

Samenvatting	2
DE REDEN VOOR DE FORMULERING EN DE MISSIE VAN HET NIEUWE WATERPARADIGMA	4
2. De vier "milieus" van het water	12
3. Water en thermische energie	14
4. De grote waterkringloop	17
5. De kleine waterkringloop	18
6. De balans van de watercyclus	20
7. De rol van planten in de watercyclus en in de transformatie van zonne energie	25
7.1 De stroom en distributie van zonne-energie op het land	25
7.2 Planten, water en de verdeling van warmte	29
8. HET EFFECT VAN landgebruik OP DE WATERCIRCULATIE	37
8.1 Bossen	37
8.2 Landbouwgrond	41
8.3 Waterlopen	47
8.4 Steden	49
9. Het effect van de afname van het water in de kleine waterkringloop op de groei van klimaatextremen	51
9.1 Het effect van de afname van het water in de kleine waterkringloop op het stijgende oceanpeil	58
10. Het oude waterparadigma	65
11. Het nieuwe waterparadigma	70
11.1 De Sahel vergroenen	75
11.3 Holistische begrazing	77
12. INSTITUTIONELE STEUN VOOR HET GEBRUIK VAN REGENWATER	80
12.1 Het vasthouden van regenwater in onze geschiedenis	80
12.2. De beginselen, methoden en voordelen van het behoud van regenwater op het land	86
12.3 De civiele sector	91
12.4 De economische sector	93
12.5 De publieke sector	96

Samenvatting

The circulation of water in nature takes place through the large and small water cycles. Humanity, through its activities and systematic transformation of natural land into cultured land, accelerates the runoff of rainwater from land. Limiting evaporation and the infiltration of water into the soil decreases the supply of water to the small water cycle. The equilibrium of the water balance in the small water cycle is thus disturbed and it gradually starts to break down over land.

If there is insufficient water in the soil, on its surface and in plants, immense flows of solar energy cannot be transformed into the latent heat of water evaporation but are instead changed into sensible heat. The surface of the ground soon overheats, and as a result, a breakdown in the supply of water from the small water cycle arises over the affected land.

Klimaat
verandering,
weer
extremen

Local processes over huge areas inhabited and exploited by human beings are changed into global processes and with processes that occur without the assistance of human beings; together they create the phenomenon known as *global climate change*. The part of global climate change caused by human activities then is largely based on the drainage of water from the land, the consequent rise in temperature differences triggering off mechanisms which cause a rise in climatic extremes. The disruption of the small water cycle is accompanied by growing extremes in the weather, a gradual drop in

Disruption of
the balance
of the watercycle

groundwater reserves, more frequent flooding, longer periods of drought and an increase in the water shortage in the region.

The part of climatic change which is the result of human activities (draining of a region), can be reversed through systematic human activity (the watering of a region). The watering of land can be achieved through saturation of the small water cycle over land by ensuring comprehensive conservation of rainwater and enabling its infiltration and evaporation. This can help achieve the renewal of the small water cycle over a region and fundamentally change the trend of changing climatic conditions: it can—to reverse the trend of regional warming—temper extreme weather events and ensure a growth in water reserves in the territory.

Opportunity
for renewal of
the water cycle

The renewal of the small water cycle over an area, however, depends not only on the extent to which the area has been damaged but also on a number of other factors. In the case of Slovakia, we can expect visible results relatively soon (10 to 20 years) after implementation of these measures. The financial costs of these specific measures are moderate sums which can be allocated from state, public and private budgets. Support

Relatively
undemanding
financially
and time-wise

for the implementation of far-reaching measures should be linked pro rata to each 1 m³ of reservoir volume built in the ground or to anti-erosion measures carried out. The implementation of water conservation measures should, until the renewal of the small water cycle and the maximalization of a stable water balance in a region, replace previous investment measures, which only served to accelerate the runoff of water from a region.

The conservation of rainwater on land "in situ" and the conducting away only of the natural surplus of water in a region is "condicio sine qua non"—a condition essential

Every drop
matters

For ensuring environmental security, global stability and the sustenance of economic growth. Fulfilling these conditions should be of interest to each individual and each community. This is the first time in the history of human civilisation when the impact of mankind's activities on the water cycle and the decrease of amount of water in it will have to be evaluated. The statement of the Sri Lankan king, Parakramabahu the Great— "Not even a single raindrop should be allowed to flow into the sea without it first having been used for the benefit of the people..." —is the best summing up of the new water paradigm, a statement which, in the coming decades, should become a slogan for mankind calling for the preservation of civilisation.

DE REDEN VOOR DE FORMULERING EN DE MISSIE VAN HET NIEUWE WATERPARADIGMA

Dingen moeten zo eenvoudig mogelijk worden gemaakt, maar niet nog eenvoudiger.

Albert Einstein

Onder de uitdrukking "paradigma" verstaan we een reeks veronderstellingen, concepten en attitudes van een groep wetenschappers met betrekking tot een bepaald gegeven wetenschappelijk probleem. De term in deze geest wordt vooral geassocieerd met de naam van Thomas Kuhn (1922-1996), een professor in de filosofie en geschiedenis van de wetenschap. Professor Kuhn dateert het begin van zijn theorie van de wetenschappelijke revolutie in de tijd dat hij zijn proefschrift aan het voorbereiden was. In die tijd las hij Aristoteles' *Physics*, wat tot de tijd van Isaac Newton het meest gezaghebbende werk op dit gebied was. Kuhn was geschokt door de verschillen tussen de opvattingen van Aristoteles en door zijn ogenschijnlijk onjuiste, zelfs onbegrijpelijke logica. Toen hij echter in staat was om op een andere manier naar Aristoteles en enkele van zijn basisconcepten te kijken, was hij in staat het boek te begrijpen.

Wat is een
"paradigma"

Kuhn observeerde met verbazing dat de term 'beweging', in tegenstelling tot die van Newtons (en zijn eigen) opvatting, in de natuurkunde van Aristoteles niet alleen een verandering in de positie van het object dat wordt onderzocht, betekent, maar ook andere veranderingen, zoals groei, verandering in

Conventioneel
denken

temperatuur, genezing processen en dergelijke. Net zoals Kuhn zijn geest moest bevrijden van conventionele ideeën om Aristoteles te begrijpen, kan het voor een goed begrip van het hier gepresenteerde werk ook nodig zijn om afstand te nemen van sommige gangbare populaire theorieën en manieren van perceptie. Wanneer in dit werk bijvoorbeeld over water wordt gesproken, wordt, tenzij anders vermeld, niet alleen het water in rivieren en meren bedoeld dat we kunnen zien, maar ook water in al zijn andere toestanden, vormen en verschijningen. Waterdamp en wolken in de atmosfeer zijn meer dan alleen poëtische weerspiegelingen van water in de grond en in open reservoirs. Ook water in levende organismen, vooral in planten, heeft onze aandacht.

Samen met zijn vele filosofische en diverse wetenschappelijke werken, schreef Aristoteles ook het werk *Meteorologica*. In tegenstelling tot het beperkte begrip van dit wetenschappelijke veld, die zich bezighoudt met atmosferische verschijnselen behandelt Aristoteles met betrekking tot dit onderwerp a breed spectrum van kennis en concepten over de aarde. Dit werk is zo briljant dat wetenschappers en filosofen niet sceptisch of kritisch durfden zijn. Echter door de verder wetenschappelijk en de ontdekking van nieuwe continenten in de 16e eeuw lieten zien dat veel beweringen in *Meteorologica* niet meer houdbaar waren.

mogelijkheden
om
een paradigma
uit te dagen

Thomas Kuhn, "Wat zijn wetenschappelijke revoluties?" uit *The Probabilistic Revolution, Volume I: Ideas in History*, red. Lorenz Kruger, Lorraine, J. Daston en Michael Heidelberger (Cambridge, MA: MIT Press, 1987), <http://www.units.muohio.edu/technologyandhumanities /kuhn.htm>

In dit geval is het dus een goed voorbeeld van paradigma die zijn waarde ging verliezen en vervangen moet worden door één die beter aansluit bij de realiteit.

Water is in de eerste plaats een basiselement van het leven. Het leven, volgens de huidige theorieën, is ontstaan in water, uitgebreid naar land en zonder water zou het ophouden te bestaan. Water is ook een onmisbare component in de geschiedenis van menselijke beschavingen.

De opkomst en
ondergang van
civilisaties

De grootste menselijke beschavingen ontstonden direct rond waterbronnen: de Nijl in Egypte, de Eufraat en de Tigris in Mesopotamië, de Gele Rivier in China. Hun welvaart was sterk afhankelijk van een overvloed aan water. Water vervulde zowel de lagere als de hogere behoeften van mensen, voorzag hen van voedsel, bescherming, energie, transport, rust, schoonheid, harmonie en inspiratie. Uit de geschiedenis kennen we beschavingen die zich met succes ontwikkelden rond vruchtbare grond met een rijke vegetatie en een overvloed aan water. Het is echter mogelijk dat velen van hen door de aantasting van hun waterbronnen hun eigen ondergang of uitsterven hebben veroorzaakt. Tegenwoordig zijn we eraan gewend dat archeologen bewijzen opgraven van oude, ooit bloeiende beschavingen in de woestijn of in de semi-aride gebieden van Noord-Afrika, het Midden-Oosten, Irak, Iran of in andere delen van de wereld. Maar het komt niet bij ons op dat deze beschavingen mogelijk zijn uitgestorven in een proces dat vandaag de dag nog steeds om ons heen plaatsvindt.

Het thema van deze publicatie is een paradigma over water, dat wil zeggen een optelsom van veronderstellingen, concepten en houdingen

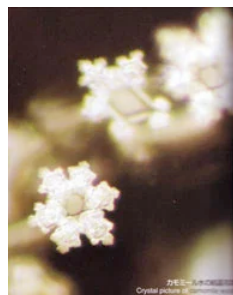
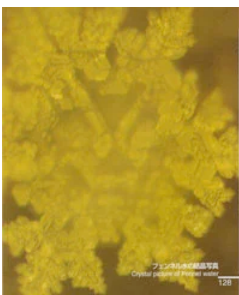
De mystiek van
water

van verschillende groepen in de samenleving (niet alleen wetenschappers) over water. Water is een natuurlijk onderwerp voor een paradigma, ook al hoeft het niet in wetenschappelijke formules verwoord te worden. Dichters hebben de mystiek van water bezongen; filosofen die schreven ten tijde van het ontstaan van de filosofie in het oude Griekenland, beschouwden water als een fundamentele entiteit voor de wereld. De oceaan was volgens Homerus "de vader van alle goden"(3). Thales van Miletus beschouwde het als de elementaire materie van de wereld(4). Volgens Empedocles en anderen was water een van de fundamentele elementen van de wereld, samen met aarde, vuur en lucht. Water als basis van het leven en als zuiverend medium is rijkelijk vertegenwoordigd in de symbolen van de wereldreligies. In de bijbel wordt het oorspronkelijke paradijs beschreven als de Hof van Eden, met water uit vier rivieren (waaronder de Eufraat en de Tigris). Iemand wordt formeel christen door de doop met water. Hindoes duiken in hun verlangen naar bevrijding in de Ganges, en het beloofde paradijs voor gelovigen in de Koran wemelt ook van het water van de rivieren. In de geestelijke beleving van de mensheid wordt harmonie met het water en met de natuurlijke circulatie ervan ervaren als een geschenk, een goedheid of een zegen, en disharmonie ermee en de extremen van de circulatie ervan als een straf, een kwaad of een vloek.

³ Homer, *Iliad*, XIV, 201

⁴ Diogenes Laertius: "Thales... designated water as the principle of everything."

Dankzij het bipolaire karakter van het water atoom is water [water als drager van informatie](#) een potentiële drager van informatie. Jaques Benveniste is een van de pioniers die dit fenomeen heeft onderzocht. Hij onderzocht het effect van zeer hoge verdunningen van IgE op de degranulatie van basofiele cellen. Verder toonde hij aan dat hartprestaties beïnvloedt werden door ultra hoge verdunningen van toxines. En als laatste toonde hij aan dat je zonder fysisch contact informatie kon overzetten. Wij gebruiken dit principe met onze remedie maker, waarbij we de toxische effecten van entingen ontstoren (bijvoorbeeld klinische vaccinositis na een rabiës enting). Dr. Emoto uit Japan onderzocht de relatie tussen informatie overdracht op kristalkwaliteit van water (*messages from water*). Hieronder de foto's van kristallen, die via een 'remedy' maker overgezet zijn, van respectievelijk venkel en kamille



Professor Luc Montagnier heeft het werk van Jaques Beneveniste opgepakt en aangetoond dat DNA in water, verdunt boven het getal van avogrado, als elektrisch signaal gedetecteerd kan worden.

Een proef met kikkervisjes die blootgesteld werden aan een homeopathische oplossing van schildklierhormoon (in reageerbuisje in het aquarium) liet zien dat er een ontwikkelingsstoornis optrad in de metamorfose.

Bovenstaande heeft enorme implicaties, niet alleen voor de geneeskunde (homeopathie), maar ook voor toxische verontreiniging van water. Immers geringe verontreinigingen met laat zeggen uitscheidingsproducten van de anticonceptiepil kunnen dan enorme implicaties hebben. De atmosferische verontreiniging van het wateroplosbare *glyphosaat* (Round Up) is dan ook catastrofisch te noemen.

We gaan bij het belang van de kwaliteit van de kleine watercyclus in op het vermogen van het ecosysteem om water vast te houden en te reinigen alvorens het via de grote waterlopen richting zee verdwijnt.

Informatie overdracht van water wordt ook gebruikt in de applicatie van technische apparaten om water energetisch op te laden en te zuiveren, zoals bijvoorbeeld het Grander apparaat, waarbij het instromende water langs een reservoir met zeer zuiver Oostenrijks bronwater wordt geleid.

De relatie van beschavingen tot water is in de loop van de geschiedenis veranderd. In sommige beschavingen werd water aanbeden. In de 20e eeuw probeerden mensen het water te beperken en te onderwerpen. Vooruitgang in de geest van de communistische slogan: "wij beheersen de wind en de regen" was, vanuit het oogpunt van directe oplossingen, effectiever, maar vanuit het oogpunt van regeneratie, zelfs slechter dan de *verering* van het water. Aan water kan geen opdracht gegeven worden; er is een gevoeliger aanpak nodig. De noodzaak om een paradigma te formuleren is een gevolg van het falen van traditionele ideeën (in deze publicatie noemen we ze het "oude paradigma") om blijvende, duurzame oplossingen te bieden voor enkele van de brandende vragen over watervoorraden en watercirculatie. Het paradigma vormde zich langzaam in de omgeving van een burgervereniging die zich bezighield met de wetenschappelijke en praktische aspecten van deze vraagstukken. De eerste rapporten werden gepubliceerd in het begin van de jaren negentig (5). Het ontstaan ervan ging gepaard met een geleidelijke bestudering van de door jarenlange praktijkervaring verworven kennis en met de verbreding van onze kennisbasis. De publicatie ervan is een uiting van de bezorgdheid en de zorg van een groep burgers die geïnteresseerd zijn in openbare aangelegenheden. Het is samengesteld met het doel de huidige onbevredigende benadering van water en de watercyclus opnieuw te beoordelen.

De behoefte aan een nieuw paradigma

Dit werk is niet gebaseerd op nieuwe, revolutionaire kennis; de

Een andere manier van kijken

betrokken actualiteit komt meer voort uit het doordenken van bestaande kennis tot de logische consequenties ervan. Wij zijn ervan overtuigd dat dit pioniers werk is en dat het de praktijk van het waterbeheer fundamenteel zal veranderen en dat het een grote inspiratiebron zal zijn voor verder onderzoek en voor de wetenschap. Al vele jaren houden wetenschappelijke onderzoeksprogramma's zich wereldwijd bezig met klimaatveranderingen. Zij herleiden het hele proces van deze veranderingen echter bijna uitsluitend tot de kwestie van de zogenaamde broeikasgassen. Veel wetenschappers stellen zelf in tal van werken dat het verband tussen de hydrosfeer of veranderingen in de water (*hydrologische*) cycli en klimaatveranderingen groot is, maar tot dusver onvoldoende is bestudeerd (6). Terwijl de aandacht tot dusverre vooral uitging naar het effect van klimaatveranderingen op de watercyclus (7), wordt in het gewijzigde paradigma aanbevolen de aandacht te richten op het effect van veranderingen in *de watercyclus op klimaatveranderingen*. Als de alternatieve visie die in deze publicatie wordt gepresenteerd juist is, opent dat de mogelijkheid van een constructieve oplossing voor veel van de problemen die samenhangen met klimaatveranderingen. Het plan om de kleine waterkringloop te verzadigen door regenwater op het land op te slaan is, vanuit het oogpunt van de auteurs van deze publicatie, een revolutionaire oplossing voor de gegeven problemen.

⁵ For example, *The Principles of Water Management Policies and Proposed Measures – An Alternative Proposal, Water for the Third Millennium*, Slovak River Network, Košice, 1993

⁶ For example, Prof. RNDr. Milan Lapin, CSc., "A Brief Theory about the Climatic System of the Earth," particularly in connection with changes in the climate; modification of the professor's inauguration speech from 20 September 2004, Internet

⁷ For example, European Commission, *Climate Change Impacts on the Water Cycle, Resources and Quality*; Brussels, 25 – 26 September 2006, Conference Proceedings, Scientific and Policy Report, EUR 22422

Naast deze inleiding en het afsluitende hoofdstuk, waarin de boodschap van de publicatie en het nieuwe paradigma worden samengevat, is het werk verdeeld in een aantal aanvullende hoofdstukken. Hoofdstuk 2 introduceert in het kort de vier "milieus" van het water en de mechanismen van de grote en kleine waterkringlopen en het evenwicht van energie daarin. Het vermeldt kort de waterbalans en wijst ook op de grote betekenis van schijnbaar minieme veranderingen daarin. Aangezien water en vegetatie een beslissende rol spelen bij de omzetting van zonne-energie die op het aardoppervlak valt en duidelijk betrokken zijn bij de watercyclus, behandelt hoofdstuk 3 deze belangrijke relaties - het beschrijft de stroom van zonne-energie tussen de zon en de aarde, de verdeling van zonne-energie op het land, het vermogen van de biomassa om zonnestraling om te zetten in andere vormen van energie, alsmede het belang van verdamping uit de grond en van planten voor de verdeling van warmte in ecosystemen en de gevolgen van drainage en verwijdering van vegetatie voor het vrijmaken van warmte op het land. Hoofdstuk 4 verduidelijkt de geschiedenis en de

[Inhoud van de hoofdstukken](#)

gevolgen van de exploitatie van het land voor de veranderingen in de afvloeiingssnelheden van het water van het land en het verband met een aantal negatieve verschijnselen, waarvan bodemerrosie niet de minste is. Hoofdstuk 5 behandelt veranderingen in de temporele en ruimtelijke verdeling van neerslagactiviteiten door de invloed van de mens en de gevolgen van deze veranderingen, niet alleen voor het lokale en mondiale klimaat, maar vooral voor de toename van extreme weersomstandigheden. Wij ontleden in dit hoofdstuk de oorzaak van de stijging van de oceaanpiegel vanuit een andere invalshoek en met een ander accent dan de lezer gewoonlijk gewend is. We gaan ook kort in op de ongelukkige verwachtingen van de wereldmaatschappij ten aanzien van de verdere ontwikkeling van de genoemde veranderingen en hun gevolgen voor de groei van de wereldwijde spanningen en de destabilisatie van het leven op aarde. De essentie van deze publicatie is vervolgens te vinden in hoofdstuk 6, waarin, na een korte recapitulatie van de huidige opvattingen over waterbeheer en de gevolgen daarvan, de nieuwe houding ten opzichte van water in het nieuwe waterparadigma wordt samengevat. Naast een voorstel voor een nieuwe "cultuur" in onze houding ten opzichte van water, wordt een methode voorgesteld om de grootste schade van de huidige waterbeheerpraktijken op het land te verzachten of te herstellen.

tabel 1	Watervoorraden op Aarde (km³ * miljoen)	Als een % van het totaal
Oceanen en Zeeën	1370	97.25
IJsberg en gletsjers	29	2.05
Bodemwater	9.5	0.68
Meren	0,125	0,01
Bodemwater	0,065	0,005
Atmosfeer	0,013	0,001
Rivieren	0,0017	0,0001
Biosfeer	0,0006	0,00004
Totale globale watervoorraad	1408	100

Hoofdstuk 7 opent met een korte historische blik op enkele aspecten van land- en waterbeheer in onze geografische ruimte. Het bevat een schets van praktische maatregelen voor het opvangen van regenwater op het land, een beschrijving van mogelijke, of voorgestelde processen die zullen voortvloeien uit de aanvaarding van het nieuwe waterparadigma voor zowel overheidsinstellingen als de civiele en commerciële sector. Last but not least geeft dit hoofdstuk een beeld van de financiële kosten en de effectiviteit van de voorgestelde nieuwe processen en maatregelen in vergelijking met de huidige aanpak.

Fouten die mensen maken bij strategische beslissingen of aan het begin van een groot werk kunnen op lange termijn verstrekende negatieve

Ideeën hebben
gevolgen

gevolgen hebben. Een vertekend beeld van een probleem kan vaak leiden tot contraproductieve maatregelen. Daarom is kennis van de juiste paradigma's belangrijk op vele terreinen van het overheidsbeleid. Deze kennis is geen kleinigheid, en men komt er vaak toe via een methode van trial and error die soms zeer kostbaar kan zijn. Wij zijn er getuige van dat de problemen van water en de circulatie ervan op alle niveaus moeten worden opgelost: internationaal, nationaal, regionaal, lokaal, gemeenschappelijk en individueel. Het aangeboden paradigma voor water is relevant voor elk van deze niveaus omdat het ze in een continuüm is en in elk ervan is water in al zijn vormen en uitingen een kwestie van welvaart of achteruitgang, zelfs van leven of dood.

Wat het waterbeheer op het niveau van de staat betreft, zijn de belangrijkste processen het nemen van strategische beleidsbeslissingen, het vaststellen van wetgevende instrumenten en het bepalen van de verschillende bevoegdheden en verantwoordelijkheden van het staatsbestuur en de lokale overheid, alsmede een systeem om het gebruik van financiële middelen voor de bescherming, de aanleg en het gebruik van watervoorraden. De staat houdt momenteel toezicht op en zorgt voor de verwezenlijking van alle genoemde en andere zaken. Indien zijn aandacht en maatregelen echter niet gericht zijn op het bereiken van een regeneratieve waterbalans op het grondgebied van de staat, met inbegrip van de waterbalans op het grondgebied van regio's, steden en gemeenten, handelt de staat, in de zin van dit nieuwe paradigma, onverantwoordelijk ten aanzien van het eigendom en de gezondheid van zijn eigen burgers, zelfs ten aanzien van de internationale samenleving van natiestaten.

De rol van
de staat

Lokale overheden zijn verantwoordelijk voor de ontwikkeling van hun eigen gemeenschappen. De zorg voor water op het niveau van het lokale bestuur is een sleutel tot het geluk van de burgers en de gezondheid en veiligheid van het milieu. Steden en gemeenten moeten doeltreffend en zo snel mogelijk de bescherming van hun grondgebied tegen overstromingen, droogte en brand realiseren, en tegelijkertijd zorgen voor een overvloed aan water van goede kwaliteit om de ontwikkeling van de gemeenschap in stand te houden. De ontwikkeling van gemeenten is dus afhankelijk van voldoende water en een stabiele waterhuishouding die het welzijn van de gemeenschap niet in gevaar brengt. De ontwikkeling van gemeenten moet ook gebaseerd zijn op het beginsel van watertolerantie, d.w.z. dat op lokaal niveau een beheer van de watervoorraden wordt gevoerd dat niet bijdraagt tot een grotere bedreiging van naburige gemeenschappen. Erkenning van de mogelijke gevolgen van de lokale invloeden van de mensheid op bredere verbanden, zelfs op mondiale veranderingen in de watercyclus, schept een basis voor succesvolle, professioneel en effectief hanteerbare oplossingen op lokaal niveau volgens het bekende principe "denk globaal, handel lokaal! Regeneratieve oplossingen op lokaal niveau dragen bij tot stabiliteit op regionaal, continentaal en mondiaal niveau. Het voorgelegde paradigma biedt voldoende inspiratie voor zowel mondiaal denken als lokaal handelen.

De rol van
locale overheden

Sommige bedrijven handelen met water en voldoen aan de [Water als business](#) economische, sociale en milieubehoefte van de samenleving. Als zij gebruik maken van water uit natuurlijke bronnen en brengen het niet terug in de watercyclus, veroorzaken zij echter een tekort aan water en ernstige negatieve veranderingen in deze cyclus. Uiteindelijk berokkenen zij hun klanten en zichzelf vaak schade. Dit nieuwe paradigma voor water opent dus ruimte voor bedrijven om hun eigen belang bij het behoud en de vernieuwing van water in de waterkringloop te versterken.

Momenteel wordt het individu in de positie geplaatst van [Mogelijkheden voor personen](#) consument van water en is zich grotendeels niet bewust van zijn eigen aandeel in de verantwoordelijkheid voor de bescherming van water noch van de mogelijkheden of bedreigingen die water (of het gebrek eraan) met zich mee kan brengen. En toch is elk dak en elke tuin van een gezinswoning een micro stroomgebied waarop de jaarlijkse som van de neerslag een verrassend grote hoeveelheid water betekent. Water is een goed dat de individuele burger kan gebruiken om zijn eigen leven op allerlei manieren te verbeteren. Hij kan het echter ook zonder enige winst en tegen betaling in rivieren en in zee lozen en zo langzaam bijdragen aan de verwoestijning van zijn eigen omgeving en microklimaat en op termijn aan macroklimaatveranderingen. Het nieuwe waterparadigma maakt deze keuze bewust.

De publicatie van het paradigma is naar de mening van de auteurs een [The Common Good](#) stap naar een verantwoordelijke aanpak en meer kritisch denken zonder dat het de bedoeling is iemand te beledigen die verbonden is met het "oude paradigma" of iemand te kwetsen die verbonden is met de veranderingen die zouden kunnen voortvloeien uit de verandering van paradigma. Het nieuwe paradigma moet worden aanvaard in de geest waarin het wordt aangeboden. De auteurs geven een onafhankelijke kijk op het mondiale scenario van de watercirculatie met de gevolgen ervan op continentaal, nationaal, regionaal of stadsniveau, zodat deze kennis bijdraagt tot het algemeen welzijn. De aanvaarding van het paradigma betekent, naast andere voorgestelde activiteiten, uiteindelijk de aanvaarding van een nieuwe hogere cultuur met betrekking tot water en dus ook een totale herziening van het culturele karakter van onze beschaving. ***Uiteindelijk gaat het om veel meer dan alleen water.***

2. De vier "milieus" van het water

Er is ongeveer 1400 miljoen kubieke kilometer water op aarde. Wanneer wij in dit document over water spreken, denken wij aan water in vier "milieus": water in zeeën en oceanen, water op het land, water in de atmosfeer en water in levende organismen (tabel 1). Tevens wordt gedacht aan water in al zijn toestanden: gasvormig, vloeibaar en vast.

Waar en hoe
komt water voor?

Het water van het "eerste milieu", dat wil zeggen de zeeën en oceanen, beslaat 70,8% van het aardoppervlak en vormt het grootste deel, tot 97,25% van het volume van al het water op aarde. De zeeën en oceanen hebben een belangrijke mondiale temperatuur-regelende functie voor onze planeet. Gedurende een jaar schommelt hun temperatuur slechts minimaal. Zonder zeeën en oceanen zouden extreme temperatuurschommelingen (zoals bijvoorbeeld op de maan) onze planeet treffen, die dan niet in staat zou zijn het leven op aarde zoals wij dat kennen in stand te houden. En slechts iets grotere temperatuurschommelingen dan nu zouden fatale gevolgen kunnen hebben voor de voedselzekerheid van onze planeet. Van andere functies van de zeeën en oceanen is de toevoer van neerslag naar het land in deze publicatie van bijzonder belang.

water in de oceanen

Ons beeld van water in het "tweede milieu" van het land is vaak vertekend en gefixeerd op water in rivieren, of misschien in natuurlijke en kunstmatige reservoirs. Water in vaste vorm (gletsjers, sneeuw), echter, vormt 2,05% van het volume van al het water op aarde en bevat tot 70% van de wereldvoorraad zoet water (tab. 2). Naast dit water vormt het zichtbare oppervlaktewater in rivieren slechts 0,0001% en in meren (inclusief zoutmeren en binnenzeeën) 0,01% van het volume van al het water op aarde. Grondwater en bodemvocht vertegenwoordigen, naast het merkwaardig gesitueerde gletsjers, de grootste rijkdom aan water op het land (0,685%), vele malen groter dan de hoeveelheid water in alle rivieren en meren ter wereld. Water in de bodem is qua hoeveelheid en nut belangrijker dan water in rivieren. Deze onontdekte en onbegrepen waardevolle locatie van water wordt echter over het hoofd gezien en verwaarloosd, en als gevolg daarvan gedecimeerd. Deze publicatie gaat vooral over de verbetering ervan met behulp van water uit het "derde milieu".

Water op het land

Het volume water in de atmosfeer (in alle drie de toestanden) is ongeveer tien keer groter dan het volume van al het water in alle rivieren. Als in theorie al het water in de atmosfeer plotseling zou vallen in de vorm van neerslag, dan zou het het aardoppervlak bedekt zijn met een denkbeeldige laag water van 25 mm diep.

Water in de atmosfeer

Net zoals de zeeën en oceanen de sleutel zijn tot de wereldwijde thermoregulerende functie van onze planeet, speelt het water in de atmosfeer een sleutelrol in de lokale thermoregulatie.

Water omringt ons. Het is echter niet alleen om ons heen, maar ook in ons. Water in levende organismen, dat wil zeggen in het "vierde milieu," vormt ongeveer 0,00004% van het volume van al het water op aarde, en is wat qua volume het minste is van de vier milieus. Maar wat aan volume ontbreekt, wordt ruimschoots goedgemaakt door het fundamentele belang van dit water voor elke afzonderlijke levensvorm. Het menselijk lichaam bevat bijvoorbeeld meer dan 60% water en alle fysiologische processen in het lichaam vinden plaats in een omgeving die hoofdzakelijk uit water bestaat. Het watergehalte in planten verschilt per soort en is vaak veel hoger dan in dierlijke weefsels. *De hoeveelheden water die zich in de vegetatie ophopen zijn niet onaanzienlijk, evenmin als de hoeveelheden water die zich dankzij het bestaan van de vegetatie in de bodem ophopen.* Vegetatie op het land heeft, naast andere functies, een enorm belangrijke rol, met name *bij de regulering van de verdamping uit de bodem*, en draagt zo in belangrijke mate bij tot het behoud van de thermische stabiliteit op het land, waarvan haar eigen succes en zelfs haar bestaan, in hoge mate afhankelijk is. Alle hogere levensvormen op aarde zijn afhankelijk van het bestaan en de bloei van de vegetatie.

