot overstromingen leiden. Zonder de rijstvelden zouden er in de droge tijd zelfs watertekorten kunnen ontstaan omdat de aquifers onvoldoende zijn aangevuld. Dus eet toch maar Thaise rijst in plaats van Amerikaanse. De eerste is met overvloedig groen water geproduceerd, de tweede met schaars blauw water. Dit voorbeeld laat zien hoe belangrijk regiospecifieke kennis van de geografische omstandigheden is. •

Bronnen

- Allan, J.A. 1998. Watersheds and problemsheds: explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. *Middle East Review of International Affairs*, 2(1): 49-51.
- Allan, J.A. 1998. Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits. *Groundwater*, 36(4): 545-546.
- Chapagain, A.K. & A.Y. Hoekstra 2004. *Water Footprint of Nations*. Unesco-IHE, Delft. Ook te raadplegen via www.waterfootprint.org.
- Hoekstra, A.Y. et al. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Earthscan, London. Ook te raadplegen via www.waterfootprint.org.
- Hoekstra, A.Y. & A. Chapagain 2008. *Globalisation of Water. Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing.
- Hoekstra, A.Y. & M.M. Mekonnen 2012. *The Water Footprint of Humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences*. Te raadplegen via www.pnas.org.
- Mekonnen, M.M. & A.Y. Hoekstra 2011. *National Water Footprint Accounts: the Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*. Unesco-IHE, Delft. Ook te raadplegen via www.waterfootprint.org.
- Zygmunt, J. 2007. *Hidden Waters*. Te raadplegen via www.waterwise.org.uk.