Tabel 2	opp in km ²	ijsbedekking	hoogte in m	woestijn > 20.000 km in km ²	inwoners in miljoenen jaar 2000
Alle continenten	149 408 000	16 081 030		13 771 000	6076
Europa	10 382 000	115 000	290		729
Azie	44 410 000	89 000	960	3 480 000	3 686
Noord/centraal am *	24 360 000	2 049 000	715	39 000	435
Afrika	30 329 000	15	650	8 922 000	796
Zuid am	17 843 000	25 000	580	160 000	400

Tabel 2	opp in km2	ijsbedekking	hoogte in m	woestijn> 20.000 km in km2	inwoners in miljoenen jaar 2000
Australie	8 910 000	1 015	340	1 17 0000	30
Antarctica	13 802 000	13 175 000	2000		
Oceanen	361 455 000		gem diepte		
Grote oceaan	179 680 000		4 028		
Atlantische oceaan	94 243 000		3542		
Indische oceaan	76 170 000		3710		
Arctische zee	11 362		1 228		
Totaal	510 864 000				

* inclusief Groenland

3. Water en thermische energie

Water is uitzonderlijk omdat het bij op aarde gebruikelijke temperaturen van nature kan voorkomen in alle drie fasen: vast, vloeibaar en gasvormig. Afhankelijk van de verandering van de fase neemt het energie op, of komt energie vrij. Sublimatie, smelten, en verdampen zijn processen waarbij energie (warmte) wordt opgenomen: lees afkoeling. Bij de omgekeerde processen komt warmte vrij. Door de verandering van vaste of vloeibare vorm in waterdamp krijgt het krijgt een grote mobiliteit, waardoor relatief grote volumes snel in horizontale en verticale richting kunnen verschuiven. Water heeft tegelijkertijd ook de grootste gemeten warmtecapaciteit (d.w.z. het vermogen om thermische energie te absorberen) van alle bekende stoffen. Dankzij dit vermogen om energie te binden en af te geven, en het vermogen om energie over te dragen, te weerkaatsen of te verspreiden, kan water in al zijn toestanden de planeet naar behoefte afkoelen of verwarmen. Het handhaaft de temperatuur die het leven op aarde mogelijk maakt. Waterdamp is uniek in zijn vermogen om warmte te absorberen. Dit komt door de manier waarop de 2 waterstofatomen vastzitten aan het zuurstofmolecuul. Eén gram water kan 590 calorieën warmte vasthouden. Dit is uitermate veel. Eén CO₂ atoom bijvoorbeeld kan slechts 1/8 warmte binden vergeleken met een watermolecuul. Dit komt door de dubbele bindingen in het CO₂ molecuul. En een watermolecuul weegt slechts 1/3 van een CO₂ molecuul. Dus het vermogen van waterdamp om warmte te absorberen en te verplaatsen is 24 maal zo groot als CO₂. Als je dan nog eens bedenkt dat er 40.000 ppm water in de lucht zit, vergeleken met 4000 ppm CO₂, dan is er geen twijfel over mogelijk: water is verantwoordelijk voor 96% van de temperatuurdynamiek op aarde, CO₂ slechts 4%.

opname en
vrijgeven
van warmte

temperaturen in
toom houden

Water balanceert de thermische extremen tussen dag en nacht, tussen de afzonderlijke seizoenen en tussen de afzonderlijke regio's en tempert tegelijkertijd extreme weersomstandigheden. Waterdamp is het meest voorkomende broeikasgas in de atmosfeer (10). Zijn concentratie in de atmosfeer is zeer variabel, maar schommelt gewoonlijk tussen 1-4% (ter vergelijking: de concentratie van CO₂ is 0,0383%). Hoe meer water er in de atmosfeer is, hoe sterker het matigende effect op de temperaturen en hoe minder afwijkingen in het weer. Hoe minder water in de atmosfeer, hoe zwakker het matigende effect op de temperatuur en hoe extremer de weersafwijkingen. Waar water in de bodem en in de atmosfeer ontbreekt, heersen meestal extreme thermische omstandigheden. Water en waterdamp hebben de grootste invloed op het klimaat op aarde. Ondanks dit feit is de rol ervan in de atmosfeer een van de minst onderzochte en zelden besproken kwesties (11). Walther Jehne gaat verder in op dit fenomeen en bespreekt de wereldwijde implicaties en oplossingen (zie klimaat en weer).

thermoregulatieve
functie
van wolken

Door invallende zonnestraling verdampt water uit zeeën, meren, rivieren, wetlands, bodem en planten, richting atmosfeer. De verdamping van elke molecuul water verbruikt warmte en koelt zo het aardoppervlak af. Het verdampte water in de atmosfeer condenseert en vormt wolken, mist, waterneerslag of ijskristallen. Waterdamp die hoger in de atmosfeer opstijgt, condenseert onder invloed van de koude lucht en geeft zo thermische energie vrij richting heelal. Afgekoeld hoog in de atmosfeer keert het terug naar de grond in de vorm van (koele) regen. De herhaling van dit proces vormt het werkingsmechanisme voor de afvoer van overtollige thermische energie en lijkt op een ingenieus koelapparaat. Het is meestal zo dat ongeveer de helft van het aardoppervlak op elk moment in de schaduw ligt van een wolkendek. Wolken beperken de instroom van zonnestraling in de atmosfeer en op het aardoppervlak. De beperking van de zonnestraling die op het aardoppervlak valt, vermindert de verdamping en dus de verdere vorming van wolken.

de afkoelende
functie van
regen

¹⁰ See, for example: "*The Climatic Effects of Water Vapour*," Feature: May 2003, <http://physicsweb.org/articles/world/16/5/7/1>

¹¹ See, for example: "*Water Vapour Supplies New Climate Clues*," August 2002, <http://physicsweb.org/articles/news/6/8/7/1#020805>

Wolken spelen een belangrijke rol bij de regulering van de energiebalans van de aarde balans met betrekking tot zonnestraling. Zij reflecteren een deel van de kortegolf zonnestraling en beperken zo de toegang ervan tot de atmosfeer en het oppervlak van de aarde en beschermen zo de aarde tegen overmatige opwarming. Zij vangen echter ook een deel van de langgolvlige (thermische) straling van de aarde die anders in de ruimte zou ontsnappen; zij hebben dus ook een opwarmend effect. Het verkoelende of verwarmende

effect van wolken hangt af van hun type en hun hoogte. Laaghangende cumuluswolken koelen de aarde af, terwijl dunne, hooghangende cirruswolken een opwarmend effect hebben (12).

Als zonnestraling valt op een oppervlak dat goed gevuld is met water, wordt het merendeel van de zonne-energie verbruikt door verdamping, de rest voor voelbare warmte, verwarming van de grond, reflectie of fotosynthese. Als de zonnestralen op een gedraineerd en onbegroeid gebied vallen, wordt het grootste deel van de zonnestraling omgezet in voelbare warmte, terwijl in gebieden die het hele jaar door voldoende vochtig zijn, de meeste zonne-energie wordt verbruikt voor verdamping. Daarom spelen wateroppervlakken, met water verzadigde grond en vegetatie allemaal een belangrijke rol in de watercirculatie op het land. Biodiverse vegetatie vervult de functie van klep tussen de grond en de atmosfeer. Zij beschermt de bodem tegen oververhitting, en dus uitdroging, en optimaliseert de hoeveelheid verdamping door middel van transpiratie via de vele poriën (huidmondjes) op de bladeren. Een goed met water gevulde vegetatie heeft dus een aanzienlijk verkoelend effect en kan de lucht conditioneren. Vegetatie - de hoeveelheid, het type en, last but not least, de kwaliteit ervan - is ook van grote invloed op de oppervlakteafvoer in stroomgebieden. Door ontbossing, extractie landbouw en stedelijke activiteiten is de hoeveelheid water op het land veranderd. De mensheid verandert dus ongewild de stromen van enorme hoeveelheden water en energie (zie voor meer details hoofdstuk 3).

evaporatie en
vegetatie

Warmte (en gravitatie) is de motor van de mondiale watercyclus, die bestaat uit de grote en kleine waterkringloop (Fig. 1). Water in de waterkringloop is het bloed en de lymfe van het leven, dat onder invloed van zonne-energie en gravitatie, stroomt, circuleert en vibreert in al zijn vormen tussen de zeeën, het land en de atmosfeer. Bij het passeren door de atmosfeer neemt het kooldioxide en ammoniak op, evenals andere gassen en onzuiverheden. Ook is het verrijkt met mineralen als het over het aardoppervlakte stroomt of gedurende infiltratie van de toplaag en onderlaag van de bodem. Gedurende al deze bewegingen zet water aan tot het opschonen en thermoreguleren van ecosystemen, maar bij onvoldoende vegetatie kan het ook leiden tot erosie. De hoeveelheid minerale stoffen die water jaarlijks richting zeeën en oceanen vervoert wordt geschat op 3.5 miljard ton. De uitspoeling en afvoer van bodem (stoffen) is één van de meest dringende redenen waarom het gevallen regenwater moet infiltreren c.q. geremd moet worden, alvorens te worden afgevoerd door de grotere waterwegen. Het water moet dus zo lang mogelijk op het land blijven. Dit kan enkel door een biodiverse vegetatie en de daarbij horende levende bodem.

Zuivering en
transport
karakteristiek

¹² NASA DAAC Study: *Clouds in the Balance*, 2001, <http://nasadaacs.eos.nasa.gov/>

4. De grote waterkringloop

De grote waterkringloop is de uitwisseling van water tussen oceaan en land. Ongeveer 550 duizend km³ water verdampt jaarlijks in de atmosfeer. Ongeveer 86% van de verdamping van het aardoppervlak is afkomstig uit zeeën en oceanen, terwijl ongeveer 14% afkomstig is van land. Van de totale hoeveelheid atmosferische neerslag afkomstig van deze verdamping, valt 74% over zeeën en oceanen en 26% over land. Uit het bovenstaande volgt dat de zeeën en oceanen, door verdamping en neerslag, een bepaalde hoeveelheid water aan land afgeven dat via atmosferische thermodynamische stromen over grote afstand over de continenten reist, waar het vervolgens neerregent (of in de vorm van sneeuw valt).

Verdamping vanuit de oceanen en neerslag

Een deel van het neerslagwater wordt geabsorbeerd in de grond en, indien het de grondwaterspiegel bereikt, wordt het toegevoegd aan grondwater (met uitzondering van regio's zonder grondwaterafvoer). Een deel van het water wordt gebruikt door vegetatie en een deel verdampt weer. De rest stroomt weg via oppervlakteafvoer naar het netwerk van rivieren en terug naar de zeeën en oceanen. Zo is de grote waterkringloop voltooid. Onder evenwichtige omstandigheden stroomt dezelfde hoeveelheid water van de continenten naar de zeeën en oceanen als er uit de wereldzeeën op de continenten valt in de vorm van neerslag. Maar zelfs relatief kleine afwijkingen van deze evenwichtstoestand kunnen grote problemen betekenen voor de continenten, vooral als het gaat om afwijkingen op langere termijn en als ze gevolgen hebben voor de meeste stroomgebieden. Als er meer water van de continenten naar de oceanen stroomt dan er via neerslag van de oceaan naar het land wordt gebracht, verliest het land water en droogt het uit. Dit gebeurt bijvoorbeeld wanneer de mensheid door haar activiteiten (bijvoorbeeld ontbossing, landbouwactiviteiten, verstedelijking) de infiltratie van regenwater in de bodem systematisch vermindert en dit water (op de snelst mogelijke manier) naar de rivieren en vervolgens naar de zee leidt. De vochtigheid van de bodem neemt af, het grondwaterpeil daalt, de vegetatie verdort en er vindt minder verdamping plaats. Als de hoeveelheid water die van de continenten naar de zeeën en oceanen stroomt, toeneemt en de verdamping van water uit de zeeën en oceanen onveranderd blijft, of onvoldoende toeneemt (onder invloed van de toegenomen verdamping als gevolg van de opwarming van de aarde), dan draagt de toegenomen waterstroom van de continenten (inclusief het toegenomen smelten van gletsjers) bij tot de stijging van het oceanenpeil.

Balans van de grote waterkringloop

Naast de veranderingen in de mondiale waterbalans die worden veroorzaakt door fenomenen waarop de mens geen invloed heeft (zonnecycli, veranderingen in positie van de aarde ten opzichte van de zon, vulkanische activiteit, enz.) veroorzaakt onbewust verdere afwijkingen, en draagt zo door zijn activiteiten bij aan de verwoestijning van de continenten.

Humane en andere invloeden

Door bewuste activiteit in de tegenovergestelde richting, namelijk het vasthouden van water op de continenten, zou de mens deze voortdurende woestijnvorming kunnen stoppen en het verloren gegane water aan de continenten kunnen teruggeven

5. De kleine waterkringloop

De kleine waterkringloop is een gesloten watercirculatie waarbij water verdampt op het land valt in de vorm van neerslag over deze zelfde terrestrische omgeving. Net zoals er een kleine waterkringloop boven land bestaat, is er ook een kleine waterkringloop boven de zeeën en oceanen. Wederzijdse

Definitie en karakteristiek

interacties vinden plaats tussen de afzonderlijke kleine waterkringlopen, omdat deze in ruimte en tijd plaatsvinden over grote gebieden met verschillende morfologieën en oppervlakken met verschillende niveaus van vocht en oppervlaktewater. De watercirculatie in de kleine waterkringloop is dus gedeeltelijk horizontaal, maar in tegenstelling tot die van de grote waterkringloop is verticale beweging het meest kenmerkend. Verdamping uit aangrenzende gebieden met een verschillende temperatuur zorgen samen voor het ontstaan en de ontwikkeling van bewolking. Misschien kan ook worden gezegd dat boven land water tegelijkertijd circuleert in vele kleine waterkringlopen die worden aangevuld met water uit de grote waterkringloop.

De naam van de kleine waterkringloop is niet in zijn voordeel omdat het geeft de indruk dat de cyclus slechts een kleine hoeveelheid water bevat. Het tegendeel is waar. Laten we de informatie uit het vorige hoofdstuk vanuit een iets andere hoek bekijken. De gemiddelde jaarlijkse neerslag over land is 720 mm en de toevoer vanuit de zeeën is ongeveer 310 mm. Uit deze informatie volgt dat land het grootste deel van zijn eigen neerslag (410 mm) levert door zijn eigen verdamping vanaf het land. De neerslag in een gebied zorgt voor de verzadiging van de bodem met regenwater, en via de kleine waterkringloop gaat ongeveer de helft tot tweederde van het regenwater (50 tot 65%) naar een herhaalde vorming van neerslag over land. Dit is zeer belangrijke informatie die onze huidige aanpak van het waterbeheer in stroomgebieden fundamenteel zou moeten veranderen. De mensheid kan het land niet onbeperkt draineren en transformeren, zonder dat dat invloed heeft op de neerslag en het thermische regime ervan. Als wij een stabiele neerslag over het land willen hebben, is het van groot belang dat de verdamping uit datzelfde land wordt gewaarborgd. Verdamping vanaf het land is, met een zekere eenvoud (zonder rekening te houden met accumulatie) het verschil tussen neerslag en afvloeiing. Een grote uitstroom van water uit een gebied gaat ten koste van de verdamping en veroorzaakt vervolgens een afname van de neerslag. De hoeveelheid water in de kleine waterkringloop over land zal geleidelijk afnemen. Bij een afname van de afvoer krijgen we daarentegen een grotere verdamping en dus eigenlijk "*gaan we regen inzaaien*".

Verdamping vanaf land en neerslag

De kleine waterkringloop, ook wel de korte of gesloten waterkringloop genoemd, is kenmerkend voor een hydrologisch gezond land. In een land verzadigd met water en waterdamp, circuleert het water in kleine hoeveelheden en over relatief korte afstanden. Dit gebeurt dankzij een door waterdamp veroorzaakte matiging van de temperatuurverschillen tussen dag en nacht of tussen plaatsen met verschillende thermische

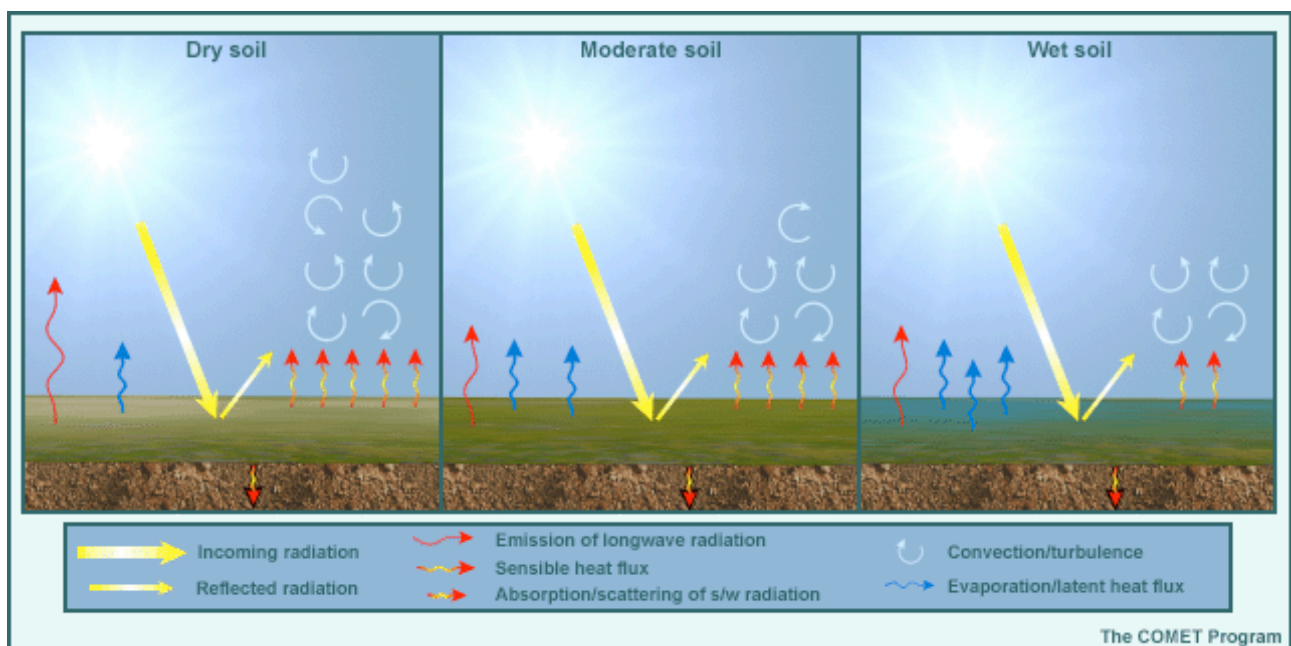
De circulatie van water op gezond land

regimes. Het meeste water dat verdampt condenseert weer in de betrokken regio of de omgeving ervan. Door frequente en regelmatige plaatselijke neerslag wordt achteraf een hoger niveau van het bodemwater en grondwater in stand gehouden en daarmee ook de vegetatie en weer verdere verdamping, zodat de hele cyclus zich steeds kan herhalen. 13).

¹³ Below, the one- to three-kilometre boundary layer of the atmosphere is in this context the most significant. Turbulent flows of moisture, warmth and locomotion run there and over 75% of all water vapor in the atmosphere is found there (*Prof. Lapin*).

Als er echter sprake is van een vergaande verstoring van het vegetatiedek (bijvoorbeeld bijvoorbeeld door ontbossing, landbouwactiviteiten, verstedelijking), valt de zonne-energie energie op een gebied met lage evapotranspiratie en wordt voor een groot deel ervan omgezet in warmte. Dit leidt tot een aanzienlijk verschil in temperaturen, in de temperatuurverschillen tussen dag en nacht of tussen plaatsen met andere thermische regimes. Luchtstromingen nemen toe, het weinige waterdamp wordt verder meegenomen door de warme lucht en het grootste deel van het verdampte water vanuit de oppervlakte gaat verloren. De terugkaatsing van zonne energie op kale boden of beton leidt tot een sterk toegenomen reflectie van voelbare warmte en een afname van evapotranspiratie (zie onder)

Desintegratie van de watercyclus



Lichte en frequente neerslag neemt af en er is een toename van intense en minder frequente neerslag uit de zeeën. De cyclus wordt geopend en de grote waterkringloop, begint te overheersen. Deze leidt in tegenstelling tot de 'zachte' kleine waterkringloop tot minder frequente neerslag, maar wel heftiger, met erosie en uitspoeling van de bodem. Bovendien is er minder tijd voor inzinking, met als gevolg toegenomen afstroming. Het herstel van de

dominantie van de kleine waterkringloop, die gunstig is voor de mensheid, de planten, dieren en land, hangt af van de vernieuwing van een biodiverse aansluitende vegetatielaag.

6. De balans van de watercyclus

De uitdrukking "waterbalans" wordt in de hydrologie opgevat als een relatie die de circulatie van water in een bepaald systeem kenmerkt, voornamelijk in een stroomgebied of in de delen ervan. We drukken het uit met vergelijkingen als (1), die de relatie weergeven tussen volumes die een systeem binnenkomen (bijvoorbeeld neerslag) en volumes die een systeem verlaten (bijvoorbeeld verdamping en oppervlakte- of ondergrondse afvloeiing). Een derde, verwaarloosd volume bestaat tussen de instroom en de uitstroom van water en dat is de verandering van het watervolume in een systeem.

Een vergelijking
in balans

Het bewaken van de waterbalans van een gebied is een van de basistaken van de hydrologie en meteorologie. Deze controle bestaat voornamelijk uit het regelmatig meten van de totale neerslag en het waterdebiet in waterlopen via een netwerk van neerslagmeetstations en limnografische stations voor geselecteerde profielen van waterlopen, met name bij hun uitmonding in grotere bekkens, in de wateren van naburige staten en in de zeeën of oceanen. In het kader van een meteorologisch en klimatologisch netwerk wordt naast deze parameters van de waterhuishouding ook aandacht besteed aan de temperaturen in een gebied, het grondwaterpeil en de waterkwaliteit.

Monitoren van
de waterbalans

Werknemers van professionele instituten verwerken vervolgens de gegevens die zijn verkregen uit langetermijnmetingen tot een langetermijnreeks die hen helpt de huidige ontwikkeling en trends van de gemeten grootheden te volgen. Op basis van verschillende modellen en resultaten van bekende gegevens stellen zij modellen op voor de ontwikkeling van deze grootheden met het oog op de toekomst. Klimatologie is gewijd aan dergelijke modellen. Een gemeenschappelijk gebied voor ons is wellicht de meest bekende modellering van de ontwikkeling van het weer door meteorologen, hoewel hun modellen op andere principes gebaseerd zijn. Een weersvoorspelling kan tot 10 dagen vooruit redelijk accuraat zijn. Klimatologen, echter, proberen de ontwikkeling van het klimaat, jaren of zelfs tientallen jaren te voorspellen.

Wiskundige
klimaatmodellen

Zowel bij het grote publiek als bij deskundigen heerst de gevestigde opvatting dat dit verschil, voor grote eenheden (zoals rivierbekkens of hele continenten) en voor lange perioden (een jaar of meer) gelijk is aan nul, of ongeveer nul. De overtuiging dat de hoeveelheid regen die de wind

Een balans
ongelijk aan nul

van zee meebrengt dezelfde hoeveelheid water is die in rivieren naar zee stroomt, is een erfenis uit de tijd dat hydrologen voor het eerst de watercyclus ontdekten. Zij verklaarden daarmee een oud raadsel: hoe is het mogelijk dat het peil van de zeeën en oceanen niet stijgt als alle rivieren van de wereld er voortdurend in stromen. Tegenwoordig blijkt echter uit hydrologische metingen dat de niveaus van de zeeën en oceanen stijgen en tegelijkertijd de niveaus van het grondwater dalen, en toch lijkt het niemand te zijn opgevallen dat het evenwicht tussen het instromende en uitstromende water niet nul kan zijn. Het grote gevaar van verwaarlozing dreigt juist wanneer dit verschil heel klein is en toch aan dezelfde kant van de vergelijking ligt. In een dergelijk geval kan het ertoe leiden dat een land gedurende hele decennia uitdroogt zonder dat hydrologen ooit de reden daarvan in de gaten krijgen.

In het kader van hydrologie, meteorologie en klimatologie is de waterbalans van een staat en de waterbalans van de belangrijkste stroomgebieden tot nu toe alleen gecontroleerd op het niveau van de afzonderlijke landen. Hoe groter het systeem, hoe gemakkelijker het is om de in de vorige paragraaf genoemde gevaarlijke eenzijdige afwijking over het hoofd te zien paragraaf. Willen wij dus een gebied doeltreffend analyseren, dan moeten wij de waterbalans ook op lagere niveaus kwantificeren - op regionaal of lokaal niveau (gemeente of stad) of nog lager, waarbij, afhankelijk van de omvang en het karakter van het onderzochte gebied, de verhouding tussen afvloeiing en neerslag onderling kan worden gedifferentieerd (tabel 3). Zoals we later zullen zien, kan de kwantificering van de waterbalans ook nodig zijn op persoonlijk niveau op het gebied van prive, bijvoorbeeld voor een voorstel van de volumes die nodig zijn voor het opvangen van regenwater op een perceel.

Kwantificering op niveau van het kleine stroomgebied

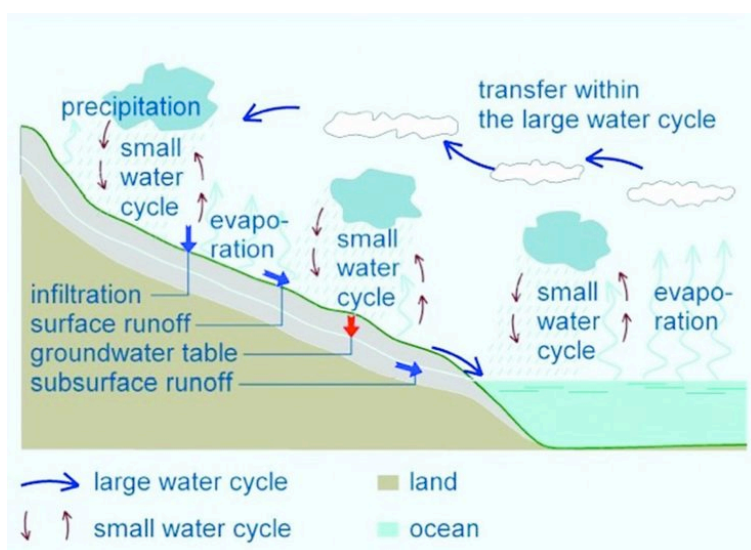


Fig. 1 De grote en kleine watercyclus boven land en water.

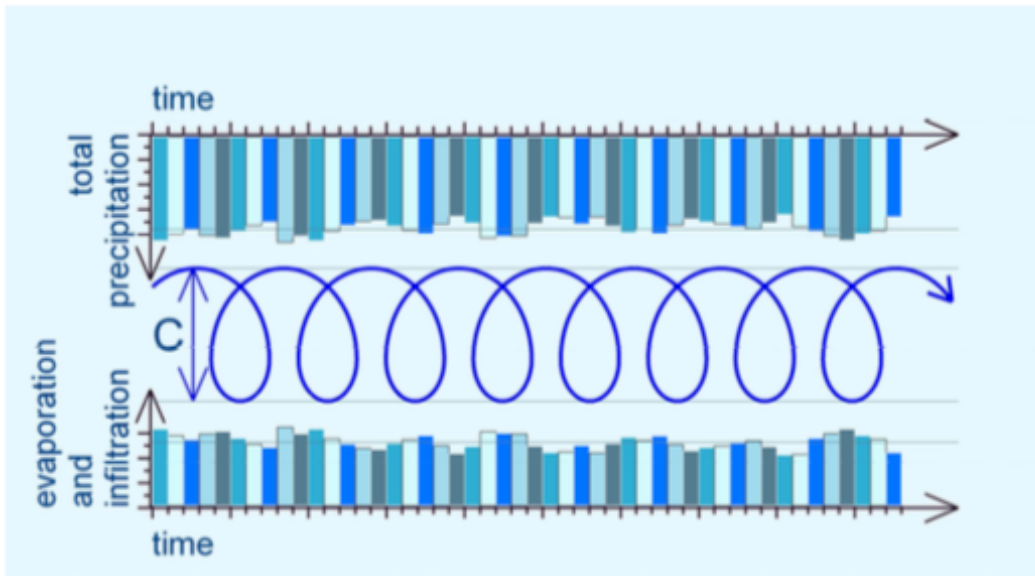


Fig.2 Diagram van lange termijn stabiele situatie op land

Vergelijking voor de waterbalans in een stroomgebied (1)

$$R = E + Q + \Delta V$$

(+1% -1%)

[+1 % -1 %] - minieme veranderingen Q en ΔV
in de jaarlijkse waterbalans van een stroomgebied

R - neerslagtotaal over een gebied (per jaar),



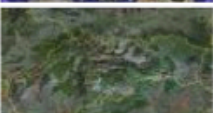




E - verdamping uit een gebied (per jaar),

Q - oppervlakte- en ondergrondse afvoer (per jaar),

ΔV - verandering in de hoeveelheid water in het systeem (per jaar) **+1 %** - relatief kleine toename van de hoeveelheid afvoer ten opzichte van het normale niveau geïnitieerd door de toename van de afvoer van regenwater uit een gebied voor het lopende kalenderjaar (niet waarneembaar tijdens het huidige onderzoek); **-1 %** - relatief kleine afname van de watertoevoer naar het bodemprofiel en de ondergrond ten opzichte van het normale niveau, geïnitieerd door de toename van de afvoer van regenwater uit een regio voor het lopende kalenderjaar;

Een volume van 1% kan, ter verklaring van het probleem, worden gebruikt als een gemiddelde waarde van de daling van het grondwater en de versnelling van de oppervlakteafvoer voor een normaal kalenderjaar in de 20e eeuw. Deze waarde benadert nul als het gaat om natuurlijk land dat onaangetast en onveranderd is door de mens. Deze waarde kan groter zijn dan 1 in sterk verstedelijkte gebieden met volledige afvoer van regenwater naar waterlopen. Als we de hoeveelheid water die overeenkomt met dit percentage, ongeacht wat het is, vermenigvuldigen met het aantal jaren (bijvoorbeeld 100 jaar; we kunnen de 20e eeuw als referentieperiode nemen) stellen we vast dat het gaat om een aanzienlijke hoeveelheid water die het land heeft verloren (met name in het bodemprofiel). Een deel van deze hoeveelheid is tegelijkertijd toegenomen in de oceanen (na aftrek van de toegenomen verdamping van het oceaanniveau) en heeft samen met het water van smeltende gletsjers bijgedragen tot de stijging van hun niveaus.

Hieronder zien we voorbeelden van berekeningen van de waterbalans, afhankelijk van de bestudeerde oppervlakte en wat belangrijk is het % afvoer (drainage van het geheel) (14).

Water balance of the investigated territory	Amount (mm/year)	Volume of water circulating	Share of drainage from the total	
Oceans and seas (area 361,455,000 km ²) – evaporation of water from the oceans – precipitation over the oceans – inflow	1 180 1 070 110	425 000 km ³ 40 000 km ³		
Continent – example: Europe (10,382,000 km ²) – amount of precipitation – infiltration and evaporation – outflow	750 480 270	7 790 km ³ 4 980 km ³ 2 810 km ³	36 %	
Nation – example: Slovakia (49,035 km ²) – average amount of precipitation at present – infiltration and evaporation – outflow	762 500 262	37 km ³	34 %	
River basin – example: Torysa river basin, Slovakia (area 1,349 km ²) – average amount of precipitation at present i – infiltration and evaporation – outflow	681 454 227	3 km ³	33 %	
Urban area – example: area within city limits of Prešov (19.5 km ²) – average amount of precipitation at present – infiltration and evaporation – outflow	628 173 455	0,012 km ³ , t. j. 12 mil. m ³	72 %	
Plot of land – example: field measuring 0.8 km ² – average amount of precipitation at present – infiltration and evaporation – outflow	630 397 233	504 000 m ³	37 %	
Object – example: residential home with an asphalt driveway (1,217 m ²) – average amount of precipitation at present – infiltration and evaporation – outflow	630 151 479	766 m ³	76 %	

¹⁴ Source of initial data: Slovak Hydrometeorology Institute, Bratislava, Slovakia; *Large Atlas of the World*, Kartografie Praha, Prague, 2000; O. Majerčáková, P. Šťastný: "The Hydrological Cycle". *Environment*, Edition 35, number 3, pg. 123, Insitute of Land Ecology, 2001; Study "Integrated Protection of Water in Prešov", People and Water, 2007

Persoonlijke notitie:

De berekening van 'plot of land' geeft niet aan hoe dit land werd beheerd. Een holistisch en regeneratief beheerd land zal anders scoren als een uitgemergeld en dichtgereden stuk land.

7. De rol van planten in de watercyclus en in de transformatie van zonne energie

Moge ik elke dag een zwervende wandeling maken langs oevers aan het water. Moge mijn ziel rusten op de takken van bomen die ik zelf heb geplant. Moge ik mij verfrissen in de schaduw van mijn eigen vijgenboom.

Inscriptie op een Egyptische grafsteen, ca 1400 jaar voor Christus

Dit hoofdstuk begint met het behandelen van "vuur", de denkbeeldige tegenpool van water, en meer specifiek over de verdeling van zonne-energie op het land. Het vestigt de aandacht op de belangrijke rol van water en daarmee de kracht van de vegetatie om de hitte- effecten van de zon te temperen. Het toont aan dat de rol van water en vegetatie in het concept van het broeikaseffect en de wereldwijde klimaatverandering tot dusverre sterk is verwaarloosd. Ook wordt aandacht besteed aan de mogelijkheid om het effect van klimaatverandering te verzachten door een beter beheer van water en vegetatie.

7.1 De stroom en distributie van zonne-energie op het land

De filosoof Heraclitus van Ephesus, die leefde aan het begin van de zesde en vijfde eeuw voor Christus, beschouwde volgens sommige oude fragmenten vuur als de belangrijkste materie van de wereld. Iets later vermoedde Anaxagoras dat de zon een reusachtige vlamme bal van metaal was, groter dan de Peloponnesos. Hiervoor werd hij veroordeeld en verbannen uit Athene.

Als we figuurlijk vuur identificeren met de zon en als we rekening zouden houden met de psychologische moeilijkheden van de tijdgenoten van Anaxagora met de fysieke aard en de grootte van de zon, zouden deze twee filosofen waarschijnlijk twee van de antieke auteurs zijn die het dichtst in de buurt kwamen van de kennis van vandaag dat de zon 98% van alle [ideeën over de zon](#)

massa in ons zonnestelsel bevat. Ongeveer 1,3 miljoen aardes zouden in de zon geplaatst kunnen worden.

De zon is de primaire energiebron voor de aarde. Al ongeveer vijf miljard jaar verlicht zij het daglicht op onze planeet, dankzij de kernfusie in haar binnenste, die lichte waterstof omzet in helium. De zon stuurt jaarlijks ongeveer 180.000 teraWatt (TW) aan energie naar de aarde in de vorm van elektromagnetische straling. Alleen ter vergelijking: de hoeveelheid energie die de hele mensheid gebruikt voor het aandrijven van haar economie is ongeveer 14 TW per jaar. Ongeveer 1,4 kW energie valt op elke vierkante meter van het buitenoppervlak van de atmosfeer van de aarde (de zonneconstante). Zonne-energie houdt de atmosfeer in een gasvormige toestand, verwarmt onze planeet tot een temperatuur die gunstig is voor leven, houdt de watercirculatie in beweging en levert energie voor fotosynthese en andere levensprocessen. Ook de energie die verborgen zit in fossiele brandstoffen vindt zijn oorsprong in zonne-energie door fotosynthese van planten in een ver verleden.

Zonne
energie

Van de totale hoeveelheid zonne-energie die de aarde bereikt, wordt ongeveer 30% in de vorm van kortegolfstraling teruggekaatst naar de ruimte, 47% als langgolvlige (thermische) straling en 23% wordt verbruikt in de circulatie van water voor verdamping. Bij het passeren door de atmosfeer wordt de zonnestraling gedeeltelijk geabsorbeerd door gassen en waterdamp, alsmede geabsorbeerd en gereflecteerd door poederachtige deeltjes en aërosolen. De energie van de straling in de ultraviolette zone neemt af, terwijl het aandeel van de langgolvlige (thermische) straling toeneemt. De zonnestraling die op het aardoppervlak valt, bestaat uit twee componenten: directe en diffuse straling. Directe straling vormt parallelle stralen die rechtstreeks van de zon komen (ze vormen schaduwen), of worden gebroken bij het passeren van de atmosfeer. Diffuse straling ontstaat door verspreiding van atmosferische gassen, wolken, poederachtige deeltjes, aërosolen en andere onzuiverheden. Beide componenten zijn aanwezig in het dagelijkse zonlicht, maar hun verhouding verandert vaak en zeer sterk.

zonne straling in
de atmosfeer

De hoeveelheid zonnestraling die het aardoppervlak bereikt varieert aanzienlijk in tijd en ruimte. De zonnestraling bereikt het oppervlak van de aarde in dagelijkse en seizoensgebonden pulsen. De maximale waarde van de straling die per vierkante meter *per jaar*

Zonne straling
die de aarde
bereikt

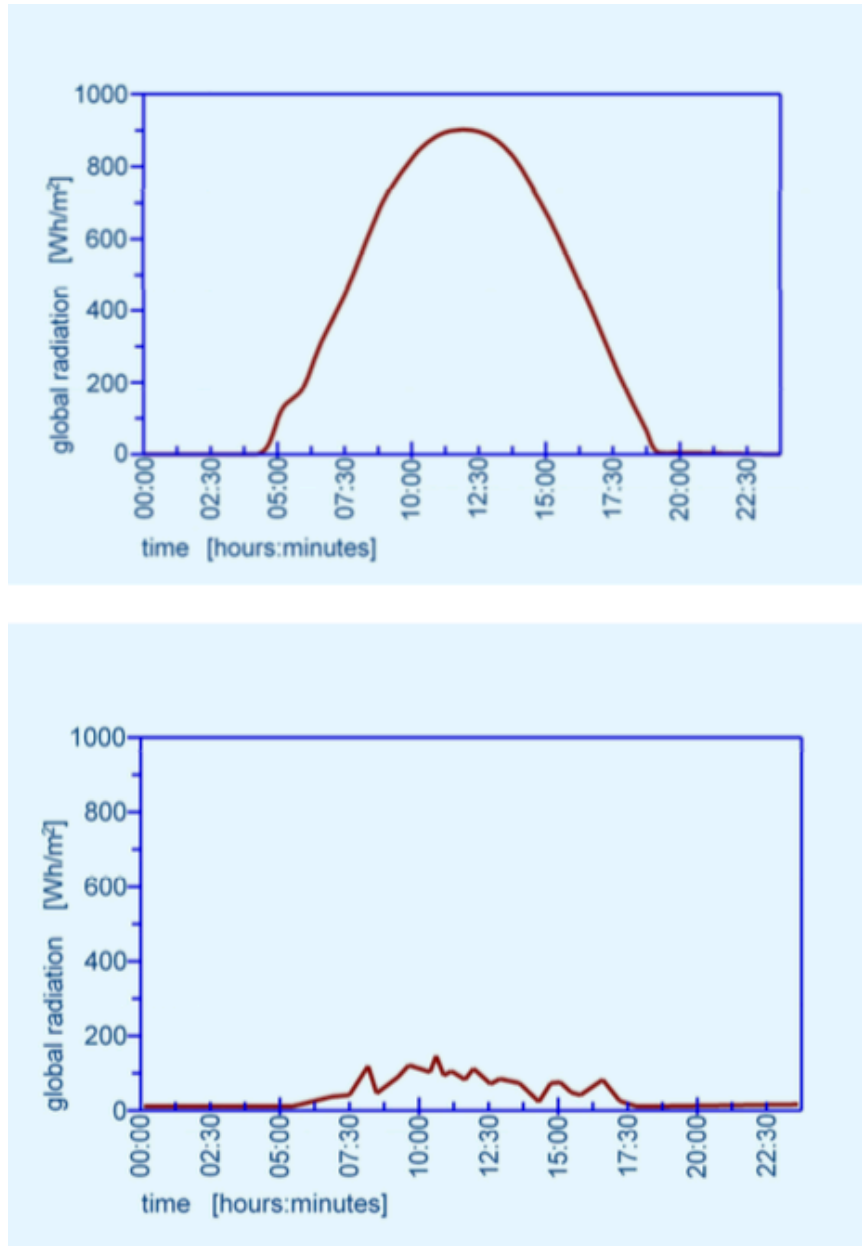


Fig. 3a,b Zonne in straling bij een bewolkte dag (onder) en een heldere dag (boven).
(recorded on 18 July 2006 and 3 August 2006, in Třeboň, Czech Republic)

is 3000 kWh/m². Dit is 342 w/m² *per dag*. Volgens Walther Jehne stralen we slechts 339 w/m² terug, waardoor er 3 w residuele warmte overblijft, die voor opwarming zorgt (ongeveer 1%).

In de gematigde zones van onze geografische omgeving bereikt de jaarlijkse instraling een waarde van ongeveer 1100 kWh/m². De hoeveelheid zonne-energie die op het aardoppervlak valt, wordt bepaald door het weer. Het verschil in de hoeveelheid zonne-energie die het aardoppervlak bereikt op dagen met een heldere en op dagen met een bewolkte hemel is formidabel (zie fig. 3a, b).

De distributie van zonne-energie hangt ook af van het karakter van het aardoppervlak. Inkomende zonnestraling wordt gedeeltelijk gereflecteerd (albedo drukt de verhouding uit tussen de gereflecteerde straling en de totale straling). De hoeveelheid gereflecteerde straling hangt af van de golflengte, de invalshoek en de aard van het oppervlak. Vegetatie reflecteert 5-15% van de kortgolvlige zonnestraling; een droog oppervlak reflecteert tot 35% van de straling die erop valt, terwijl vers gevallen sneeuw tot 90% van de zonnestraling reflecteert.

Albedo

Het lot van de inkomende zonne-energie hangt in belangrijke mate af van de aanwezigheid van water in een ecosysteem, dat een sterke invloed heeft op de verdeling van energie tussen de twee primaire warmtestromen: voelbare en latente warmte.

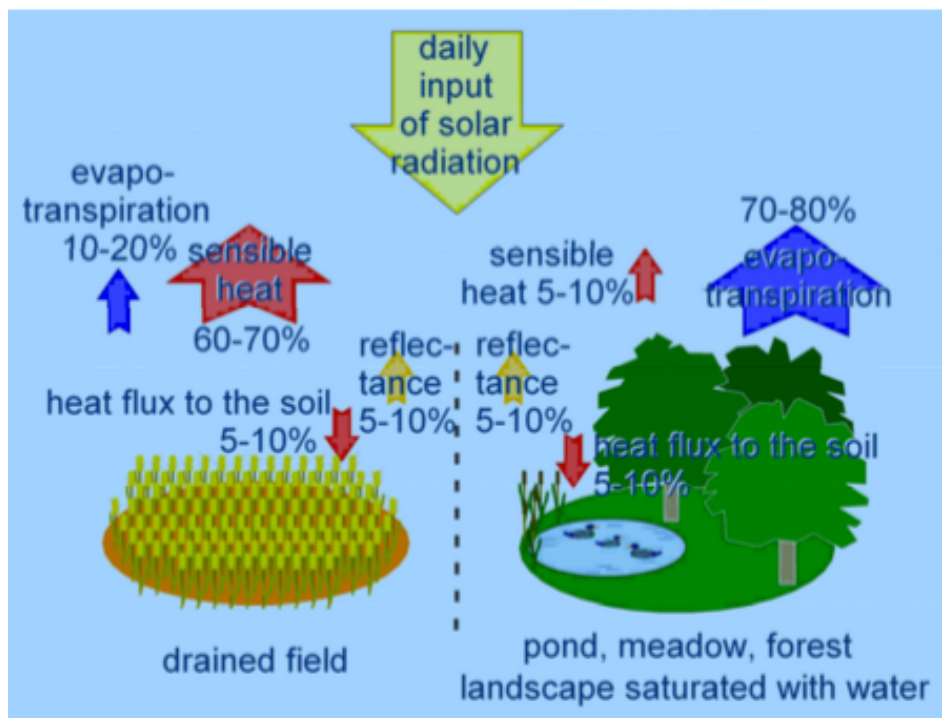
Voelbare en
latente warmte

Zoals de naam al aangeeft, gaat voelbare warmte gepaard met een voor ons voelbare stijging van de temperatuur van stoffen of lichamen. Latente warmte gaat niet gepaard met een temperatuurstijging. Latente warmte, in ons geval de latente warmte van de verdamping van water, is de hoeveelheid energie die water moet ontvangen om in damp van dezelfde temperatuur te veranderen. Laten we onze schoolkennis van de natuurkunde opfrissen: verdamping van het vrije oppervlak van een vloeistof vindt plaats bij elke temperatuur, waarbij de intensiteit van deze verdamping toeneemt met de temperatuur van de vloeistof, met de grootte van het vrije oppervlak en met de verwijdering van de damp die zich boven de vloeistof vormt. Bij het kookpunt verdampt de vloeistof niet alleen aan het oppervlak, maar ook van binnenuit. De specifieke latente warmte (dat is de latente warmte per eenheid massa) van water onder normale druk en bij een temperatuur van 25 °C bedraagt 2243,7 kJ/kg. Dit geeft de hoeveelheid zonne-energie aan die verbruikt wordt om elke liter water te verdampen zonder dat de temperatuur stijgt (dezelfde hoeveelheid warmte komt later vrij bij de condensatie van de waterdamp op een koudere plaats, *vaak hoog in de atmosfeer*).

Natuurlijk kan water alleen in waterdamp veranderen als het aanwezig is op land. Als het niet aanwezig is, wordt een groot deel van de zonne-energie omgezet in voelbare warmte en neemt de temperatuur van de omgeving sterk toe stijgt. In een uitgedroogd land verandert tot 60% van de zonnestraling in voelbare warmte, terwijl in een met water verzadigd land tot 80% van de zuivere straling worden gebonden aan de latente warmte van de verdamping van water en wordt slechts een zeer klein deel van de zonnestraling omgezet in voelbare warmte (fig. 4).

Water op land en warmte

fig. 4 De verspreiding van zonne energie op een gedraineerd landschap en op een landschap verzadigd met water



7.2 Planten, water en de verdeling van warmte

Aan het slot van het vorige hoofdstuk stelden wij dat het fundamentele verschil tussen drooggelegde grond en met water verzadigde grond ligt in de manier waarop zonne-energie wordt afgevoerd, namelijk in de omzetting ervan in andere vormen van energie. Hieruit volgt dat terrestrische ecosystemen door actieve regulering van waterstromen de verdeling van zonne-energie in twee hoofdcomponenten verdeelt:

Water en de verspreiding van energie

voelbare en latente warmte. Het primaire belang van de vegetatie op het land voor het klimaat ligt in haar invloed op de omzetting van zonnestraling.

¹⁶Hutjes, R. W. A., Kabat, A., Running, S. W., Shuttleworth, W. J. et al. 1998. "Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle." *Journal of Hydrology*, 212 – 213: 1 – 21

De verdeling van zonne-energie die de vegetatie bereikt, wordt weergegeven in Fig. 5.

De verspreiding van energie in de vegetatie laag

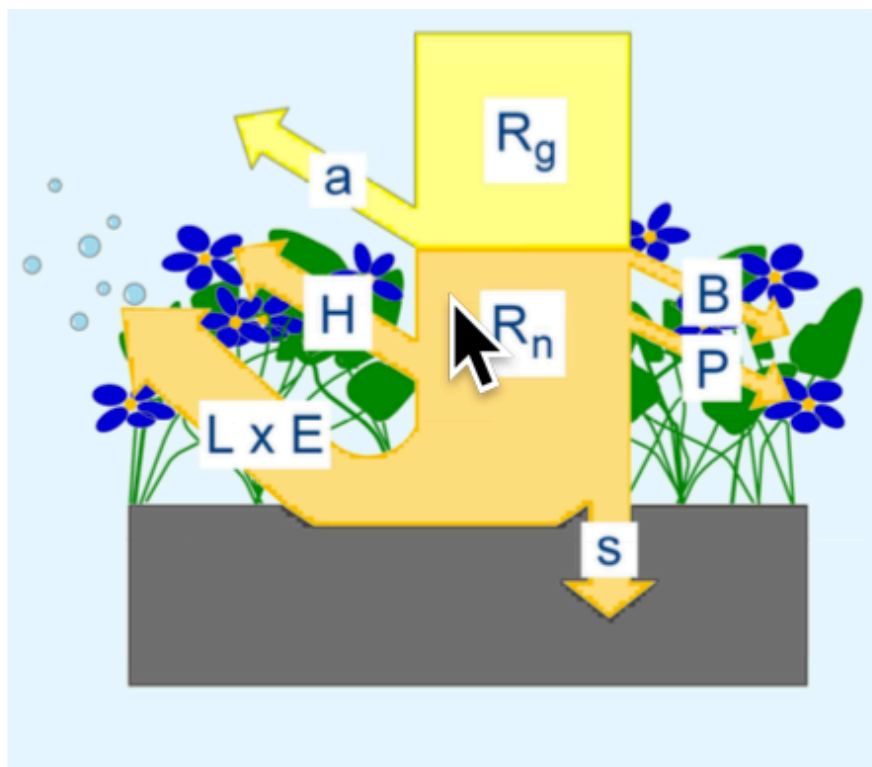


Fig. 5 The distribution of solar energy on vegetation

R_g – global radiation, R_n – net radiation, a – albedo (reflected radiation), H – sensible heat, $L \times E$ – latent heat x evapotranspiration (evaporation from soil and vegetation), s – flow of heat to the soil, B – accumulation of heat in the biomass, P – consumption of energy for photosynthesis

De zonnestraling die het aardoppervlak bereikt, wordt gedeeltelijk gereflecteerd (a). De niet gereflecteerde straling wordt netto straling (R_n) genoemd. Deze straling wordt gedeeltelijk getransformeerd (verdwijnt) door de verdamping van water ($L \times E$),

wordt gedeeltelijk omgezet in voelbare warmte (H), wordt gedeeltelijk als warmte afgevoerd naar de bodem (s), wordt gedeeltelijk geaccumuleerd in de biomassa (B) en via fotosynthese (P) geconsumeerd.

De hoeveelheid in biomassa geaccumuleerde energie is relatief gering: de nettoproductie van 1 kg biomassa per vierkante meter vertegenwoordigt ongeveer 0,45% van de jaarlijkse input van de totale zonne-energie per vierkante meter. De hoeveelheid biomassa die in de loop van een jaar wordt geproduceerd (jaarlijkse primaire productie) varieert sterk tussen verschillende plaatsen op aarde, afhankelijk van de hoeveelheid invallende zonnestrallen, de watervoorraden en de toegankelijkheid van voedingsstoffen. In het algemeen geldt: hoe meer zonne-energie, hoe hoger de potentiële productie. Met de toename van de zonne-energie wordt water de belangrijkste beperkende factor in de primaire productie.

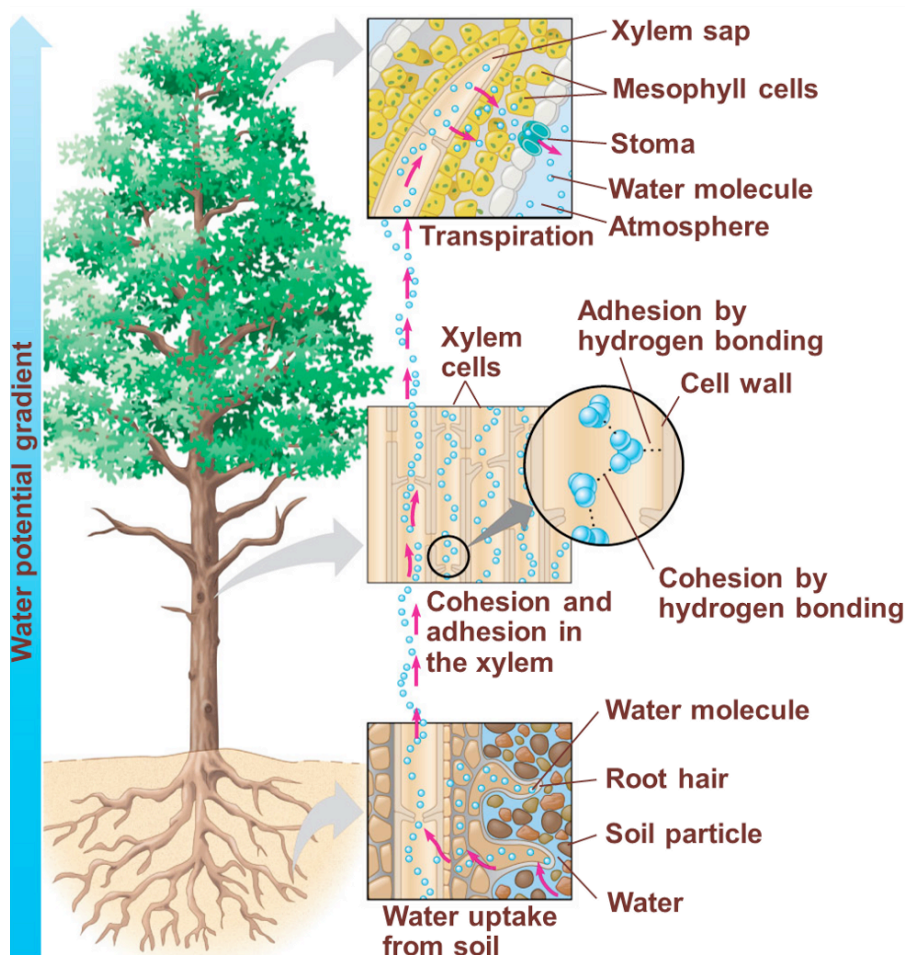
De meeste levende planten bevatten veel water in hun weefsel.

weefsels, waarbij de groeiende biomassa tot 80-90% water bevat.

Tegelijkertijd wordt water ook gebonden aan de groeiende weefsels door de opname en fotosynthese van koolstofdioxide (CO₂). Voor een dagelijkse groei van 10g *droge stof* per m², worden ruwweg 14g

CO₂, 1g voedingsstoffen en 80-90g water vastgelegd in celstructuren en plantenweefsels. Naast water voor de opbouw van weefsels moet in verband met vegetatie ook het waterverbruik voor evapotranspiratie worden vermeld. Verdamping omvat de *verdamping van water uit de bodem of van het oppervlak* van planten.

Evaporatie
en
transpiratie
van planten



Transpiratie is de afgifte van water door planten in de vorm van waterdamp. Gedurende droogte gaan de stomata sluiten en stopt de transpiratie

De verschillende mogelijkheden voor transpiratie

Planten regelen voortdurend de hoeveelheid waterdamp die vrijkomt door het openen en sluiten van een groot aantal poriën, of huidmondjes, onder het oppervlak van hun bladeren. Samen met het bieden van schaduw zijn planten, mits de juiste niveaus van inkomende energie, in staat om de bodem te koelen en te beschermen, maar vooral om hoeveelheden water te optimaliseren die anders zeer snel uit de bodem en de atmosfeer zouden verdampen. Men kan zeggen dat de grond "zweet" door planten, waarbij realistische waarden voor de evapotranspiratie per vierkante meter in de omstandigheden van de gematigde klimaatzone waarden bereiken van 3 liter per dag, wat overeenkomt met een latente warmte van 2,1 kWh (7,5 MJ). In het genoemde geval passeert ongeveer 3,09 kg water per m² door de vegetatie (fig. 6).

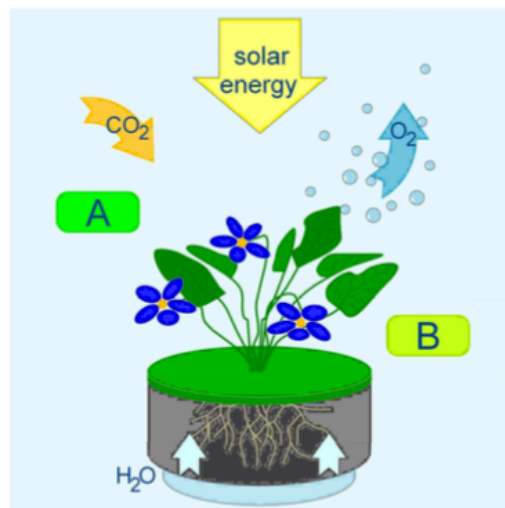


Fig. 6 An example of the daily energy balance of CO₂ and H₂O fluxes per 1 m² of vegetation stand: A: For the creation of 10g of dry matter, 48Wh (170kJ) are consumed for the fixing of 14g CO₂ (0.32 mol). B: Evapotranspiration (3 l) requires 2.1 kWh (7.5 MJ).

Evapotranspiratie is een dynamisch proces dat voornamelijk afhangt van de input van energie en de toegankelijkheid van het water, een proces dat toeneemt met de toename van de instromende energie (zonnestraling, aanvoer van droge lucht, wind). Het heeft een groot bereik van waarden van nul tot een maximum waarde (potentiële evapotranspiratie) waarbij tot 80% van de binnenkomende zonne-energie wordt gebruikt in het proces van evapotranspiratie. Planten verschillen sterk in hun vermogen om water te verdampen/transpireren. In de gematigde zone is de transpiratie van coniferen in het algemeen lager dan die van loofbomen. Waterrijke vegetaties hebben de hoogste transpiratiecapaciteit. Op een zonnige dag in de

gematigde zone met voldoende beschikbaar water bereikt de natuurlijke flora transpiratiewaarden van verscheidene mm (verscheidene liters per vierkante meter per dag), waarbij waarden boven 5 mm als hoog worden beschouwd. Sommige planten kunnen, mits zij over voldoende water beschikken, in de loop van een zonnige dag meer dan 20 liter water per vierkante meter verdampen.

¹⁷ Kučerová, A., Pokorný, J., Radoux, M., Němcová, M., Cadelli, D., Dušek, J. (2001). "Evapotranspiration of small-scale constructed wetlands planted with ligneous species." In: Vymazal, J. (ed.): *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, s. 413 – 427

Op gecultiveerde grond wordt de evapotranspiratie op zonnige dagen meestal beperkt door een tekort aan water, zodat de waarden van de werkelijke transpiratie duidelijk lager zijn dan die van de potentiële transpiratie. Hieruit blijkt duidelijk dat onvoldoende water ook de primaire productie en circulatie van koolstof beperkt.

Transpirerende planten, vooral bomen, zijn dus het perfecte 'airconditioning' systeem van de aarde. Laten we ons inbeelden een grote, onafhankelijk staande boom met een kroon van ongeveer 10 meter in diameter. Op de kroon van deze boom, die een oppervlakte heeft van 80 m², valt er elke dag ongeveer 450 kWh zonne-energie (4-6 kWh/m²). Een deel van de zonne energie wordt gereflecteerd, een deel wordt geabsorbeerd door de bodem en een deel wordt omgezet in warmte. Als zo'n boom goed gevuld is met water, verdampt (transpireert) hij ongeveer 400 liter water per dag. Voor de omzetting van water van vloeibare toestand in waterdamp wordt 280 kWh verbruikt. Deze hoeveelheid energie komt dus overeen met het verschil tussen de schaduw van een boom en de schaduw van een parasol met dezelfde diameter. In de loop van een zonnige dag koelt zo'n boom dus met een vermogen van 20-30 kW, een vermogen vergelijkbaar met dat van meer dan 10 airconditioning units. De boom wordt uitsluitend "gevoed" door zonne-energie, is gemaakt van recycleerbare materialen, vergt een minimum aan onderhoud en geeft waterdamp af die wordt gereguleerd door miljoenen huidmondjes die reageren op de warmte en de vochtigheid van de omgeving. Het belangrijkste is dat de in waterdamp gebonden zonne-energie wordt afgevoerd en bij condensatie op koele plaatsen weer vrijkomt (vaak hoog in de atmosfeer, die weer als verkoelende regen neervalt). Zo wordt de temperatuur in tijd en ruimte in evenwicht gehouden, in tegenstelling tot een koelkast of airconditioner, die warmte afgeven aan de nabije omgeving. Een boom is, in tegenstelling tot een koelkast of airconditioner, ook volledig geruisloos, absorbeert geluid en stof en bindt CO₂.

De boom als
airconditioning
unit

Het verkoelende effect van planten door transpiratie is duidelijk in de figuren 7, 8 en 9. De beelden in het infraroodspectrum laten zien dat de bladeren van de planten, dankzij de transpiratie, zichtbaar koeler zijn dan de omringende grond (fig. 7).

Evapotranspiratie effectiever dan albedo

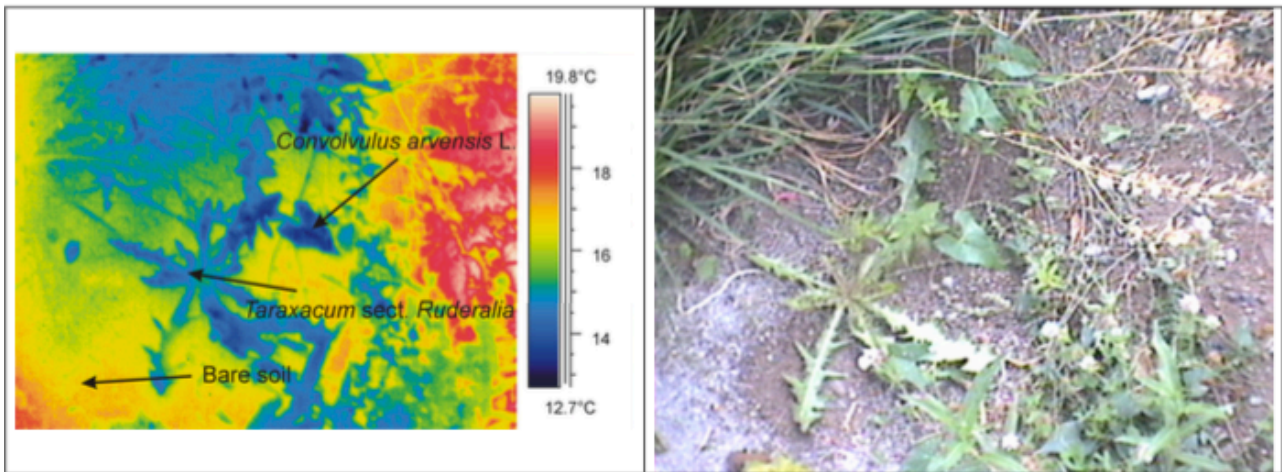


Fig. 7 Photographs of thin vegetation in the infrared spectrum and in the visible spectrum. The bare surface of the ground is visibly warmer than the surface of the leaves cooled by transpiration. (Třeboň, Czech Republic, 12 July 2002, 10:00 hrs).

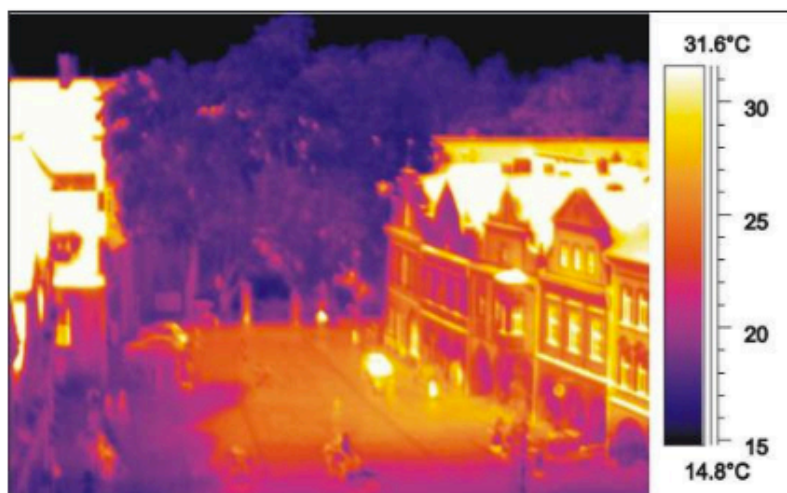


Fig. 8 Photograph of the square and adjacent park in Třeboň, Czech Republic, taken with a thermal camera

The differences in temperatures between the vegetation, facades and roofs of the houses is visible.

Het verkoelende effect van de vegetatie blijkt ook duidelijk uit de infraroodfoto's van het plein en het park in Třeboň (fig. 8).

De temperatuur van de daken en gevels van de huizen bedraagt meer dan 30°C, terwijl de temperatuur van de bomen in het park rond de 17°C ligt. Vegetatie koelt actief door de verdamping van water. Vegetatie, met name bossen, heeft een donkerdere kleur en dus een lagere reflectie (albedo) dan de meeste andere oppervlakken (klei, zand, enz.). Dit verschil in reflectie wordt soms geïnterpreteerd dat bossen het aardoppervlak opwarmen. Uit figuur 8 blijkt duidelijk dat planten, onafhankelijk van de reflectie, afkoelen door middel van transpiratie. Uit figuur 8 blijkt opnieuw dat het effect van reflectie veel geringer is dan dat van transpiratie. Een nuttig instrument om de toestand van de vegetatie en haar functie te beoordelen tijdens de verspreiding van zonne-energie over grote gebieden is het maken van satellietfoto's.

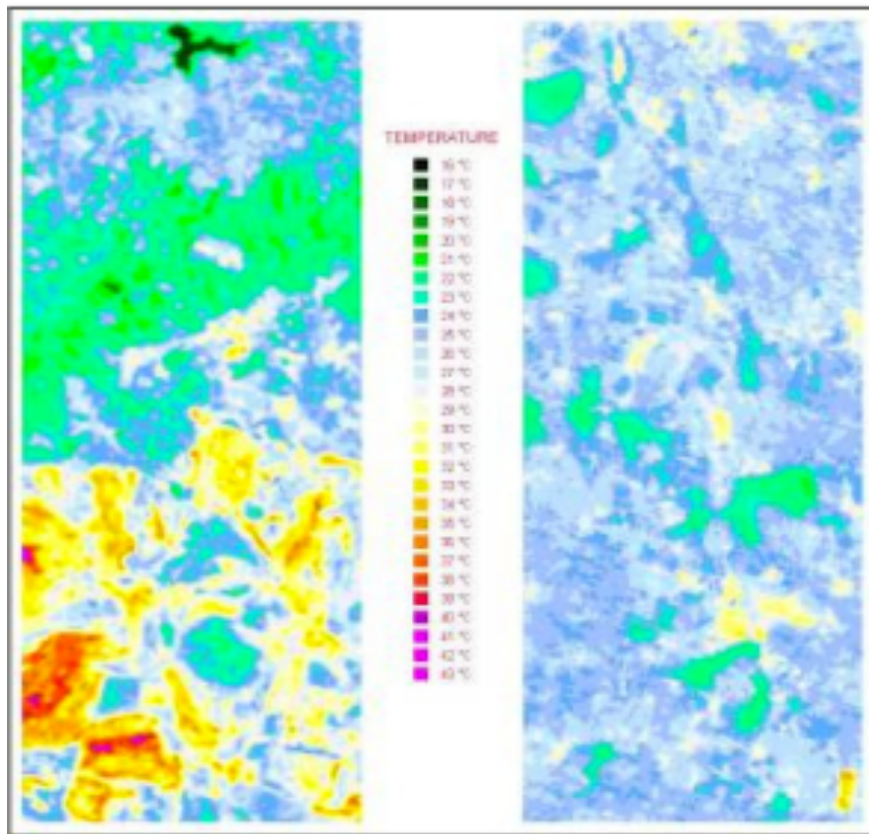


Fig. 9 Comparison of the distribution of sensible heat in two different types of land (Mostecko and Třeboňsko)

The pond-covered Třeboňsko with wetlands shows a lower regional temperature difference (right) than the drier land of Mostecka (a strip coal mining area), which has insufficient vegetation (left).

8. HET EFFECT VAN landgebruik OP DE WATERCIRCULATIE

De Slavische landen strekken zich uit van de Middellandse Zee tot aan de noordelijke zeeën... De Slaven bouwen de meeste van hun eigen kastelen... op weiden die rijk zijn aan water en struikgewas... ze wonen in de meest vruchtbare gronden, rijk aan verschillende middelen van bestaan. Ze bewerken de grond zeer intensief om zichzelf van voldoende voedsel te voorzien... Hongersnood veroorzaakt door langdurige droogte bestaan niet in [hun] land. Integendeel. Hongersnood kan uitbreken als het te veel regent... Als het maar een beetje regent, hebben ze geen slechte resultaten, omdat deze landen vochtig zijn...

Ibrahim Ibn Jacub at-Turtushi, *Over de Westelijke Slaven*, midden 10e eeuw

²¹ Cited from the book: *Slovakia through the Eyes of Foreigners, Sources of History of Slovakia and Slovaks II*. Literary Information Center, Bratislava, 1999, pg. 242

Gedurende haar hele geschiedenis heeft de mensheid natuurlijk land omgevormd tot gecultiveerd land. Het land krijgt zo een cultureel geheugen van individuele beschavingen, naties en generaties. Dit geheugen komt duidelijk tot uiting in de houding van mensen ten opzichte van water. Geen enkele beschaving heeft ooit het belang of de noodzaak van water gebagatelliseerd. Slechts weinigen hebben echter geweten hoe zij de gevolgen van hun eigen gedrag adequaat konden inschatten en een methode konden ontwikkelen om het land opnieuw vorm te geven, zodat het water in het milieu behouden blijft en de overvloed ervan op lange termijn verzekerd is. Vanuit het perspectief van de vormgeving van een land door menselijke activiteit en verstandhouding tegenover water, zullen we nu kijken naar beboste gebieden, landbouwgronden en stedelijke gebieden en de waterlichamen daarin.

8.1 Bossen

Ontbossing is geen nieuw verschijnsel in de menselijke geschiedenis en is waarschijnlijk al aan de gang sinds de mens vuur begon te gebruiken. Toen mensen begonnen te leven van de jacht, kon vuur dienen als hulpmiddel om dieren af te schrikken of om nieuwe leefruimte of jachtgebieden te verkrijgen. Met de ontwikkeling van beweiding en landbouw diende ontbossing als middel om nieuw land voor deze activiteiten te verkrijgen. Met de ontwikkeling van de vaste levenswijze, en meer nog, na de vervanging van de stenen bijl door de bronzen bijl, werd hout een materiaal met

[ontbossing in de prehistorie](#)

veelzijdige toepassingen: voor de bouw, voor de productie van werktuigen, wapens of boten en, last but not least, als toegankelijke brandstof voor verbranding, hetzij voor verwarming, koken of voor metaalbewerking.

De negatieve gevolgen van ontbossing in de vorm van erosie en overstromingen troffen de oudst bekende beschavingen, die veel hout verbruikten. De oudste werken van de klassieke literatuur, zoals het Epos van Gilgamesj en de Bijbel, alsmede oude auteurs als Herodotus, Plato, Plinius, Strabo en anderen, weerspiegelen deze processen. Vandaag de dag is het moeilijk te geloven dat grote delen van het Midden-Oosten waren in de 3e eeuw voor Christus bedekt waren met dichte cederbossen. Deze waren echter zo verwoest dat keizer Hadrianus in het begin van de 2e eeuw een bevel moest uitvaardigen om het kappen ervan te verbieden. Het hout ervan werd grotendeels gebruikt voor grote bouwprojecten en voor de bouw van Phoenicische boten. Vóór de ontwikkeling van de landbouw groeiden eik, beuk, ceder en den in het Middellandse Zeegebied. Nu rest echter alleen nog de gecultiveerde olijf, die tot de meest droogtebestendige bomen behoort omdat zijn wortels tot 10 meter diep kunnen reiken. Sommige hedendaagse auteurs beschouwen de ontbossing, met de daaruit voortvloeiende aantasting van het milieu en het verlies aan productiviteit van de grond, uiteindelijk als de reden voor de val van het Romeinse Rijk. Een soortgelijke situatie als in het Middellandse-Zeegebied en het Midden-Oosten deed zich ook voor in Afghanistan en Centraal-Azië. De beschaving in de Indusvallei stortte in na ontbossing rond het jaar 1400 voor Christus.

Ontbossing in de oudheid

²² J. Pokorný, *The Development of the Land Under the Influence of Humans*, 2003

Europa ten noorden van het Romeinse Rijk was bijna volledig bedekt met dichte bossen, een feit dat bij de Romeinen verbazing en angst wekte. De ondoordringbare dichte bossen waren in hun ogen de thuisbasis van gevaarlijke wilde dieren, ondoorgroendelijke barbaren en goblins en zaten vol moerassen en andere onbekende gevaren. Voor de verbeelding van de Romeinen, waren de bossen precies het tegenovergestelde van het beschaafde leven in de stad of het vredige boerenleven in de vruchtbare uiterwaarden van de rivieren. De uitbreiding van de beschaving werd daarom vereenzelvigd met ontbossing. Dit idee, ondersteund door economische argumenten, bleef ook na de val van het West-Romeinse Rijk bestaan en was aanwezig tijdens de vorming van Europa in de Middeleeuwen.

Ontbossing als uitbreiding van civilisatie

²³ Felipe Fernandez-Armesto, *Civilizations – Culture, Ambition and the Transformation of Nature*, Simon & Schuster, ISBN 0-7432-0248-1, 2002

Ontbossing, die in Europa het meest intensief was in de eerste helft van het vorige millennium en in de VS van de 17e tot de 20e eeuw, bereikte in veel ontwikkelde landen zijn hoogtepunt in de 20e eeuw.

Ontbossing
in de
moderne
tijd

Volgens gegevens van de FAO bedraagt de totale wereldwijde ontbossing van de continenten momenteel meer dan 120.000 km² per jaar. De totale omvang van de ontbossing van de continenten is aanzienlijk groter dan de natuurlijke aangroei van nieuwe en inheemse bossen (met uitzondering van Europa en de VS, waar deze trend is gestopt). Ook de kwaliteit van de bosvegetatie daalt om vele redenen. Oudbossen en oerbossen, die eveneens geconfronteerd worden met ontbossing en economische belangen, spelen een bijzondere rol in het ecosysteem van de wereld. De ontbossing van de grond en de vermindering van de kwaliteit van de bosvegetatie gaan gepaard met een toename van de snelheid waarmee regenwater en water van smeltende sneeuw in de betrokken gebieden wegvloeit en met een snelle erosie van de bodem. Ook de micro-klimatologische omstandigheden van gebieden veranderen.

²⁴ See, for example, Eneas Salati, Carlos A. Nobre, Possible climatic impacts of tropical deforestation, Climatic Change, Volume 19, Numbers 1 – 2 / September, 1991

Deze verschijnselen, die in het verleden tot de ondergang of het uitsterven van talrijke grote beschavingen hebben geleid, zijn als gevolg van de toenemende technische mogelijkheden van de mensheid tegenwoordig overal ter wereld aanwezig.

Plato schreef in zijn onvoltooide werk Critias over een oorlog tussen de bewoners van Atlantis en de door Athene geleide bewoners van het continent, die 9000 jaar voor Plato's bespreking zou hebben plaatsgevonden. Naast de geïdealiseerde beschrijving van het fabelachtige Atlantis is er in het werk zo'n ruw en realistisch vastgelegd proces van watererosie na de verwoesting van de bossen rond Athene dat men zich niet aan de indruk kan onttrekken dat Plato schreef over iets wat hij met eigen ogen zag:

"...Het land was het beste van de wereld...in die tijd was het land eerlijk als nu en bracht het veel overvloediger producten voort.... Vele grote overstromingen hebben in die 9000 jaar plaatsgevonden...en gedurende al die tijd en door zoveel veranderingen is er nooit een aanzienlijke opeenhoping van de grond uit de bergen gekomen, zoals op andere plaatsen, maar de aarde is rondom weggevallen en uit het zicht gezonken. Wat er gebeurd is, is als een lichaam dat door een ziekte tot op het bot dunner wordt. Alle rijkere en zachtere delen van de grond zijn weggevallen, en er blijft slechts het skelet van het land over. Maar in de oorspronkelijke staat van het land, waren de bergen hoge heuvels bedekt met aarde, en de vlakten waren vol rijke aarde. Er was een overvloed aan hout in de bergen. Hiervan zijn de laatste sporen nog over. Hoewel

sommige van de bergen nu alleen nog voedsel bieden aan bijen, waren er nog niet zo lang geleden daken te zien van hout dat gesneden was uit bomen die daar groeiden, en die groot genoeg waren om de grootste huizen te bedekken; en er waren vele andere hoge bomen, die door de mens werden gecultiveerd en overvloedig voedsel leverden voor het vee. Bovendien profiteerde het land van de jaarlijkse regenval, niet zoals nu van het water dat van de kale aarde in de zee stroomt, maar omdat het op alle plaatsen een overvloedig aanbod had, en het in zich opnam en opborg in de dichte kleigrond, liet het de stromen die het van de hoogten opslorpte, in de holten stromen, waardoor overal overvloedige fonteinen en rivieren ontstonden, waarvan nog steeds heilige gedenktekens te zien zijn op plaatsen waar ooit fonteinen waren; en dit bewijst de waarheid van wat ik zeg...".

8.2 Landbouwgrond

Een van de belangrijkste revoluties in de menselijke geschiedenis was de verandering van de jager-verzamelaar manier van leven naar een leven van landbouw en weiland. De impuls voor deze omschakeling was duidelijk een wereldwijde opwarming van het klimaat na het einde van de ijstijd. Wij kunnen vaststellen dat ongeveer 10.000 jaar geleden in het Midden-Oosten (het gebied van de zogenaamde "Vruchtbare Sikkel", dat wil zeggen de gebieden vanaf de monding van de Eufraat via de Jordaanvallei tot aan de monding van de Nijl), China en vroeg of laat ook in andere delen van de wereld een min of meer spontane overgang plaatsvond naar de teelt van landbouwgewassen en het houden van huisdieren. De alluviale landbouw in de valleien van de grote rivieren bezegelde geleidelijk de eerste grote beschavingscentra, die zich gewoonlijk onderscheidde door een hoge organisatiegraad, een netwerk van irrigatie- en drainagekanalen, een grootschalige landbouwproductie die de bodem maximaal benutte en de teelt van een klein aantal gewassen die niet natuurlijk waren voor de gegeven grond, d.w.z. gewassen die zonder de hulp van de mens niet zouden gedijen.

Neolithische
revolutie

²⁵ Felipe Fernandez-Armesto, *Civilizations – Culture, Ambition and the Transformation of Nature*, pg.174

Deze neolithische revolutie, die vanuit het oogpunt van het hele menselijke bestaan nog niet zo lang geleden plaatsvond, schiep door het verzekeren van een voedselbasis geleidelijk de voorwaarden voor een hele reeks beschavingsveranderingen, zoals een grotere bevolkingsdichtheid, de vestiging van grotere bevolkingscentra, arbeidsverdeling, handel, de ontwikkeling van kennis, enz.

Sommige eetbare zaden van grassen bleken uitzonderlijk geschikt voor landbouwcultuur. Naast voordelen als snelle groei en eenvoudige teelt, boden ze vooral waardevolle energiebronnen en konden ze gemakkelijk worden opgeslagen. Zij werden de basis voor de teelt van granen, die het meest verspreide gewas voor menselijke voeding zouden worden. In Europa, maar ook in vele andere delen van de wereld in de gematigde klimaatzone, overheerst sinds de neolithische revolutie de teelt van tarwe en gerst, waarvan we kunnen aannemen dat zij de eerste gedomesticeerde gewassen waren. Deze gewassen hebben de kenmerken behouden van de eenjarige steppegrassen waaruit zij zijn ontstaan en vereisen derhalve steppeachtige omstandigheden om te groeien. Daarom moet de grond voor de teelt ervan worden ontwaterd. Voor de teelt van granen hebben de mensen landbouwgrond drooggelegd en over grote gebieden een cultuursteppe.

veredeling
granen

Met de verandering van het karakter van van het land, veranderde ook het klimaat, en waar het land ontwaterd was, werd het noodzakelijk om te irrigeren.

²⁶ Virginia H. Dale, "The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change," *Ecological Applications*, 1996, pgs. 753 – 769

Vandaag weten we niet waarom het klimaat over grote gebieden uitdroogde en dat zich dit in de eerste helft van het Holocene veelvuldig voordeed. We kunnen zelfs niet precies vaststellen of en eventueel welk aandeel de oude beschavingen daarin hadden.

²⁷ J.A. Dearing, "Climate-Human-Environment Interactions: Resolving Our Past," *Cim. Past*, 187 – 203, 2006

We weten niet of de drooglegging van land de voornaamste reden was voor het uitsterven van sommige van deze beschavingen. We moeten deze mogelijkheid echter in gedachten houden, want ondanks alle verschillen komen we waarschijnlijk uit bij een vergelijkbaar proces van uitdroging van het land, een proces met resultaten die we niet kunnen kennen.

²⁸ See, for example, Deepak K. Ray et al., "Influence of Land Use on the Regional Climate of Southwest Australia," 13th Symposium on Global Change and Climate Variations and 16th Conference on Hydrology, 2002 (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/29880.pdf>)

De intensieve teelt van gerst en tarwe breidde zich uit van de Vruchtbare Sikkkel naar een grotere wereld. Mogelijk werd de laatste daad van hun teelt geschreven door de "ontdekkers van de landbouw", d.w.z. de Sumeriërs, die leefden in het zuiden van Mesopotamië van de 4e tot de vroege 2e millennia voor Christus. Het uitzonderlijk succesvolle volk van de Sumeriërs verbouwde op grote oppervlakten intensief monoculturen van de genoemde gewassen en andere producten. Met behulp van een systeem van kanalen voerden zij water aan van de rivieren de Eufraat en de Tigris, en met behulp van een systeem van drainagekanalen voerden zij dit water af. De grond echter, beroofd van natuurlijke vegetatie en onderworpen aan een jaarlijkse cyclus van irrigatie en drainage, werd zout en leverde geen opbrengst meer op. De macht van de Sumeriërs nam af, hun aantal nam af, het land werd een woestijn en zij werden overwonnen

Lot van de Sumeriërs



fig. 10 landbouwgrond aan de voet van de Tatra bergen

door vijanden en uiteindelijk geassimileerd. Andere grote, op alluviale landbouw gebaseerde beschavingen ondergingen een vergelijkbaar lot als de Sumeriërs in Mesopotamië. Bij veel van hen zijn we over een periode van twee- tot vierduizend jaar getuige van een verdere afname van de regenval en vervolgens van het uitsterven of de transformatie van de beschaving.

De Middeleeuwen droegen bij aan de ontwikkeling van de landbouw, bijvoorbeeld door de invoering van het juk, dat dieper ploegen mogelijk maakte en een verandering van twee gewasrotaties naar drie gewasrotaties.

Een andere revolutionaire verandering bracht een nieuw landbouwtijdperk: een hausse aan natuurlijke en kunstmatige meststoffen, pesticiden, speciaal gekweekte planten die veel hogere opbrengsten halen, en een groei van de mechanisatie die het mogelijk maakte veel grotere oppervlakten te bewerken dan in het verleden. De Groene revolutie in het midden van de 20e eeuw verspreidde de in het Westen gebruikte technologie over bijna de hele wereld en hielp het snel groeiende aantal mensen op aarde te voeden. De Rode Revolutie in socialistische landen collectiviseerde de kleine akkers van kleine boeren, ploegde grenzen om en verenigde percelen in eenheden van tientallen, zelfs honderden hectaren. Gigantische velden zonder natuurlijke barrières, veldzones of beschermde stroken vegetatie die de afvloeiing van het land beperken, werden voorgesteld als grote sprongen voorwaarts (Fig. 10).

Giant fields that originated during communist era with the collectivising of tracts of land. Due to the absence of barriers, rapid surface runoff causes water erosion of the soil.

Met het oog op een maximale opbrengst van gecultiveerde monoculturen of wegwerppercelen werd overgegaan tot extensieve drainage met behulp van gravitatie-systemen of pompstations. Extra irrigatie van deze velden is geen substituut voor de noodzaak het regenwater op het land te bewaren, hoewel het gedeeltelijk bijdraagt tot de terugkeer van het van het land afgevoerde water.

Naast de veranderingen in de micro-klimatologische omstandigheden (Fig. 11) op dergelijke landbouwgronden, nam dus ook de snelheid van de oppervlakteafvoer van regenwater toe, evenals de door water veroorzaakte erosie die gepaard ging met de vernietiging en verplaatsing van de bodem (Tab. 4), wat leidde tot de

Erosie
degradatie
bodem
uitspoeling

28 Zie bijvoorbeeld Deepak K. Ray et al., "Influence of Land Use on the Regional Climate of Southwest Australia," 13e Symposium on Global Change and Climate Variations en 16e Conferentie over Hydrologie, 2002 (<http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/29880.pdf>).

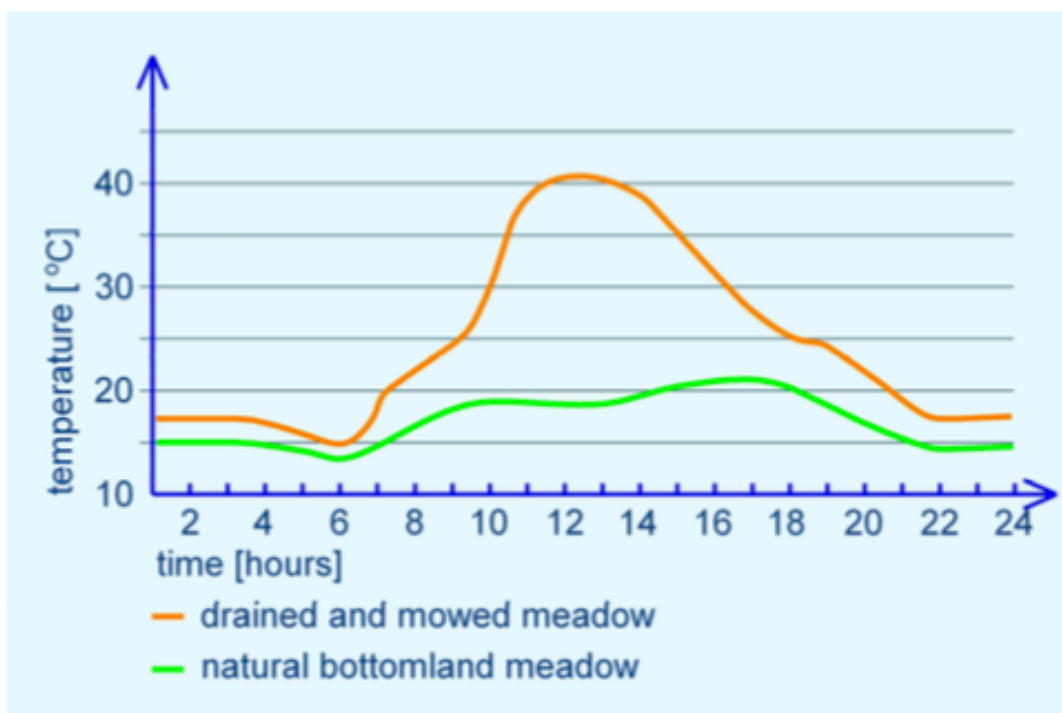


Fig.11 De dagelijkse temperatuurschommelingen van de oppervlakte van de bodem van een gedraineerd maaiveld en een natuurlijke moerasweide.

achteruitgang van de kwaliteit en zelfs de verwoesting van het land en het ontstaan van uitgemergelde gebieden. Van de genoemde processen is de verplaatsing (verlies) van de bodem het ernstigste verschijnsel. Het lijkt er echter op dat de verplaatsing van de bodem in ons land een van de minst gecontroleerde verschijnselen is en dat bodemdeskundigen achterblijven in het onderzoek hierna, net zoals hydrologen achterblijven in het monitoren van de afname van water op het land. En dus is er niemand om opschudding te veroorzaken. Terwijl de vorming van grond jaarlijks in honderdsten of zelfs duizendsten van millimeters wordt opgeteld, tiert de erosie vele malen sneller. Een holistische aanpak waarbij bodem en water in context worden beoordeeld is broodnodig.

In Slowakije loopt het werkelijke bodemverlies door watererosie in de beboste vegetatie van de middelste en hogere berggebieden gemiddeld ongeveer 0,01-0,03 mm/jaar, in permanent grasland ongeveer 0,06 mm/jaar, in graanvelden 1,8 mm/jaar en in wortelgewassen 3.6 mm/jaar.

Bodemosie
Slowakije

⁹Rudolf MIDRIAK, "From Threats of Erosion to the Desolation of the Soil in Slovakia," Third Soil Science Days in the SR, VÚPOP Bratislava, 2004, p. 193 – 200

Een niet effectieve watercyclus herkennen.

- ◆ veel kale grond tussen planten
- ◆ als littekens ingesleten waterafvoer (erosie geulen)
- ◆ stofwolken bij wind (winderosie), depositie luwte
- ◆ dode vegetatie, ontwortelde bomen
- ◆ ontblote wortels op hellingen
- ◆ depositie materiaal waar water weggestroomd is
- ◆ ingesleten geulen als stroompjes en riviertjes
- ◆ takken en boomdelen in rivieren
- ◆ bij (heftige) regenval grondverkleuring water
- ◆ inklinking veenweide
- ◆ muizen en ratten (als plaag)
- ◆ geen tot weinig kikkers, padden, slakken, salamanders in gebieden waar je die wel zou verwachten
- ◆ water dat lang blijft staan na een bui



infiltratie probleem door bodemverdichting (zware machines)



Water uit een erosiegevoelig gebied (rechtsboven) komt samen met een stroom uit een holistisch beheerd landschap (linksonder)

Een al te gewoon plaatje



Notitie: gelukkig kan het toepassen van regeneratieve landinrichting methoden leiden tot een snelheid van bodemherstel dat voor kort voor onmogelijk werd gehouden (1% organische stof per jaar)

"More things have changed in the memories of the oldest living people in our country today than in the previous one thousand years. In our time, in the past 75 years, it is businesses that purport to improve our lives which are responsible for these changes. They are draining the soil and in so doing, damaging its chemical solutions. The fact that fens, old branches of rivers, swamps and high places on uplands are all being drained of water is contributing to a change in our climate, with a greater contrast between severe winters and summers with fewer clouds and isolated periods of drought and flooding. The fact that these improvements allow the peasants to plough up any pasturage and drained bottomland, means that layers of topsoil are being uncovered and washed away, with no new topsoil being created in its place."

8.3 Waterlopen

Zoals vermeld in het vorige hoofdstuk, de grootste menselijke beschavingen die de mensheid uit het stenen tijdperk naar de oudheid leidden ontstonden langs de Nijl, de Eufraat en de Tigris, de Indus, de Gele Rivieren en andere. Deze beschavingen worden soms "hydraulische beschavingen" genoemd, omdat hun alluviale landbouw afhankelijk was van waterlopen en uitgebreide netwerken van kanalen, die naast de functie van transport ook de bijzondere taak hadden om water aan- en af te voeren tijdens regelmatige jaarlijkse overstromingen. Oppervlaktewater was een sleutel voor irrigatie, dat eens per jaar kwam en de plaats innam van het ontbrekende regenwater.

Hydraulische
beschavingen

Deze beschavingen waren dus, vanuit klimatologisch-agrarisch oogpunt, volledig anders dan die van onze voorouders na hun aankomst in Centraal Europa, waar, dankzij een hoge graad van bebossing, vaak regen viel. Het vermogen van het land om water vast te houden was bovendien zo groot, dat volgens de getuigenis van de Spaanse handelaar Ibrahim Ibn Jacqub at-Turtushi uit het midden van de 10e eeuw, zelfs in die gevallen, *"als het maar een beetje regent, hebben ze geen slechte resultaten, want deze gronden zijn vochtig."* Voor een beeld van het platteland in ons gebied kunnen we ons tot op zekere hoogte een idee krijgen van landschapsschilderijen uit die tijd. Landschappen uit de 19e eeuw tonen een rijkdom aan oppervlaktewater in ongetemde rivieren die uitmonden in brede rivierbeddingen, waarvan het weelderige plantenleven een levende communicatie met het grondwater suggereert. Als de

Druk om
waterlopen
te veranderen

Als romantiek vandaag de dag weer in de mode zou komen, zou het moeilijk zijn om soortgelijke landschappen af te beelden.

In de tijd van uitbreiding van de landbouwontwikkeling, kwamen nederzettingen en industrieterreinen dicht bij waterlopen, een feit dat leidde tot angst voor overstromingen. Samen met dit kwam de noodzaak voor de landbouw om de bebouwde gebieden uit te breiden. Tijdens de ontwikkeling van het vervoer was het nodig om waterstromen te kruisen. Ook ontstond de behoefte om de waterstromen intensiever te gebruiken voor transportdoeleinden, vandaar de noodzaak om de rivieren te gaan veranderen en reguleren. De wijziging van de waterstromen hield meestal in dat de totale lengte ervan werd verkort (veel rivieren kronkelen van nature), dat de oevers en de bodem van de waterlopen werden versterkt en dat er dijken langs werden opgeworpen. Veel aangrenzende vennen en moerassen die verbonden waren met de ecosystemen van de rivieren werden ook drooggelegd. Veel gebieden, die vroeger hadden gediend voor het meanderen van waterlopen of voor het wegvloeien van water buiten de rivierbeddingen bij verhoogde regenval, werden bebouwd, en het oorspronkelijke waterlichaam kreeg nu een nauwkeurig bepaald plaats en doorsnedeprofiel. Hieraan moet worden toegevoegd dat het probleem van de bescherming tegen overstromingen vaak verkeerd is begrepen; het louter verhogen van oevers of beschermende dijken en het verdiepen of vergroten van het dwarsprofiel van de waterloop voor een betere afvoer van overstromingen in een bepaalde gemeenschap zijn niet altijd de oplossingen die ze lijken. De uitvoering van een dergelijke wijzigingen zonder rekening te houden met de context van het hele stroomgebied en het hele grondgebied verhoogt immers alleen maar het overstromingsrisico in verder stroomafwaarts gelegen gemeenten en steden.

Het voornaamste negatieve effect van de genoemde wijzigingen was de versnelling van de afvoer van water van het land en de verlaging van de vermogen van het land om water vast te houden. De genoemde "civieltechnische" veranderingen van waterlopen hebben bijgedragen tot een geleidelijke afname van de hoeveelheid water in de (kleine) watercyclus en verminderde onevenredig de relatieve voorsprong die ons land had ten opzichte van andere landen, die niet gezegend waren met zulke gunstige klimatologische omstandigheden en een overvloed aan water. Uiteindelijk zijn grote waterwerken zoals dammen, die in het recente verleden werden gebouwd voor het gebruik van waterenergie, of de aanleg van drinkwaterreserves, volgens onderzoek paradoxaal genoeg minder doeltreffend voor het behoud van water op het land dan een groot aantal kleinere reservoirs met hetzelfde totale volume (35)

Versnelde afvoer van water van het land

³⁵ Brad Lancaster, *Rainwater Harvesting for Drylands, Vol. I.*, Rainsource Press, Tucson, Arizona, ISBN 0- 9772464-0-X, 2006

8.4 Steden

Zoals we reeds hebben vermeld, was een van de belangrijkste revoluties in de menselijke geschiedenis de neolithische landbouwrevolutie. In zowel in betekenis en tijd wordt deze gevolgd door de stedelijke revolutie.

De
urbane
revolutie

De ontwikkeling van rioolssystemen en het massale gebruik van asfalt en beton hebben ervoor gezorgd dat bijna alle regenwater afgevoerd wordt. Dit dan vaak via transportriool systemen. Eigenlijk wordt regen als een 'last' beschouwd en regenwater als 'afval' water.

Dus nu wordt bijna alle regenwater van de steden in Europa door ondoordringbare daken en ondoordringbaar plaveisel en asfalt, via riolen afgevoerd naar rivieren, om uiteindelijk in de zeeën te belanden. Volgens schattingen wordt 20 miljard m³ jaarlijks van het Europese continent weggesluisd. Gedurende de laatste 50 is dat meer dan 1000 miljard m³ - dat is 1000 km³ - regenwater geweest, dat eigenlijk ecosystemen, bodems en grondwater moet bevoorraden. Of bronnen aanvullen en door evaporatie het ecosysteem bevochtigen en afkoelen.

Gigantische
volumes water
weggesluisd

En last but not least draagt de snelle afvloeiing uit verharde stedelijke omgevingen met rioolstelsels bij tot het grotere aantal overstromingen die de bevolking stroomafwaarts bedreigen. Het ernstigste feit is echter dat wij het milieu waarin wij leven al lange tijd draineren. Wij veroorzaken een langdurige daling van de grondwatervoorraden onder onze geplaveide en overdekte oppervlakken; wij veroorzaken een stijging van de temperaturen in stadsstructuren, een daling van de luchtvochtigheid, een begin van voor stedelijke omgevingen typische beschavingsziekten en een verslechtering van de kwaliteit van ons milieu als geheel.

Naast de vele effecten van steden, moet ook rekening worden gehouden met de het onttrekken van water aan de grond ten behoeve van drinkwater en andere functies, die allemaal een groot cumulatief effect hebben. Deze onttrekking van water gaat door zonder ervoor te zorgen voor een adequate terugvoer van het gewonnen water uit gebied terug in het land. Het water loopt in plaats daarvan na gebruik uit in de zee. Steden die

De onttrekking
van water in
steden

verkwistend en duur miljoenen kubieke meters regenwater in hun rioleringsystemen laten stromen, krijgen later te maken met steeds grotere tekorten aan drink- en gebruikswater, tekorten die in veel gevallen chronisch worden. Onvoldoende drinkwater is dus niet alleen een probleem van arme maar ook van welvarende steden. Uiteraard hebben steden in ontwikkelingslanden hun eigen bijzonderheden.

De armere delen van steden in veel ontwikkelingslanden zijn permanent afhankelijk van hout voor bijvoorbeeld brandstof en dus worden de bossen in hun omgeving systematisch gekapt. Drainage en ontbossing leiden ertoe dat steden, terwijl ze groeien, de micro-klimatologische omstandigheden van het oorspronkelijke grondgebied veranderen. Ze verworden tot stedelijke hete eilanden waarover een hete klimaatparaplu groeit (Fig. 16).

Verandering
klimatologische
omstandigheden

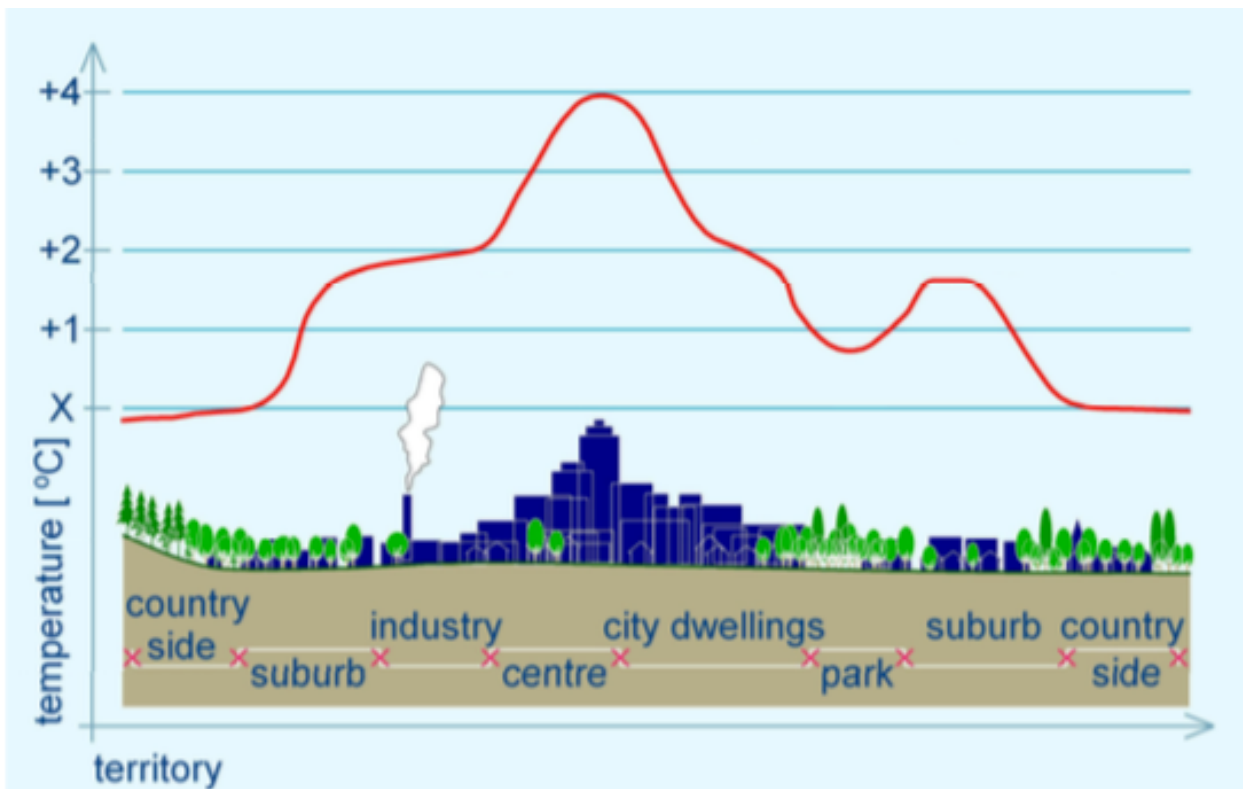


Fig. 16 De hete paraplu boven stedelijk gebied. De temperatuur is afhankelijk van de verhouding tussen verstedelijking en vergroening.

Deze "eilanden" veranderen langzaam maar zeker de wolkenstroom en de beweging van de winden over hun grondgebied en in hun omgeving. Vooral in de zomer duwen zij de neerslag naar de koelere berggebieden, waardoor het risico van extreme stortregens in de berggebieden en overstromingen, die zowel de bergdalen als de bevolking in de laaglanden stroomafwaarts van de rivieren bedreigen, toeneemt. En hier hebben we een veel directere en logischere oorzaak voor klimaatveranderingen en de toenemende weersextremen dan het effect van een toename van het CO₂-gehalte in de lucht met 30% in de afgelopen 150 jaar.

Gevolgen van extreme weeromstandigheden

Meer dan de helft van de wereldbevolking leeft vandaag in steden, een deel van de bevolking dat aanzienlijk zal blijven groeien. Steden zijn een soort new-age fabriek van economische welvaart geworden die langzaam en geleidelijk hun omgeving opslokken (37). Dus de mensheid, door ontwikkeling van land voor landbouw en andere menselijke activiteiten, heeft nu meer dan 40% van de oppervlakte van alle continenten 'voor zichzelf' opgeëist. Het is noodzakelijk te benadrukken dat er een oplossing bestaat voor de in deze tekst genoemde problemen en dat de bevolkingsgroei op zich niet in strijd is met permanente duurzame ontwikkeling.

watermanagement is niet duurzaam

³⁷ Urban Sprawl in Europe - The Ignored Challenge, ISBN 92-9167-887-2, EEA Report No. 10/2006

9. Het effect van de afname van het water in de kleine waterkringloop op de groei van klimaatextremen

In de vorige paragrafen hebben wij gesproken over hoe de omvorming van een natuurlijk landschap tot een cultuurlandschap de afvoer van regenwater uit een gebied versnelt. De intensiteit van het wegsijpelen van regenwater van de continenten varieert van plaats tot plaats en is afhankelijk van de bevolkingsdichtheid, de oppervlakte en structuur van de betrokken landbouw- en stadsgronden, maar vooral van de gevoeligheid van het beheer ervan. Men kan stellen dat veranderingen van het land altijd schade veroorzaken wanneer geen rekening wordt gehouden met de afname van het water dat nodig is voor de vegetatie, de verdamping en de infiltratie in het omgevormde gebied. Deze afname van water uit de kleine waterkringloop houdt rechtstreeks verband met de toename van extreme weersomstandigheden en met klimaatveranderingen.

De schadelijke transformatie van land

Een bijzonderheid van de waterafname is dat deze, hoe klein ook, vrijwel onmiddellijk tot uiting komt in de verzadiging van de bovengrond met water, omdat deze loopt van de bovenste delen van het bodemprofiel, of het niveau van het grondwater, naar de ondoordringbare ondergrond. Het verlagen van de verzadiging van de bovengrond met water verlaagt het vermogen van het land om water te verdampen en verhoogt het aandeel van de zonne-energie dat onmiddellijk wordt omgezet in voelbare warmte. Hoe meer de schadelijke transformatie van gedraineerde (en tegelijkertijd ook verharde) bodem, hoe moeilijker deze bij nieuwe neerslag nieuw regenwater kan opnemen, terwijl bebouwde gebieden het regenwater uit een gebied automatisch zo snel mogelijk afvoeren. Gedraineerde grond warmt op en creëert thermische eilanden, die de neerslagactiviteit weg van hun eigen gebied verleggen. Elke verdere wending in de watercyclus die door deze factoren wordt beïnvloed, doet de hoeveelheid water in de watercyclus over het betrokken gebied licht afnemen (fig. 17).

De spiraal van uitdroging van de bodem

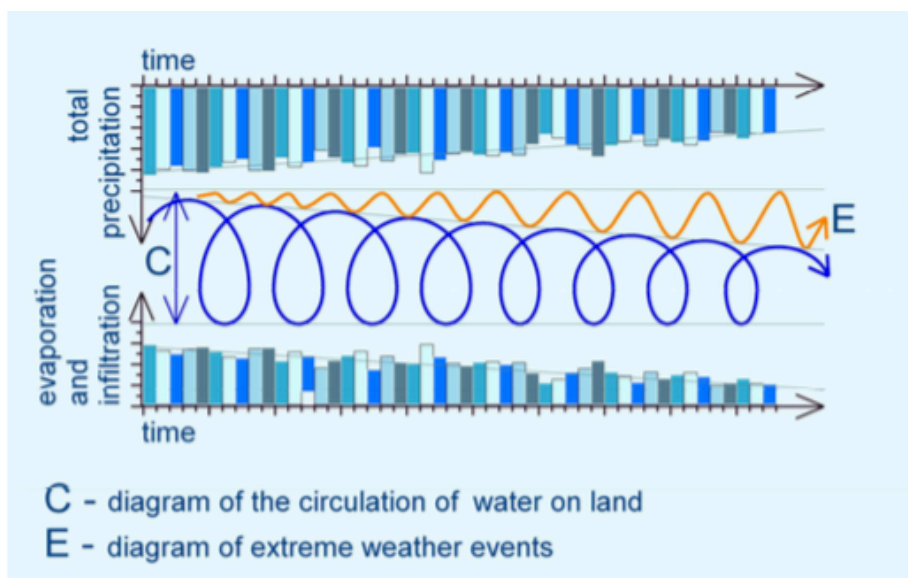


Fig. 17 The growth of extreme weather with the decrease of water in the small water cycle

Bij langdurige observatie kunnen we echter een permanente en systematische daling van de waterbalans van het waargenomen gebied vaststellen (in de loop van een eeuw komt dit neer op enkele procenten). Een dergelijke incrementele, maar systematische verandering van het aardoppervlak heeft een mondiaal karakter. Er ontstaat een synergetisch effect en microprocessen groeien uit tot macroprocessen die leiden tot

een duidelijk waarneembare, enorme en voortdurende verdieping van regionale, continentale en mondiale klimaatveranderingen.

Oorspronkelijke natuurgebieden, of koelere en vochtigere streken en gebieden, vormen tegenwoordig een stabiel deel van het milieu van de continenten. Zie fig. 24.

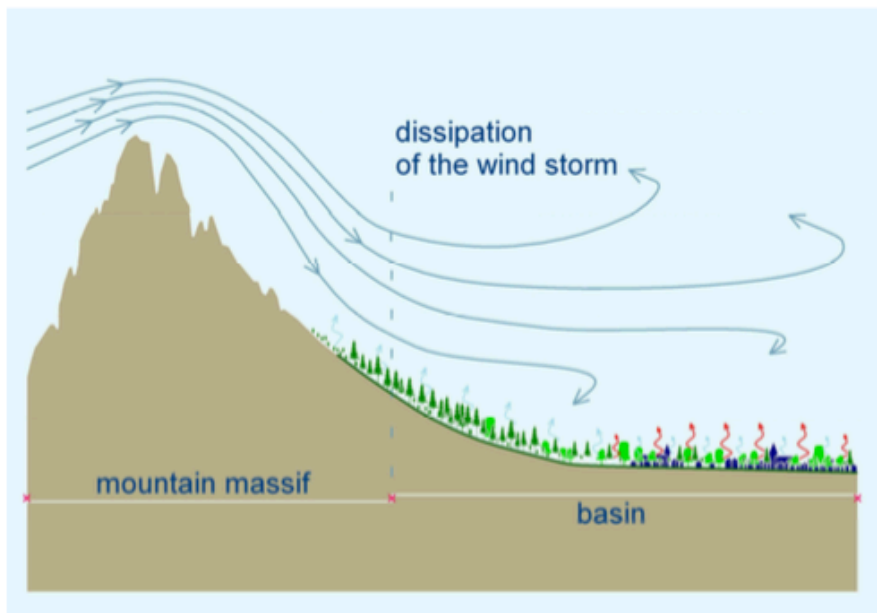


Fig. 24 The incursion of cold air to the High Tatras regions (the Tatra bora) - the assumed state around the year 1800

The conditions of the land under the mountains allowed for the gentle dissipation of the currents.

Warmere lucht boven hete en droge stedelijke en landbouwgebieden (zoals volledig droge gebieden zoals halfwoestijnen en woestijnen) duwt de neerslagactiviteiten naar koelere bosrijke en waterrijke omgevingen, of naar plaatsen die hoger gelegen zijn (Fig. 18).

De interactie van zogenaamde droge "hete platen" (landbouw-stedelijke gebieden) met koelere en vochtigere (bijvoorbeeld berg) gebieden veroorzaakt een ongekennde concentratie van wolken boven deze laatste gebieden (39). Water uit de wolken valt dus in grote mate op de koelere (berg) gebieden, waar het stroomafwaarts tragische overstromingen in gang kan zetten. Dus die overstromingen treffen vervolgens de

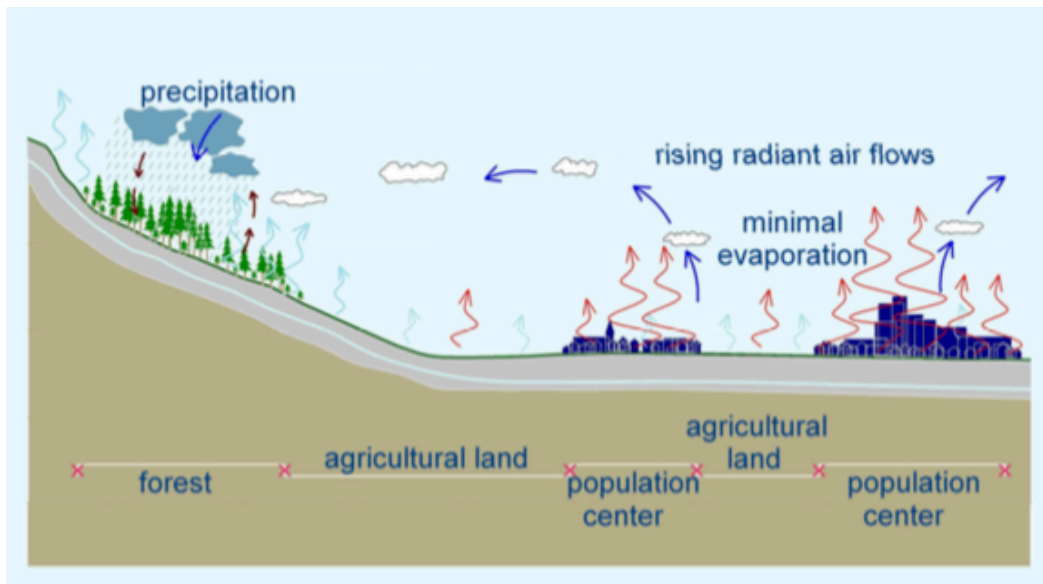


Fig. 18 The impact of the transformation of land on the destruction of small water cycles

Rising radiant flows push clouds to cooler environments.

lager gelegen agrarisch-stedelijke gebieden, ondanks het feit dat het in deze gebieden maar weinig regent.

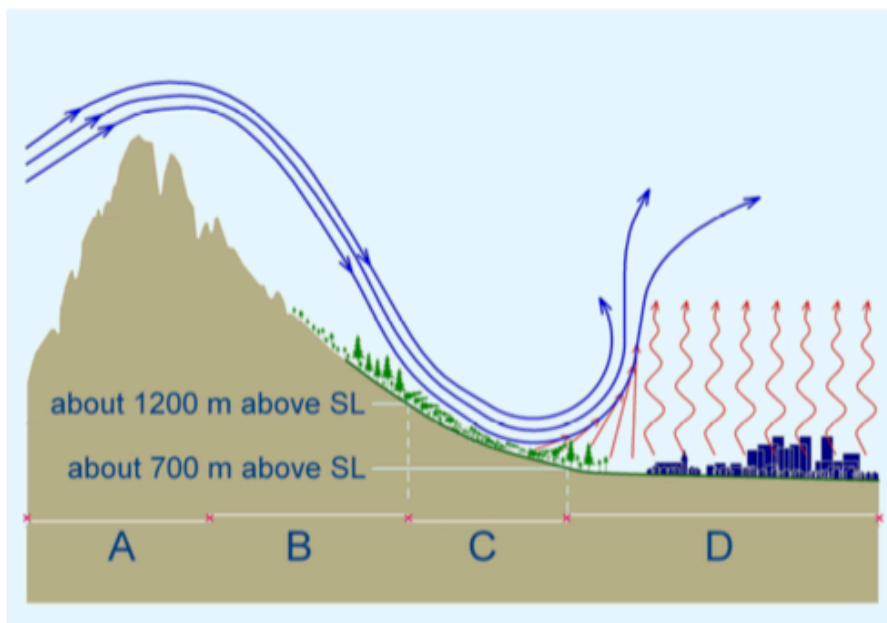


Fig. 25 Wind storm in the High Tatra mountains, Slovakia, November 19, 2004

Radiant flows of warmed currents from agricultural-urban areas (zone D) accelerated air currents with the rapidly falling cold front through the ridge of the High Tatra mountains: $v(A)$ 150 – 200 km/h, $v(B)$ < 100 km/h; $v(C)$ 200 – 250 km/h, $v(D)$ < 150 km/h.

In de 20e eeuw is de totale neerslag toegenomen in de berggebieden van Slowakije,

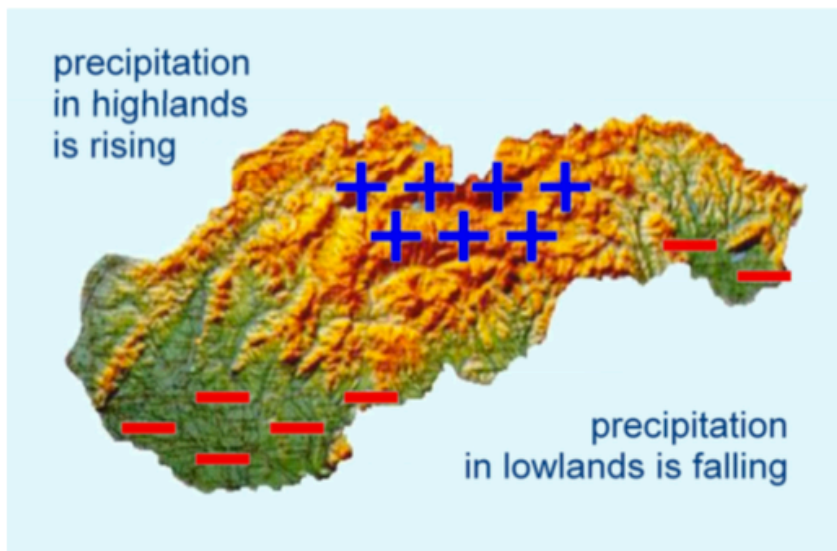


Fig. 20 The growth of precipitation in mountainous northern regions and the decrease of precipitation in southern lowlands – Slovakia used as an example



terwijl in de laaggelegen gebieden de neerslag daalde (fig. 20).

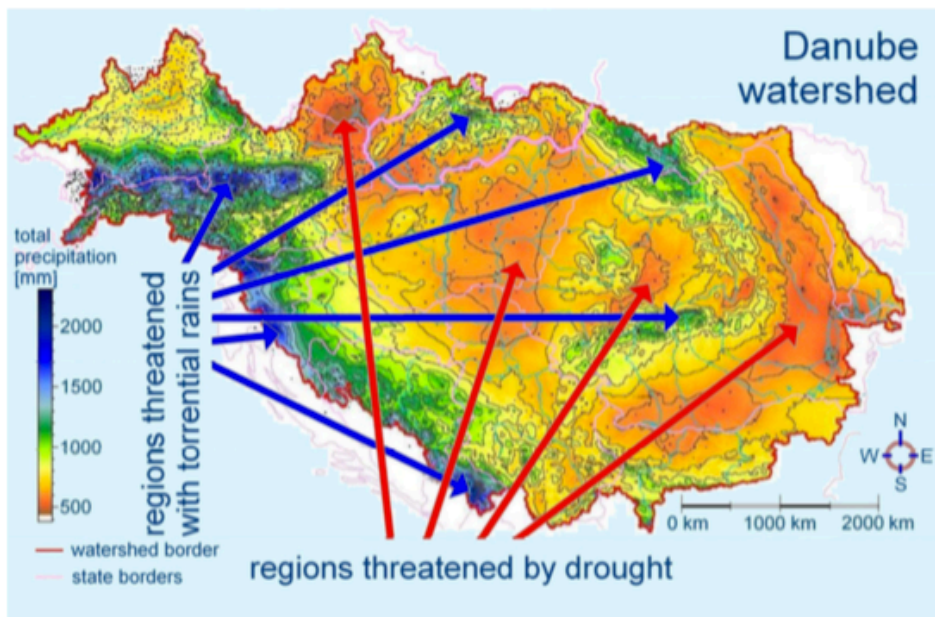


Fig. 21 The rise in precipitation in mountainous regions and the decrease of precipitation lowlands – Danube watershed

Bovendien is de periode waarin de meeste regen valt korter geworden en zijn de perioden met lage neerslaghoeveelheden langer geworden (40) (fig. 21).

Dit effect van de interactie tussen warmere en koelere gebieden werkt ook op kleinere schaal, bijvoorbeeld in de interactie tussen een stad en haar omgeving, maar ook op grotere, zelfs continentale schaal: het niveau van de jaarlijkse neerslag in Noord-Europa is volgens waarnemingen in de 20e eeuw met 10-40% gestegen, terwijl het in het Middellandse-Zeegebied met 20% is gedaald (41) Het optreden van extreme hittegolven en intensieve buien is in het grootste deel van de landmassa toegenomen, en het is zeer waarschijnlijk dat deze trend zich zal voortzetten.

³⁹ See, for example, Roger A. Pielke Sr., "Influence of the Spatial Distribution of Vegetation and Soils on the Prediction of Cumulus Convective Rainfall," American Geophysical Union, Reviews of Geophysics, 39, 2 / May 2001, s. 151-177

⁴⁰ For analysis of these trends in Slovakia, see: *M. Kravčík, Water for the Third Millennium: Let us Not Harm Water, and It Will not Harm Us.* Košice, People and Water, NGO. ISBN 80-968031-3-1, 2000

⁴¹ "Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers," 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007 De toename van extreem weer is de meest destructieve uiting van van de huidige klimaatveranderingen en staat in schril contrast met de

De toename van extreem weer is de meest destructieve uiting van de huidige klimaatveranderingen en staat in schril contrast met de lang evenwichtige oorspronkelijke klimaatomstandigheden in de regio.

Toename van extreem weer

Veranderingen uiteten zich in plotselinge weersveranderingen en vaak hebben ze een gewelddadig karakter. Extreme stormen, stortregens en cyclonen komen vaker voor, temporele en ruimtelijke verschillen in neerslag veranderen, ⁴² en perioden van ondraaglijke hitte en ernstige droogte worden langer. Regio's die het meest gedraineerd zijn, worden ook het meest getroffen door extreme weersomstandigheden. Voorbeelden van overstromingen in de Donau (fig. 21) maar ook in de Morava, de Tisa en de Prut bevestigen dit feit. Paradoxaal genoeg verhindert het optreden van meer verwoestende en frequentere overstromingen de mensen te beseffen dat hun land een proces van woestijnvorming ondergaat. Dit is een grote vergissing. Sommige van de oude verhalen van de mensheid, zoals het Soemerisch-Akkadische *Epos van Gilgamesj* van het Oude Testament van de Bijbel, komen uit die landen van de Vruchtbare Sikkkel die woestijnvorming ondergingen, en weerspiegelen het thema van een overstroomde wereld. Deze beschouwing moet zijn gebaseerd op reële ervaringen.

Het is ook paradoxaal dat gedeeltelijk met water verzadigde grond in staat is om meer water op te nemen dan uitgedroogde grond. Als de neerslag valtop verdichte en uitgedroogde grond, vindt infiltratie naar diepere lagen pas plaats na een periode van tien minuten of meer. In de eerste minuten gedraagt de bodem zich echter als een ondoordringbaar oppervlak. Bij extreme regenval is er een snelle afvloeiing en concentratie van regenwater naar rivierbeddingen. Deze zelfde regenval, die in gezond met water verzadigd land gemakkelijk zou worden geabsorbeerd, verandert in een gedraineerd land de beken en kreken in snelstromende rivieren, waardoor extreme stroomsnelheden en overstromingen ontstaan. Dit betekent dat een oppervlakte zonder vermogen om water te verdampen niet alleen gunstige voorwaarden schept voor het ontstaan van extreem weer, maar ook de gevolgen daarvan verergert.

Verdroogde bodem zorgt voor wegspoelen

Langdurige droogte zet een spiraal van woestijnvorming in gang, namelijk de verandering van land in halfwoestijn of woestijn. In de context van deze publicatie kunnen woestijnen en halfwoestijnen worden opgevat als volledig uitgedroogde delen van een continent met minimale of geen enkele circulatie van water in de kleine watercyclus. Zelfs conventionele natuurlijke landschappen met vegetatie en voldoende water kunnen veranderen in halfwoestijn of woestijn door de vernietiging, (door menselijke activiteit), van de kleine watercyclus over het grondgebied (dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van te veel stadsontwikkeling, te veel intensieve landbouw of het overmatig houden van vee en de daaruit voortvloeiende overbegrazing) (43).

De verandering van vruchtbare bodem in woestijn

⁴² P. Faško, J. Pecho, K. Mikulová, P. Šťastný, "Instances of high daily, monthly and seasonal amounts of atmospheric precipitation in East Slovakia at the end of the 20th century and the beginning of the 21st century in the context of historical data." Collected contributions from the international conference Protection from Flooding, Podbanské, 2006, pgs. 153 –158

⁴³ Richard van Noorden, More plants make more rain, Satellite observations suggest vegetation encourages rainfall in Africa; www.nature.com, September 25, 2006

Dit lot trof mogelijk zelfs de kustgebieden van honderden steden in Noord-Afrika, dat ooit de graanschuur van het Romeinse Rijk was.

De gevolgen van extreme weersomstandigheden zijn veelvuldige bosbranden, overstromingen, aantasting en erosie van de bodem, aardverschuivingen en verschillende ecologische en andere rampen (Fig. 24 en 25), die een bedreiging vormen voor het leven en de gezondheid van mensen en veroorzaken enorme economische schade. Met het steeds terugkeren van deze weersverschijnselen leidt tot een geleidelijke en permanente degradatie en verhoogde kwetsbaarheid.

Dat blijkt in de praktijk bijvoorbeeld uit het feit dat verzekeringsmaatschappijen weigeren eigendommen in dergelijke getroffen gebieden te verzekeren en dat de banksector leningen en garanties voor projecten in die gebieden beperkt. Overstromingen, droogte, tornado's en andere extreme weersverschijnselen zijn een symptoom van land dat door de mens is geëxploiteerd en bewoond met de huidige benadering van beheer van bodem, oppervlaktewater, regenwater en vegetatie.

9.1 Het effect van de afname van het water in de kleine waterkringloop op het stijgende oceanpeil

In het verleden, toen de watercyclus nog onbekend was, stelde men zich de vraag hoe het mogelijk was dat de niveaus van de zeeën en oceanen niet stegen als alle rivieren in de wereld er constant in stroomden.

Snelheid
stijgen
ocean
spiegel

Vandaag, nu de watercyclus bekend is en hydrologische metingen tonen aan, dat het peil van de zeeën en oceanen stijgt, is het alsof niemand eraan

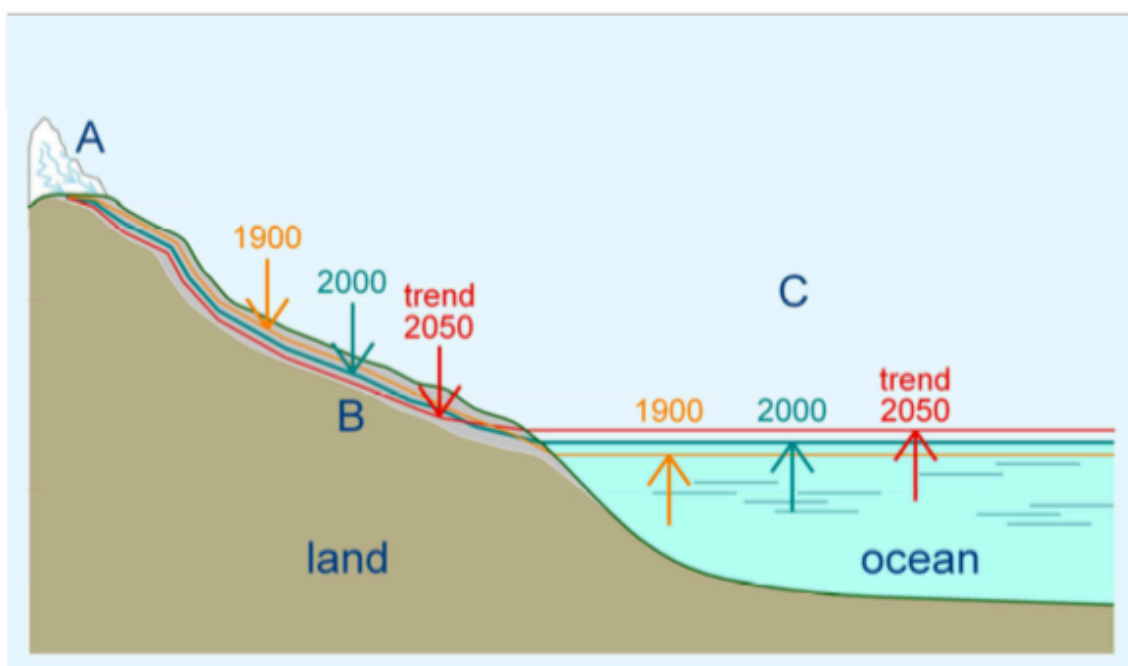


Fig. 26 The impact of glaciers melting (A) and the decline in the reserves of water on the continents (B) on rising ocean levels (C)

gedacht heeft dat de oorzaak van dit fenomeen ook in de rivieren kan liggen die erin uitmonden (Fig. 26). De stijging van de oceanen wordt toegeschreven aan het smelten van ijsbergen als gevolg van de opwarming van de aarde. De afzonderlijke informatiebronnen lopen uiteen wat betreft de mate van stijging van het oceanpeil in de 20e eeuw, maar de meeste wijzen op een stijging van 10 centimeter of meer, wat neerkomt op een gemiddelde van ongeveer 1 millimeter per jaar. Aan het begin van de 20e eeuw was de snelheid van de stijging naar alle waarschijnlijkheid minder dan 1 mm per jaar; aan het eind van de 20e eeuw was dat echter aanzienlijk meer dan 1 mm per jaar. Momenteel stijgen de zeeën tot 2,4 mm per jaar (44).

⁴⁴ Source: NASA, <http://sealevel.jpl.nasa.gov/gallery/presentations/public-presentation/03-GP-science-apps.ppt#19>

Het volgen van ijsbergen en gletsjers is een logisch proces gezien het feit dat ze zoveel water bevatten en sneeuw die ongeveer 1,7% van de watervoorraad in de wereld uitmaken en en bijna 70% van de wereldvoorraad zoet water. De omvang van de ijstijd door de geschiedenis heen komt logischerwijs overeen met de temperaturen op aarde, en dit feit is ook verantwoordelijk voor schommelingen in het niveau van de oceanen. Op het hoogtepunt van de laatste ijstijd, 20.000 jaar geleden, was het niveau van de wereldoceaan ongeveer 125 meter lager dan nu. Het meeste ijs is tegenwoordig te vinden op Antarctica, waar bijna 90% van het wereldijs is opgeslagen in ijsbergen. Het ijs in Groenland is goed voor ongeveer 10%.

Water opgeslagen
in ijsbergen en
gletsjers

Het smelten van alle gletsjers op Antarctica en Groenland zou volgens berekeningen de wereldzeeën met 60-80 meter doen stijgen, terwijl het smelten van ijsbergen op alle andere landen slechts ongeveer een halve meter aan een dergelijke stijging zou bijdragen. Het smelten van ijs van niet-aardse oorsprong (bijvoorbeeld in de Noordelijke IJszee) dat op de oceaan drijft, doet de zeespiegel daarentegen niet stijgen. Hier geldt het Archimedaanse principe: net als in het geval van een vrij zwevend ijsblokje in een beker met vloeistof.

Onderzoek van gletsjers op Antarctica en Groenland echter, tonen aan dat in het binnenland de dikte van het ijs in feite permanent groeit, want in de omgeving van permafrost stapelt de sneeuw zich op en die nooit smelt. De gegevens over de balans van de gletsjers op Antarctica en in Groenland zijn niet eenduidig. De laatste tijd lijkt Groenland echter een afname van de totale ijsbalans te vertonen (45). Het is logisch dat de huidige trend van opwarmende continenten zal leiden tot een snelle afname van bijvoorbeeld

Gletsjers op
het continent

de gletsjers in de Alpen, die omgeven zijn door de "hete platen" van de industriële regio's van Europa. Het gletsjerwater wordt in dit geval een bestanddeel van de afvloeiing en komt in de zeeën terecht, waardoor het (gedeeltelijk) bijdraagt tot de stijging van de zeespiegel.

Een andere logische verklaring voor de stijging van de oceanen, naast de toename van de afvloeiing van gletsjers, is de toename van de afvloeiing van water van land van niet-glaciale oorsprong en de daaropvolgende opslag ervan in de oceanen. Terwijl de afvoer van smeltende ijsbergen bijna unaniem wordt aanvaard als verklaring voor het stijgende oceanenpeil, wordt elke verklaring die wijst op een afname van de hoeveelheid water op het land met grote vooroordelen en intellectuele tegenstand. En toch is een kleine, nauwelijks merkbare toename van ongeveer 1% in de jaarlijkse afvloeiing via rivieren naar de oceanen (in vergelijking met de evenwichtsbalans) zou, ten koste van het grondwater, de vochtigheid van de bodem en de groei van de vegetatie, een hoeveelheid water vertegenwoordigen die gedurende 100 jaar het volume van de oceanen met ongeveer 36.146 km³ water zou doen toenemen (zonder rekening te houden met de toegenomen verdamping van het oceaanpeil als gevolg van de stijgende temperaturen, de thermische uitzetting van het water, enz.) met ongeveer 10 cm.

Drainage van de bodem en de stijging van oceanenpeil

Het niveau kan nog meer centimeters gestegen zijn tijdens de culturele geschiedenis van de mensheid dankzij het water dat talrijke beschavingen van hun eigen grondgebied verloren: water uit het Europese oerbos dat in de afgelopen duizend jaar is vastgelegd of water dat in de tijd van het Romeinse Rijk steden en velden in een kuststrook van Noord-Afrika irrigeerde. Als iemand ontkent dat dit water zich in de oceanen bevindt, dan moet hij kunnen zeggen waar het zich dan wel bevindt. Eén ding is zeker: in de overgrote meerderheid van de gevallen is de hoeveelheid water op het door de mensheid "beschaafde" land niet meer dezelfde als vroeger. Op dit moment weten we niet welk deel van het water dat betrokken is bij de stijging van het oceanenpeil van glaciale en niet-glaciale oorsprong is. Het is dus een verantwoordelijkheid van de wetenschappelijke gemeenschap om zich serieuzer bezig te houden met de kwestie van het landwater van niet-glaciale oorsprong en het effect daarvan op de stijging van de zeespiegel. Het is immers het ontbrekende water van het land (en niet van ijsbergen) waarvan wij de afwezigheid meer voelen.

Het ontbrekende water op land

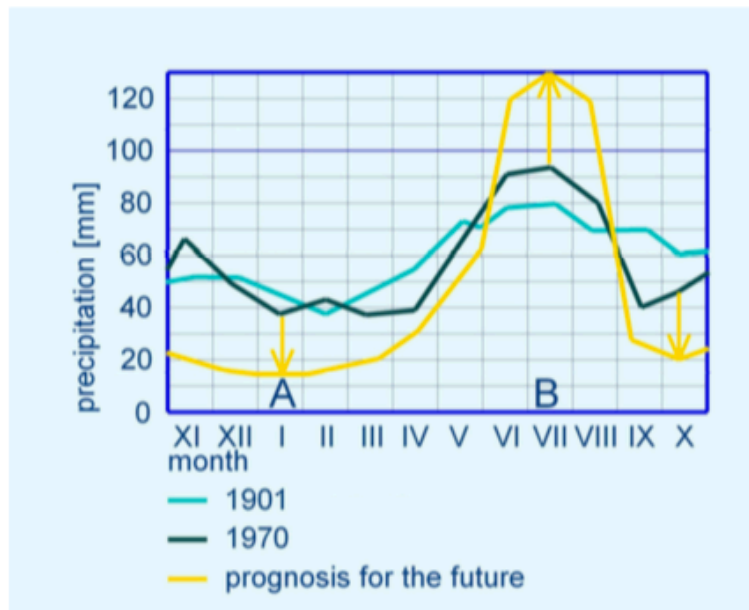


Fig. 22 Precipitation trends in Slovakia

Periods of "drought" are lengthening (A) and the time period in which most precipitation falls is getting shorter (B).

9.2 Het effect van de afname van het water van de kleine waterkringloop op de stijging van de mondiale spanning

Tijdens de 20e eeuw is de jaarlijkse gemiddelde luchttemperatuur in Slowakije met ongeveer 1,1 °C gestegen (in de winter nog meer). Ondertussen is de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom met 5,6% gedaald (in de zuidelijke vlaktes bedroeg de daling meer dan 10%; in het bergachtige noorden was er een stijging van 3% gedurende de 20e eeuw). Ook werd een aanzienlijke daling van de relatieve luchtvochtigheid geregistreerd (tot 5%). Kenmerken van potentiële en werkelijke verdamping, bodemvochtigheid, globale straling en de stralingsbalans bevestigen allemaal dat Zuid-Slowakije geleidelijk uitdroogt (de potentiële verdamping neemt toe en de bodemvochtigheid daalt).

Slowakije
illustratief
voor de
problemen

De ruimtelijke concentratie in de neerslagval gaat gepaard met een concentratie in de tijdsverdeling van deze neerslag, d.w.z. de perioden van "droogte" worden langer en de periode waarin de meeste neerslag valt, wordt korter. Er ontstaan overstromingsgolven die zich uitstrekken tot in de verwarmde laaglandgebieden waar het bijna nooit regent. Het kleine Slowakije, ook al behoort het geenszins tot de meest problematische landen ter wereld wat betreft de hier geschetste problemen en de daaruit voortvloeiende schade, kan worden gezien als een voorbeeld dat de typische hydrologische problemen van de moderne wereld illustreert.

⁴⁶ "Fourth National Report of the SR on climate change and the Report on achieving progress for fulfilling of the Kyoto Protocol." Slovak Republic, Ministry of the Environment of the SR, Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, 2005

De voorspellingen van de Verenigde Naties voor het klimaat en de circulatie van het water zal in de 21e eeuw zijn in het beste geval zorgwekkend en in het slechtste geval catastrofaal: "De opwarming van de aarde is misschien al gaande, maar de veel grotere opwarming die voor de 21e eeuw wordt voorspeld, zal enorme veranderingen veroorzaken in verdamping en neerslag, gekoppeld aan een meer onvoorspelbare hydrologische cyclus". Hogere luchttemperaturen zullen de verdamping uit de wereldzeeën doen toenemen, waardoor de watercyclus intensiever wordt. Zij zullen ook leiden tot een snellere verdamping van water van het land, zodat minder regenval de rivieren bereikt. Deze veranderingen zullen gepaard gaan met nieuwe neerslagpatronen en meer extreme weersomstandigheden, waaronder overstromingen en droogtes." Deze klimaatverschuiving waarbij de invloed van de grote watercyclus de kleine watercyclus begint te overheersen, is slechts één van de gruwelgalerijen van de VN. Samen met voorspellingen dat droge gebieden in de wereld in de toekomst nog droger en natte gebieden nog natter zullen worden, eindigt hun lijst van bedreigingen met de verklaring dat in de onvoorspelbare wereld van de toekomst één ding voorspelbaar is: een toename van het aantal landen met watertekorten.

Prognose van
verdere klimaat
verslechtering

Het directe persoonlijke verbruik van water om te drinken en voor de hygiëne is relatief klein en kan worden geteld in tientallen liters per persoon per dag. De hoeveelheid water die nodig is voor het bereiden van het dagelijkse voedselrantsoen per persoon kan

Consumptie en
de behoefte
aan water

echter worden gemeten in duizenden liters en neemt toe. Het waterverbruik in de industrie in de 20e eeuw had ook de neiging te groeien. De beschikbaarheid van 1700 m³ water per persoon per jaar wordt gedefinieerd als het basisniveau voor de bevrediging van de gecombineerde behoeften van mensen, landbouw, industrie en milieu. Met het oog hierop kunnen wij een volume tussen 1700 en 1000 m³ water dat jaarlijks per persoon beschikbaar is, beschouwen als een toestand van stress en een volume van minder dan 1000 m³ als een ontoereikende hoeveelheid water. Landen met minder dan 500 m³ water per persoon per jaar worden beschouwd als landen met een catastrofaal watertekort. Dergelijke landen zijn bijvoorbeeld Somalië of het grondgebied van Palestina, die slechts toegang hebben tot ongeveer 320 m³ per persoon per jaar. Momenteel leven naar schatting 700 miljoen mensen in 43 landen over de hele wereld in een toestand van waterstress. Deze zijn vooral geconcentreerd in het Midden-Oosten en in Afrika bezuiden de Sahara.

Met de huidige tendens van steden om te groeien, kan een groei in zowel persoonlijk en industrieel waterverbruik te verwachten. Tegelijkertijd is er ook een toename van de behoefte aan water voor de voedselproductie in de armste. ontwikkelingslanden. De landen met een hoge bevolkingsgroei en weinig financieel kapitaal, die nu al meer dan 80% van hun water gebruiken voor de landbouw, zullen zwaar worden getroffen door de toename van extreme weersomstandigheden. We kunnen een verlies aan bestaansmiddelen verwachten voor miljoenen kleine boeren en een toenemende afhankelijkheid van voedsel uit ontwikkelde landen. De behoefte aan waterbronnen neemt toe omdat het aantal, het volume en de kwaliteit ervan afnemen. Bij de groeiende vraag van mensen, landbouw en industrie is het meestal het milieu dat betaalt, en als er geen verandering komt, zal het milieu de grootste prijs blijven betalen. Volgens een VN-rapport zal het aantal mensen dat in een toestand van waterstress leeft tegen het jaar 2025 waarschijnlijk zijn toegenomen tot meer dan 3 miljard, waarbij 14 landen gaan verschuiven van de definitie “waterstress” naar “waterinssufficient”.

Prognose van toekomstige waterbehoefte

Sommige indicaties van het komende watertekort zijn al zichtbaar... vandaag. Uit verschillende hoeken van de wereld komen berichten over rampzalige droogtes, woestijnvorming of verzilting van de bodem over uitgestrekte gebieden, over regio's met een snelle daling van het grondwaterpeil of het opdrogen van rivieren en meren of de uitbreiding van woestijnen. Stijgingen van de gemiddelde of seizoensgebonden temperaturen kunnen ernstige gevolgen hebben voor de fysieke en psychische gezondheid van mensen en problemen veroorzaken bij de aanpassing. Het scenario van aanpassing is in feite vrijwel het enige dat de internationale organisaties tot dusverre aan de

Afwezigheid van oplossingen

wereldbevolking hebben kunnen voorleggen. Dit scenario documenteert echter slechts een gevoel van berusting en een erkenning van machteloosheid bij de aanpak van het probleem. De verplaatsing van een enorm aantal mensen, bevolkingsgroepen en industrieën naar koelere gebieden is ook praktisch onmogelijk omdat dit gepaard zou gaan met het onvervangbare verlies van het culturele en natuurlijke erfgoed van de verlaten bevolkingscentra en gebieden.

Pessimistische visies

In deze sfeer van stress herhalen steeds meer auteurs de woorden van de vorige secretaris-generaal van de V.N., Boutros Boutros-Ghali, dat de oorlogen van de 21e eeuw oorlogen om water zullen zijn. Water wordt nu al gebruikt als de facto wapen voor politieke druk tussen staten, niet in de laatste plaats op het grondgebied van het vroegere Mesopotamië. Het Turkse GAP-project (een ontwikkelingsproject voor Zuidoost-Anatolië) rekent op de bouw van 21 dammen en 19 waterkrachtcentrales in de rivieren de Eufraat en de Tigris. Deze massale exploitatie van hun water en het water van hun zijrivieren voor intensieve landbouw over gigantische oppervlakten zou het aantal en de omvang van de jaarlijkse oogsten moeten doen toenemen, waarvan de landbouwproducten grotendeels als exportproducten zullen worden verkocht. Maar Syrië en Irak, die verder stroomafwaarts liggen, vrezen beide ernstig dat zij worden gechanteed en bedreigd met lagere hoeveelheden (zoals reeds is gebeurd) en lagere kwaliteit (hoger zoutgehalte) van het water. En de situatie wordt niet geholpen door de verklaringen van sommige Turkse vertegenwoordigers die zeggen dat net zoals het niet bij hen opkomt om aanspraken te maken op ruwe olie waarvan de bron in Irak ligt, Irak geen aanspraken kan maken op water dat uit Turkije komt.

Oorlog om water?

Pessimisten over de kwestie van oorlogen om water herinneren het verhaal uit het jaar 2450 voor Christus over precies zo'n oorlog tussen twee Sumerische stadstaten, Lagash en Umma, in de lagere Mesopotamische vallei.

Optimisten wijzen op het feit dat hoewel water, zoals bijna alles in de wereld, vaak het onderwerp is geweest van interne gevechten en gewapende conflicten, er, met uitzondering van het genoemde geval, geen andere bekende interstatelijke gewapende conflicten in de geschiedenis zijn waarin de watervoorziening als een strategisch en niet "slechts" als een tactisch doel zou worden beschouwd. Het is goed een optimist te zijn, ook al wordt vaak cynisch beweerd dat een optimist slechts een slecht geïnformeerde pessimist is, maar in het geval van de potentiële watervoorziening in

de 21e eeuw zijn beide groepen geneigd het erover eens te zijn dat de vooruitzichten somber zijn, met meer gevaren aan de horizon dan beloofde oplossingen.

10. Het oude waterparadigma

De moderne tijd wordt vooral gekenmerkt door de overtuiging dat menselijk begrip al onze problemen kan oplossen en dat wetenschap en technologie onvermijdelijk leiden tot voortdurende vooruitgang en een steeds gelukkiger en betere wereld. Twee wereldoorlogen en vele andere oorlogen in de 20e eeuw, alsmede de Holocaust, de atoombom, de opkomst van totalitaire regimes, het aandeel van de wetenschap in de ontwikkeling van vernietigende wapens, industriële ecologische rampen en vele andere factoren hebben dit geloof in de wetenschap en in onvermijdelijke vooruitgang echter zodanig ondermijnd dat veel denkers de jaren 1965-1975 zelfs beschouwen als het begin van een sceptische, postmoderne periode waarin sommigen geloven dat de evolutie ook achteruit kan gaan, of zich in cycli of spiralen kan bewegen.

Geloof in wetenschap en vooruitgang

We zien duidelijk een afspiegeling van de oorspronkelijk Bijbelse en in de 20e eeuw, een sterk gesecculariseerde geest van het type: "*de mens, heer van alle schepselen, verandert de loop van de natuur*" in het waterbeheer.

De mensheid verandert de natuurlijke processen

Bijna niemand in landen met voldoende watervoorraden heeft ooit dacht aan de mogelijkheid van een toekomstig watertekort. Af en toe stemmen die opriepen tot verantwoordelijkheid in het waterbeheer gingen vaak verloren in het optimisme gebaseerd op de schijnbare almacht van wetenschappelijke en technologische oplossingen. Technische oplossingen waren in staat om water over grote afstanden te vervoeren wanneer dat nodig was. Voor de accumulatie van water werden grote waterwerken gebouwd, die naast de gebruikelijke functies van waterwerken ook energie opwekkende functies hadden en dienden als bescherming tegen overstromingen. Water in het land en de bodem werd meer als een handicap gezien, dus werden wetlands drooggelegd, rivierstromen rechtgetrokken en meanders en doodlopende zijrivieren verwijderd om meer landbouwgrond te winnen. Waterlopen werden gekanaliseerd zodat het water zo snel mogelijk kon worden afgevoerd. Gebiedsafscheidingen werden geploegd en hydromorfe landelementen werden verwijderd om de grootste aaneengesloten oppervlakten te verkrijgen, wat destijds een synoniem leek voor moderne massaproductie. De drainage van land was gericht op het uitbreiden van gebieden, het verhogen van de opbrengst van bepaalde

xerofiele (droogteminnende) granen en het bereiken van zelfvoorziening in de productie van brood. Indien nodig was er voldoende oppervlaktewater beschikbaar voor irrigatie.

Regenwater in de steden onderging hetzelfde lot als water op het platteland. Stilstaand water of modder in steden werden beschouwd als tekenen van een lagere cultuur. Daarom werden zoveel mogelijk open plekken bedekt met beton, en het regenwater dat daarop en op de daken viel werd afgevoerd door riolen naar de dichtstbijzijnde beek. Al het water voor de bewoners werd royaal geleverd als drinkwater, zonder er rekening mee te houden dat slechts een klein deel ervan daadwerkelijk voor consumptie zou worden gebruikt. Water werd slechts eenmaal gebruikt en na zuivering naar zee geleid. De aanvoer van water uit leidingen en de rioleringsystemen van steden en dorpen werden zeker en terecht geroemd om hun succesvolle aandeel in de onderdrukking van vele besmettelijke ziekten, vandaar het strategische doel om deze voorzieningen uit te breiden naar een zo groot mogelijk deel van de bevolking. Deze manier van kijken naar en omgaan met water kende grote successen en werd voor ontwikkelingslanden een te bereiken model van orde en beschaving, dat zich vooral uitbreidde in landen met een relatief overvloedige watervoorraad.

Het leek een overwinning op de natuur

Het "oude paradigma" is meer traditie en praktijk dan een eenduidige, gearticuleerde theorie. Ondanks dit feit, bestaat het als achtergrond van denken werkelijk bestaan en wordt het weerspiegeld in leerboeken en in de praktijk. Het beloofde ooit vrede, veiligheid en welvaart. Met het verstrijken van de tijd kunnen we echter zeggen dat deze belofte niet is ingelost. Als we zouden zoeken naar een schoolvoorbeeld van het falen van technische benaderingen van waterbeheer in de moderne tijd, zouden we het meest drastische voorbeeld waarschijnlijk vinden in de voormalige Sovjet-Unie. Het communistische regime in dat land waande zich in zekere zin de perfecte belichaming van het "rationalisme" van de moderne tijd, en de catastrofe van het inlandse Aralmeer kan, ook al zijn niet alle aspecten ervan typisch, worden beschouwd als een belichaming van de arrogante omgang met water in de tweede helft van de 20e eeuw. Ongeveer 3500 jaar van bewoond vruchtbaar land tussen de waterrijke rivieren Amu Darya en Syr Darya eindigde in een ecologische catastrofe na slechts 30 jaar van verkwistende plundering van water voor irrigatie: de gedeeltelijke uitdroging van de zee en de rivieren, de vernietiging van hun ecosystemen, de snelle afname van de biodiversiteit (er leven geen vissen meer in het Aralmeer) en de totale verwoestijning van het gebied met als hoogtepunt de winden die nu zout en pesticiden van de kale zeebodem over het hele gebied verspreiden. Het opgedroogde Aralmeer is grotendeels gestopt met het matigen van de

De eerste grote mislukkingen

temperatuurverschillen tussen winter en zomer. Met de toename van de temperatuurverschillen is de snelheid van de winden toegenomen, evenals de intensiteit van de plaatselijke stofstormen. De achteruitgang van het milieu is hand in hand gegaan met de economische achteruitgang van het gebied en een lange lijst van daarmee samenhangende gezondheidsproblemen bij ongeveer 3 miljoen inwoners in de directe omgeving en 35 miljoen inwoners in de ruimere regio's rond de zee.

Maar de ongevoelige omgang met water is niet alleen een probleem van Centraal Azië. Hier in Europa kennen we het meer als menselijke activiteit op het gebied van bos- en waterbeheer en landbouw- en stedelijke gebieden, activiteit die voortkomt uit de filosofie om het water uit stroomgebieden zo snel mogelijk kwijt te raken. We hebben al enkele van de gevolgen daarvan in deze publicatie genoemd. De vermindering van het vermogen van stroomgebieden om water vast te houden heeft tot gevolg dat de kleine watercyclus in de natuur wordt leeggepompt, waardoor de bodemvochtigheid afneemt en het grondwaterpeil daalt. In berggebieden en aan de voet van gebergten vormen gebieden, zonder natuurlijke barrières om de afvoer van regenwater te voorkomen, een ideale omgeving voor bodemerosie en het ontstaan van plaatselijke overstromingen. Andere negatieve gevolgen zijn de snelle degradatie van reservoirs, de verlaging van de grondwaterreserves, een daling van het minimale debiet in perioden met een tekort aan een daling van de minimale debieten in perioden met een tekort aan regenwater en de toenemende trend in de culminatie van de overstromingsdebieten. Waterbeheerders proberen zelfs niet meer te verhullen dat als de extreme claims op de staatsbegroting de door hen voorgestelde maatregelen daadwerkelijk zouden worden uitgevoerd, de situatie niet of nauwelijks zou verbeteren. Meer en meer veranderen onze steden in opgedroogde "hete eilanden" waar mensen allergisch zijn voor stof en pollen en waar in de zomerhitte ouderen sterven aan hartaanvallen. Steden, waarvan de ligging vroeger werd gekozen met het oog op hun rijke waterbronnen, gaan nu tot het uiterste om water van grote afstanden te vervoeren en te zuiveren en tegelijkertijd al het regenwater dat op hun eigen hoofd valt weg te sluisen. Meteorologische waarnemingen tonen aan dat 11 van de afgelopen 12 jaar (1995-2006) behoren tot de 12 warmste jaren in de geschiedenis wat betreft de gemiddelde temperatuur van het aardoppervlak. De opwarming van de aarde, volgens de belangrijkste stroming van de hedendaagse wetenschap, zal echter niet stoppen, zelfs eeuwen na het wegnemen van de schijnbare oorzaken, namelijk de uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen door menselijke activiteit, gassen die een toename van de effecten van zonnestraling in de atmosfeer veroorzaken. En gekoppeld aan de stijgende temperaturen van de atmosfeer en de oceanen is een evenredige stijging van het gehalte aan waterdamp in de atmosfeer (voor elke graad Celsius van deze stijging kan de lucht theoretisch ongeveer 7% meer waterdamp opnemen). Dit veroorzaakt talrijke langdurige klimaatveranderingen van regionale en

continentale betekenis. Het optreden van extreme hittegolven en intensieve buien is over het grootste deel van de landmassa toegenomen, en het is zeer waarschijnlijk dat deze trend zich zal voortzetten. Ernstige droge perioden (droogte) hebben uitgestrekte gebieden in Europa, Azië, Canada, West- en Zuidelijk Afrika en Oost-Australië getroffen. Ook het aantal zware overstromingen (overstromingen van 100-200 jaar) is in de tweede helft van de 20e eeuw aanzienlijk toegenomen.

⁴⁹ "Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers." 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007

⁵⁰ CRS Report for Congress, *Climate Change: Science and Policy Implications*. Order Code RL33849,

De wetenschappelijke kennis waarop de moderne tijd ooit vertrouwd, verspreidt tegenwoordig meer angst voor de toekomst dan hoop op oplossingen. De hedendaagse wetenschap geeft de opwarming van de aarde de schuld van de meeste van de hierboven en vele andere negatieve trends. De toenemende extremen in het klimaat zijn in haar ogen een onderdeel, zo niet een direct synoniem, van de opwarming van de aarde, die in deze eeuw waarschijnlijk nog zal toenemen. En toch lijkt de periode tussen de 9e en de 13e eeuw, die duidelijk warmer was dan de 20e eeuw, vanuit klimaathistorisch oogpunt de beste in Europa te zijn geweest. 300 tot 500 kilometer ten noorden van de grenzen van de 20e eeuw werden op commerciële basis wijngaarden aangelegd en de Vikingen vestigden zich op Groenland. Dit was echter vooral een periode van ongekende klimaatstabiliteit, slechts af en toe verstoord door extreme weersomstandigheden. Deze klimatologische "gouden eeuw" zorgde voor een grote economische bloei, de bouw van kathedralen en een verdere uitbreiding van de landbouw met bijbehorende ontbossing. Aan de andere kant bracht de afkoelingsperiode waar we vandaag naar verlangen hier in Europa, in de tijd van zijn Kleine IJstijd (met bepaalde afwijkingen, van de 14e tot het midden van de 19e eeuw), een grote instabiliteit van het weer die gepaard ging met slechte oogsten, armoede, hongersnood en andere ellende. De toename van klimaatextremen is dus niet identiek aan de opwarming van de aarde, noch is de stabilisatie van het klimaat noodzakelijkerwijs afhankelijk van de afkoeling ervan.

[Klimaatopwarming als hoofdvijand](#)

Het is dan ook verbazingwekkend dat, terwijl wetenschappelijke publicaties en conferenties de effecten van de opwarming van de aarde op de watercirculatie in de natuur benadrukken, bijna allemaal zwijgen over de invloed die de watercyclus heeft op klimaatveranderingen. De fascinatie voor CO₂ is zo groot, dat het zelfs het relatief kleine aantal wetenschappelijke artikelen over het verband tussen vegetatie en

[Trends in wetenschappelijk onderzoek](#)

klimaat domineert. Het mechanisme waardoor warmte in waterdamp wordt afgegeven in het bovenste deel van de troposfeer is, evenals de effecten van wolken op de thermische balans van de aarde, onderbelicht. Wat de belangstelling van wetenschappers wekt is het albedo, d.w.z. het aandeel van de gereflecteerde zonnestraling in verhouding tot het totaal dat op aarde valt. Hier valt vegetatie in ongenade, omdat ze meer zonnestraling absorbeert (minder reflecteert) dan grond die vrijgemaakt is van vegetatie. Het is logisch dat, gezien de huidige stand van kennis, veel wetenschappers ontbreken onder degenen die pleiten voor het waterbehoud in weiden en bossen van continenten, ook al spreken ze daar zelden openlijk over. Zij hebben echter geen andere formule om de planeet te redden, afgezien van het reeds genoemde vooruitzicht van verlaging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer (door verlaging van de productie ervan in de industrie, niet van de opname ervan door de vegetatie).

⁵¹ Brian Fagan, *The Little Ice Age - How Climate Made History, 1300-1850*, Academia, Prague, 2007

⁵² Wigley, T. M. L., V. Ramaswamy, J. R. Christy, J. R. Lanzante, C. A. Mears, B. D. Santer, C. K. Folland, *Temperature Trends in the Lower Atmosphere – Understanding and Reconciling Differences*, Executive Summary, A Report by the Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, 2006

⁵³ See, for example, "Trees to Offset the Carbon Footprint?" Lawrence Livermore National Laboratory, April 10, 2007, http://www.llnl.gov/PAO/news/news_releases/2007/NR-07-04-03.html

Niet alleen in de moderne tijd, maar waarschijnlijk in de hele geschiedenis, hebben mensen in gebieden met een overvloed aan water het gevoel gehad dat die overvloed nooit zou eindigen. Zelfs een paar decennia geleden was een tekort aan water in een land als Slowakije even moeilijk voor te stellen als een plotselinge verandering het klimaat. In de 20e eeuw bereikte de mensheid echter een ontwikkelingsniveau dat haar in staat stelde, bewust of onbewust, de watercyclus in ongekende mate te

De behoefte
aan een
nieuw
paradigma

veranderen, en deze veranderingen, veroorzaakt door menselijke activiteiten (samen met vele andere factoren) hebben zich duidelijk voorgedaan en doen zich nog steeds voor. Het oude paradigma, dat water beschouwde als een eeuwig hernieuwbare hulpbron, heeft gefaald; de waarheid is dat water slechts een hernieuwbare hulpbron is zolang de watercyclus functioneert. Er is dus een nieuw paradigma nodig dat het fragiele evenwicht van deze watercyclus zorgvuldig beschermt.

11. Het nieuwe waterparadigma

Wat we in het vorige hoofdstuk hebben geïntroduceerd is niet bedoeld als een absolute ontkenning te zijn van alles wat het oude waterparadigma propageerde en bereikte. De waarheid is anders. We weten dat in de geschiedenis van ideeën, systemen, die hebben geprobeerd alles wat eraan voorafging te ontkennen, slecht zijn afgelopen. We weten ook dat zelfs een groot wetenschapper als Sir Isaac Newton ooit bescheiden zei: "Als ik verder heb gezien, is dat alleen door op de schouders van reuzen te staan." Het oude waterparadigma was uitzonderlijk effectief in het oplossen van directe en specifieke waterproblemen. Als het nodig was, slaagde het erin water vast te houden, over grote afstanden te vervoeren, te gebruiken, te zuiveren en af te voeren. Het oude waterparadigma vervult deze taken vandaag de dag nog steeds met succes en zal dat in de toekomst ongetwijfeld nog succesvoller blijven doen. Zoals de christenen in de eerste eeuwen stenen uit heidense tempels gebruikten om hun eigen tempels te bouwen, zo zal het opkomende nieuwe waterparadigma veel van de oude verworvenheden gebruiken. Het nieuwe waterparadigma moet ze echter in een nieuwe geest gebruiken.

Voordelen van
het oude paradigma

Het nieuwe waterparadigma moet leren van de fouten van het oude paradigma. Naar onze mening is een van de grootste fouten van het oude

Leren van
fouten

paradigma is dat water werd gezien als een geïsoleerde entiteit. Interactie van water in het kader van het hele ecosysteem werd verwaarloosd, met name water dat aan het zicht wordt onttrokken (water in de bodem, in de atmosfeer, in planten). Het paradigma verwaarloosde ook het synergetische effect van de invoering van zelfs maar kleine maatregelen om de toestand en de circulatie van het water in een land te regelen. Lezers die niet bij dit hoofdstuk zijn begonnen met het lezen van deze publicatie, maar die ook de voorgaande hoofdstukken hebben gelezen, weten welk soort maatregelen en welke effecten wij op het oog hebben. Het oude paradigma beschouwt water als een vast gegeven hernieuwbare hulpbron die ondergeschikt is aan afwijkingen in het wereldklimaat, of zelfs zijn "speeltje" is, maar die zelf geen

merkbare invloed heeft op het wereldklimaat. De circulatie van water werd volgens het oude waterparadigma zelden beïnvloed door menselijke activiteiten en als dat wel het geval was, dan slechts marginaal en indirect, via de invloed van andere parameters die verondersteld werden een grotere invloed te hebben op het wereldklimaat. De blindheid van het oude paradigma voor de klimaateffecten van waterbeheersmaatregelen wordt bovendien bekroond door zijn onwetendheid en ontkenning van het belang van de kleine watercyclus. Gezien het huidige kennisniveau (gebrek) kunnen we ons nauwelijks verbazen dat waterbeheerders en alle andere mensen die met watervraagstukken in aanraking komen, het belang van de waterbalans op alle niveaus verwaarlozen, er slecht mee omgaan en vooral destructief omgaan met de kleine waterkringloop.

In het nieuwe waterparadigma moet de waterbalans op alle niveaus - op het grondgebied van individuele gemeenschappen, in steden, in bossen, op landbouwgrond - het centrale thema. Het nieuwe waterparadigma waarschuwt dat in tegenstelling tot de kwestie van de opwarming van de aarde, de kwestie van het opdrogen van de continenten, of grote delen daarvan, weinig publieke of wetenschappelijke aandacht krijgt. Het uitdrogen en vervolgens opwarmen van de continenten veroorzaakt een versnelling van natuurlijke processen volgens een bepaald patroon en een bepaalde onderlinge afhankelijkheid. Het uitdrogen wordt veroorzaakt door verstedelijking met zijn snelle afvoer van regenwater naar de zeeën en oceanen, door landbouwactiviteiten en door de ontbossing van steeds grotere delen van het aardoppervlak. Deze uitdroging creëert "hete platen" met een complete kettingreactie: de opwarming van continenten, de destabilisatie van de watercyclus en een toename van extreem weer. Dit veroorzaakt grote schade aan zowel de economie als de beschaving. Daarom wordt het berekenen, systematisch controleren, bewaken en handhaven van het evenwicht in de waterhuishouding noodzakelijk, zelfs op stadsniveau. Tot nu toe in haar geschiedenis heeft de mensheid deze voorwaarde voor duurzame economische en beschavingsgroei echter niet eens overwogen.

Alleen een
permanente
balans is
duurzaam

⁵⁴ See, for example, "A new paradigm for assessing the role of agriculture in the climate system and in climate change," Roger A. Pielke Sr., Jimmy O. Adegoké, Thomas N. Chase, Curtis H. Marshall, Toshihisa Matsui, Dev Niyogi, *Agricultural and Forest Meteorology* 142 (2007), 234 – 254

Het nieuwe paradigma berekent echter niet alleen de waterbalans, maar biedt ook een oplossing om het tekort aan te vullen. We kunnen het verloren gegane teruggeven aan de continenten door op grote schaal regenwater vast te houden op de plaatsen waar het valt, vooral in die gebieden waar de invloed van menselijke activiteit uitdroging veroorzaakt. Net

Het tekort op
de balans
aanvullen

zoals de invloed van menselijke activiteiten (als ongepland neveneffect) kan leiden tot een onderbreking van de kleine waterkringloop, zo kan een gecoördineerde menselijke activiteit bijdragen tot de vernieuwing ervan over land en tot de stabiliteit op lange termijn van de waterhuishouding van een gebied met voldoende watervoorraden. Als de huidige methode voor het beheer van regenwater en oppervlaktewater op het land wordt omgedraaid en het behoud van regenwater en oppervlaktewater op het land wordt verzekerd door een systeem van allesomvattende maatregelen ter vergroting van het waterbergend vermogen van een heel stroomgebied (die vaak identiek zijn met anti-erosie maatregelen); en als alleen het overtollige oppervlaktewater uit een gebied wordt weggesluisd, dan zal bij elke omwenteling van de cyclus sprake zijn van herstel van de kleine waterkringloop, zullen de grondwaterreserves geleidelijk verbeteren, zal de neerslaghoeveelheid toenemen en zullen extreme weersomstandigheden afnemen.

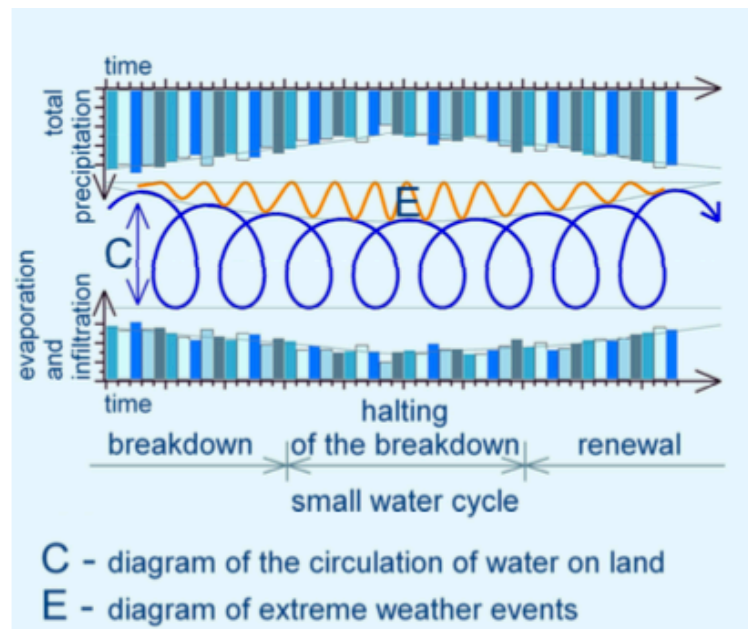


Fig. 27 The course of destruction of the small water cycle over land until it is halted and then renewed to its original state

De mensheid heeft door de millennia heen verschillende manieren van regenwateropvang en waterconservering gebruikt om voldoende watervoorraden te verkrijgen. Onze kennis van het bredere effect daarvan op de stabilisatie van de watercyclus en

Het principe van watercyclus verzadiging

het klimaat is vaak vooral intuïtief - het is nooit wetenschappelijk beschreven. De traditionele systemen voor de watervoorziening in de 20e eeuw waren gebaseerd op de bouw van reservoirs waarin water werd opgevangen en die dienden om de waterhuishouding van de rivieren in evenwicht te brengen. Dit water werd vervolgens gebruikt om de bevolking te bevoorraden en te voorzien in de behoeften van de industrie en de productie van energie en voedsel. In ons geval is het doel echter om regenwater op te vangen en, waar mogelijk, terug te voeren in de kleine waterkringloop. Het belangrijkste principe is de infiltratie van het water in de bodem, de verzadiging ervan en de vorming van grondwater-reserves en oppervlakte-waterreserves mogelijk te maken en zo de groei van de vegetatie te bevorderen, die werkt als een klimaatregelaar tussen de bodem en de atmosfeer. De capaciteit van de bodem (en de ondergrond) is gewoonlijk veel groter dan het volume van de grootste kunstmatige reservoirs in een land. Het proces van verzadiging van de kleine waterkringloop moet worden herhaald zolang het hydrologische regime van stroomgebieden uit balans is. Dergelijke maatregelen moeten echter op grote schaal worden uitgevoerd. Het onbehandeld laten van grote "hete platen" vermindert de doeltreffendheid van de maatregelen die in hun nabije omgeving worden genomen en bedreigt deze soms zelfs rechtstreeks. De te nemen maatregelen zijn eenvoudig, doeltreffend en goedkoop, maar moeten op het grondgebied van elke gemeenschap en stad worden uitgevoerd. Waar mogelijk moeten alle gemeenschappen in de wereld zich aansluiten bij dit programma voor het opvangen en behouden van regenwater op de continenten.

Het opvangen van regenwater en het behoud van water op het land heeft een aantal aspecten die op het eerste gezicht paradoxaal kunnen lijken. Mensen die bang zijn voor overstromingen kunnen ten onrechte verwachten dat een droog land beter een grote hoeveelheid water beter kan absorberen dan een land dat al aanzienlijk verzadigd is met water. Experimenten en ervaring tonen echter het tegendeel aan. Water stroomt over zonverbrand land als over ondoordringbaar plastic folie, terwijl water infiltreert in gezonde grond, stevig vastgehouden door vegetatie, als in een spons. Bovendien leiden gematigde temperatuurverschillen aan het oppervlak van met gezonde vegetatie begroeide grond niet tot de stortregens die ontstaan in een oververhit, uitgedroogd landschap. Een paradox is dus dat water zelf de beste bescherming biedt tegen water.

Water tegen water

Een andere schijnbare paradox is dat, ondanks wat veel mensen denken, de methode om regenwater te bewaren in één gebied, de naburige landen stroomafwaarts van kostbaar water berooft. Het verschil is vergelijkbaar met dat tussen een statische geleide

Een groeiende taart

economie en een zich ontwikkelende vrije economie. De eerste verdeelt altijd dezelfde kleine taart, en een groter stuk voor de één betekent een kleiner stuk voor de ander. De tweede daarentegen verdeelt een taart die altijd groeit ten gunste van iedereen. Het behoud van regenwater op het land helpt in feite naburige landen.

De afvoer van regenwater van een land wordt niet volledig gestopt, maar slechts vertraagd. In plaats van het plotselinge, vaak extreem kleine of extreem grote debiet van met name de oppervlakteafvoer, kan nu een veel evenwichtiger afvloeiing, gevoed vanuit het grondwater, worden doorgegeven aan de burens. Gematigde regen van de kleine waterkringloop die in een met water verzadigd land is geworteld, bevochtigt de steden, velden en bossen van de buurlanden en opent zo de mogelijkheid voor deze plaatsen om op dezelfde manier met water om te gaan. De methode om regenwater op het land vast te houden creëert waterrijke cascades van stroomgebieden (of delen daarvan) in plaats van droge cascades van stroomgebieden.

Het nieuwe waterparadigma betekent de ontwikkeling, het gebruik en de ondersteuning van opvang van regenwater over land en behoud van regenwater in stroomgebieden zodat ecosystemen voldoende water van goede kwaliteit kunnen

Een nieuwe cultuur
van verantwoordelijk
zijn voor water

"produceren" voor de mensheid, voedsel en de natuur, vervuild water kunnen zuiveren, het risico op natuurrampen zoals overstromingen en droogtes, het klimaat kunnen stabiliseren en de biodiversiteit versterken en een onderdeel worden van economisch regeneratieve ontwikkelingsprogramma's. Wat het nieuwe waterparadigma biedt, is bevordering en ondersteuning van een dergelijke cultuur van landgebruik die het water in de watercyclus permanent zal vernieuwen door verzadiging van de bodem met regenwater. Het nieuwe waterparadigma betekent een terugkeer naar een natuurlijke verantwoordelijkheid voor de toestand van het water in de eigen regio, maar het kan ook een nieuwe dimensie van solidariteit en tolerantie tussen mensen en gemeenschappen in stroomgebieden brengen.

Het nieuwe waterparadigma brengt veel uitzonderlijk goed nieuws. De nieuwe economie van het water belooft dat het in staat zal zijn om de schuld die in het verleden is ontstaan, te verlagen en de ongewenste effecten van deze schuld, die zich uiten in steeds extremer weer, te stabiliseren.

De beloften van
een nieuw
paradigma

De continenten zullen zich met geogst regenwater thermisch en klimatologisch stabiliseren en de extremen in het weer - met name overstromingen en droogte -

zullen worden afgezwakt (zie fig. 27). Het verhogen van het waterhoudend vermogen van het land en het opvangen van neerslag op de plaatsen waar het valt zijn op zich al doeltreffende maatregelen tegen overstromingen. Natuurrampen zullen natuurlijk altijd voorkomen, maar als externe factoren buiten beschouwing worden gelaten, zal de door het weer veroorzaakte economische en civiele schade sterk verminderen.

11.1 De Sahel vergroenen

Deze uitspraken gelden ook voor de mogelijke vergroening van halfwoestijnen en woestijnen door regenwater (fig. 28, 29, 30). Bij deze gebieden kunnen we uitgaan

De Sahel
vergroenen

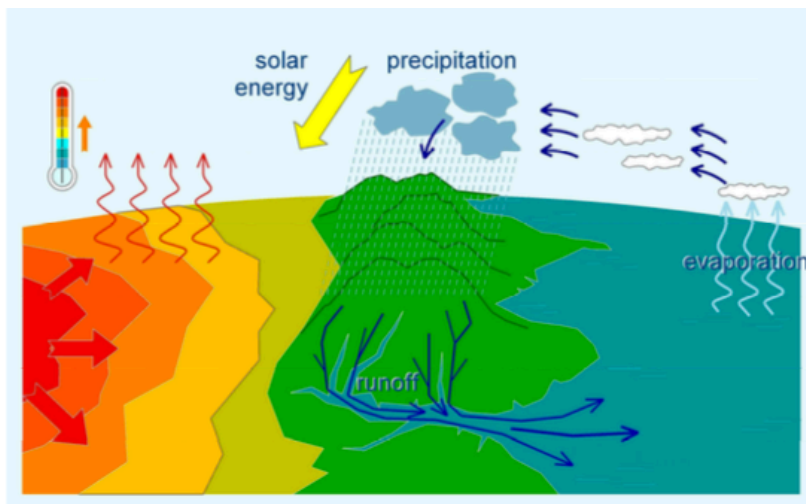
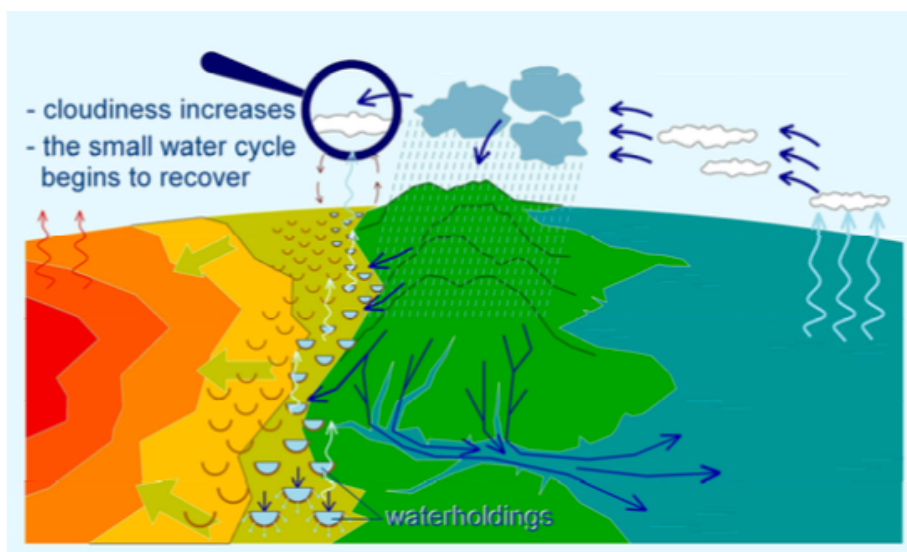


Fig. 28 Diagram of the expansion of deserts or semideserts with the breakdown of the small water cycle



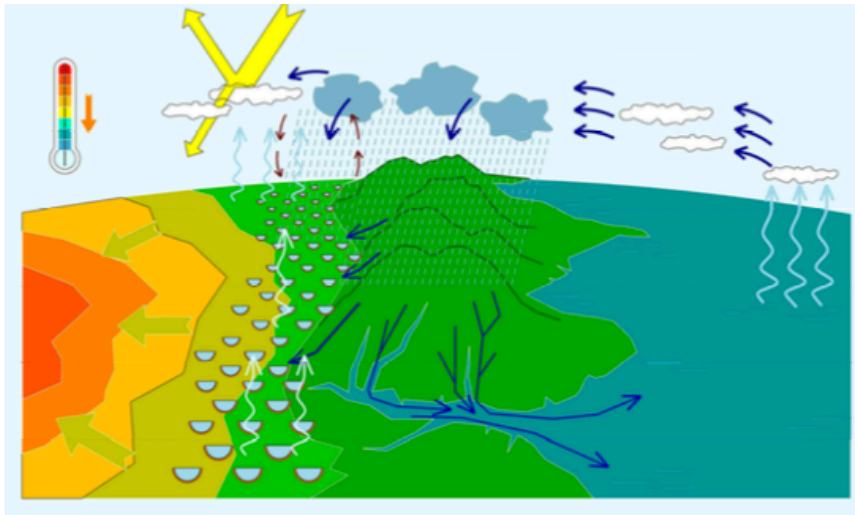


Fig. 30 Decreasing areas of desert

The climate recovers in an area with a renewed small water cycle and it can possibly be used as a forefront for further expansion of the hydrological recovery of land.

van een uitzonderlijk lang en moeilijk proces, omdat het verdampte water, gezien de thermische verschillen, naar andere streken zal worden afgevoerd. Niettemin kunnen deze gebieden, vooral in de gevallen waarin de verandering onbewust door de mens is veroorzaakt, door doelbewuste, zorgvuldig geplande menselijke activiteiten misschien weer in hun vroegere staat worden teruggebracht.

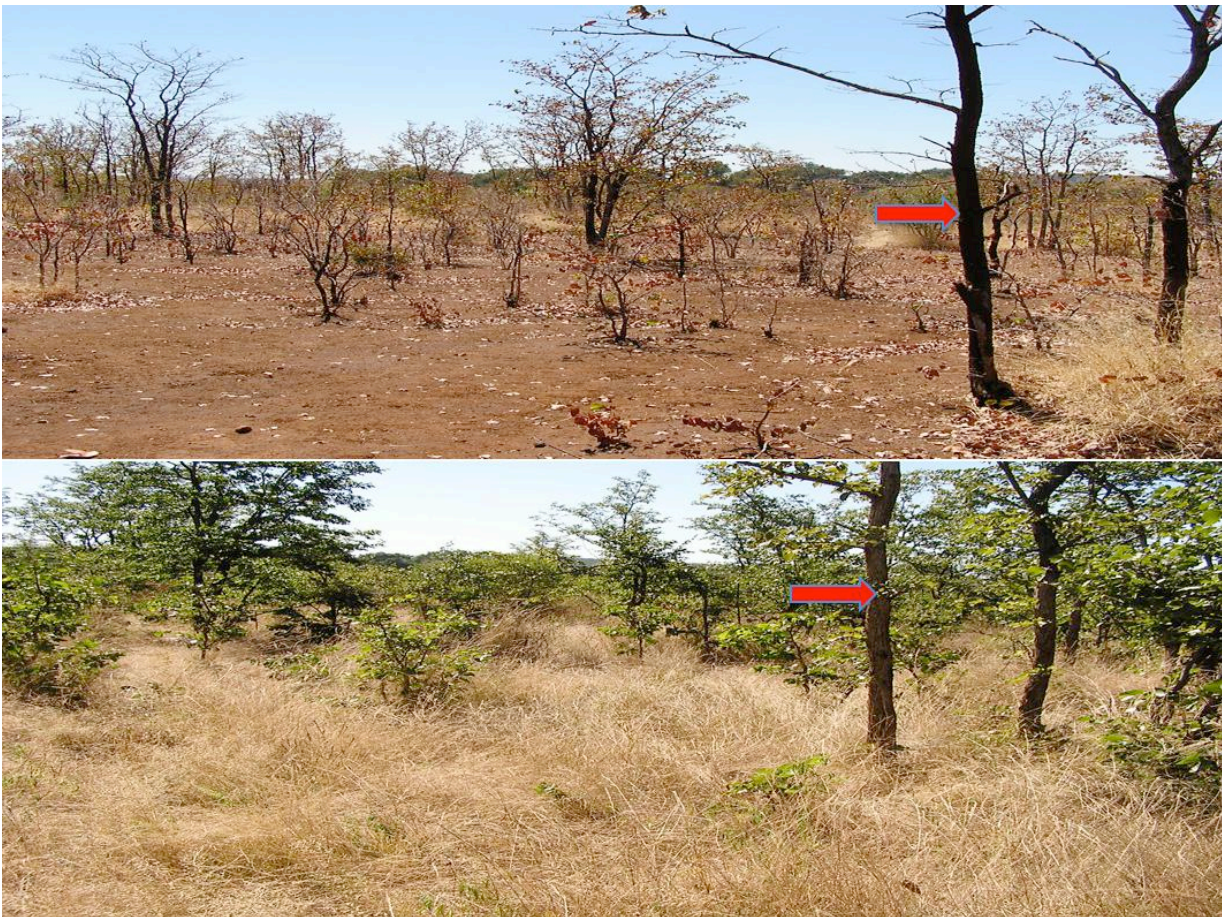
Jacouba Sawadogo ('de man die de woestijn tot stilstand bracht') heeft de Sahel weer tot leven gebracht met het graven van ondiepe putten om de regen op te vangen. In die putten (*en dat maakte het verschil*) deed hij dierlijke mest. Dit zorgde er niet alleen voor dat de gewassen (sorghum en gierst) beter groeiden, maar dat er ook bomen gingen ontstaan door zaden uit de mest. Hierdoor ontstond een gemengd bos met gewassen, een gezonde bodem en een stijgende grondwaterspiegel. Dit is een vorm van agro-forestry die effectief voedselzekerheid biedt.

Het gebruik van dierlijke mest is essentieel om het geheel te laten slagen. Inmiddels zijn grote delen van de Sahel vergroend, omdat veel boeren het systeem van Jacouba geadopteerd hebben.

11.3 Holistische begrazing

Klimaat
grazers

Adaptive Multi Paddock Grazing is een graassysteem ontwikkeld en geïmplementeerd door Alan Savory. Het draait eigenlijk om het regelmatig en strategisch verplaatsen van de grazers, waarbij de zowel overbegrazing en onderbegrazing moeten worden voorkomen. Met dit graasmanagement was het mogelijk om in relatief korte tijd semi-woestijnen te vergroenen, door de stimulatie van de plantengroei door het grazen zelf, door openbreken van oppervlakte korst, door bemesting en urineren, door zaadverspreiding.



Voor en na

Dit denken vormt zowel een spannende uitdaging en tegelijkertijd een programma van activiteit. Net zoals onze voorouders in hun strijd met de natuur aangingen om een stuk onontgonnen land te cultiveren, zo moeten wij proberen om het water dat we allemaal in de strijd zijn kwijtgeraakt, terug te winnen uit de oceaan, zodat de inspanningen van onze voorouders om onze planeet te koesteren, niet voor niets zijn geweest. We kunnen beginnen met relatief kleine hoeveelheden water, zoals het opvangen van regenwater voor het uitgedroogde gazon in onze voortuinen. Van daaruit moeten we overgaan tot de veel grotere taak om een manier te vinden om het water terug te winnen dat ooit op het grondgebied van de steden aanwezig was en dat sinds de tijd van de industriële revolutie in de oceanen is gestroomd. De grootste, en in een land als Slowakije de meest belastende, eis zou zijn om al het water terug te winnen dat in het ecosysteem aanwezig was ten tijde van het climaxbos dat het land duizend jaar geleden bedekte.

Spannende uitdagingen

⁵⁵ See, for example, Oldřich Syrovátka, Miloslav Šír and Miroslav Tesař. "A change in the approach to land – a condition for sustainable development" (2002). Available at www.changenet.sk/ludiaavoda/sprava.stm?x=66907

Op andere gebieden zou de uitdaging nog verder moeten gaan; we zouden bijvoorbeeld water willen terugbrengen en de watercyclus in de Middellandse Zee vernieuwen of op de ooit vruchtbare gronden van de Vruchtbare Halve Maan.

Het is goed ons bewust te zijn van het objectieve feit dat water zelf een financiële waarde heeft en bijdraagt aan de rijkdom van een land. Laten we ons dus voorstellen dat een samenleving van mensen die in een stroomgebied of een van zijn delen wonen, werkzaam is in een relatief onafhankelijke tak van een groot bedrijf dat de hele mensheid omvat. Het bedrijf houdt zich bezig met de waardering van zoet water, dat we ons in dit geval kunnen voorstellen als synoniem voor geld. Water in levende organismen heeft de meeste waarde. Hoe meer water er in levende organismen zit, hoe meer leven, biodiversiteit en voedsel er zal zijn en hoe beter de bescherming van alle andere watermilieus zal zijn. We kunnen dit water in levende organismen vergelijken met een schat die we onder geen beding willen opgeven. Water in de bodem is een deposito op een hoogrente rekening. Als er geld op de bank staat, groeit de opbrengst ervan aangenaam dankzij de rente. Als we echter schulden maken in bodemvocht en we onze schat aan water, opgeslagen in levende organismen, niet willen verliezen, kan de neerwaartse spiraal van het aangaan van nieuwe leningen van ander

Een vergelijking met financieel

omringend water om de rente te betalen, ons plotseling dreigen te vernietigen. Het droogleggen van het land is als leven op schulden.

Water uit de grote waterkringloop is als een overheidssubsidie. Het komt gratis, maar niet regelmatig, vaak bij de verkeerde ontvangers en in de verkeerde hoeveelheden. Het brengt soms meer kwaad dan goed. Er op vertrouwen is riskant, want vandaag is het er, maar morgen misschien niet meer. Vaak is het ook de vorige generatie werknemers van het bedrijf die door hun harde werk een groot deel van de winst die we vandaag hebben, te danken hebben. Water in rivieren is, zo u wilt, een geschenk dat de gemeenschap hoger in het stroomgebied overhandigt aan de gemeenschappen lager in de rivier. De maatschappij die optreedt als drager van zo'n geschenk moet niet proberen het te plunderen, maar het in een goede en verzorgde staat doorgeven.

Het nieuwe waterparadigma belooft meer om extreem weer te verminderen dan om de opwarming van de aarde helemaal te stoppen, ook al zou de verdamping van water in de atmosfeer het lokale klimaat afkoelen. Er zijn twee redenen hiervoor. Ondanks de grote ruimte die de media biedt aan populaire theorieën over de vermeende oorzaken van de opwarming van de aarde, zijn deze oorzaken niet onvoldoende onderzocht met betrekking tot huidige of vroegere klimaatveranderingen, noch met betrekking tot de invloed van de mensheid en andere invloeden. De tweede reden is dat wij het steeds extremere weer en klimaat in gebieden met onvoldoende water als een veel grotere bedreiging voor de mensheid zien dan de opwarming van de aarde. Het feit dat sommige mechanismen in het evenwicht van de energiestromen nog niet zijn verklaard, betekent dat we geen formule voor wereldwijde afkoeling kunnen voorschrijven. Het verandert echter niets aan onze stelling dat een verzadigde watercyclus het koelingsmechanisme van de planeet is. Regenwater dat in ecosystemen wordt vastgehouden, koelt het aardoppervlak af door verdamping; vegetatie helpt in hoge mate de temperaturen te matigen en de verdamping te optimaliseren; wolken creëren schaduwen die de temperatuur van het aardoppervlak stabiliseren.

De toename van extremen is erger dan de opwarming

Het is duidelijk dat het nieuwe waterparadigma niet almachtig is. Het zal niet in staat zijn die grote en plotselinge veranderingen in de watercyclus en in het klimaat te voorkomen, waarvan de oorsprong buiten de activiteiten van de mensheid ligt. Deze omvatten de cycli van zonneactiviteit, schommelingen in de aardas, de val van meteorieten, de uitbarstingen van vulkanen en dergelijke, hoewel de gevolgen van sommige daarvan in zekere mate kunnen worden verzacht. Het domein van het nieuwe waterparadigma zijn veranderingen in de effecten van menselijke activiteiten, en dit gebied is veel breder dan in het oude waterparadigma werd begrepen. Alle

Factoren die we niet in de hand hebben

andere dingen moeten worden gezien door het prisma van het klassieke stoïcisme van Epictetus: "Sommige dingen liggen binnen onze macht en sommige dingen liggen daarbuiten... als we die dingen verlangen die niet in onze macht liggen, zullen we zeker teleurgesteld worden."

12. INSTITUTIONELE STEUN VOOR HET GEBRUIK VAN REGENWATER

"Aan alle adel en steden, geef ik hierbij een bevel om ijverig vijvers aan te leggen, ten eerste om een overvloed aan vis te leveren om het volk te voeden, en ten tweede om een beter gebruik van het land - om moeras en moeras water te verzamelen, zodat het kan worden verdampt door de zon en de warme wind en als waterdamp volledig ten goede komt aan de omringende vegetatie. Bovendien moet een vijver een grote hoeveelheid water vasthouden in tijden van langdurige regens of smeltende sneeuw, en moet zo voorkomen dat land stroomafwaarts plotseling overstroomt."

Karel IV, Tsjechische koning en Heilige Roomse keizer, 1356

De Walachijse kolonisatie van Slowakije ging gepaard met brute ontbossing. Ondanks dit feit kan men lering trekken uit hun maatregelen voor waterbehoud, die de negatieve gevolgen van hun activiteiten op de afvoer van water van het land effectief compenseerden. Een deel van dit hoofdstuk is gewijd aan een relatief eenvoudige oplossing voor het opvangen van regenwater op het land, waarmee het nieuwe waterparadigma belooft het verloren gegane evenwicht in de watercyclus in de natuur te herstellen en de negatieve weersverschijnselen waarmee de mens tegenwoordig te kampen heeft, te temperen. De toepassing van het nieuwe waterparadigma in de praktijk (de uitvoering ervan) is echter niet mogelijk zonder passende wetgevende, organisatorische en financiële maatregelen op lokaal, nationaal en internationaal niveau. In dit deel zullen wij manieren laten zien om onze verhouding tot het water te hervormen ten gunste van een beleid dat een geheel nieuwe cultuur weerspiegelt in de houding van onze beschaving ten opzichte van deze kostbare hulpbron.

12.1 Het vasthouden van regenwater in onze geschiedenis

Het behoud van regenwater op het land is geen nieuw idee. De

Oogsten en conserveren van regenwater in een ver verleden

mens hebben atmosferisch water verzameld en vastgehouden gedurende duizenden jaren. India heeft een 4000 jaar oude traditie in het verzamelen van regenwater voor huishoudelijk en agrarisch gebruik, terwijl de tradities in China nog ouder zijn (6000 jaar).

De reservoirs voor het opvangen van regenwater die in de Bijbel worden genoemd, waren verspreid over het hele Middellandse Zeegebied. In semi-aride gebieden stonden dergelijke reservoirs in elk dorp en hun vernietiging door vijanden maakte het gebied onbewoonbaar. De Feniciërs en Carthagers beoefenden het verzamelen van regenwater op de daken van huizen 500 jaar voor Christus, terwijl de Venetianen al lang afhankelijk waren van een dergelijke technologie voor het verkrijgen van water, evenals een aantal andere naties.

⁶⁰ Brad Lancaster, "Rainwater Harvesting for Drylands," pg. 7

Mensen gebruikten verschillende methoden om water te bewaren en deze verschilden afhankelijk van de omgeving, de behoefte aan water en de beschikbare mogelijkheden. Hoe droger de omgeving, hoe verfijnder de methoden (bijvoorbeeld de technologie voor het verzamelen van water op *hellende microbassins* die werd gebruikt door de bewoners van de Negev-woestijn of door de inheemse Amerikanen in het huidige zuidwesten van de Verenigde Staten). In waterrijke gebieden, waar het nodig was de bodem op hellingen te beschermen tegen watererosie, ontwikkelde zich de aanleg van terrassen. Deze methode is vooral bekend in verband met de rijstvelden van China, maar is ook in meer of mindere mate toegepast in verschillende andere delen van de wereld, waaronder Slowakije. *Terrassen* behoren tot de meest interessante methoden om water vast te houden, omdat zij gebruik maken van de infiltratie van water in de bodem en de vrije uitwisseling van water tussen de bodem en de atmosfeer door middel van vegetatie.

Diverse
methoden

Zoals reeds gezegd, had het centrale deel van Europa in het verleden geen last van droogte in het verleden dankzij de aanwezigheid van climaxbossen (hoogste successie). De belangrijkste verschuiving van natuurgrond naar cultuurgrond in de regio vond plaats rond de 13e eeuw door de ontwikkeling van de landbouw, waarin het grootste deel van de bevolking werkzaam was.

Ontwikkeling van
landbouw in
Slowakije

Veranderingen in de organisatie van het grondbezit, met name de verdeling van specifieke, tot dan toe onbebouwde grond over individuele gebruikers, hadden een beslissende invloed op de landbouw. De basisproductie-eenheden waren kleine landbouwbedrijven waarvan de oppervlakte volstond om het gezin van de producenten te onderhouden. Het streven naar zelfvoorziening was kenmerkend voor

de vroegmiddeleeuwse landerijen (hoeves en landbezit). Met de toename van de bevolking werd het land echter verdeeld over meer families (eigenaars of gebruikers) en ontstonden er kleine stukken land. Rond individuele nederzettingen, van de buren gescheiden door stevige of begroeide lanen, ontstonden dorpsgebieden die in verschillende delen werden verdeeld: in velden voor het inzaaien van winter- en lentekoren, in braakliggende terreinen die een aanvulling vormden op weidegronden, in weiden, in weidegronden en in bospercelen. Elk van deze onafhankelijke eenheden vervulde een evenredig onderdeel van het waterbeheer, waaruit volgde dat als elke gebruiker van het land afzonderlijk water vasthield op zijn eigen grondgebied, het hele gebied in gelijke mate met water verzadigd was.

Een toename van de economische groei vond plaats in de 14e eeuw na de vestiging en permanente bewoning van het grondgebied. We komen de eerste Walachijse kolonisten, daarna overwegend Roetheens-Oekraïense (gedeeltelijk ook Poolse) kolonisten, enkele van Balkan-Roemeense oorsprong, die doordrongen in het gebied van de Uh-rivier en vervolgens in de regio's Zemplín, Šariš en Spiš regio's. Zij smolten geleidelijk samen tot permanente nederzettingen en stichtten dorpen. Voor een groot deel betrof dit grondgebied op 300 tot 600 meter boven de zeespiegel dat voordien slechts schaars of helemaal niet bewoond was. De Walachijse nederzettingen op Slowaaks grondgebied, die meestal gebaseerd waren op boerderijen op bergruggen (ook midden in de bossen rond bronnen en dus in de uitbreiding van ontboste gebieden), strekten zich uit over grote delen van het huidige grondgebied van de staat. Zij bouwden in de Witte Karpaten en het Javorník-gebergte in het grensgebied tussen Slowakije en Moravië, terwijl ook de grote bossen van Midden-Slowakije en het bovenste deel van de Nitra- en Tekov-vallei door hun activiteiten aanzienlijk werden verkleind.

Wallachijnse kolonisatie

In de 14e eeuw werd de Wallachijnse gebruik van vee (fokkerij en weiden) steeds gebruikelijker en betekende economische exploitatie van hooglanden die ongeschikt waren voor landbouw. En hier kunnen we een geleidelijke en systematische opbouw van onbewerkte grenzen (scheiding van velden) om spontane erosie van de grond te voorkomen. Deze maatregel was een rationele compensatie voor de destructieve ontbossing van het grondgebied (voornamelijk door ontworteling en verbranding).

De behoefte aan behoud en anti erosie maatregelen

In afgelegen, met name submontane regio's van dit gebied zijn er nog traditionele terrassen te zien waar karakteristieke smalle gordels van grond die door onbewerkte grenzen wordt verdeeld, liggen in horizontale lijnen langs hellend terrein, dat door zijn

Oude functionele methoden

ontoegankelijkheid niet is aangetast door de communistische collectivisatie. Ongeacht hun langdurige verwaarloosde staat, zijn dit minuscule lapjesgebieden van ecologische stabiliteit, die ondanks langdurige ontbossing blijf geven van een aanzienlijke vitaliteit. Soortgelijke gebieden vinden we ook in de omringende landen van Midden-Europa. Opmerkelijk goed bewaard is bijvoorbeeld het karakter van de landbouwgrond in Transsylvanië (het huidige Centraal Roemenië), waar een reusachtig mozaïek van kleine velden lijkt op de structuur van zacht gedifferentieerde en elkaar aanvullende cellen van gezond weefsel. Ondanks het feit dat de meeste lokale waterlopen niet gereguleerd zijn, is dit "achtergebleven" deel van Roemenië niet getroffen door weer catastrofes, zelfs niet toen de rest van het land te kampen had met verwoestende overstromingen (Fig. 31).



Fig. 31 Terraced slopes in Romania's Transylvania region

Territories altered by this ancient method showed an admirable resistance to flooding.

De opdeling van landbouwgrond, die eeuwenlang een leef- en werkomgeving voor onze voorouders creëerde, weerspiegelde niet alleen de eigendomsverhoudingen, maar ook een bijzonder volwassen - en levensvatbare eco-structuur, die een diverse vormen van landgebruik toestond.

Oud water paradigma	Nieuw water paradigma
Het water op het land heeft niets te maken de globale opwarming, die wordt veroorzaakt door een toename van de hoeveelheid broeikasgassen die door menselijke activiteiten worden geproduceerd	Een belangrijke factor in de opwarming van de aarde is de verandering van de kleine watercyclus, veroorzaakt door het uitdrogen en vervolgens opwarmen van continenten door menselijke activiteit.
Het onderwerp van onderzoek is het effect van de opwarming van de aarde op de watercyclus.	Het onderwerp van onderzoek is het effect van veranderingen in de watercyclus op de opwarming van de aarde.
Verstedelijking, industrialisatie en economische exploitatie van land hebben een minimale invloed op de waterkringloop.	Verstedelijking, industrialisatie en bodemvernietiging van een land (over ongeveer 40% van de oppervlakte van de continenten) heeft een fundamentele invloed op de invloed van de watercyclus.
De invloed van de mensheid op de watercyclus is verwaarloosbaar en veranderingen in de cyclus kunnen door menselijke activiteit niet worden teruggedraaid.	De invloed van de mensheid op de watercyclus is momenteel aanzienlijk en de veranderingen kunnen in beide richtingen gaan.
Ongunstige klimaatrends zullen toenemen, mitigatie kan misschien binnen een termijn van eeuwen worden verwacht.	Als de nieuwe benadering van water wordt toegepast, kan binnen enkele tientallen jaren een mogelijk herstel van het klimaat worden verwacht.
De belangstelling voor de grote watercyclus, die moeilijk te beïnvloeden lijkt, overheerst, terwijl het belang van de kleine watercyclus wordt gebagatelliseerd.	De belangstelling voor de kleine watercyclus overheerst.
De reden voor extreme weersomstandigheden is de opwarming van de aarde.	De reden voor extreme weersomstandigheden zijn veranderingen in de watercyclus
Opwarming van de aarde en extreme weersomstandigheden zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden.	Het broeikaseffect kan bestaan zonder extreme weersomstandigheden, en extreme weersomstandigheden kunnen bestaan zonder het broeikaseffect.
De opwarming van de aarde is het belangrijkste klimaatprobleem voor de mensheid. Vegetatie is vanuit het oogpunt van de opwarming van de aarde niet ideaal, omdat het een laag albedo (reflectievermogen) heeft; waterdamp versterkt het broeikaseffect.	Water en vegetatie verzachten ongewenste temperatuurverschillen; bewolking matigt de intensiteit van de zonnestraling die op het aardoppervlak valt.
Spreekt over de atmosfeer als een broeikas die de aarde bedekt.	Spreekt over de atmosfeer als een beschermende bedekking van de Aarde.
Waterpeil in de oceaan stijgt door smeltende ijsbergen	Waterpeil in de oceaan stijgt door het smelten van gletsjers, door een afname van bodemvochtigheid, daling van de grondwaterspiegel, afname van de luchtvochtigheid en de hoedanigheid van andere waterlichamen op landmassa's
Regenwater is lastig en moet zo snel mogelijk richting zee	Regenwater is een gift en moet behouden blijven voor bodem, planten, dieren en atmosfeer
De belangrijkste bron en reserve is oppervlakte water	De belangrijkste bron van reserve is bodemwater
Onpersoonlijke houding van eigenaren en gebruikers t.a.v. regenwater in hun gebied	Het creëren van een mindset die gedeelde verantwoordelijkheid t.a.v. waterreserves behelst
Water wordt slechts eenmalig gebruikt en dan weggesluisd	Waterbeweging is cyclisch en kan oneindig voor veel doeleinden gebruikt worden
Het watersysteem behelst alleen drinkbaar water	Het watersysteem heeft een drinkwater - en gebruikswater tak
Wederzijdse isolatie van publieke belangen met betrekking tot water	Water wordt gezien binnen de context van watercyclus en ecosysteem functie
Een sectorale benadering t.a.v waterbronnen op land	Integraal management vanuit een holistische 'grondhouding'.

Het vermogen van de bodem om water vast te houden en te verdampen was in het verleden aanzienlijk groter, ondanks het feit dat de verdeling van land niet voor dit specifieke doel was ontwikkeld. De intensieve economische activiteiten van de mensheid in een dergelijk systeem verstoorde de natuurlijke watercyclus op het land niet, omdat dit werd gecompenseerd door maatregelen die het vermogen van het land om water vast te houden, in stand hielden. Dit celsysteem, dat dateert uit de "donkere" Middeleeuwen, is de laatste decennia echter veranderd in een uitgestrekte monocultuur, waarbij het dictaat van "wetenschappelijke" theorieën en "de onzichtbare hand van de markt" op verschillende manieren tot deze verandering hebben bijgedragen. Het land is monotoon en minder gestructureerd geworden: de huidige gigantische drooggelegde gebieden rond menselijke nederzettingen, de monoculturele landbouw op uitgestrekte en onverdeelde velden, gedecimeerde bossen en gereguleerde waterlopen hebben allemaal het vermogen verloren om water op het landareaal vast te houden.

12.2. De beginselen, methoden en voordelen van het behoud van regenwater op het land

Als de mensheid beseft dat de invloed die zij op het land heeft gehad door versnelling de afvoer van regenwater c.q. oppervlaktewater, en zo de kleine waterkringloop op alle in deze publicatie genoemde manieren heeft beschadigd, moet zij bereid zijn maatregelen te nemen voor de vernieuwing en het herstel van deze kringloop. De essentie van een praktische oplossing voor de problemen van klimaatverandering en watertekorten ten gevolge van menselijke activiteit is de herintroductie van de kleine waterkringloop door menselijke activiteit via een volledige uitvoering van alomvattende maatregelen in afzonderlijke gemeenschappen en steden. Het gaat hierbij om maatregelen die de versnelde afvloeiing van water beperken, het waterbergend vermogen van stroomgebieden vergroten en de waterbalans in de regio verbeteren. Deze maatregelen zijn vaak identiek aan maatregelen tegen erosie. Regen wateropvang op de plaatsen waar de regen valt, voordat de druppels deel gaan uitmaken van een onbeheersbare stroom, zijn uitstekende middelen om overstromingen te voorkomen. Dit zijn eenvoudige maatregelen in het veld, vergelijkbaar met bepaalde processen voor ruimtelijke ordening en landmodellering.

Oude wijsdom
links laten
liggen

Deze maatregelen hebben een technologisch, biotechnisch en technologisch-preventief karakter.

Technologische en
biotechnische
maatregelen

De technologische maatregelen behoren

- absorptie sloten door middel van contouren (ondiepe drainage sloten horizontaal),
- het gebruik van hellende depressies als absorptie- en reservoirgebieden,
- *de aanleg* van depressies, absorptiekuilen, waterreservoirs
- verbetering van oppervlakken en behoud en infiltratie van regenwater
- kleine dammen of putten voor waterlopen, beken in geulen of ravijnen,
- aanleg en onderhoud van droge reservoirs en polders
- behoud en gebruik van het slingerende karakter van waterlopen en blinde zijrivieren,
- objecten voor lineaire beschermde dammen voor de afvoer van water naar uiterwaarden
- aanleg van kleine stuwen voor waterreservoirs en vijvers,
- afdammen van beken en anti-erosiemaatregelen in bossen en dergelijke (fig. 32, 33, 34, 35, 36).

De *biotechnologische maatregelen* zijn vergelijkbaar, en de beperking voor oppervlakte-afspoeling houdt verband met het gebruik van vegetatiegrenzen, grasgordels, gordels van struiken en bomen, ongebruikte gras- en bosgebieden en dergelijke.

Aanvulling Stichting Biomentor:

- toepassing Keyline Design, om neerslag over de ruggen te leiden
- holistische begrazing, om grootschalig organische stof te verhogen
- bufferzone oevergebied, inzinking toe - en langsstromend water

⁵⁷ "A Paradigm Shift for Water Management." Rocky Mountain Institute, www.rmi.org

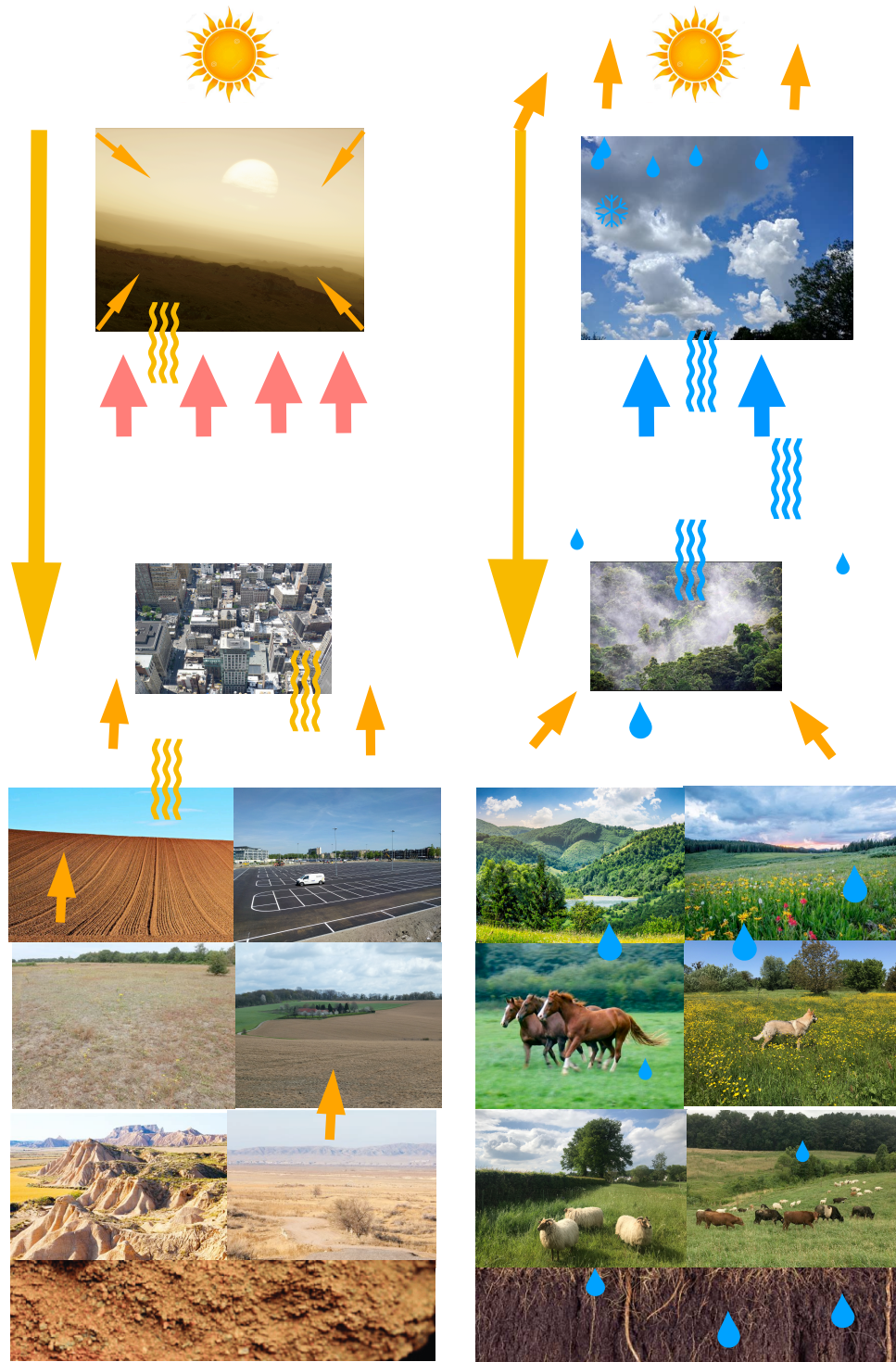
⁵⁸ *ibid.*

In het jaar 2000 presenteerden Axel Kleidon, Klaus Fraedrich en Martin Heimann de resultaten van wiskundige modellering van het mondiale klimaat op onze planeet vanuit de twee extreme omstandigheden: 1.) De simulatie van een "*woestijnwereld*", waarin, met toepassing van de huidige verdeling van oceanen en continenten, waarden die overeenkomen met de parameters van het woestijnoppervlak werden geplaatst op alle niet-beboste landmassa's; en 2.) De simulatie van een "*groene planeet*", waarin landoppervlakken werden bedekt met vegetatie. Ook al zijn we ons ervan bewust dat elk van deze modellen een vereenvoudiging is van de werkelijkheid, toch zijn de resultaten van de modellering zeer interessant.

De neerslag boven het land van de "*groene Planeet*" was tweemaal zo groot als boven de "*woestijnwereld*". Op de "*groene planeet*", waar de evapotranspiratie tot drie keer hoger was en het gehalte aan waterdamp in de atmosfeer een derde hoger, was er paradoxaal genoeg ongeveer een kwart minder oppervlakteafvoer dan in de "*woestijnwereld*". De gemiddelde jaarlijkse oppervlaktetemperatuur over de gehele "*groene Planeet*" (inclusief de oceanen) was ongeveer 0,3 °C lager dan in de "*woestijnwereld*" en de oppervlaktetemperatuur op het land 1,2 °C lager. Boven het land van de "*groene Planeet*" was er ongeveer 8% meer bewolking. Het is interessant dat de grotere bewolking op de "*groene planeet*" iets minder verdamping uit de oceanen en iets minder neerslag daarboven veroorzaakte. De grotere bewolking op de "*groene planeet*" veroorzaakte slechts ongeveer 5% meer absorptie van zonnestraling, wat verrassend weinig is gezien het verschil van meer dan 20% in het albedo van

beide werelden. De belangrijkste veranderingen deden zich voor in grote delen van de droge gebieden van Afrika, Zuid-Azië en Australië, waar in de simulatie van de "groene planeet" een bosklimaat werd gecreëerd.

⁵⁹ A. Kleidon, K. Fraedrich and M. Heimann. "A Green Planet Versus a Desert World: Estimating the Maximum Effect of Vegetation on the Land Surface Climate," *Climatic Change* 44, Kluwer Academic Publishers, pgs. 471 – 493, 2000



BODEM

Links: kale oppervlakten zorgen voor voelbare hitte, die hoge druk gebieden installeert, koolstof oxideert en wolken buitensluit of laat verdampen. Drie van de bovenstaande foto's zijn in Limburg opgenomen. Een negatief naar-binnen-gerichte spiraal ontstaat, die steeds extremer wordt en waarbij de neerslag die er komt, meteen weggesluisd via erosie veroorzakende snelstromen.

Rechts: begroeide landschappen zorgen voor afkoeling van de ingestraalde warmte, omdat door schaduwwerking, wolken en evapotranspiratie deze omgevingen op zichzelf al koeler zijn. De evapotranspiratie transporteert de latente, niet voelbare warmte, naar boven waarbij ze of condenseert in wolken, die weer verkoelende regen kunnen brengen of de warmte wordt afgegeven richting heelal. Een positieve spiraal ontstaat, waarbij koolstof opslag in de bodem leidt tot meer groen, betere wateropslag.

Voorbeelden van technologisch-preventieve en economische maatregelen kunnen zijn zijn de toepassing van gunstige procedures voor bodembescherming (mulchen), het zorgen voor de aanvulling van water dat uit een gebied wordt wegsijpelt, het beperken van niet-vegetatieve harde oppervlakken in bebouwde gebieden, het vervangen van ondoordringbare oppervlakken door doordringbare, het bouwen van beschermende stuwen verder van de centra van waterstromen, het verbieden van het kappen van bossen, de bescherming van bossen tegen schadelijke insecten (bijvoorbeeld schorskevers), een optimale structuur en kwaliteit van bossen, landinrichting of een nieuwe verdeling van landbouwgrond, de toepassing van geïntegreerd beheer en een gevoeliger gebruik van de grond met het oog op instandhouding- en anti-erosiemaatregelen en dergelijke.

Bij het behoud van water op het land moet een aantal beginselen in gedachten worden gehouden. Het eerste daarvan is het solidariteitsbeginsel (het beginsel van *watertolerantie*), wat betekent dat samen met het ontwerpen en uitvoeren van maatregelen die een effect hebben op de afvloeiingsomstandigheden van een gebied, rekening moet worden gehouden met het gehele stroomgebied. Maatregelen in een gebied kunnen de situatie stroomafwaarts of stroomopwaarts in het stroomgebied niet verslechteren. Het partnerschapsbeginsel houdt in dat een analyse van de situatie op het gebied van de afvloeiingsniveaus van een gebied (gemeenschap, stad, regio, stroomgebied en dergelijke) en belangrijke beslissingen in verband met voorgestelde maatregelen om het waterbesparend vermogen van een stroomgebied te vergroten en het erosieproces te verminderen, alleen plaatsvinden na besprekingen en wederzijdse instemming van alle beslissende partners in het stroomgebied - beheerders van waterstromen, landbouwers, boswachters, vertegenwoordigers van gemeenschappen en steden, landeigenaren en deskundigen. Anti-erosieprojecten en technologische maatregelen ter vergroting van het waterbehoud in een stroomgebied moeten in partnerschap worden voorbereid en uitgevoerd. Het *subsidiariteitsbeginsel* zoals dat in de Middeleeuwen is gedefinieerd en in de EU wordt toegepast, houdt in dit geval in dat bij het praktische beheer en de bescherming van de watervoorraden in een gebied en in een stroomgebied, datgene wat beter door een lager overheidsniveau

Tolerantie,
partnership,
subsidiariteit

kan worden gedaan, op dat niveau moet worden afgehandeld. Dit beginsel wijst op de noodzaak van een doeltreffende decentralisatie van activiteiten die beter, sneller en goedkoper door het lokale of regionale zelfbestuur kunnen worden verricht.

Naast de voorgaande beginselen, die verband houden met menselijke activiteiten, kunnen we ook het principe van autoregulatie van natuurlijke processen, wat betekent dat het effect van een initiële en eenmalige investering in de uitvoering van maatregelen ter verbetering van de waterhuishouding in een gebied elk jaar geleidelijk moet leiden tot een verbetering van de kwaliteit van het natuurlijke milieu en de doeltreffendheid van andere lokale maatregelen in het gebied verhoogt. Het beginsel van een duurzame oplossing is hiermee verbonden. De uitvoering van deze maatregelen draagt ertoe bij dat een deel van de oorzaken van ongewenste klimaatveranderingen ten gevolge van menselijke activiteiten wordt weggenomen. Zo worden betere levensomstandigheden en een beter milieu voor toekomstige generaties gecreëerd, wordt het natuurlijke potentieel van het grondgebied verbeterd en blijven de beschermende en autoregulerende functies van de ecosystemen opgeschaald.

Vernieuwing
autoregulatie
van natuurlijke
processen

12.3 De civiele sector

Alexis de Tocqueville, in zijn werk *Democratie in Amerika* uit de eerste helft van de 19e eeuw, schreef dat terwijl in Frankrijk de regering het voortouw nam bij grote nieuwe projecten en in Engeland de aristocratie, waren het in de Verenigde Staten burgerverenigingen die deze functie vervulden. In een democratische samenleving is de belangrijkste "instelling" de burger. Hij heeft een veel belangrijker functie, maar ook een grotere verantwoordelijkheid, dan een burger in een niet-democratische samenleving. En net zoals wij meer geloven in een groot aantal nederige regendruppels dan in hun concentratie in rivieren, heeft de wil en de overtuiging van gewone burgers bij de toepassing van het nieuwe waterparadigma meer betekenis dan de decreten van de overheid (hoewel de overheid, net als de rivier, ook haar functie heeft). Evenals in alle andere gevallen moeten ook in het geval van het behoud van het water op het land de taken en bevoegdheden worden verdeeld in overeenstemming met het subsidiariteitsbeginsel; dat wil zeggen dat instellingen op een hoger niveau een bepaald punt alleen mogen behandelen wanneer het op een lager niveau niet doeltreffender kan worden opgelost. De noodzaak van waterbehoud in een land is wereldwijd, en daarom moeten instellingen op alle niveaus, ook nationaal en internationaal, erbij betrokken worden. Dit alles hangt echter af van het initiatief van de burgers en hun vermogen om te bepalen welke activiteiten zij zelf

De burger
als belangrijkste
instituut

kunnen beheren (die waarbij ingrijpen van bovenaf contraproductief zou zijn) en bij welke zij hulp van hogerhand nodig hebben. De individuele burger, of een burger in vereniging met anderen, heeft een "open ruimte" waarin hij meer kan doen dan alleen zijn plicht.

Burgers die het denken van het nieuwe waterparadigma omarmen, zullen pleiten voor de bescherming van water in hun eigen leefomgeving en actief van het openbaar bestuur de voorbereiding en uitvoering eisen van maatregelen die gericht zijn op de vernieuwing van de watercyclus in een gebied. Burgers van steden en gemeenten zullen het water in hun eigen omgeving zien als de thermoregulator van de klimaatomstandigheden en het regenwater als de belangrijkste "leverancier" van voldoende watervoorraden in de regio. Zij zullen de noodzaak ondersteunen van de aanleg van opvanggebieden, depressies en verdampingsoppervlakken voor de vernieuwing van het land en de ruimtelijke ordening. Zij zullen vragen om een gescheiden aanvoer van drink- en gebruikswater en een herhaald gebruik van water aanmoedigen.

Mogelijke
betrokkenheid
van burgers

Non-profitorganisaties die de denkwijze van het nieuwe water zich zullen toe-eigenen, zullen het publiek informeren over de noodzaak van een nieuwe benadering van water en toegang vragen tot informatie over de toepassing van de nieuwe benadering in de praktijk. Zij kunnen verschillende lokale projecten initiëren die gericht zijn op de publieke en burgerlijke belangstelling voor de watervoorraden in de regio te vergroten (projecten die bijvoorbeeld gericht zijn op het schoonmaken van een rivier en zijn omgeving, het bebossen van ongebruikte percelen, projecten met slogans als: "Laten we niet betalen voor het wegsluizen van regenwater, laten we water besparen in een gebied", projecten gericht op schoner grondwater, beter gebruik van gebruikswater voor verschillende doeleinden, en de bescherming van drinkwater). Sommige daarvan kunnen gericht zijn op het aanmoedigen van leiderschap en op het opbouwen van de capaciteit van burgers en gemeenschappen om bij het gegeven probleem betrokken te zijn. Daarnaast kunnen zij een nieuwe ruimte creëren voor de ontwikkeling van bedrijfsfilantropie en donaties voor de uitvoering van de nieuwe aanpak van water, zowel voor ontwikkelde landen als voor ontwikkelingslanden.

Mogelijkheden
voor bedrijven
zonder
winstoogmerk

Eigenaren en mede-eigenaren van flats, gebouwen en onroerend goed in de woongebieden van gemeenten en steden moeten *water verenigingen* oprichten in het belang van de coördinatie en de opvang van regenwater

Eigenaren
onroerend
goed

op bebouwde grond. In plattelandsgebieden buiten de steden en gemeenten, met name in landbouw- en bosgebieden, zouden watercoöperaties kunnen worden opgericht die erop gericht zijn het water in een gebied vast te houden door actieve deelneming van de eigenaars en gebruikers van deze gronden. De plaatselijke gemeenschappen zouden dan verantwoordelijk kunnen worden voor een doeltreffende coördinatie van dergelijke maatregelen. Ondertussen kunnen onafhankelijke eigenaars van naburige gebouwen en eigendommen op het grondgebied van afzonderlijke steden en gemeenten onderling verenigingen en coöperaties oprichten, indien een dergelijke vorm van samenwerking de uitvoering van technische en biotechnische maatregelen ter vergroting van het waterbergend vermogen van de stroomgebieden en ter vermindering van het erosieproces in het betrokken gebied, vergemakkelijkt. Samenwerking is ook nodig voor het onderhoud van dergelijke systemen. Maatregelen voor erosiebestrijding en waterbehoud dienen voor de bescherming en verbetering van het eigen bezit op lange termijn.

Onafhankelijke media zouden zich kunnen richten op het tot dusver verwaarloosde belang van water in discussies over klimaatveranderingen. Als de media de principes van het nieuwe waterparadigma omarmen, kunnen zij "waakhonden" worden die waken over de onverschillige en uitbuitende behandeling van water op het land, een behandeling die op verschillende manieren de belangen van de meerderheid van de bevolking schaadt.

Onafhankelijke
media

12.4 De economische sector

Dankzij zijn economische - en beheersdimensie vormt het nieuwe waterparadigma een fundamentele innovatie in de huidige economische praktijk en wordt zo een basis voor nieuw economisch denken en nieuwe kennis. Tegelijkertijd biedt het een nobele en maatschappelijk nuttige impuls voor de economische sector en een aanwinst voor particuliere en staatsbedrijven op het gebied van waterbeheer, landbouw en bosbouw. Aangezien vanuit het oogpunt van het nieuwe waterparadigma grondbeheerders belangrijk zijn, is het in hun belang te zorgen voor voldoende watervoorraden, extreem weer tot een minimum te beperken en het economisch nut van het land te vergroten. Zij zijn belangrijke sociaal-economische partners bij de voorbereiding van geïntegreerde beheersplannen voor stroomgebieden en bij de uitvoering daarvan. Gewoonlijk bevorderen zij alleen "sectoraal" beleid, maar in het nieuwe waterparadigma zullen zij een overkoepelende rol spelen bij de integratie van het beheer van de watervoorraden op het land.

Innovatie
en een nobele
impuls

De voorbereiding op een geïntegreerd beheer van oppervlaktewater en regenwater op het land en de uitvoering daarvan door middel van betrokkenheid van de coördinatiecentra in nauwe samenwerking met de lokale overheid. Waterbedrijven zouden zich kunnen richten op de opbouw van een duaal systeem voor de levering van drink- en nutswater in een gebied en gedecentraliseerde systemen voor het zuiveren van rioolwater met behulp van verschillende recirculatiesystemen. Het water dat uit een gebied wordt gehaald zou, na veelvuldig gebruik, kunnen worden gezuiverd en teruggegeven aan het ecosysteem.

Integraal
management
en coördinatie
centra

De invoering van het nieuwe paradigma zal ruimte scheppen voor werkgevers om banen die relatief eenvoudig en niet veeleisend zijn, maar ongekend in schaal. Deze zullen zowel in het algemeen belang als in hun eigen belang zijn in termen van bescherming van eigendom (bodem, gebouwen, roerende zaken). Het inzetten van werknemers voor de voorbereiding, de uitvoering en het onderhoud van anti-erosie- en waterbeschermingsmaatregelen betekent waardevolle werkgelegenheid in zowel de welvarende als de ontwikkelingslanden. Dit kan dan dienen als impuls voor economische en sociale groei en het uitbannen van armoede in economisch zwakke regio's en in regio's met onvoldoende waterbronnen.

Een betekenisvolle
toename van
werkgelegenheid

Er zal een nieuwe uitdaging ontstaan voor landschapsarchitecten, architecten, stedenbouwkundigen, bouwingenieurs en planners, omdat een nieuw tijdperk van zonering en landschapsplanning voor bevolkingsgroepen en hele regio's aanbreekt. Er zal behoefte ontstaan aan een grondige lokale herwaardering van de afwaterings-systemen en het ontwerp van anti-erosie- en waterconserveringsmaatregelen op het land. Er zullen mogelijkheden ontstaan voor ratingbureaus om onafhankelijke evaluaties te maken van de waterhuishouding van een gebied en om de waarde en het concurrentievermogen ervan te bepalen vanuit het oogpunt van de watervoorraden. Met kennis van het nieuwe paradigma zouden wetenschappelijke gemeenschappen hun aandacht kunnen richten op het gedetailleerd in kaart brengen van het mechanisme van de watercyclus en op voorspellingen van patronen van klimaatverandering.

Land
planning

Bij de aanleg van nieuwe terreinen en woongebouwen, bij het herstellen en van oorspronkelijke historische en stedelijke

Ontwikkelaars

structuren, en bij het herbouwen van oude en de aanleg van nieuwe industrieterreinen, winkel- en amusement centra moeten ontwikkelaars in de stedenbouwkundige en architectonische strategieën van dergelijke projecten de twee belangrijkste beginselen opnemen: "Houd water vast op deze percelen!" en "Laat het verdampen en infiltreren in de bodem!". Het vasthouden van regenwater en het creëren van groen zouden twee van de belangrijkste manieren moeten zijn om de omgeving van bouwcentra en parken aantrekkelijker te maken.

Bouw-, tuin- en ontwerpbedrijven kunnen de impuls van het nieuwe waterparadigma gebruiken om lokale overstromingspreventiemaatregelen uit te voeren, om de waterhuishouding in een gebied te vernieuwen en nieuwe benaderingen en technologieën die goede voorwaarden scheppen voor het behouden, absorberen en verdamping van regenwater in combinatie met vegetatie. Toeleveringsbedrijven kunnen zich richten op de uitbreiding van hun assortiment machines, materialen, technologieën en diensten, die allemaal nodig zullen zijn om deze maatregelen in het veld uit te voeren en het latere onderhoud ervan te garanderen.

Bouw
bedrijven

Het nieuwe paradigma schept de behoefte aan snelle financiering van voorbereide projecten en de uitvoering van instandhoudings- en anti-erosiemaatregelen in een gebied. De banksector kan helpen via een systeem van leningen aan zowel de openbare als de particuliere sector. De laatste jaren hebben verzekeringsmaatschappijen een sterke groei van de verzekeringsgebeurtenissen geregistreerd, zodat zij zich zouden kunnen concentreren op het ondersteunen van de oprichting van erkende centra die iedereen in staat zullen stellen de nodige kennis te verwerven om de toestand van de watercyclus op zijn eigen grondgebied en eigendom te beoordelen, alsook om de nodige maatregelen op het terrein voor te bereiden en te nemen. Zij kunnen aan hun dienstenaanbod complexe nieuwe producten toevoegen met passende motiveringsprogramma's voor hun klanten.

Bank en
verzekerings
wezen

12.5 De publieke sector

De relatie van de samenleving met het water tot nu toe kan worden opgevat als een combinatie van onderling geïsoleerd beleid en van verschillende persoonlijke houdingen en benaderingen (het verkrijgen en lozen van water, de productie en levering van drinkwater, het zuiveren van afvalwater, water voor de landbouw, water voor fabricage en industrie, oppervlaktewater en waterlichamen, bescherming tegen overstromingen, water voor brandbestrijding, huishoudelijk drinkwater, water voor mijn tuin, regenwater van mijn dak, enz.). De sectorale, departementale en professionele aanpak werd tot nu toe gekenmerkt door een interne en onderlinge isolatie (expert, professional en leverancier-afnemer) en door de strikt beperkte bevoegdheden van afzonderlijke overheidsorganen. Elk bureau behandelt water vanuit één specifiek gezichtspunt. De algemene EU-waterrichtlijn (Richtlijn 2000/60/EG) probeert echter verder te gaan dan een dergelijke aanpak en wijst op de noodzaak van een meer geïntegreerde aanpak.

Huidige
benadering
versus EU
politiek

Door de aanvaarding van het nieuwe waterparadigma worden de bescherming de perceptie en het gebruik van water werkelijk geïntegreerd en holistisch worden in het kader van de erkenning van de betekenis van de watercyclus en de omstandigheden van het gegeven stroomgebied. Inzicht in de fundamentele circulatie van water in de natuur is relatief eenvoudig en kan nauwkeurig worden beschreven en gekwantificeerd. De aanpassing van deze kennis voor politieke besluiten vereist echter een fundamenteel kwalitatieve en systematische transformatie van traditioneel geïsoleerd lokaal waterbeheer naar volledig geïntegreerd beleid. Voor beheerders van waterbekkens doet zich de gelegenheid voor om het beheer van de waterlichamen en de infrastructuur in de regio opnieuw te evalueren. In de zin van het nieuwe waterparadigma kunnen zij de nadruk leggen op overstromingspreventie (anti-erosiemaatregelen en maatregelen om het waterretentie vermogen van alle microstroomgebieden in het beheerde gebied te vergroten) en zo, in samenwerking met het lokale bestuur, een institutioneel uitgangspunt creëren voor het geïntegreerde beheer van stroomgebieden.

Het paradigma
als een kader
voor een
integratieve
benadering

Onderwijsinstellingen moeten kennis van het nieuwe water paradigma in het curriculum opnemen, zowel op scholen als in

Gelegenheid
voor
educatieve
instituten

centra voor volwasseneneducatie en dit onderwijs ook afstemmen op de behoeften van de mensen die reeds op deze gebieden werkzaam zijn. Dit omvat steun voor onderwijs aan vertegenwoordigers van lokale overheden en steun voor internationale programma's. De studie van water in de context van het nieuwe waterparadigma zou ook een studieonderwerp kunnen worden aan universiteiten en faculteiten. Een dergelijk vak zou wetenschappelijke, onderzoeks- en vooral studieprogramma's hebben die typisch zijn voor andere universitaire vakken.

Steden en gemeenten zijn belangrijke partners bij de praktische invoering van de nieuwe benadering van water en de toepassing van de noodzakelijke technologieën, biotechnologieën en economische maatregelen in een regio. Zij kunnen zeer doeltreffend zijn bij het doordrukken van de relevante maatregelen op hun gebied met inachtneming van de beginselen van partnerschap, solidariteit en subsidiariteit. Want steden en dorpen moeten de resultaten van overstromingen en klimaatveranderingen ondergaan die grote psychische, sociale en financiële gevolgen hebben. Daarom moeten zij zich richten op het bevorderen van een intersectorale en geïntegreerde aanpak van de vernieuwing van de waterkringloop op hun eigen grondgebied als uitgangspunt voor de economische ontwikkeling van hun gemeente. In de praktijk betekent dit het uitvoeren van studies en projecten gericht op: het vergroten van het vermogen tot waterbehoud van het grondgebied (binnen de gemeenschap of daarbuiten); het verminderen van door water veroorzaakte bodemerosie; het opzetten en uitvoeren van motiverende economische programma's voor bewoners en grondeigenaren in de regio (de regionale overheid kan bijvoorbeeld speciale belastingvermindering en eenmalige subsidies verlenen voor elke 1 m³ waterbehoudsruimte die wordt gecreëerd of voor een anti-erosie aanpassing van gronden op gemeenschapsgrond); of voor het beoordelen van de effecten van investeringsactiviteiten op het afvloeingsniveau in een gebied. Naburige plaatsen, verenigingen van steden en gemeenten en hele regio's kunnen een gemeenschappelijk systeem voor overstromingspreventie opzetten en coördineren. Deze samenwerking zou de vorm kunnen aannemen van "bekkens in eigen beheer", georganiseerd binnen de grenzen van hydrologische waterscheidingen.

Gelegenheid
voor steden
en gemeenten

De essentie van de maatregelen die op nationaal niveau moeten worden genomen, is de uitvoering van structurele hervormingen van het waterbeheer en economisch beleid (inclusief landbouw- en bosbouwbeleid) die de afvloeingsomstandigheden op een grondgebied beïnvloeden. Het nieuwe water beleid moet gericht zijn op de algemene bescherming van het grondgebied, met de nadruk op verbetering van de waterhuishouding door middel van maatregelen om het waterbergend vermogen van

Gelegenheid
voor regering
politiek

een stroomgebied te vergroten en erosieprocessen te verminderen. De staat moet de voorwaarden en een kader scheppen voor de systematische integratie van tot dusverre geïsoleerde sectorale beleidsmaatregelen met betrekking tot water en de daarmee samenhangende harmonisatie van het subsidiebeleid. Een complexe aanpak van het water vereist de goedkeuring van een nieuwe generatie wetten, waaronder de aanvaarding van een wet op de bescherming en de vernieuwing van de kleine waterkringloop op het land, die onder meer zou leiden tot een evaluatie van de invloeden van investeringsactiviteiten op de waterhuishouding van een gebied. Vervolgens kunnen nieuwe financiële, ondersteunende en motiverende instrumenten voor de uitvoering van de nieuwe benadering van water ontstaan. De staatsbegroting kan steun verlenen voor de toepassing van anti-erosie- en waterbeschermingsmaatregelen, steun voor de voorbereiding en uitvoering van gemeenschapsprojecten, alsmede steun voor onderzoeksactiviteiten en het toezicht op nieuw voorgestelde en uitgevoerde maatregelen in een regio.

Indien een gemeenschap van Staten (de Europese Unie) en mondiale instellingen (bijvoorbeeld de Verenigde Naties) het nieuwe waterparadigma omarmen, kunnen zij hun gezag doen gelden en hun steun uitspreken voor een nieuwe benadering van de bescherming en het behoud van regenwater op het land. In sommige gevallen hebben deze instellingen de bevoegdheden van het internationaal recht in bevoegdheden die, indien nodig, uiteraard in passende mate en met inachtneming van het subsidiariteitsbeginsel kunnen worden gebruikt. Net zoals de VN zich konden mobiliseren om het onderzoek naar het verband tussen klimaatveranderingen en broeikasgassen (IPCC) te ondersteunen en om concrete stappen te zetten bij de uitvoering van de conclusies van dit onderzoek (bijvoorbeeld het Protocol van Kyoto), zou zij op soortgelijke wijze moeten handelen met betrekking tot de rol van water en de noodzaak om de kleine watercycli over de continenten te vernieuwen. De actualisering van ontwikkelingshulp van landen of gemeenschappen van staten aan ontwikkelingslanden zou deze nieuwe dimensie kunnen krijgen. In het belang van de controleprocessen zou aan de lijst van indicatoren voor duurzame ontwikkeling in Agenda 21 moeten worden toegevoegd het toezicht op de vernieuwing van de kleine waterkringloop over land (over continenten, regio's, nederzettingen) en de uitvoering van uitgebreide systematische maatregelen ter vergroting van het watervasthoudend vermogen en uitgebreide anti-erosiemaatregelen. De vernieuwing van de kleine waterkringloop en het geïntegreerde beheer van watervoorraden in stroomgebieden zouden een nieuwe pijler kunnen worden onder de landbouw-, bosbouw- en waterbeheerpraktijk, van een solidariteitsbeleid en van het beleid voor plattelandontwikkeling (waardoor

Gelegenheid
voor
internationale
instellingen

mogelijkheden ontstaan voor een zinvollere hervorming van het gemeenschappelijk landbouwbeleid van de EU).

"De dag is niet ver weg dat het als verkeerd zal worden beschouwd wanneer een ingenieur zonder kennis van biologie, en vooral van ecologie, met een lineaal het platteland in gaat en het wil veranderen... Het natuurlijke landschap is door deze veranderingen zo geschonden, zo armoedig en oppervlakkig geciviliseerd achtergelaten, dat binnenkort iedereen de noodzaak zal voelen om ons platteland zijn echte betekenis en waarde terug te geven. Maar hoe? Een eenvoudige terugkeer naar de oorspronkelijke staat is niet mogelijk. We kunnen de bevolking niet van het aardoppervlak wissen, noch kunnen we haar economische vooruitgang, levensstandaard en betrokkenheid bij wereldwijde productieprocessen verminderen. We kunnen niets van wat ons tijdperk onderscheidt van de periode honderd jaar geleden ongedaan maken. Integendeel, we moeten alles naar een hoger niveau tillen. Daarom kunnen we het platteland niet in een stadium van economisch primitivisme houden. Er blijft niets anders over dan de huidige toestand van het land te veranderen, maar dan wel op een intelligentere, natuurlijkere en professionelere manier. En dit is een taak die zo nobel is dat alle missies van de negentiende eeuw erbij verbleken."

Vladimír Úlehla, 1947

Cited from the publication of Míchal I. *Ecological Stability*, pg. 217, Veronica, Brno, 1994

De economische en systematische evaluatie van de voordelen van het nieuwe waterparadigma kan worden onderverdeeld in drie gebieden: balansen berekeningen, economische berekeningen en de beoordeling van sociale en milieukosten en -baten van afzonderlijke scenario's.

Balans

Berekeningen maken het mogelijk de waterbalans van een gebied te controleren en weerpatronen te analyseren (temperatuurpatronen, neerslagtotalen, het verloop van de

waterafvoer uit een gebied, veranderingen in het grondwaterpeil, veranderende niveaus van bodemvochtigheid, de frequentie van extreme weersomstandigheden).

Economische berekeningen van de afzonderlijke geprojecteerde patronen omvatten aanpassingskosten, schade veroorzaakt door extreme weersomstandigheden en een daling in de economische prestaties van een gebied. De beoordeling van sociale en milieuaspecten omvat ook verschillende activa die niet gemakkelijk financieel kunnen worden uitgedrukt.

Aspekten van
beoordeling
voordelen

De twee primaire scenario's vanuit het oogpunt van het nieuwe water paradigma zijn afgeleid van de meest algemeen aangenomen redenen voor klimaat verandering. Het scenario dat voortkomt uit de beslissende rol van de groei van CO₂-concentraties in de atmosfeer, wat zowel wetenschappelijk als politiek de meest gangbare theorie, gaat ervan uit dat aanpassing en verbetering van de technologie om de uitstoot van CO₂ te verminderen een noodzakelijke stap is in de reactie op de klimaatverandering. Dit scenario geeft aan dat tegen het einde van de 21e eeuw het volgende te verwachten valt: een stijging van de mondiale temperaturen aan het aardoppervlak met 5 à 6 °C; een stijging van de zeespiegel met 50 à 100 cm; een toename van extreme weersomstandigheden; economische schade die tot 1 à 5% van het jaarlijkse bruto binnenlands product van elk land kan oplopen, met een mogelijke versnelling tot 20% in de meest ongunstige omstandigheden.

Het IPCC
scenario

Het scenario dat voortvloeit uit de beslissende rol van water in het herstel van het klimaat door de vernieuwing van de kleine waterkringloop gaat uit van een meer actieve aanpak, en in het geval van wereldwijde uitvoering van de maatregelen van het nieuwe waterparadigma, belooft een fundamentele, over de gehele linie:

water
gebruik
als scenario

- afname van extreme weersomstandigheden op het land,
- een gelijkmatiger spreiding van de neerslag over de continenten,
- een doeltreffende bescherming tegen overstromingen en droogte,
- de stabilisering van het klimaat in landelijke en stedelijke omgevingen,
- voldoende water voor de groei van de wereldbevolking,
- een afname van de economische schade ten gevolge van extreme weersomstandigheden.
- met betrekking tot de stijging van de mondiale temperatuur van de aarde en de stijging van de zeespiegel belooft zij een matiging van hun stijging afhankelijk

waarin deze het gevolg van menselijke activiteiten bij de transformatie van het landoppervlak.

Het nieuwe waterparadigma vertegenwoordigt, zowel qua tijd als qua geld, een beheersbare investering in verband met de stabilisatie van het klimaat en de voorziening van voldoende water. Voor de uitvoering van de noodzakelijke maatregelen in een land zouden investeringskosten ter waarde van ongeveer 0,1% van het jaarlijkse BBP van een land voldoende moeten zijn voor een programma dat 10-15 jaar duurt. Deze kosten komen overeen met de kosten die nodig zijn voor de voorbereiding en uitvoering van omvattende overstromingspreventiemaatregelen (anti-erosie- en waterconserveringsmaatregelen) in een regio. De gemiddelde kosten voor de vernieuwing van de kleine waterkringloop (verhoging van het waterbewarend vermogen van stroomgebieden en vermindering van erosieprocessen) in een landeenheid hangen af van de aard en de morfologie ervan en de noodzaak van ingrijpen. Er zijn diverse technologische en biotechnische maatregelen die geen massale investeringen en investeringsconstructie vereisen. Integendeel, ze zijn niet veeleisend en maken gebruik van plaatselijke materialen en arbeidskrachten. Het onderhoud van de in een gebied uitgevoerde maatregelen zou door de grondeigenaren worden verzorgd. Dit zou echter slechts een betrekkelijk gering bedrag kosten en een nuttig niveau van primaire en vervolgens secundaire werkgelegenheid op mondiaal niveau creëren. De gemiddelde kosten voor de uitvoering van het nieuwe waterparadigma voor elke vierkante kilometer land bedragen dus 0,1% van het jaarlijkse BBP van een land, vermenigvuldigd met het aantal jaren dat nodig is voor de uitvoering en vervolgens gedeeld door de oppervlakte van het gebied (in km²). Deze aanpak is minder duur dan alle andere oplossingen die reeds zijn uitgeprobeerd of voorgesteld.

63 <http://www.ipcc.ch/>

64 http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews