



Biologia Ambientale

rivista del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale

volume 35

2021 (1° suppl.)

L'ACQUA PER IL RECUPERO DEL CLIMA Un nuovo paradigma dell'acqua



M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kováč, E. Tóth

IMPRESSO NEL MESE DI LUGLIO MMXXI
DALLA «MAURI ARTE GRAFICA» - CREMONA

M. Kravčík, J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kováč, E. Tóth

L'ACQUA PER IL RECUPERO DEL CLIMA
Un nuovo paradigma dell'acqua

EDIZIONE ITALIANA

Supplemento n. 1 a *Biologia Ambientale*, vol. 35, 2021

Autori:

Michal Kravčík, Jan Pokorný, Juraj Kohutiar, Martin Kováč, Eugen Tóth

Traduzione: Rossella Azzoni, Gilberto N. Baldaccini, Claudia Orlandi, Gianluigi Rossi, Giuseppe Sansoni, Maurizio Siligardi, Raffaella Zorza

Stampa: MAURI Arte Grafica, Cremona.

Ringraziamenti: il CISBA ringrazia sentitamente gli autori per aver concesso l'autorizzazione all'edizione italiana e fornito il relativo supporto tecnico (foto e illustrazioni).

ISBN: 9788890877919

Citazione bibliografica suggerita:

Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E. **L'acqua per il recupero del clima. Un nuovo paradigma dell'acqua.** *Biologia Ambientale*, 35 (2021, suppl. n. 1). DOI 10.30463/ao211.008

EDIZIONE ORIGINALE SLOVACCA

Autori:

Ing. Michal Kravčík, CSc.; RNDr. Jan Pokorný, CSc.; Ing. Juraj Kohutiar; Ing. Martin Kováč; RNDr. Eugen Tóth

Consulenti:

Prof. Ing. Rudolf Midriak, DrSc.; RNDr. Václav Cílek, CSc.; PhDr. Gabriel Bianchi, CSc.; Ing. Viktor Nižnanský, PhD.; PhDr. Róbert Kotian; Ing. arch. Radoslav Mokriš; Prof. RNDr. Michal Hnatic, DrSc.

Preparazione di diagrammi e grafici: Ing. arch. Lubica Mokrišová

Fotografi: Ing. Michal Kravčík, CSc.; RNDr. Jan Pokorný, CSc.; RNDr. Eugen Tóth

Foto di copertina: Ing. Stanislav Staško

Pubblicazione stampata col sostegno finanziario di: Municipalia a.s. e TORY Consulting a.s.

Anno di pubblicazione: 2007

Questa pubblicazione è nata dalla cooperazione tra i partner: ONG People and Water, Associazione delle città e dei Comuni della Slovacchia, la società di solidarietà ENKI e la Fondazione per il sostegno alle attività civiche. La sua realizzazione sarebbe stata molto più difficile senza il supporto dei colleghi e amici di People and Water.

SOMMARIO

Presentazione dell'edizione italiana	5
Premessa all'edizione italiana	7
1. Il nuovo paradigma dell'acqua: necessità e finalità	11
2. Il ciclo dell'acqua in natura	19
2.1 I quattro "comparti" dell'acqua	19
2.2 Acqua ed energia termica	21
2.3. Il grande ciclo dell'acqua	24
2.4 Il piccolo ciclo dell'acqua	26
2.5 Il bilancio del ciclo dell'acqua	28
3 Circolazione dell'acqua e trasformazione dell'energia solare: il ruolo della vegetazione	33
3.1 Il flusso e la distribuzione dell'energia solare al suolo	34
3.2 La vegetazione, l'acqua e la distribuzione del calore	37
3.3 L'impatto del drenaggio e della rimozione della vegetazione sul rilascio di calore	43
4. L'uso del suolo: effetti sulla circolazione dell'acqua	45
4.1 Foreste	45
4.2 Il territorio rurale	49
4.3 I corpi idrici	54
4.4 Le città	56
5. Le conseguenze del deficit d'acqua nel piccolo ciclo	63
5.1 Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e incremento degli eventi climatici estremi	63
5.2 Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e innalzamento degli oceani	71
5.3 Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e aumento delle tensioni sociali	74
6. Il vecchio e il nuovo paradigma dell'acqua	79
6.1 Il vecchio paradigma dell'acqua	79
6.2 Il nuovo paradigma dell'acqua	84
7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni	97
7.1 La conservazione dell'acqua piovana nella nostra storia	97
7.2 Principi, metodi e vantaggi della conservazione dell'acqua piovana sul terreno	101
7.3 Il settore civile	106
7.4 Il settore economico	108
7.5 Istituzioni del settore pubblico	110
7.6 Costi finanziari e valutazione degli scenari	114
8 Riepilogo finale	117
9 Il nuovo paradigma in cammino	119

PRESENTAZIONE DELL'EDIZIONE ITALIANA

Ci si potrebbe chiedere perché mai il Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (CISBA) si sia preso la “briga” di tradurre un volume slovacco, non di recente pubblicazione (2007) accompagnato da bibliografia per alcune citazioni non più attuali, su un nuovo paradigma dell'acqua scritto da tre ingegneri, un matematico e un solo naturalista? La ragione è inscritta nel DNA stesso del CISBA.

Il CISBA, infatti, nella sua intensa attività di formazione professionale di operatori nelle indagini ambientali, non si è mai limitato a trasmettere la sola competenza tecnica-esecutiva in quanto essa, pur indispensabile, è solo un prerequisito di base. Le vere ricadute dipendono dall'ampiezza e completezza del quadro concettuale ecologico degli operatori, che fa la differenza tra meri esecutori tecnici e veri esperti in ecosistemi idrici.

Per capire l'importanza del quadro concettuale, basti pensare che per gran parte del secolo scorso la valutazione della qualità dei fiumi si è fondata sui soli esami chimici e batteriologici di campioni d'acqua. Era sufficiente che le acque fossero di buona qualità analitica per giudicare in ottime condizioni anche un corso d'acqua completamente cementificato e privo di vita (flora e fauna). La cecità di tali modalità di controllo rifletteva una concezione utilitaristica, non esplicitamente dichiarata dei fiumi, cioè l'idoneità delle acque agli usi umani. Gli stessi operatori addetti al controllo trovavano scontate e naturali tali modalità che oggi appaiono a tutti assolutamente inadeguate.

Sul finire del secolo scorso si è affermata una nuova visione dei fiumi che ne ha riconosciuto il valore intrinseco di ecosistemi (a prescindere dagli usi umani) e, come logica conseguenza di questa rivoluzione culturale, si sono imposte nuove modalità di controllo, fondate principalmente sull'idoneità dei corsi d'acqua a sostenere la vita delle comunità animali e vegetali acquatiche. Dalla qualità dell'acqua si è passati allo stato ecologico dei corsi d'acqua.

Questo grande cambiamento è il frutto dell'affermazione di un nuovo paradigma: si è osservata la realtà da un nuovo punto di vista, diverso dalla concezione allora dominante, utilizzando una nuova chiave di lettura per la comprensione di questi ambienti con soluzioni e criteri

innovativi da applicare alla gestione dei corsi d'acqua. Il CISBA, in quanto protagonista attivo di questa rivoluzione culturale, è perfettamente consapevole delle profonde ricadute pratiche e dell'innovativo modo di interpretare la realtà.

Gli operatori formati dal CISBA erano pronti, con vent'anni di anticipo, alla rivoluzione culturale sancita in seguito dalla Direttiva 2000/60/CE che ha spostato l'attenzione dal *campione d'acqua* a una visione del *fiume come ecosistema*. Si sono così imposte nuove modalità di controllo, fondate principalmente sull'idoneità dei corsi d'acqua a sostenere la vita delle comunità animali e vegetali acquatiche. Dalla qualità del solo elemento acqua, si è declinato il concetto di Buona Qualità Ambientale dove, il raggiungimento del giudizio Buono da assegnare all'Ecosistema fluviale, passa dal raggiungimento e dalla complementarità del Buono Stato Ecologico e del Buono Stato Chimico.

Il Cisba possiede il retroterra culturale per comprendere, interpretare e sottoporre alla vostra attenzione i diversi accorgimenti individuati dagli autori per trattenerne le acque sul territorio puntando, in particolare, alla saturazione degli acquiferi. Le proposte non sono semplici espedienti finalizzati soltanto ad assicurare la disponibilità quantitativa e qualitativa delle risorse idriche per usi umani ed ecologici, ma puntano anche a un riequilibrio complessivo del ciclo dell'acqua e, di conseguenza, delle sue fondamentali funzioni di regolazione del clima (locale e planetario).

Con la pubblicazione dell'edizione italiana di questo volume il CISBA intende farsi parte attiva nel promuovere una strategia che può apportare immensi benefici, agli ecosistemi acquatici dell'intero pianeta.

Questo messaggio è come il lancio di un sasso nello stagno: può raggiungere sponde lontane.

La presidente del CISBA
Daniela Lucchini

PREMESSA ALL'EDIZIONE ITALIANA

Il nuovo paradigma: non sommatoria di buoni consigli, ma rivoluzione culturale

Può un'idea cambiare il mondo? Sì! Anzi, dietro ogni grande rivoluzione (scientifica, culturale, politica) c'è sempre un pensiero-guida, una visione, un paradigma.

Il nuovo paradigma dell'acqua proposto dagli autori è un quadro concettuale che restituisce al piccolo ciclo dell'acqua l'importanza che merita, segnala gli ingenti danni che l'umanità sta subendo a causa della rottura di questo ciclo (derivante principalmente dal drenaggio antropico del territorio) e, coerentemente, individua le azioni efficaci per porvi rimedio (essenzialmente la saturazione idrica dei terreni).

Il volume fornisce dunque gli strumenti concettuali per un nuovo approccio alla gestione delle risorse idriche, in grado di mettere in discussione le pratiche attuali e di coinvolgere tutti (dal singolo cittadino alle organizzazioni internazionali) in un intento comune.

Molte delle azioni proposte sono già note e suggerite, anche da enti internazionali, per il contributo che ciascuna di esse, presa singolarmente, apporterebbe alla soluzione di un dato problema. Merito del volume è superare l'approccio parcellizzato e metterle in sinergia in un quadro unificante che, se recepito, potrebbe non solo risolvere alcuni problemi locali, ma anche risanare l'intero pianeta dal punto di vista idrico e, in misura più o meno ampia, anche climatico.

In questa premessa ci piace suggerire anche una chiave di lettura alla quale il volume dedica uno spazio marginale, ma che è della massima importanza: la relazione tra il paradigma dell'acqua e quello del riscaldamento globale.

Il riscaldamento globale: la forza di un paradigma

La forza del paradigma del riscaldamento globale si manifesta concretamente negli impegni internazionali assunti per ridurre le emissioni di gas serra e nella sua capacità di mobilitare a livello planetario milioni di giovani per salvare la terra (la 'generazione Greta').

Questa evoluzione culturale, infatti, non avrebbe potuto verificarsi se la scienza non avesse raccolto un insieme sterminato di dati e conoscenze in un modello coerente che fornisce un'interpretazione convincente delle cause dei cambiamenti climatici, capace di stimolare nuove idee in grado di dare risposte convincenti e attuabili da tutti i settori della società (singoli, associazioni, aziende, enti, governi, organizzazioni internazionali).

Il cuore del paradigma del riscaldamento globale è l'individuazione dei rapporti di causa-effetto tra aumento della concentrazione di CO₂ atmosferica, aumento planetario della temperatura e conseguenze indesiderabili (scioglimento dei ghiacciai, innalzamento dei livelli dei mari, desertificazione, incremento degli eventi meteorologici estremi ecc.).

Il nuovo paradigma dell'acqua: un'altra rivoluzione

Il cuore del nuovo paradigma dell'acqua è l'individuazione dei rapporti di causa-effetto tra impoverimento idrico del suolo (causato da deforestazione, drenaggio dei terreni agricoli, impermeabilizzazione del suolo da urbanizzazione, rapido smaltimento a mare delle acque di piena ecc.) e aumento della temperatura, desertificazione, innalzamento del livello dei mari, incremento degli eventi meteorologici estremi ecc.

Nonostante la grande prudenza degli autori per evitare di mettere in contrapposizione i due paradigmi (dell'acqua e del riscaldamento globale), ad un lettore attento non può sfuggire quanto gli effetti da essi individuati siano in buona parte sovrapponibili, sebbene attribuiti a cause diverse.

Due paradigmi in conflitto?

Il paradigma del riscaldamento globale attribuisce l'innalzamento del livello dei mari allo scioglimento dei ghiacciai conseguente all'effetto serra, mentre il nuovo paradigma dell'acqua lo attribuisce, in parte, anche al progressivo smaltimento a mare delle precipitazioni (anziché recapitarle negli acquiferi terrestri), attuato dall'uomo su immense superfici.

Il riscaldamento dell'atmosfera e i processi di desertificazione, secondo il nuovo paradigma dell'acqua, sarebbero dovuti anche all'impoverimento idrico del suolo che, riducendo l'evapotraspirazione operata dalla copertura vegetale e il conseguente raffrescamento, conduce al riscaldamento del terreno e dell'atmosfera sovrastante (a livello locale ma che, moltiplicato per milioni di località e aggravato dalla deforestazione delle aree urbane, agricole e naturali, assume carattere globale).

Ovviamente la diversa individuazione delle cause può stimolare soluzioni diverse. Ad esempio, i due paradigmi convergono sull'importanza della riforestazione (che per il nuovo paradigma dell'acqua non è solo uno stoccaggio di CO₂ ma, soprattutto, un gigantesco 'impianto di condizionamento' in grado di raffrescare il pianeta e mitigare gli eventi meteorologici estremi), mentre divergono sulla gestione delle risorse idriche.

In particolare, il paradigma del riscaldamento globale è indifferente verso le pratiche attuali volte ad allontanare il più rapidamente possibile le acque ver-

so il mare (argini, canalizzazioni, drenaggi ecc.) e, tra le misure di *adattamento* alla siccità, contempla la creazione di riserve idriche (es. dighe per trattenere le acque fluviali negli invasi risultanti). Per il nuovo paradigma dell'acqua, invece, tali interventi sono inopportuni o, addirittura, crimini ambientali e devono pertanto essere sostituiti dal reintegro delle riserve idriche negli 'invasi' naturali del sottosuolo.

Paradigmi diversi, scenari diversi

Se interrompessimo completamente le emissioni di CO₂, il paradigma del riscaldamento globale prevede comunque un aumento (più contenuto) della temperatura per un lungo periodo. Coerentemente, si propone misure di *mitigazione* e misure di *adattamento* ai cambiamenti climatici (es. realizzazione di riserve idriche per fronteggiare le siccità, opere fluviali per fronteggiare le alluvioni, dighe costiere per contrastare l'innalzamento dei mari ecc.).

Il paradigma dell'acqua, dal canto suo, offre uno scenario meno cupo: se, infatti, adottassimo a livello planetario le misure suggerite (incremento della saturazione idrica dei suoli), nel giro di pochi decenni si registrerebbe già una sensibile riduzione degli effetti indesiderati (pur restando elevata la CO₂ atmosferica).

Una sfida stimolante da raccogliere

L'approccio scientifico non si basa su professioni di fede (dalle quali, anzi, rifugge), ma sulla verifica sperimentale delle ipotesi. Non si tratta dunque di mettere in contrapposizione i due paradigmi, ma di verificare in quale misura ciascuno di essi possa contribuire alla miglior comprensione delle cause dei cambiamenti climatici e all'individuazione delle migliori soluzioni.

Nel frattempo, tuttavia, per quanto riguarda le misure di mitigazione e adattamento, la saggezza suggerisce di privilegiare quegli interventi che non confliggano né con l'uno né con l'altro paradigma. Questa scelta, mettendoci al riparo da possibili interventi controproducenti, non può che giovare, anche concretamente, all'umanità.

Agli autori del volume va pertanto un sentito ringraziamento.

Maurizio Siligardi
socio storico del CISBA
promotore dell'edizione italiana

1. IL NUOVO PARADIGMA DELL'ACQUA: NECESSITÀ E FINALITÀ

*Tutto dovrebbe essere reso il più semplice possibile,
ma senza alcuna semplificazione.*
Albert Einstein

Con l'espressione "paradigma" si indica un insieme di supposizioni, concetti e opinioni assunto da un gruppo di scienziati nei confronti di un particolare problema scientifico.

Cos'è un
"paradigma"?

Questa accezione del termine è associata soprattutto al nome di Thomas Kuhn (1922-1996), professore di filosofia e storia della scienza. Il professor Kuhn colloca gli inizi della sua teoria della rivoluzione scientifica negli anni in cui stava preparando la tesi di dottorato. A quel tempo leggeva la *Fisica* di Aristotele, l'opera più autorevole in materia fino ai tempi di Isaac Newton. Kuhn fu colpito dalla diversità del pensiero di Aristotele rispetto a quello di Newton e dalla sua logica apparentemente errata, persino incomprensibile. Tuttavia, quando fu in grado di adottare un metodo diverso di interpretare l'opera di Aristotele e alcuni dei suoi concetti di base, il libro iniziò improvvisamente ad avere per lui un senso reale¹.

Kuhn osservò con sorpresa che nella fisica di Aristotele il termine "moto", diversamente da quanto affermato da Newton, significa non solo un cambiamento nella posizione dell'oggetto di indagine, ma anche altri cambiamenti, come la crescita, o un cambiamento di temperatura, o i processi di guarigione e simili².

Liberarsi
dal pensiero
convenzionale

Proprio come Kuhn ebbe bisogno di liberare la mente dalle idee convenzionali per comprendere Aristotele, anche la comprensione del presente lavoro può richiedere un certo allontanamento da alcune attuali teorie comuni e modi di percepire. Ad esempio, salvo diversa specificazione, quando questo lavoro parla di acqua intende non solo l'acqua visibile nei fiumi e nei laghi ma anche l'acqua in tutti i suoi stati, forme e occorrenze. Il vapore acqueo e le nuvole nell'atmosfera sono molto di più che riflessi poetici delle acque superficiali e sotterranee. Anche l'acqua contenuta negli organismi viventi, in particolare nelle piante, è al centro dell'attenzione di questo volume.

¹ Thomas Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" from *The Probabilistic Revolution, Volume I: Ideas in History*, eds. Lorenz Kruger, Lorraine, J. Daston, and Michael Heidelberger (Cambridge, MA: MIT Press, 1987), <http://www.units.muohio.edu/technologyandhumanities/kuhn.htm>

² ibidem

Fra le sue numerose opere filosofiche e scientifiche, Aristotele scrisse anche *Meteorologica*. Diversamente dall'odierno stretto ambito disciplinare, interessato solo ai fenomeni atmosferici, Aristotele trattò questo argomento addentrandosi in un ampio spettro di conoscenze e concetti sulla Terra. *Meteorologica* non è una delle migliori opere di questo geniale filosofo, ma l'autorità di Aristotele, dai tempi antichi fino all'inizio dell'età moderna, è stata così grande – grazie al suo brillante lavoro filosofico – che quasi nessuno ha osato sfidarlo, neppure in altri campi della conoscenza.

La possibilità di sfidare un paradigma

Lo sviluppo della ricerca e le nuove scoperte geografiche nel XVI secolo, mostrarono gradualmente la palese erroneità di molti concetti e dichiarazioni inclusi in *Meteorologica*. La *Meteorologica* di Aristotele può quindi servire come esempio di un paradigma che ha perso la sua validità e che deve essere sostituito con uno nuovo, in grado di fornire una miglior rappresentazione della realtà.

Il tema di questa pubblicazione è un paradigma sull'acqua, cioè una somma di supposizioni, concetti e opinioni di diversi gruppi della società (non solo scienziati) su tale argomento. L'acqua è un soggetto naturale per un paradigma, anche se non ha bisogno di essere articolato in formule scientifiche. I poeti ne hanno cantato il misticismo; i filosofi, al tempo della nascita della filosofia nell'antica Grecia, la considerarono una delle componenti fondamentali del mondo. Secondo Omero l'oceano era “*il padre di tutti gli dei*”³. Talete di Mileto considerò l'acqua la materia elementare del mondo⁴. Secondo Empedocle e altri, l'acqua era uno degli elementi primari del mondo, insieme a terra, fuoco e aria. L'acqua come base della vita e come mezzo purificatore è stata riccamente rappresentata nei simboli delle religioni del mondo. Nella Bibbia, il paradiso originale è descritto come il Giardino dell'Eden, fornito di acqua proveniente da quattro fiumi (tra i quali l'Eufrate e il Tigri). Una persona diventa formalmente cristiana attraverso il battesimo con l'acqua. Gli Indù, nel loro desiderio di liberazione, si tuffano nel fiume Gange e anche il paradiso promesso ai credenti nel Corano abbonda dell'acqua dei fiumi. Nelle percezioni spirituali dell'umanità l'armonia con l'acqua e con la sua circolazione naturale è percepita come un dono, una bontà o una benedizione, mentre le catastrofi da essa provocate sono considerate una punizione, un male o una maledizione.

L'acqua: mistica, religione, filosofia

3 Omero, Iliade, XIV, 201.

4 Diogene Laerzio: “Talete, questo 'sapiente', riteneva che l'acqua fosse il principio di tutte le cose”.

1. Il nuovo paradigma dell'acqua: necessità e finalità

L'acqua è innanzitutto un elemento fondamentale della vita. Secondo le attuali teorie, la vita ebbe origine nell'acqua per poi conquistare le terre emerse e, senza di essa, cesserebbe di esistere. L'acqua ha rivestito un ruolo fondamentale nella storia delle civiltà umane. Le più grandi civiltà si sono sviluppate direttamente attorno all'acqua: il Nilo in Egitto, l'Eufrate e il Tigri in Mesopotamia, il Fiume Giallo in Cina. La loro prosperità dipendeva sostanzialmente dall'abbondante disponibilità d'acqua. L'acqua ha permesso di soddisfare sia le esigenze umane più elementari che quelle più elevate, fornendo sostentamento, protezione, energia, trasporto, riposo, bellezza, armonia e ispirazione. La storia descrive le civiltà che si sono sviluppate con successo in terre fertili con ricca vegetazione e abbondante acqua. È possibile che molte di queste siano andate incontro al declino o all'estinzione proprio a causa del deterioramento delle loro fonti idriche. L'archeologia ci mostra le prove di antiche civiltà, un tempo fiorenti, nel deserto o nelle terre semiaride del Nord Africa, del Medio Oriente, dell'Iraq, dell'Iran o in altre parti del mondo, ma non sempre riflettiamo sul fatto che queste civiltà probabilmente si sono estinte nel corso di un processo che è tuttora attivo in molte aree del pianeta.

Ascesa e caduta delle civiltà

Il rapporto delle civiltà con l'acqua è cambiato nel corso della storia. In alcune civiltà l'acqua veniva venerata. Nel XX secolo si è tentato di confinare e domare l'acqua. Nello spirito dello slogan comunista⁵ “domiamo il vento e la pioggia” sono stati raggiunti importanti progressi dal punto di vista delle soluzioni immediate, ma dal punto di vista della sostenibilità il risultato è stato anche peggiore dell'adorazione dell'acqua. L'acqua, infatti, non può essere comandata, ma richiede un approccio più attento. La necessità di formulare un nuovo paradigma è una conseguenza del fallimento delle concezioni tradizionali (in questa pubblicazione chiamate “vecchio paradigma”) e si propone di offrire soluzioni durature e sostenibili rispetto ad alcune delle più scottanti questioni sulle risorse idriche e sulla circolazione dell'acqua. Il nuovo paradigma si è formato lentamente nell'ambito di un'associazione civica interessata agli aspetti scientifici e pratici di tali questioni. I primi rapporti furono pubblicati all'inizio degli anni '90⁶. La sua graduale elaborazione è il frutto dello studio delle conoscenze man mano acquisite attraverso lunghi anni di pratica e dell'ampliamento della nostra base di conoscenze. La sua pubblicazione esprime le preoccupazioni e l'attenzione di un'associazione e di cittadini interessati alle politiche dei beni pubblici, con l'obiettivo di rivedere l'attuale insoddisfacente approccio all'acqua e al suo ciclo.

La necessità di un nuovo paradigma

5 *Nota del traduttore.* Il testo, attribuendo all'ideologia comunista la pretesa di domare il vento e la pioggia, risente della storia recente della Slovacchia. Le pretese dell'ideologia capitalista e di quella tecnocratica della gran parte delle società democratiche non sono da meno.

6 Ad esempio, *The Principles of Water Management Policies and Proposed Measures – An Alternative Proposal, Water for the Third Millennium*, Slovak River Network, Košice, 1993.

Questo lavoro non si fonda su nuove conoscenze rivoluzionarie: la sua novità, piuttosto, deriva dall'aver tratto le conseguenze logiche dalle attuali conoscenze. Nonostante ciò, gli autori sono convinti che lo schema concettuale proposto, sia pure pionieristico, sia tale da cambiare radicalmente le pratiche di gestione delle risorse idriche e possa essere di grande ispirazione per ulteriori ricerche e per la comunità scientifica. Da molti anni –ormai in tutto il mondo– pubblicazioni e programmi di ricerca scientifica si occupano di cambiamenti climatici, esplorando una gamma di aspetti piuttosto ampia. Tuttavia essi riconducono l'intero insieme di questi cambiamenti quasi esclusivamente alla questione dei cosiddetti gas a effetto serra. Molti scienziati, in numerosi lavori, ritengono che la relazione tra l'idrosfera o tra i cambiamenti nei cicli idrologici e i cambiamenti climatici sia grande, ma che finora non sia stata sufficientemente studiata⁷. Mentre l'attenzione finora si è focalizzata sull'impatto dei cambiamenti climatici sul ciclo dell'acqua⁸, il nuovo paradigma –al contrario– raccomanda di concentrare l'attenzione sugli effetti climatici dei cambiamenti del ciclo dell'acqua. Se la visione alternativa presentata in questa pubblicazione è corretta, si apre la possibilità di una soluzione costruttiva a molti dei problemi associati ai cambiamenti climatici. Gli autori di questa pubblicazione ritengono che il piano per saturare il piccolo ciclo dell'acqua attraverso la conservazione dell'acqua piovana sul territorio sia una soluzione rivoluzionaria ai problemi indicati.

Un punto di vista diverso

Oltre a questa introduzione e al capitolo conclusivo, che riassume il messaggio della pubblicazione e il nuovo paradigma, l'opera si compone di una serie di capitoli.

Contenuto dei capitoli

Il secondo capitolo introduce brevemente ai quattro “comparti” dell'acqua, ai meccanismi del grande e piccolo ciclo dell'acqua e al loro bilancio energetico. Menziona brevemente il bilancio idrico e sottolinea il grande significato di variazioni apparentemente minime. Poiché l'acqua e la vegetazione svolgono un ruolo decisivo nella trasformazione dell'energia solare che cade sulla superficie terrestre, è chiaro il loro coinvolgimento nella regolazione del ciclo dell'acqua di una regione.

Il terzo capitolo affronta queste importanti relazioni che possono essere riassunte in:

- a) flusso di energia solare tra il Sole e la Terra,
- b) distribuzione dell'energia solare sul territorio,
- c) capacità della biomassa di trasformare la radiazione solare in altre forme

7 Ad esempio, 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.

8 Ad esempio, 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.

di energia,

- d) l'importanza dell'evaporazione dal suolo e dalle piante per il controllo del calore negli ecosistemi,
- e) conseguenze del drenaggio e della rimozione della vegetazione sul surriscaldamento del terreno.

Il quarto capitolo illustra la storia e l'impatto dello sfruttamento del territorio e delle variazioni d'uso del suolo sulle variazioni dei coefficienti di deflusso dell'acqua e sui conseguenti fenomeni negativi tra i quali, non ultimo, l'erosione del suolo.

Il quinto affronta i cambiamenti della frequenza temporale e della distribuzione spaziale delle precipitazioni per effetto dell'azione antropica, nonché gli impatti di questi cambiamenti non solo sui climi locali e globale ma anche, in particolare, sull'aumento degli eventi meteorologici estremi. Il capitolo analizza la ragione dell'innalzamento del livello del mare da un punto di vista e con un'enfasi diversi da quelli ai quali il lettore è comunemente abituato. Vengono brevemente affrontate le preoccupazioni dell'intera società riguardo all'ulteriore intensificarsi dei cambiamenti climatici e ai loro impatti sulla crescita delle tensioni mondiali e sulla destabilizzazione della vita sulla Terra. L'essenza di questa pubblicazione si trova nel sesto capitolo che, dopo un breve riepilogo degli approcci attuali alla gestione dell'acqua e dei loro impatti, sintetizza nel nuovo paradigma il nuovo approccio verso l'acqua. La proposta non si limita al cambiamento di mentalità –la nuova “cultura” dell'acqua– ma si sostanzia in metodi per mitigare o riparare il principale danno causato dalle attuali pratiche di gestione idrica del territorio.

Il settimo capitolo si apre con un breve sguardo storico su alcuni aspetti della gestione del territorio e delle risorse idriche nella Slovacchia, la regione geografica degli Autori. Prosegue proponendo uno schema di misure pratiche per la raccolta dell'acqua piovana sul territorio, una descrizione dei possibili accorgimenti adottabili nel settore pubblico e nei settori civile e commerciale che emergeranno come logica conseguenza dell'accettazione del nuovo paradigma. Questo capitolo offre infine un quadro di confronto dei costi economici e dell'efficacia dei nuovi processi e misure suggeriti rispetto agli approcci attuali.

Gli errori commessi con decisioni strategiche o all'inizio di una grande impresa, possono avere conseguenze negative a lungo termine e di vasta portata. La visione distorta di un problema può spesso portare a misure controproducenti.

*Le idee hanno
conseguenze
concrete*

Ecco perché la conoscenza dei paradigmi corretti è importante in molti campi delle politiche pubbliche. L'acquisizione di questa conoscenza non è cosa di poco conto: spesso viene raggiunta per tentativi ed errori, procedimento che

talora può essere molto costoso. È noto che i problemi dell'acqua e della sua circolazione richiedono di essere risolti a tutti i livelli: internazionale, nazionale, regionale, locale, comunale e individuale. Il nuovo paradigma è rilevante per ciascuno di questi livelli perché li inserisce in un continuum, dove l'acqua, in tutte le sue forme ed espressioni, assume un ruolo cruciale: è una questione di prosperità o di declino e, perfino, di vita o di morte.

Gli aspetti chiave della gestione delle risorse idriche a livello statale sono: l'assunzione di decisioni politiche strategiche, la definizione degli strumenti legislativi, l'individuazione delle diverse autorità e delle responsabilità dell'amministrazione statale e locale, nonché lo stanziamento delle risorse finanziarie per la protezione, la creazione e l'utilizzo delle risorse idriche. Lo Stato attualmente supervisiona e si occupa della realizzazione di tutti gli aspetti idrici citati, nonché di altre problematiche. Tuttavia, se la sua attenzione e le sue misure non sono indirizzate al raggiungimento di un bilancio idrico sostenibile a livello nazionale, ivi compresi i bilanci idrici sul territorio di regioni, città e comunità, allora lo Stato –secondo il nuovo paradigma– sta agendo in modo irresponsabile nei confronti dei beni e della salute dei suoi stessi cittadini e perfino, a livello internazionale, nei confronti dell'intero insieme degli Stati nazionali.

Il ruolo
dello Stato

I governi locali sono responsabili dello sviluppo delle proprie comunità. L'attenzione per l'acqua a livello di amministrazione locale è una chiave per il benessere dei cittadini e per la salute e la sicurezza dell'ambiente. I comuni devono provvedere al più presto ed efficacemente a garantire la protezione del loro territorio da inondazioni, siccità e incendi e, allo stesso tempo, devono garantire abbondanza d'acqua di qualità per mantenere lo sviluppo della comunità. Lo sviluppo dei comuni dipende quindi da una quantità sufficiente di acqua e da un regime idrico stabile, che non minacci il benessere della collettività. In rapporto all'acqua lo sviluppo dei comuni deve basarsi anche sul principio della solidarietà, vale a dire che i comuni devono attuare una gestione delle risorse idriche a livello locale che non contribuisca a determinare minacce alle comunità vicine. L'individuazione delle possibili conseguenze delle influenze locali su ambiti più ampi, anche sui cambiamenti globali nel ciclo dell'acqua, crea una base per individuare soluzioni di successo, professionalmente ed efficacemente gestibili a livello locale secondo il noto principio di "*pensare globalmente, agire localmente*". Soluzioni sostenibili a livello locale contribuiscono alla stabilità a livello regionale, continentale e globale. Il paradigma presentato in questo volume offre indicazioni sufficienti cui ispirarsi, sia per il pensiero globale che per l'azione locale.

Il ruolo del
governo locale

1. Il nuovo paradigma dell'acqua: necessità e finalità

Alcuni soggetti economici sono impegnati nel commercio dell'acqua e nel soddisfare i bisogni economici, sociali e ambientali della società. Tuttavia, se usano acqua da fonti naturali e non la restituiscono al ciclo idrologico, causano una carenza d'acqua e gravi cambiamenti negativi in questo ciclo. Spesso, alla fine, danneggiano sia i loro clienti che se stessi. Il nuovo paradigma per l'acqua apre spazio alle imprese per rafforzare il proprio interesse alla conservazione e al rinnovo della risorsa nel ciclo idrologico.

*Fare affari
con l'acqua*

Allo stato attuale l'individuo è posto nella posizione di consumatore di acqua e, nella maggior parte dei casi, non è a conoscenza della propria parte di responsabilità per la protezione di questa risorsa, né delle possibilità o delle minacce che l'acqua (o la sua mancanza) può generare. Eppure ogni tetto e ogni cortile delle abitazioni familiari sono un micro bacino idrico in cui la precipitazione totale annua rappresenta un volume d'acqua sorprendentemente grande. L'acqua è una risorsa che ogni cittadino può utilizzare per migliorare la propria vita in vari modi. Tuttavia, senza ricavarne alcun profitto e pagando una tassa, può anche scaricarla direttamente nei fiumi e nel mare e contribuire così lentamente alla desertificazione del proprio ambiente e al cambiamento del microclima e, a lungo termine, del macroclima. Il nuovo paradigma dell'acqua rende consapevoli delle conseguenze di questa scelta.

Il ruolo dei singoli individui

Gli autori, lungi da alcun intento offensivo verso i sostenitori del "vecchio paradigma" o di urtare la suscettibilità di chiunque subirà i mutamenti che potrebbero derivare dal cambiamento di paradigma, ritengono che la pubblicazione del nuovo paradigma sia un passo verso un approccio responsabile e una mentalità più critica. Il nuovo paradigma dovrebbe essere accettato nello spirito con cui viene offerto. Gli autori forniscono una visione indipendente dello scenario globale della circolazione dell'acqua con i suoi effetti a livello continentale, nazionale, regionale o locale, augurandosi che questa conoscenza contribuisca al bene comune. L'accettazione del paradigma, oltre agli accorgimenti pratici suggeriti, significa in definitiva l'accettazione di una cultura idrica più elevata e, quindi, anche di una profonda revisione culturale della nostra civiltà. In definitiva, pertanto, si tratta di molto di più che di semplice acqua.

Il bene comune

2. IL CICLO DELL'ACQUA IN NATURA

Ora il sole, muovendosi come fa, avvia i processi di cambiamento, di divenire e di decadimento, e per il suo agire l'acqua ogni giorno più pura e dolce viene trasportata, si dissolve in vapore e risorge nelle regioni più elevate, dove viene nuovamente condensata dal freddo e così ritorna sulla terra.

Aristotele (*Meteorologica*)

Talete di Mileto considerò l'acqua la materia elementare del mondo. Empedocle e altri antichi, ma successivamente anche pensatori medievali e rinascimentali, la considerarono uno degli elementi primari del cosmo insieme a terra, fuoco e aria. In questo capitolo “viene preparato il terreno” per l'acqua e delineato un processo di interazione con gli altri “elementi di base” menzionati, durante la sua circolazione in natura.

2.1 I quattro “comparti” dell'acqua

Sulla Terra ci sono circa 1400 milioni di km³ di acqua (intesa in tutti i suoi stati: gassoso, liquido e solido) (Tab. 1), presente in quattro comparti: 1) mari e oceani; 2) terre emerse; 3) atmosfera; 4) organismi viventi.

I comparti dell'acqua

Tab. 1. Distribuzione delle riserve di acqua sulla Terra*

Riserve	volume d'acqua (milioni di km ³)	% del totale
Oceani e mari	1370	97,25
Iceberg e ghiacciai	29	2,05
Sottosuolo	9,5	0,68
Laghi	0,125	0,01
Suolo umido	0,065	0,005
Atmosfera	0,013	0,001
Fiumi	0,0017	0,0001
Biosfera	0,0006	0,00004
Riserva totale di acqua	1408,7053	100,00

L'acqua del primo comparto, presente nei mari e negli oceani, copre il 70,8% della superficie terrestre e rappresenta la maggior parte, pari al 97,25%, dell'intero volume presente sul pianeta. I mari e gli oceani svolgono la funzione chiave di assicurare la termoregolazione globale del pianeta. Nel corso dell'anno, infatti, la loro tem-

L'acqua negli oceani

2. Il ciclo dell'acqua in natura

peratura subisce minimi cambiamenti. Se non ci fossero gli oceani, quindi, all'alternarsi del giorno e della notte il nostro pianeta subirebbe fluttuazioni estreme di temperatura (come, ad esempio, avviene sulla luna) che lo renderebbero inospitale per la vita così come la conosciamo. Già fluttuazioni di temperatura leggermente più ampie rispetto alle attuali potrebbero avere conseguenze drammatiche sulla disponibilità delle riserve alimentari del pianeta. Ai fini di questa trattazione, tra le altre funzioni dei mari e degli oceani è di particolare interesse il processo di evaporazione che, rifornendo l'atmosfera, è la fonte delle precipitazioni sulle terre emerse.

La nostra immagine di acqua nel secondo comparto è spesso distorta, limitata cioè a quella presente nei fiumi, nei laghi e nei bacini artificiali. Viceversa, l'acqua allo stato solido (ghiacciai e nevi) costituisce il 2,05% del volume di tutta l'acqua della Terra e contiene fino al 70% delle riserve mondiali di acqua dolce (Tab. 1 e 2). Tra le acque superficiali, quelle dei fiumi rappresentano solo lo 0,0001% del volume di tutta l'acqua sulla Terra e quelle dei laghi (compresi i laghi salati e i mari interni) lo 0,01%. Le acque sotterranee e l'umidità del suolo rappresentano, insieme ai ghiacciai, la più grande riserva di acqua dolce sulla Terra (0,685%), superando di gran lunga le quantità presenti in tutti i fiumi e laghi del mondo.

*L'acqua nelle
terre emerse*

Tab. 2. Superficie dei continenti, oceani, deserti e zone glaciali con numero di abitanti nei diversi continenti⁹

	Superficie (km ²)	Ghiacci** (km ²)	Altezza media terre emerse (metri s.l.m.)	Aree desertiche oltre i 20000 km² (km ²)	Abitanti milioni (anno 2000)
Continenti	149.409.000	16.081.030		13.771.000	6076
Europa	10.382.000	115.000	290		729
Asia	44.410.000	89.000	960	3.480.000	3686
Africa	30.329.000	15	650	8.922.000	796
Nord e centro America*	24.360.000	2.049.000	715	39.000	411
Sud America	17.843.000	25.000	580	160.000	424
Oceania	8.910.000	1015	340	1.170.000	30
Antartide	13.175.000	13.802.000	2.000		
Oceani	361.455.000		Profondità media (m)		
Pacifico	179.680.000		4.028		
Atlantico	94.243.000		3.542		
Indiano	76.170.000		3.710		
mare Artico	11.362.000		1.228		
totale Terra	510.864.000				

* compresa la Groenlandia che, pur appartenendo per ragioni politiche e storiche alla Danimarca e l'Europa, appartiene geograficamente al continente nord-americano. Il suo territorio glaciale ammonta a 1.802.600 km²

** l'area glaciale delle Alpi ammonta a 3.600 km²

⁹ Fonte: www.geohive.com e altre risorse di Wikipedia.

L'acqua nel suolo, in termini di quantità e utilità, è più importante dell'acqua nei fiumi. Questo tesoro, nascosto e poco conosciuto, viene tuttavia trascurato e, di conseguenza, sprecato. Scopo di questa pubblicazione è evidenziare e valorizzare le funzioni delle acque sotterranee in relazione con quelle del "terzo comparto".

Il volume di acqua presente nell'atmosfera (in tutti e tre gli stati) è circa dieci volte maggiore del volume dell'acqua contenuta in tutti i fiumi. Teoricamente, se tutta l'acqua presente nell'atmosfera dovesse cadere improvvisamente sotto forma di precipitazione, coprirebbe la superficie della terra con uno strato immaginario di 25 mm. Proprio come i mari e gli oceani sono la chiave della funzione di termoregolazione globale per il nostro pianeta, l'acqua nell'atmosfera ha un ruolo chiave nella termoregolazione locale.

L'acqua nell'atmosfera

L'acqua è intorno a noi, ma non solo: è anche dentro di noi. L'acqua contenuta nel quarto comparto, cioè negli organismi viventi, rappresenta circa lo 0,00004% del volume di tutta l'acqua presente sulla Terra: è il volume minore fra quelli finora considerati. Ma, nonostante l'esiguità del volume complessivo, quest'acqua ha un'importanza fondamentale per ogni singola forma di vita. Il corpo umano, ad esempio, ne contiene più del 60% e tutti i processi fisiologici si svolgono in un ambiente costituito principalmente da acqua. Il contenuto di acqua nelle piante varia a seconda della specie ed è spesso molto più elevato rispetto a quello presente negli animali. I volumi di acqua accumulati nella vegetazione non sono insignificanti, così come i volumi accumulati nel suolo grazie alla funzione ombreggiante della vegetazione. La vegetazione sulla terra ha un ruolo estremamente importante nella regolazione dell'evaporazione dal suolo e contribuisce in modo significativo a mantenere la stabilità termica del terreno, dalla quale dipendono in larga misura la sua stessa esistenza e il suo successo. Tutte le forme superiori di vita sulla Terra dipendono dalla presenza e abbondanza della vegetazione.

L'acqua nel biota

2.2 Acqua ed energia termica

L'acqua possiede l'eccezionale caratteristica di essere presente, alle temperature normalmente rilevate sulla Terra, in tutti e tre i suoi stati fisici (solido, liquido, gassoso). Ad ogni cambiamento di stato si verifica l'assorbimento o la liberazione di energia termica. Con il passaggio dagli stati solido e liquido allo stato di vapore l'acqua acquisisce un'elevata mobilità, grazie alla quale volumi relativamente grandi sono in grado di spostarsi rapidamente in direzione oriz-

Assorbimento e liberazione del calore

zontale e verticale. Allo stesso tempo, l'acqua è caratterizzata da una capacità termica (ovvero la capacità di assorbire energia termica) superiore a quella di tutte le sostanze conosciute. Grazie alla capacità di immagazzinare e rilasciare, così come trasferire, riflettere o diffondere, l'energia, l'acqua in tutti i suoi stati può raffreddare o riscaldare il pianeta secondo necessità. Questa proprietà termica ha reso possibile la vita sulla Terra.

L'acqua equilibra gli estremi termici tra il giorno e la notte, tra le diverse stagioni e tra le singole regioni, e allo stesso tempo tempera gli estremi nel tempo meteorologico. Il vapore acqueo è il gas serra più diffuso nell'atmosfera¹⁰. La sua concentrazione nell'atmosfera è piuttosto variabile, ma in genere oscilla tra l'1 e il 4 % (mentre la concentrazione di CO₂ è dello 0,0383 %). Più acqua c'è nell'atmosfera, più forte è il suo effetto moderatore sulle temperature e minori sono le variazioni nel tempo meteorologico. Meno acqua c'è nell'atmosfera, più debole è il suo effetto moderatore sulle temperature e più estreme sono le variazioni del tempo. Dove manca l'acqua nel suolo e nell'atmosfera, in genere predominano condizioni termiche estreme. L'acqua e il vapore acqueo influenzano in modo molto rilevante il clima sulla Terra. Nonostante ciò, il loro ruolo nell'atmosfera è uno dei temi meno studiati e raramente discussi¹¹.

*Bilanciamento
delle
temperature*

La radiazione solare favorisce l'evaporazione dell'acqua da mari, laghi, fiumi, zone umide, suolo e piante verso l'atmosfera. L'evaporazione di ogni molecola di acqua assorbe calore e quindi raffredda la superficie terrestre. L'acqua evaporata nell'atmosfera condensa e forma nuvole, nebbia, precipitazioni o cristalli di ghiaccio. Il vapore acqueo che sale negli strati alti e freddi dell'atmosfera condensa, rilasciando quindi energia termica, e ritorna a terra sotto forma di pioggia. La ripetizione di questo processo di evaporazione e di condensazione rappresenta il meccanismo di azione per l'eliminazione dell'energia termica in eccesso e somiglia a un ingegnoso dispositivo di raffreddamento. Normalmente, in qualsiasi momento, circa la metà della superficie terrestre è oscurata dalla copertura nuvolosa. Le nuvole limitano l'ingresso della radiazione solare nell'atmosfera e sulla superficie della Terra, riducendo così l'evaporazione e quindi l'ulteriore formazione di nuvole.

*La funzione
raffreddante
della pioggia*

¹⁰ Vedi, ad esempio: "The Climatic Effects of Water Vapour," Feature: May 2003, <http://physicsweb.org/articles/world/16/5/7/1>

¹¹ Vedi, ad esempio: "Water Vapour Supplies New Climate Clues," August 2002, <http://physicsweb.org/articles/news/6/8/7/1#020805>

2. Il ciclo dell'acqua in natura

Le nuvole svolgono un ruolo importante nella regolazione del bilancio energetico della Terra in relazione ai vari tipi di radiazione solare. Riflettono parte della radiazione a onde corte limitandone l'arrivo nell'atmosfera e sulla superficie terrestre, proteggendo così quest'ultima da un eccessivo riscaldamento. Tuttavia le nuvole catturano anche parte della radiazione a onda lunga (termica) proveniente dalla Terra, radiazione che altrimenti si disperderebbe nello spazio: hanno quindi anche un effetto riscaldante. L'effetto di raffreddamento o riscaldamento delle nuvole dipende dal loro tipo e dalla loro altitudine. I cumuli a bassa quota raffreddano la Terra mentre i sottili cirri ad alta quota hanno un effetto riscaldante¹². Le ricerche sugli effetti termoregolatori delle nuvole e sul loro equilibrio si sono dimostrati molto promettenti e molto interessanti rispetto agli attuali problemi dell'umanità.

La funzione termoregolatrice delle nuvole

Quando la radiazione solare colpisce suoli con un buon contenuto idrico, la maggior parte dell'energia viene utilizzata per l'evaporazione; il resto si trasforma in calore sensibile, riscalda il suolo, viene riflessa o è utilizzata per la fotosintesi. Se i raggi solari cadono su terreni drenati, la maggior parte della radiazione solare viene convertita in calore sensibile; nelle aree sufficientemente umide nell'arco dell'anno, invece, viene sfruttata per l'evaporazione. Pertanto le superfici acquatiche, i terreni saturi e la vegetazione giocano un ruolo importante nella circolazione dell'acqua sul territorio. La vegetazione, inoltre, svolge la funzione di valvola tra il suolo e l'atmosfera: protegge il terreno dal surriscaldamento (e quindi dall'essiccamento) e ottimizza l'intensità dell'evaporazione regolando la traspirazione dagli stomi (pori dell'epidermide fogliare). La vegetazione ben idratata ha quindi rilevanti capacità rinfrescanti e di climatizzazione. La vegetazione (la sua quantità, tipo e qualità), inoltre, influenza in maniera importante il deflusso superficiale nei bacini idrografici. A causa della deforestazione, dell'agricoltura e delle attività urbane, la quantità di acqua sul territorio è cambiata: l'umanità sta quindi inconsapevolmente modificando i flussi di enormi quantità di acqua ed energia (per maggiori dettagli si veda il capitolo 3).

Vegetazione e evaporazione

Il calore (insieme alla forza di gravità) è il motore del ciclo globale dell'acqua, che si compone del grande ciclo e del piccolo ciclo (Fig. 1). L'acqua nel ciclo idrologico è come il sangue e la linfa per la vita in quanto, sotto l'influenza dell'energia solare e della gravità, scorre, circola e vibra in tutte le sue forme, tra i mari, la terra

Depurazione e trasporto

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

2. Il ciclo dell'acqua in natura

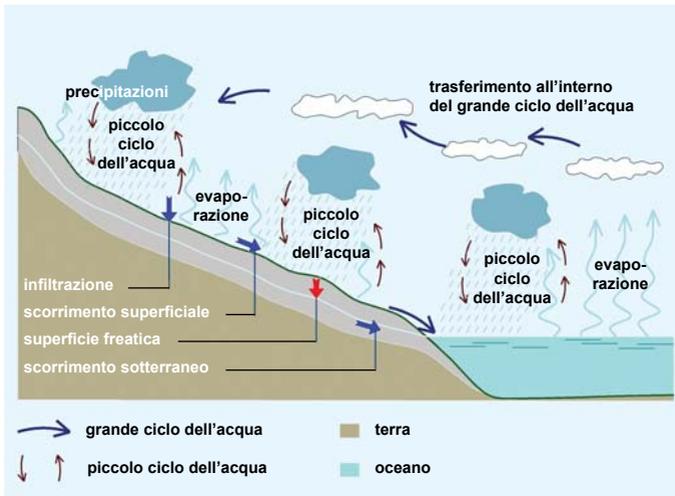


Fig. 1. Il grande ciclo dell'acqua e i piccoli cicli sul territorio.

e l'atmosfera. L'acqua piovana, attraversando l'atmosfera, assorbe anidride carbonica e ammoniaca nonché altri gas e impurità. Analogamente, quando scorre sulla superficie terrestre o, durante l'infiltrazione, attraverso il suolo e il sottosuolo, viene arricchita di numerosi minerali. Mediante tutti questi movimenti l'acqua guida, pulisce e termoregola gli ecosistemi, ma nel contempo erode il suolo. La quantità di sostanze minerali che trasporta nei mari e negli oceani ogni anno è stimata in 3,5 miliardi di tonnellate. L'azione di erosione del suolo e di dilavamento dei nutrienti è uno dei motivi per cui dovremmo rallentare lo scorrimento delle acque piovane e far sì che i fiumi trasportino nei mari solo quelle quantità d'acqua eccedenti l'ottimale contenuto idrico dei terreni e dell'atmosfera.

2.3. Il grande ciclo dell'acqua

Il grande ciclo dell'acqua è rappresentato dallo scambio di acqua tra oceano e terra. Circa 550 mila km³ di acqua evaporano ogni anno nell'atmosfera: di questi, circa l'86% proviene dai mari e dagli oceani e il restante 14% dalla terra.

Evaporazione dagli oceani e precipitazioni

Questa evaporazione origina le precipitazioni atmosferiche, il 74% delle quali cade sui mari e sugli oceani e il 26% sulla terra. Ne consegue che i mari e gli oceani, attraverso l'evaporazione e le precipitazioni, forniscono al suolo un certo volume di acqua che –attraverso flussi atmosferici termodinamici– si sposta a grande distanza sui continenti, dove poi ricade sotto forma di pioggia o neve.

2. Il ciclo dell'acqua in natura

Parte dell'acqua delle precipitazioni si infiltra nel terreno e, se raggiunge la falda freatica, va ad aggiungersi al deflusso delle acque sotterranee (eccetto per le regioni che ne sono prive). Parte di essa viene utilizzata dalla vegetazione o evapora nuovamente. Il resto delle acque precipitate –ma non infiltratesi nel terreno– forma il deflusso superficiale del reticolo idrografico e torna ai mari e agli oceani. Così il grande ciclo dell'acqua si completa.

Il bilancio del grande ciclo dell'acqua

In condizioni di equilibrio, il volume di acqua che fluisce dai continenti nei mari e negli oceani è pari a quello che cade sui continenti sotto forma di precipitazioni originate dagli oceani. Ma deviazioni, anche relativamente piccole, da questo stato di equilibrio possono comportare grandi problemi nei continenti, in particolare se si tratta di deviazioni a lungo termine e se interessano la maggior parte dei bacini idrografici. Se dai continenti fluisce negli oceani più acqua di quanta ne viene trasferita dall'oceano alla terra attraverso le precipitazioni, la terra perde acqua e si prosciuga. Ciò si verifica, ad esempio, quando riduciamo sistematicamente l'infiltrazione dell'acqua piovana nel suolo a causa delle attività umane (come deforestazione, attività agricole, urbanizzazione) e convogliamo questa acqua –il più rapidamente possibile– nei fiumi e, di conseguenza, in mare. In questo modo, l'umidità del suolo diminuisce, la falda freatica si abbassa, la vegetazione appassisce e si riduce l'evaporazione. L'incremento dei volumi di acqua che scorrono dai continenti verso i mari e gli oceani, non compensato dall'evaporazione delle acque marine, rimasta invariata o non adeguatamente aumentata (ad es. sotto l'influenza di una maggiore evaporazione dovuta al riscaldamento globale), può così innescare l'innalzamento degli oceani (già favorito dall'eccessivo scioglimento dei ghiacciai).

Oltre ai cambiamenti nel bilancio idrico globale causati da fenomeni naturali (come i cicli solari, i cambiamenti nella posizione della Terra in relazione al Sole, l'attività vulcanica), l'uomo, inconsapevolmente, ne provoca altri contribuendo così –attraverso le sue attività– alla desertificazione dei continenti. Tuttavia, mediante consapevoli azioni in direzione opposta –cioè attraverso la deliberata conservazione dell'acqua nei continenti– si potrebbe fermare la desertificazione in corso e restituire ai continenti l'acqua perduta.

Le influenze umane e non

2.4 Il piccolo ciclo dell'acqua

Il piccolo ciclo dell'acqua è caratterizzato da un sistema chiuso in cui l'acqua che evapora dal territorio ricade, sotto forma di precipitazioni, sul territorio stesso. Proprio come esiste un piccolo ciclo dell'acqua sopra gli ambienti terrestri, esiste anche un piccolo ciclo dell'acqua sui mari e sugli oceani. Tra i singoli piccoli cicli avvengono reciproche interazioni poiché questi si verificano, nello spazio e nel tempo, su ampie aree, aventi morfologie e superfici diverse e diversi livelli di umidità e di acque superficiali. La circolazione dell'acqua nel piccolo ciclo è quindi parzialmente orizzontale ma, a differenza di quanto avviene nel grande ciclo dell'acqua, il movimento verticale è il più caratterizzante. L'evaporazione da aree adiacenti con temperature diverse contribuisce alla creazione e allo sviluppo della copertura nuvolosa. Forse si può anche dire che, sopra un territorio, l'acqua circola contemporaneamente in molti piccoli cicli che sono supportati dall'acqua del grande ciclo.

Definizione e caratteristiche

La definizione di piccolo ciclo dell'acqua può sembrare inappropriata poiché dà l'impressione che questo coinvolga solo una piccola quantità di acqua. Invece è vero il contrario e lo si comprende analizzando le informazioni del capitolo precedente da un'angolazione leggermente diversa. La precipitazione media annuale sulla terra è di 720 mm e il contributo dai mari è di circa 310 mm. Da queste informazioni risulta che la terra ricava la maggior parte delle proprie precipitazioni (410 mm) dall'evaporazione terrestre stessa. Le precipitazioni in una regione, infatti, contribuiscono alla saturazione idrica del suolo e, attraverso il piccolo ciclo dell'acqua, dal 50 al 65% dell'acqua piovana va a rinnovare il ciclo delle precipitazioni sulla terra. Si tratta di un dato molto importante che dovrebbe cambiare radicalmente il nostro attuale approccio alla gestione dell'acqua nei bacini fluviali. L'umanità non può trasformare e drenare il territorio senza limiti, senza produrre nel contempo un impatto sulle precipitazioni e sul regime termico locali. Se in un certo territorio si vogliono avere precipitazioni stabili, è fondamentale garantire l'evaporazione dallo stesso territorio. Con una certa approssimazione (trascurando l'accumulo), l'evaporazione dal terreno è la differenza tra le precipitazioni e il deflusso. Se si verifica un grande deflusso di acqua da un territorio, ciò andrà a scapito dell'evaporazione e, pertanto, provocherà una successiva diminuzione delle precipitazioni. In tal modo il volume d'acqua nel piccolo ciclo sul territorio diminuirà gradualmente. Riducendo i deflussi superficiali dal territorio al mare, invece, si ottiene un incremento dell'evaporazione e quindi "si semina la pioggia".

Evaporazione dal suolo e precipitazioni

2. Il ciclo dell'acqua in natura

Il piccolo ciclo dell'acqua, detto anche ciclo breve (o chiuso) dell'acqua, è caratteristico per ogni territorio idrologicamente non alterato. In un territorio saturo di acqua e vapore acqueo, l'acqua circola in piccole quantità e per distanze relativamente brevi¹³. Ciò si verifica grazie al meccanismo innescato dalle differenze di temperatura tra giorno e notte o tra località, che coinvolge la produzione di vapor d'acqua (*n.d.t.*: che sottrae calore) nel sito più caldo e il suo trasporto verso il sito più freddo dove, condensando, rilascia il calore che aveva incorporato. La maggior parte dell'acqua che evapora condensa nuovamente nella stessa regione o nei dintorni. Con effetto retroattivo, le precipitazioni locali frequenti e regolari mantengono più elevato il livello delle acque sotterranee e, con ciò, sostengono anche la vegetazione e l'ulteriore evaporazione, in modo che l'intero ciclo possa ripetersi continuamente.

Circolazione dell'acqua su un territorio non alterato

Se nel territorio si è verificata una vasta riduzione della copertura vegetale (ad esempio per deforestazione, attività agricole, urbanizzazione), l'energia solare va ad interessare un'area con bassa evapotraspirazione e, pertanto, gran parte di essa viene trasformata in calore. Ciò conduce a un significativo incremento delle temperature e al conseguente aumento delle differenze di temperatura tra il giorno e la notte o tra le località con altri regimi termici. Le correnti d'aria si intensificano, il vapore acqueo viene allontanato dall'aria calda a distanze maggiori e la maggior parte dell'acqua evaporata viene persa da quel territorio. Le precipitazioni leggere e frequenti diminuiscono e vi è un aumento delle precipitazioni intense e meno frequenti che arrivano dal mare. Il piccolo ciclo è stato aperto; il grande ciclo, caratterizzato dall'erosione e dal dilavamento dei nutrienti del suolo verso il mare, acquista maggiore importanza e domina i processi idromorfologici. Il ripristino del dominio del piccolo ciclo dell'acqua –vantaggioso per l'umanità, la vegetazione e la terra– dipende dal ripristino della copertura vegetale funzionale e delle zone umide in una determinata regione.

La rottura del ciclo dell'acqua

¹³ Lo strato limite dell'atmosfera, posto da uno a tre chilometri sopra la superficie terrestre, è il più significativo in questo contesto. Al suo interno sono concentrati i flussi turbolenti di umidità, calore e movimento convettivo e si trova oltre il 75% di tutto il vapore acqueo dell'atmosfera (Prof. Lapin).

2.5 Il bilancio del ciclo dell'acqua

In idrologia, con l'espressione "bilancio idrico" si intende una relazione che caratterizza la circolazione dell'acqua in un determinato sistema, generalmente un bacino idrografico o una sua parte. Viene espresso con equazioni (come quella riportata nel box *Piccole variazioni ... grandi problemi*) che mostrano la relazione tra gli elementi che entrano in un sistema (ad esempio, le precipitazioni) e quelli che ne escono (ad esempio l'evaporazione e il deflusso superficiale o sotterraneo). In questo modello esiste un elemento che spesso viene trascurato, posto tra l'input e l'output di acqua, che è il cambiamento del volume di acqua nel sistema.

L'equazione
del bilancio
idrico

Piccole variazioni ... grandi problemi

Equazione per il bilancio idrico in un bacino idrografico

$$R = E + Q + \Delta V \quad (1)$$

- R** precipitazione totale sul bacino (per anno),
E evaporazione dal bacino (per anno),
Q deflusso superficiale e sotterraneo (per anno),
 ΔV variazione della quantità di acqua nel sistema (per anno)

In questo esempio si assume che incrementi del +1% di Q e riduzioni di ΔV di -1% nel bilancio idrico annuale di un bacino siano cambiamenti di lieve entità e, pertanto, trascurabili (anche per l'incertezza della misurazione).

+1% - incremento relativamente modesto del volume defluito rispetto al livello normale innescato dalla pioggia caduta nell'anno civile in corso (non osservabile per incertezza di misura);

- 1% - riduzione relativamente piccola dell'acqua immagazzinata nel suolo e nel sottosuolo rispetto al livello normale, innescata dall'aumento del deflusso dalla regione nell'anno civile in corso.

Allo scopo di spiegare come da piccole variazioni possano derivare grandi problemi, in questo esempio si utilizza, come valore medio della riduzione delle acque sotterranee e dell'incremento del deflusso superficiale per un normale anno solare durante il XX secolo, un volume pari all'1%. In un territorio naturale non modificato dall'uomo questo valore si avvicina a zero. Può essere, invece, maggiore di 1 nelle aree intensamente urbanizzate, con un completo drenaggio dell'acqua piovana nei corsi d'acqua. Se moltiplichiamo la quantità di acqua corrispondente a questa percentuale, qualunque essa sia, per il numero di anni (ad esempio 100 anni; possiamo considerare il XX secolo come un periodo di riferimento), possiamo verificare che il territorio ha perduto una quantità di acqua veramente notevole (in particolare negli strati del suolo). Al contempo, parte di questo volume è andata a finire negli oceani e (dopo aver sottratto l'incremento di evaporazione da essi indotto dal riscaldamento globale) ha contribuito al loro innalzamento, insieme all'acqua dei ghiacciai in fusione.

2. Il ciclo dell'acqua in natura

Il monitoraggio del bilancio idrico di un territorio è uno dei compiti fondamentali dell'idrologia e della meteorologia. Tale monitoraggio consiste principalmente nella misurazione regolare delle precipitazioni totali e delle portate dei corsi d'acqua, attraverso una rete di stazioni pluviometriche e di stazioni idrometriche posizionate in precise sezioni dei corsi d'acqua, in particolare alla chiusura di ogni sottobacino e allo sbocco nel mare o all'immissione nelle acque degli stati confinanti. Nell'ambito di una rete meteorologica e climatologica, oltre a questi parametri utili per il bilancio idrico, vengono considerate le temperature atmosferiche, i livelli delle acque sotterranee e la qualità delle acque.

*Monitoraggio
del bilancio
idrico*

I dati, raccolti con misurazioni di lungo periodo, vengono successivamente analizzati da tecnici di istituti specializzati ed elaborati sulla base di serie storiche a lungo termine che consentono di comprendere la situazione attuale e l'evolversi di quella futura. Sulla base di diversi modelli e dei risultati acquisiti, i tecnici ricavano i valori medi di ciascuna componente (precipitazioni, deflussi ecc.) con uno sguardo al futuro. La climatologia ha sempre fatto largo uso di modelli previsionali. I modelli più noti e di largo interesse, sebbene siano basati su principi diversi, sono quelli utilizzati dai meteorologi per le previsioni del tempo. Un servizio meteo è in grado, con ragionevole precisione, di fare previsioni con uno, due, tre, o anche dieci giorni in anticipo. I climatologi, invece, modellano le previsioni del clima con anni o, addirittura, decenni di anticipo.

*Modellistica
matematica
del clima*

Una condizione necessaria, anche se non sufficiente, per la stabilità climatica in un dato territorio è un ciclo dell'acqua stabile (Fig. 2). Per questo motivo un'informazione molto importante, tanto che dovrebbe essere lo scopo principale del monitoraggio del bilancio idrico, è data dalla differenza tra la quantità di acqua che entra in un sistema e la quantità di acqua che ne esce. La differenza, quando positiva, indica un incremento di acqua al sistema (saturazione) e, quando negativa, una perdita di acqua dal sistema (essiccamento, disidratazione). In realtà, tuttavia, la maggior parte dei modelli meteorologici o climatici non fornisce queste informazioni poiché non vengono calcolate o non vengono considerate significative.

*Una condizio-
ne per la stabi-
lità del clima*

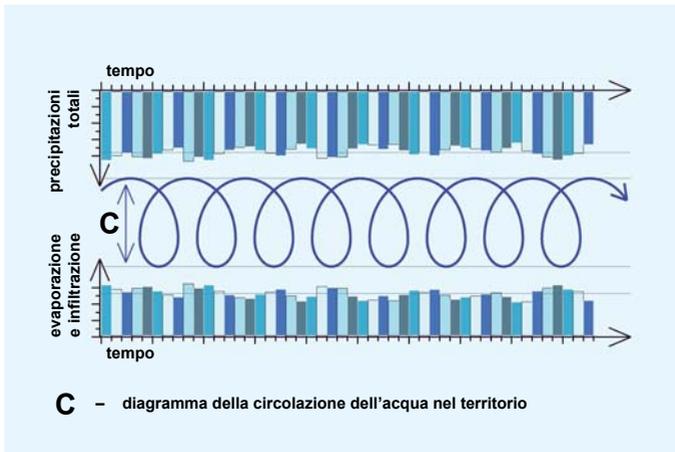


Fig. 2. Diagramma del ciclo dell'acqua stabile a lungo termine nel territorio.

Sia fra il grande pubblico che fra gli esperti prevale l'idea consolidata che –per grandi superfici (come i bacini idrografici o interi continenti) e per lunghi periodi di tempo (uno o più anni)– la differenza tra entrate e uscite nel bilancio idrico sia pari a zero o intorno allo zero e, pertanto, trascurabile. La convinzione che la quantità di pioggia che il vento porta dal mare sia uguale alla quantità di acqua che scorre nei fiumi verso i mari è un retaggio dei tempi in cui gli idrologi scoprirono per la prima volta il ciclo dell'acqua. Spiegarono così un vecchio enigma: come è possibile che i livelli dei mari e degli oceani non aumentino dato che tutti i fiumi del mondo fluiscono costantemente in essi? Oggi, tuttavia, la rilevazione idrologica mostra che i livelli dei mari e degli oceani stanno aumentando e allo stesso tempo i livelli delle acque sotterranee stanno diminuendo, eppure nessuno ne ha colto il significato profondo: infatti, se il livello dei mari sale e quello delle acque sotterranee scende, significa che il bilancio tra l'acqua in entrata e quella in uscita non è uguale a zero e che la differenza a lungo termine non è affatto trascurabile. Trascurare piccole differenze tra entrate e uscite idriche diventa particolarmente insidioso e pericoloso proprio quando queste differenze, pur molto piccole, sono sempre unidirezionali nel corso degli anni: ciò infatti, può portare al progressivo inaridimento di un territorio per interi decenni senza che gli idrologi ne capiscano mai la ragione.

Un saldo
diverso da zero

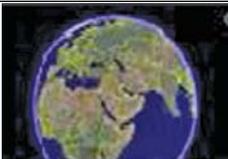
2. Il ciclo dell'acqua in natura

Nell'ambito dell'idrologia, della meteorologia e della climatologia, il bilancio idrico di uno stato e dei principali bacini idrografici nazionali, sono stati finora monitorati solo a livello di singoli Paesi. Più grande è il sistema, più è facile trascurare il pericoloso scostamento unilaterale menzionato nel paragrafo precedente. Quindi, se si vuole analizzare un territorio in modo efficace, si deve quantificare il suo bilancio idrico anche a livelli inferiori: a livello regionale o locale (comunità o città) o ancora inferiore, in modo tale per cui –a seconda delle dimensioni e del carattere del territorio indagato– il rapporto tra deflusso e precipitazioni possa essere reciprocamente distinto (Tab. 3). Come si vedrà in seguito, la quantificazione del bilancio idrico può essere necessaria anche a livello individuale nell'ambito della proprietà fondiaria, ad esempio per valutare i volumi necessari per la raccolta dell'acqua piovana su un appezzamento di terra.

Quantificazione a livello di micro bacino

2. Il ciclo dell'acqua in natura

Tab. 3. Esempi di bilancio idrico a seconda delle dimensioni del territorio esaminato¹⁴

Bilancio idrico nei territori esaminati	Quantità mm/anno	Volume acqua circolante	% drenata sul totale	
Oceani e mari (superficie totale 361.455.000 km ²)				
- evaporazione superficiale	1.180	425.000 km ³		
- precipitazioni sugli oceani	1.070			
- immissioni	110	40.000 km ³		
Continente es. Europa (10.382.000 km ²)				
- precipitazioni	750	7.790 km ³		
- infiltrazioni ed evaporazioni	480	4980 km ³		
- emissioni	270	2810 km ³	36%	
Nazione es. Slovacchia (49.035 km ²)				
- precipitazioni medie attuali	762			
- infiltrazioni ed evaporazioni	500	37 km ³		
- emissioni	262		34%	
Bacino idrografico es. fiume Torysa, Slovacchia (1.349 km ²)				
- precipitazioni medie	681	3 km ³		
- infiltrazioni ed evaporazioni	454			
- emissioni	227		33%	
Area urbana es. area della città di Presov (19,5 km ²)				
- precipitazioni medie	628	0,012 km ³		
- infiltrazioni ed evaporazioni	173			
- emissioni	455		72%	
Porzione di territorio tipo (0,8 km ²)				
- precipitazioni medie	630			
- infiltrazioni ed evaporazioni	397	504.000 m ³		
- emissioni	233		37%	
Singola porzione abitativa es. casa residenziale con una strada in asfalto (1.217 m ²)				
- precipitazioni medie	630			
- infiltrazioni ed evaporazioni	151	766 m ³		
- emissioni	479		76%	

¹⁴ Fonte dei dati iniziali:

- Slovak Hydrometeorology Institute, Bratislava, Slovakia; *Large Atlas of the World*, Kartografie Praha, Prague, 2000;
- Majercáková O., Štastný P.: "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.

3 CIRCOLAZIONE DELL'ACQUA E TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA SOLARE: IL RUOLO DELLA VEGETAZIONE

*Possa io fare ogni giorno una passeggiata errante lungo le rive vicino all'acqua.
Possa la mia anima riposare sui rami degli alberi che ho piantato.
Possa rinfrescarmi all'ombra del mio albero di fico.*
Iscrizione su una lapide egizia (circa 1400 anni prima di Cristo)

...
*Laudato sii, o mio Signore,
per tutte le creature,
specialmente per messer Frate Sole,
il quale porta il giorno che ci illumina
ed esso è bello e raggiante con grande splendore:
di te, Altissimo, porta significazione.*

...
*Laudato sii, o mio Signore, per frate Vento
e per l'Aria, le Nuvole, il Cielo sereno ed ogni tempo
per il quale alle tue creature dai sostentamento.
Laudato sii, o mio Signore, per sora Acqua,
la quale è molto utile, umile, preziosa e casta.*

...
*Laudato sii, o mio Signore, per nostra Madre Terra,
la quale ci sostiene e governa e
produce diversi frutti con coloriti fiori ed erba.*

...
San Francesco d'Assisi (Cantico delle Creature)

Questo capitolo inizia trattando il tema del “fuoco” –l’opposto immaginario dell’acqua– e, nello specifico, analizza l’interazione fra l’energia solare e il suolo. In particolare, richiama l’attenzione sul ruolo dell’acqua e sulla capacità della vegetazione di mitigare gli effetti dell’irraggiamento solare. Dimostra quanto sia stato trascurato il ruolo dell’acqua e della vegetazione nei modelli concettuali di interpretazione delle cause dell’effetto serra e dei cambiamenti climatici globali.

Si concentra anche sulla possibilità di attenuare l’effetto dei cambiamenti climatici migliorando la gestione dell’acqua e della vegetazione.

3.1 *Il flusso e la distribuzione dell'energia solare al suolo*

Secondo alcuni antichi scritti, il filosofo Eraclito di Efeso, vissuto tra il sesto e il quinto secolo prima di Cristo, considerava il fuoco come la materia prima del mondo. Poco più tardi, Anassagora ipotizzò che il Sole fosse una gigantesca palla di metallo fiammeggiante, più grande del Peloponneso; per questo subì una condanna e l'espulsione da Atene. Se identificassimo metaforicamente il fuoco di Eraclito con il Sole e considerassimo le difficoltà psicologiche che i contemporanei di Anassagora avevano nell'accettare la natura fisica e le dimensioni del Sole, potremmo concludere che i due filosofi furono probabilmente gli antichi autori che più si avvicinarono alle attuali conoscenze secondo cui la nostra stella contiene il 98% di tutta la massa del sistema solare. All'interno del Sole potrebbero essere collocati circa 1,3 milioni di pianeti come la Terra.

Concezioni del Sole

Il Sole è la principale fonte di energia sulla Terra. Da circa cinque miliardi di anni illumina il nostro pianeta grazie alla fusione nucleare che trasforma il pròzio (o idrogeno leggero) in elio. Il Sole ogni anno invia circa 180.000 teraWatt (TW) di energia alla Terra sotto forma di radiazioni elettromagnetiche. Solo per dare un'idea dell'ordine di grandezza, basti pensare che la quantità di energia utilizzata dall'uomo per l'economia globale è di circa 14 TW all'anno. Sugli strati superiori dell'atmosfera terrestre cadono circa 1,4 kilowatt (kW) di energia per metro quadrato, valore conosciuto come "costante solare". L'energia solare mantiene l'atmosfera allo stato gassoso, riscalda il nostro pianeta a temperature favorevoli per la vita, mantiene attivo il ciclo dell'acqua e fornisce energia per la fotosintesi e altri processi vitali. Anche l'energia contenuta nei combustibili fossili ha origine in un passato molto lontano, quando l'energia della radiazione solare fu incorporata nella materia organica mediante la fotosintesi delle piante.

L'energia della radiazione solare

Della quantità totale di energia solare che raggiunge la Terra, circa il 30% in media si riflette nello spazio sotto forma di radiazioni a onde corte, il 47% irradia la terra come radiazione (termica) a onde lunghe e il 23% viene utilizzato per l'evaporazione nel ciclo dell'acqua. Nel passaggio attraverso l'atmosfera la radiazione solare è parzialmente assorbita dai gas e dal vapore acqueo, così come viene assorbita e riflessa da particelle di polvere e aerosol. L'energia della radiazione nella banda ultravioletta diminuisce, mentre la percentuale di radiazione (termica) a onde lunghe aumenta. La radiazione solare che arriva sulla superficie terrestre è composta da due componenti: radiazione diretta e

La radiazione solare nell'atmosfera

radiazione diffusa. La radiazione diretta forma raggi paralleli che arrivano direttamente dal Sole o vengono rifratti nel passaggio attraverso l'atmosfera. La radiazione diffusa ha origine con la deviazione dei raggi solari da parte di gas atmosferici, nuvole, particelle di polvere, aerosol e altre impurità. Entrambe queste componenti sono presenti nella luce solare diurna, ma la loro proporzione cambia frequentemente e marcatamente.

La quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie della Terra varia notevolmente nel tempo e nello spazio. La radiazione solare raggiunge la superficie terrestre con ritmi giornalieri e stagionali¹⁵: il valore massimo di radiazione per metro quadrato all'anno può arrivare a 3000 kWh (kilowattora). Nelle zone temperate dell'Europa centrale l'apporto annuale di radiazione solare è di circa 1100 kWh/m². La quantità di energia solare che raggiunge la superficie della Terra è sempre determinata dalle condizioni meteorologiche. La differenza nella quantità di energia solare che raggiunge la superficie terrestre nei giorni di sereno e nelle giornate di cielo coperto è straordinaria (Fig. 3a e 3b).

La radiazione solare sulla superficie terrestre

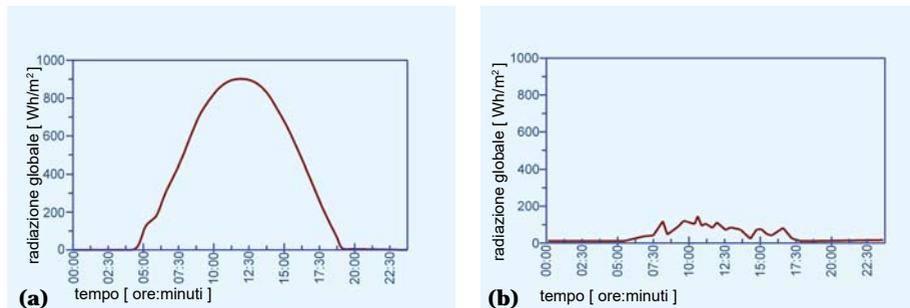


Fig. 3. Valori della radiazione solare in condizioni di cielo sereno (a) e nuvoloso (b). Dati registrati il 18 luglio e il 3 agosto 2006 a Třeboň, Repubblica Ceca.

La distribuzione dell'energia solare dipende anche dalle caratteristiche della superficie terrestre. La radiazione solare in entrata viene parzialmente riflessa: si indica con il termine albedo la frazione della radiazione solare incidente su una superficie che viene riflessa in tutte le direzioni. La quantità di radiazione riflessa dipende dalla sua lunghezza d'onda, dalla sua angolazione e dalle caratteristiche della superficie riflettente.

L'albedo

15 Il valore dell'energia solare in diversi luoghi sulla terra è reperibile sul sito web della NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>)

3. Acqua e energia solare: ruolo della vegetazione

La vegetazione riflette il 5-15% della radiazione solare a onde corte; una superficie arida riflette fino al 35% della radiazione che cade su di essa mentre la neve fresca ne riflette fino al 90% .

Il destino dell'energia solare in arrivo dipende in modo significativo dalla presenza di acqua in un ecosistema poiché questa influenza fortemente la distribuzione di energia tra i due principali flussi di calore: calore sensibile e calore latente.

Il calore sensibile e il calore latente

Come suggerisce il nome stesso, il calore sensibile è accompagnato da un aumento della temperatura della sostanza o del corpo che lo riceve, aumento che quindi si può percepire. Il calore latente non è accompagnato da nessun aumento di temperatura, ma è la quantità di energia che l'acqua deve ricevere per trasformarsi in vapore alla medesima temperatura. Rinfrescando le conoscenze scolastiche di fisica, è noto che l'evaporazione dalla superficie libera di un liquido avviene ad ogni temperatura e che l'intensità di questa evaporazione cresce con l'aumento della temperatura del liquido, della dimensione della sua superficie libera e del tasso di rimozione del vapore formatosi sopra il liquido. Al punto di ebollizione, il liquido evapora non solo in superficie ma anche dall'interno. Il calore latente specifico dell'acqua (cioè il calore latente per unità di massa) a pressione standard e alla temperatura di 25°C è di 2243,7 kJ/kg. Questo valore indica la quantità di energia solare che viene consumata per far evaporare ogni litro d'acqua senza aumentarne la temperatura; questa stessa quantità di calore verrà rilasciata successivamente durante la condensazione del vapore acqueo in un luogo più freddo.

Naturalmente, l'acqua può trasformarsi in vapore acqueo solo se è presente sul territorio. Se non è presente, gran parte dell'energia solare viene trasformata in calore sensibile e la temperatura dell'ambiente aumenta bruscamente. Mentre in un paese arido fino al 60% della radiazione solare si trasforma in calore sensibile, in un territorio ricco di acqua l'80% della radiazione può essere considerato come calore latente di evaporazione dell'acqua e solo una frazione molto piccola della radiazione solare si trasforma in calore sensibile (Fig. 4).

L'acqua sulla terra e il calore

3. *Acqua e energia solare: ruolo della vegetazione*

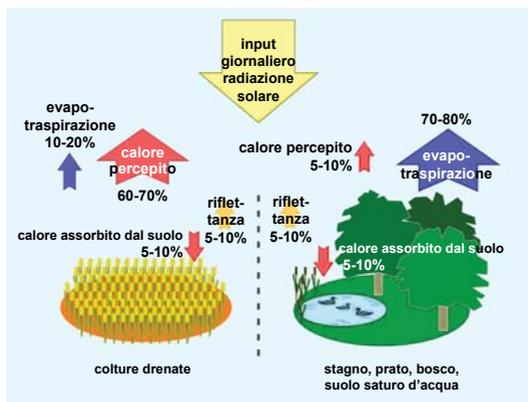


Fig. 4. Distribuzione dell'energia solare su un'area drenata e una saturata d'acqua.

3.2 *La vegetazione, l'acqua e la distribuzione del calore*

Al termine del capitolo precedente è stato affermato che la differenza fondamentale tra terreno drenato e terreno saturo di acqua riguarda il modo in cui l'energia solare viene dissipata, cioè come viene trasformata in altre forme di energia. Ne deriva che gli ecosistemi terrestri, attraverso la regolazione attiva dei flussi dell'acqua, possono influenzare in modo significativo la distribuzione dell'energia solare in due principali componenti: calore sensibile e calore latente. L'importanza fondamentale della vegetazione terrestre a favore del clima risiede proprio nella sua capacità di influenzare la trasformazione della radiazione solare¹⁶.

L'acqua e la dissipazione dell'energia

La distribuzione dell'energia solare che raggiunge la vegetazione è rappresentata nella Fig. 5. La radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre viene parzialmente riflessa; la radiazione non riflessa è chiamata radiazione netta. Quest'ultima è in parte trasformata (dissipata) attraverso l'evaporazione dell'acqua, in parte trasformata in calore sensibile, in parte assorbita dal suolo ed in parte accumulata nella biomassa tramite la fotosintesi. La quantità di energia accumulata nella biomassa è relativamente bassa: una produzione netta di 1 kg di biomassa per metro quadrato rappresenta circa lo

La distribuzione dell'energia nella vegetazione

¹⁶ Hutjes 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.

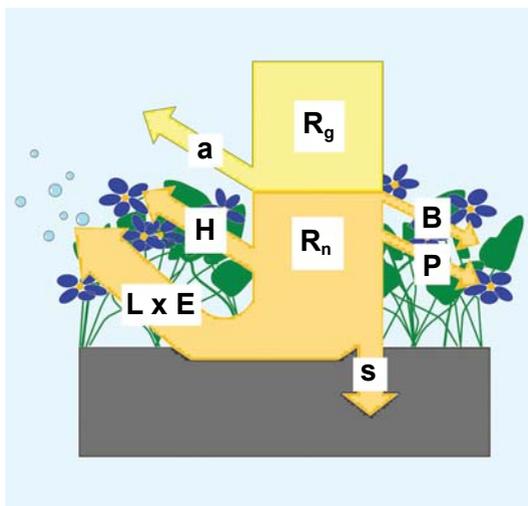


Fig. 5. Distribuzione dell'energia solare sulla vegetazione. **R_g** – radiazione globale, **R_n** – radiazione netta, **a** – albedo (radiazione riflessa), **H** – calore percepito, **$L \times E$** – calore latente per evapotraspirazione (evaporazione dal suolo e dalla vegetazione), **s** – calore assorbito dal suolo, **B** – accumulo di energia nella biomassa, **P** – consumo d'energia per la fotosintesi.

0,45% dell'input annuo di energia solare totale per metro quadrato. La quantità di biomassa prodotta nel corso di un anno (produzione primaria annua) varia notevolmente tra i diversi luoghi della Terra a seconda della quantità di radiazione solare che arriva, della disponibilità d'acqua e dell'accessibilità dei nutrienti. Generalmente, maggiore è l'energia solare maggiore è la produzione potenziale. Con l'aumento dell'apporto di energia solare, l'acqua diventa il principale fattore limitante della produzione primaria.

La maggior parte delle piante viventi contiene molta acqua nei tessuti, fino all'80-90% nella biomassa in accrescimento. Allo stesso tempo, l'acqua è legata alla crescita dei tessuti attraverso l'assunzione e la fissazione fotosintetica di anidride carbonica. A fronte di un aumento giornaliero di 10 g di sostanza secca per m², vengono fissati nelle strutture cellulari e nei tessuti vegetali circa 14 g di CO₂, 1 g di nutrienti e 80-90 g di acqua. Oltre all'acqua necessaria per la costruzione dei tessuti, per la vegetazione si deve anche considerare il consumo d'acqua per l'evapotraspirazione. L'evaporazione include la trasformazione in vapore dell'acqua dal suolo o dalla superficie delle piante. La traspirazione consiste nel rilascio di vapor acqueo dagli stomi delle superfici fogliari. Le piante regolano costantemente la quantità di vapore acqueo rilasciato mediante l'apertura e la chiusura di un gran numero di stomi, posti prevalentemente nella pagina

*Evaporazione
e traspirazione
nelle piante*

3. Acqua e energia solare: ruolo della vegetazione

inferiore delle foglie. Oltre a fornire l'ombreggiamento, le piante, a determinati livelli di energia solare, sono in grado di raffreddare e proteggere il suolo e, soprattutto, di ottimizzare la quantità di acqua che altrimenti evaporerebbe molto rapidamente dal suolo e dall'atmosfera. Si può affermare che il terreno "suda" attraverso le piante, con valori realistici di evapotraspirazione che possono raggiungere 3 litri al giorno per metro quadrato, in una zona a clima temperato, valore che rappresenta un calore latente di 2,1 kWh (7,5 MJ). Nel caso specifico circa 3,09 kg di acqua per m² attraversano la vegetazione (Fig. 6).

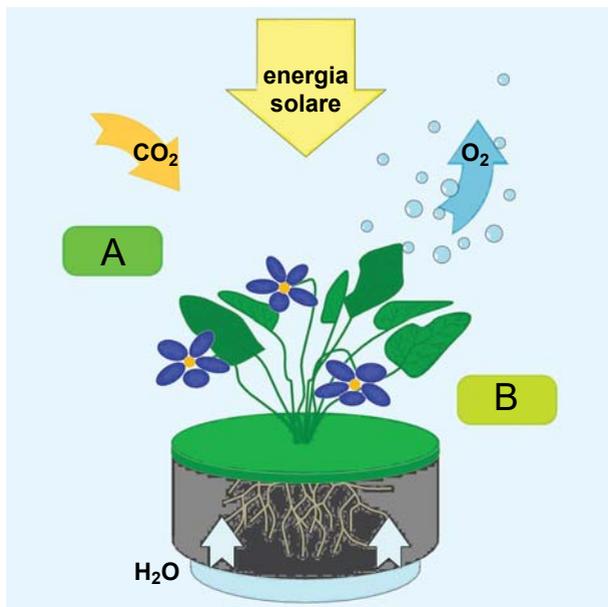


Fig. 6. Esempio di bilancio energetico della CO₂ e H₂O per m² di copertura vegetale. **A:** per la creazione di 10g di sostanza secca, si consumano 48Wh (170kJ) per il fissaggio di 14g CO₂ (0,32 mol). **B:** l'evapotraspirazione (3 l) richiede 2,1 kWh (7,5 MJ).

L'evapotraspirazione è un processo dinamico che dipende principalmente dall'input di energia e dalla disponibilità di acqua e che aumenta con l'incremento dell'energia in entrata (radiazione solare, correnti di aria a scarsa umidità, vento). Presenta un ampio intervallo di valori che vanno da zero a un valore massimo, detto evapotraspirazione potenziale, al quale fino all'80% dell'energia solare in arrivo è utilizzata nel processo di evapotraspirazione. La capacità di evaporare/traspirare l'acqua differisce notevolmente nelle diverse piante. Nelle zone temperate la traspirazione delle piante sempreverdi è in generale inferiore a quella delle latifoglie decidue. La vegetazione delle zone umide ha

Diverse
capacità di
traspirazione

la massima capacità di traspirazione. Nella zona temperata, in una giornata di sole e con sufficiente disponibilità di acqua, la vegetazione naturale determina valori di traspirazione di diversi mm (diversi litri per metro quadrato al giorno); si definiscono elevati i valori superiori a 5 mm. Alcune piante, purché abbiano sufficiente acqua a disposizione, riescono ad evaporare nel corso di un giorno soleggiato più di 20 litri di acqua per metro quadrato¹⁷. Su un terreno allo stato non naturale, l'evapotraspirazione nelle giornate soleggiate è per lo più limitata dalla carenza d'acqua, per cui i valori di traspirazione effettiva sono nettamente inferiori a quelli della traspirazione potenziale. È quindi evidente che una quantità d'acqua insufficiente limita anche la produzione primaria e la circolazione del carbonio.

Le piante che traspirano, soprattutto gli alberi, sono quindi il sistema perfetto di condizionamento dell'aria della Terra. Si pensi a un grande albero isolato con una chioma di circa 10 metri di diametro. La chioma di questo albero, che

L'albero come condizionatore dell'aria

ha una superficie di circa 80 m², riceve ogni giorno circa 450 kWh di energia solare (4-6 kWh/m²). Parte dell'energia solare viene riflessa, parte viene assorbita dal suolo e parte viene convertita in calore. Se questo albero è ben fornito d'acqua, è in grado di evaporare (traspirare) circa 400 litri di acqua al giorno. Per la trasformazione in vapore acqueo dell'acqua allo stato liquido vengono consumati 280 kWh. Questa quantità di energia rappresenta quindi la differenza tra l'effetto rinfrescante prodotto dall'ombra di un albero e quello prodotto da un ombrellone dello stesso diametro. Nel corso di una giornata di sole, quindi, un albero come quello descritto raffredda con una potenza pari a 20-30 kW, potenza paragonabile a quella di più di 10 impianti domestici di aria condizionata. Inoltre l'albero è "alimentato" solo dall'energia solare, è costituito di materiali riciclabili, richiede pochissima manutenzione e rilascia vapore acqueo la cui dispersione è regolata –attraverso milioni di stomi– dal calore e dall'umidità dell'ambiente circostante. È essenziale ricordare che l'energia solare incorporata nel vapore acqueo viene trasportata altrove e rilasciata nel momento della sua condensazione, in luoghi freschi. In questo modo il vapore acqueo bilancia la temperatura nel tempo e nello spazio, a differenza di quanto avviene con un frigorifero o con un condizionatore d'aria che rilasciano calore nelle immediate adiacenze. L'albero, infine, è assolutamente silenzioso, assorbe il rumore e la polvere, e fissa la CO₂.

17 Kucerová A., Pokorný J., Radoux M., Nemcová 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.

3. Acqua e energia solare: ruolo della vegetazione

L'effetto rinfrescante delle piante ottenuto attraverso la traspirazione appare evidente nelle *figure 7, 8 e 9*. Le immagini all'infrarosso mostrano che le foglie delle piante, grazie alla traspirazione, sono visibilmente più fresche del terreno circostante (Fig. 7). L'effetto rinfrescante della vegetazione risulta evidente anche nelle fotografie all'infrarosso della piazza e del parco di Tréboň nella Repubblica Ceca (Fig. 8). La temperatura dei tetti e delle facciate delle case supera i 30°C, mentre la temperatura degli alberi del parco è di circa 17°C.

L'evaporazione è più efficace dell'albedo

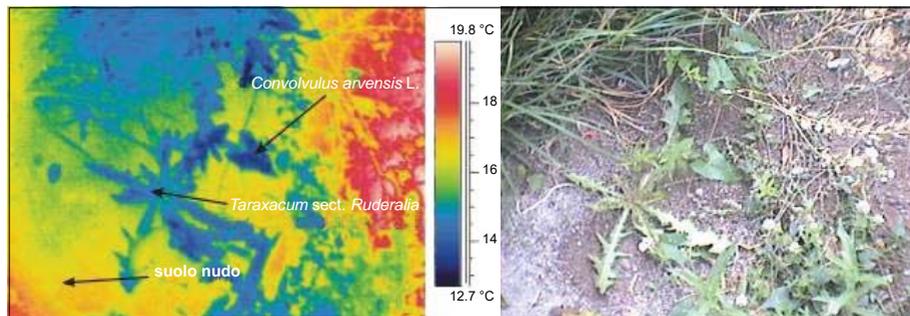


Fig. 7. Fotografie dello spettro infrarosso e visibile di un sottile strato di vegetazione. La superficie nuda del terreno è visibilmente più calda della superficie fogliare raffreddata dalla traspirazione. (Tréboň, Repubblica Ceca, 12 luglio 2002, ore 10:00).



Fig. 8. Fotografia della piazza e del parco adiacente scattata a Tréboň (Rep. Ceca) con una termocamera. Sono visibili le differenze di temperatura tra la vegetazione, le facciate e i tetti delle case.

La vegetazione si raffredda attraverso l'evaporazione dell'acqua e, in modo particolare nel bosco, ha un colore più scuro e quindi una riflettanza inferiore (albedo) rispetto alla maggior parte delle altre superfici (argilla, sabbia, ecc.). Ciò viene a volte interpretato come la dimostrazione che i boschi riscaldano la superficie terrestre. Osservando la figura 8, tuttavia, si nota che le piante, indipendentemente dalla riflettanza, raffreddano attraverso la traspirazione e,

inoltre, che l'effetto della riflettanza è molto inferiore rispetto agli effetti della traspirazione.

Uno strumento utile per valutare lo stato della vegetazione e i suoi effetti nella distribuzione dell'energia solare su vaste aree, è l'uso di immagini satellitari. La figura 9 mostra le fotografie del territorio di Mostecko (Repubblica Ceca settentrionale) e di Trěboň (Repubblica Ceca meridionale)¹⁸.

L'influenza dell'acqua sulla temperatura del territorio

Mostecko è stata fortemente danneggiata dall'attività di estrazione mineraria, che ha comportato il prosciugamento di vaste aree; viceversa a Trěboň più del 10% del territorio è coperto da stagni e da altre zone umide, che sono state preservate. Nelle immagini le temperature sono rappresentate da colori: le temperature più alte sono mostrate in rosso, arancione e giallo mentre le temperature più basse sono in verde. Le temperature più alte si registrano nei luoghi privi di vegetazione, in particolare nelle miniere a cielo aperto e nelle discariche di Mostecko. Le differenze termiche sono chiaramente più elevate a Mostecko rispetto a Trěboň, dove vengono bilanciate grazie alla maggiore umidità presente.

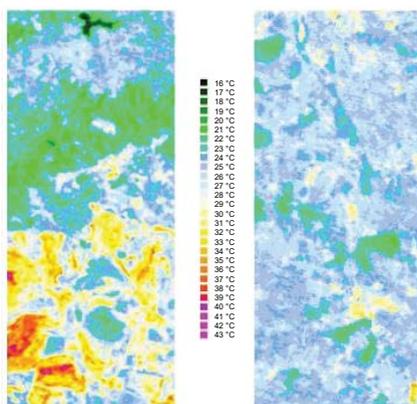


Fig. 9. Confronto tra diverse distribuzioni del calore registrabile in due tipi di territorio (Mostecko e Trěboňsko). L'area di Trěboňsko (a destra), con uno stagno e zone umide, mostra differenze di temperatura inferiori rispetto al terreno più arido di Mostecko (a sinistra), un'area di estrazione del carbone con una copertura vegetale insufficiente.

¹⁸ Da Landsat Thematic Mapper e Enhanced Thematic Mapper+ satellite.

3.3 *L'impatto del drenaggio e della rimozione della vegetazione sul rilascio di calore*

Il drenaggio su larga scala e la rimozione della vegetazione sono collegati al rilascio di elevate quantità di calore e alla formazione dei cosiddetti *hot plates* (isole di calore) sul territorio. Il calore sensibile sprigionato da appena 10 km² di terreno drenato (corrispondente a una piccola città) in una giornata di sole, è paragonabile alla potenza di tutte le centrali presenti nella Repubblica Slovacca (6.000 MW). Una riduzione dell'evaporazione di 1 mm di acqua al giorno sulla superficie totale della Slovacchia (49.000 km²) porta al rilascio di calore sensibile di circa 35.000 GWh per giorno soleggiato. Si tratta di una quantità di calore superiore alla produzione annua di energia di tutte le centrali elettriche della Repubblica Slovacca. Ciononostante, l'effetto delle attività umane sul territorio non è ancora pienamente riconosciuto: il drenaggio dei territori industrializzati, infatti, è accompagnato da un calo della vegetazione funzionale. Gli effetti negativi del drenaggio e della perdita permanente di vegetazione funzionale sul regime delle precipitazioni e sulla distribuzione delle temperature¹⁹ hanno causato il progressivo degrado e la desertificazione di vaste aree di territorio un tempo fertili.

Cambiamenti nei flussi di enormi quantità di energia

Negli ultimi anni il problema del riscaldamento globale è diventato uno dei principali argomenti di discussione. Attualmente la causa diretta dei cambiamenti climatici è considerata il rilascio nell'atmosfera di gas a effetto serra (CO₂, CH₄, N₂O, idrofluorocarburi) ad opera delle attività umane. Modelli sempre più sofisticati mostrano gli effetti negativi dell'aumento delle concentrazioni di gas serra. Tuttavia, poiché l'acqua ha una circolazione molto dinamica e complessa e, pertanto, difficile da elaborare nei modelli matematici, questi ultimi ne hanno fortemente trascurato l'importante ruolo di gas ad effetto serra. Così, per evitare una complicazione molto rilevante dei modelli, l'acqua viene considerata una componente stabile dell'atmosfera. Le cause dei cambiamenti nel regime idrico di un paese, infatti, sono difficili da dimostrare in modo inequivocabile poiché coinvolgono un complesso di innumerevoli processi reciprocamente connessi²⁰.

L'acqua è trascurata nei modelli

19 Ripl W., 1995. Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – The Energy-Transport-Reaction (ETR) Model. *Ecological Modelling*, 78: 61-76;

Ripl W., 2003. Water: the Bloodstream of the Biosphere. *Philos. Trans. R. Soc. Lond B Biol. Sci.*, 358 (1440), pp. 1921-34.

20 *Nota del traduttore.* Tuttavia, se è comprensibile utilizzare modelli che trascurano la circolazione dell'acqua (date le grandi difficoltà di elaborazione), ciò non giustifica considerare davvero trascurabile la sua importanza e dovrebbe pertanto indurre a valutazioni molto prudenti.

Una stima dell'impatto dovuto all'aumento delle concentrazioni di gas serra è il cosiddetto "effetto radiazione", che esprime un cambiamento nell'equilibrio tra le radiazioni che entrano nel sistema terrestre e quelle che ne escono.

Il drenaggio dei terreni è peggiore dei gas serra

Secondo l'*International Panel for Climate Change*, rispetto al periodo preindustriale, l'industrializzazione globale (intesa come effetti dell'attività umana) ha provocato un riscaldamento pari a quello di un irraggiamento di $1,6 \text{ W/m}^2$. Ciò significa che in media cadono circa $1,6 \text{ W}$ di energia per metro quadrato di superficie terrestre in più rispetto al 1750^{21} . In confronto a questo valore, l'impatto della gestione dell'acqua sulle condizioni climatiche di un paese è sensibilmente maggiore, quantomeno a livello locale.

Lo sviluppo futuro del nostro clima è forse difficile da immaginare, anche se gli scienziati ne discutono costantemente. Negli ultimi tempi è diventato ancora più difficile fare previsioni meteorologiche a lungo termine: stiamo assistendo, infatti, a precipitazioni e temperature estreme e a periodi prolungati di siccità.

La vegetazione per moderare i cambiamenti climatici

Un presupposto per attenuare i cambiamenti climatici consiste nel ripristino di quelle funzioni ecologiche di base che sono strettamente connesse con la restituzione di acqua e vegetazione al territorio. In particolare, le funzioni da considerare sono la dispersione lenta dell'energia solare attraverso la circolazione dell'acqua, l'assorbimento dell'anidride carbonica e la conservazione di nutrienti e di sostanze organiche e inorganiche nel terreno. Il ritorno della vegetazione e dell'acqua sul territorio non può che avere un effetto positivo. Con una gestione ragionevole dell'acqua e della vegetazione si può frenare il cambiamento climatico a livello locale; potendo agire allo stesso modo in aree più ampie, forse possiamo attenderci una moderazione del cambiamento climatico globale.

²¹ IPCC, 2007.

4. L'USO DEL SUOLO: EFFETTI SULLA CIRCOLAZIONE DELL'ACQUA

I paesi slavi si estendono dal Mediterraneo fino ai mari del Nord ... Gli slavi costruiscono la maggior parte dei loro castelli ... su prati ricchi di acqua e arbusti ... risiedono nelle terre più fertili, dove i mezzi di sussistenza abbondano. Essi dissodano il terreno intensamente per procurarsi cibo a sufficienza... Le carestie causate da prolungati periodi di siccità non interessano le [loro] terre. Anzi. La carestia può scoppiare quando piove troppo ... Se piove solo un po', non hanno scarsi risultati, perché queste terre sono umide ...

Ibrahim Ibn Jacqub at-Turtushi
(*About the Western Slavs*, metà del X secolo)²²

Durante tutta la sua storia, l'umanità ha rimodellato i territori naturali secondo le proprie esigenze. Il territorio ha acquisito così una memoria culturale delle singole civiltà, nazioni e generazioni. Tale memoria si manifesta chiaramente nell'atteggiamento che le persone hanno verso l'acqua. Nessuna civiltà ha mai banalizzato il valore dell'acqua né il bisogno di procurarsela. Pochi, tuttavia, hanno saputo valutare adeguatamente le conseguenze del proprio comportamento e elaborare strategie in grado di rimodellare il territorio per conservare l'acqua nell'ambiente e garantirne l'abbondanza nel lungo periodo. Di seguito verranno considerate le foreste, i territori agricoli e quelli urbanizzati, così come i corpi idrici in essi presenti, dal punto di vista delle trasformazioni operate dall'uomo e del conseguente atteggiamento nei confronti dell'acqua.

4.1 Foreste

La deforestazione non è un fenomeno nuovo nella storia dell'uomo e probabilmente si sta verificando da quando è stato scoperto e usato il fuoco. Non appena l'uomo iniziò a vivere cacciando scoprì che il fuoco rappresentava uno strumento per spaventare gli animali, per ottenere nuovi spazi abitativi o preparare terreni di caccia. Con lo sviluppo del pascolo e dell'agricoltura, la deforestazione servì come mezzo per ottenere nuova terra per tali attività.

La deforestazione nella preistoria

²² Citazione da: *Slovakia through the Eyes of Foreigners, Sources of History of Slovakia and Slovaks II*. Literary Information Center, Bratislava, 1999, pp. 242.

Con l'affermarsi delle popolazioni stanziali, e ancora di più con la sostituzione dell'ascia di pietra con quella di bronzo, il legno divenne un materiale multiuso: per costruzioni, per la produzione di strumenti di lavoro, armi o imbarcazioni e, non ultimo per importanza, come combustibile per riscaldarsi, per cuocere il cibo e per lavorare i metalli.

Le conseguenze negative della deforestazione –sotto forma di erosione e inondazioni– colpirono le più antiche civiltà conosciute che consumarono grandi quantità di legno. Opere classiche del passato, come l'epopea di Gilgamesh e la Bibbia, nonché autori antichi, come Erodoto, Platone, Plinio, Strabone e altri, riflettono l'insieme di questi processi. Oggi è difficile credere che nel III secolo prima di Cristo grandi aree del Medio Oriente fossero coperte da fitte foreste di cedri; furono tuttavia talmente devastate che, già all'inizio del II secolo, l'imperatore Adriano dovette emanare un decreto che proibiva il loro abbattimento. Il legno veniva utilizzato in gran parte per realizzare grandi progetti edificatori e per la costruzione delle imbarcazioni fenicie. Prima dello sviluppo dell'agricoltura nella regione mediterranea prosperavano querce, faggi, cedri e pini. Oggi, invece, prevale l'olivo coltivato, uno degli alberi più resistenti alla siccità grazie alle radici capaci di raggiungere i 10 metri di profondità. In ultima analisi alcuni autori contemporanei individuano nella deforestazione, nel degrado dell'ambiente e nella perdita di produttività del terreno che ne conseguono, il motivo della caduta dell'Impero Romano. Una situazione simile a quella riscontrata nel Mediterraneo e in Medio Oriente si è verificata anche in Afghanistan e in Asia centrale. La stessa civilizzazione della valle dell'Indo collassò dopo la deforestazione intorno all'anno 1400 a.C.²³

La deforestazione nell'antichità

L'Europa a nord dell'Impero Romano era quasi interamente coperta da fitte foreste, un fatto che suscitò stupore e paura nei Romani. Le foreste fitte e impenetrabili apparvero ai loro occhi come dimora di belve pericolose, barbari e invisibili folletti, costellate di paludi e sede di ignoti pericoli. Nell'immaginario collettivo dei Romani, le foreste divennero l'esatto opposto della vita civile nelle città o della pacifica vita rurale nelle fertili pianure alluvionali. L'espansione della civiltà, pertanto, fu identificata con la deforestazione. Questa idea, rafforzata da motivazioni economiche, persistette anche dopo la caduta dell'Impero Romano d'Occidente e nel processo di formazione dell'Europa durante il Medioevo²⁴.

La deforestazione come espansione della civiltà

²³ J. Pokorný, 2003. *The Development of the Land Under the Influence of Humans*.

²⁴ Felipe Fernandez-Armesto, 2002. *Civilizations – Culture, Ambition and the Transformation of Nature*, Simon & Schuster, ISBN 0-7432-0248-1.

Secondo informazioni storiche frammentarie, gli antichi Slavi, prima di convertirsi al cristianesimo, immaginarono il mondo come un albero gigantesco sulla cui cima viveva Perun, il dio del tuono e del lampo nonché dei fenomeni meteorologici. In molte terre slave Perun era il più importante degli dei e il suo culto era geograficamente il più diffuso. Possiamo solo ipotizzare che Perun sia stato posto all'apice del pantheon slavo pagano proprio grazie alla saturazione del piccolo ciclo dell'acqua: i frequenti rovesci locali, frutto della gigantesca ritenzione idrica delle aree forestate, sarebbero cioè stati attribuiti al volere e potere divino. In ogni caso, secondo la mitologia slava, il principale antagonista di Perun era il dio Veles che risiedeva nel sottosuolo intorno alle radici dell'albero del mondo ed era associato con acqua, terra e umidità. L'osservazione della nebbia che sale dalle foreste evocava l'immagine di Perun e Veles che si rubavano l'un l'altro l'acqua (e il sole). All'epoca dell'arrivo dei missionari cristiani San Cirillo e San Metodo nel territorio della Grande Moravia nel IX secolo la foresta copriva circa i tre quarti del territorio dell'attuale Europa centrale.

L'abbondanza di foreste al tempo degli antichi slavi

La deforestazione, che in Europa è stata più intensa nella prima metà dell'ultimo millennio e negli Stati Uniti dal XVII al XX secolo, ha raggiunto l'apice nel XX secolo in molti Paesi sviluppati. Secondo i dati della FAO, il tasso globale di deforestazione dei continenti supera attualmente 120.000 km² all'anno. L'entità totale della deforestazione dei continenti è significativamente superiore alla crescita naturale delle foreste nuove e autoctone (con l'eccezione dell'Europa e degli Stati Uniti, dove questa progressione è stata fermata). Per molte cause, si sta anche verificando un decremento della qualità della vegetazione forestale. Le foreste antiche e primordiali, oggi aggredite dalla deforestazione e da potenti interessi economici, hanno un ruolo straordinario negli ecosistemi del mondo. La deforestazione e il calo della qualità della vegetazione forestale inducono un aumento della velocità di deflusso delle acque piovane (e, in determinate aree, di quelle che originano dallo scioglimento dei nevai), nonché una rapida erosione del suolo. Anche le condizioni microclimatiche zionali stanno cambiando²⁵. Questi fenomeni, che in passato hanno portato al declino o all'estinzione di numerose grandi civiltà, sono oggi presenti in tutto il mondo, a causa dell'impressionante incremento delle potenzialità tecnologiche dell'umanità.

La deforestazione nell'età moderna

25 vedi, ad esempio: Salati E., Nobre C.A., 1991. Possible climatic impacts of tropical deforestation, *Climatic Change*, **19** (1-2), September.

Platone, nell'opera incompiuta *Critia*, scrisse di una guerra tra i residenti di Atlantide e gli abitanti del continente, guidati da Atene, che, presumibilmente, aveva avuto luogo 9000 anni prima. Accanto alla mitizzata narrazione della leggendaria Atlantide, Platone descrisse nella sua opera il processo di erosione provocato dalle acque conseguente alla devastazione delle foreste circostanti Atene, in un modo così rude e realistico da rendere inevitabile pensare che stesse vedendo con i propri occhi ciò che accadeva:

“... La terra era la migliore del mondo ... a quei tempi il paese era giusto come adesso e forniva una grande abbondanza di prodotti ... Molti grandi diluvi si sono verificati durante i 9000 anni ... e durante tutto questo tempo e attraverso così tanti cambiamenti non si è mai verificato, come in altri luoghi, alcun considerevole accumulo di suolo eroso dalle montagne, eppure la terra è diminuita dappertutto ed è scomparsa alla vista. Quello che è successo ricorda un corpo che si assottiglia fino all'osso come conseguenza di una malattia. Tutte le parti più soffici e ricche del terreno sono scomparse ed è rimasto il semplice scheletro della terra. Ma nello stato originario del Paese, i suoi rilievi erano alte colline ricoperte di suolo e anche le pianure erano cosparse di terra ricca. C'era abbondanza di legno nelle montagne. Di questo ne restano ancora le ultime tracce. Sebbene alcune delle montagne ora permettano solo il sostentamento delle api, non molto tempo fa era ancora possibile osservare tetti di legno proveniente dagli alberi che crescevano qui, che erano di dimensioni sufficienti a coprire le case più grandi e c'erano molti altri alberi ad alto fusto, coltivati dall'uomo e in grado di fornire abbondanza di cibo per il bestiame. Inoltre, la terra traeva beneficio dalle piogge annuali, non come ora che l'acqua scorre via sul suolo nudo e si disperde nel mare ma, verificandosi ovunque un abbondante rifornimento e accumulandosi in prossimità di terreni argillosi, irrorava le depressioni con i flussi assorbiti dalle alture, fornendo ovunque sorgenti e fiumi abbondanti, di cui è ancora possibile osservare sacri memoriali nei luoghi dove un tempo questi esistevano; e questo dimostra la verità di ciò che sto dicendo ... “

4.2 Il territorio rurale

Una delle rivoluzioni più importanti nella storia umana fu il passaggio dallo stile di vita dei cacciatori-raccoglitori a quello impostato sull'agricoltura e sul pascolo. L'impulso per questo passaggio va chiaramente ricercato nel riscaldamento generale del clima dopo la fine dell'era glaciale. Un più o meno spontaneo avvicinamento alla coltivazione di prodotti agricoli e all'allevamento di animali domestici avvenne –approssimativamente 10.000 anni fa– in Medio Oriente (la regione della cosiddetta “Mezzaluna fertile”, che si estende dalla foce dell'Eufrate attraverso la valle del Giordano fino alla foce del Nilo), in Cina e, prima o dopo, in altre parti del mondo. L'agricoltura nelle valli alluvionali dei grandi fiumi consentì progressivamente di consolidare definitivamente i primi grandi centri della civiltà, che di solito si distinguevano per l'alto livello di organizzazione, la presenza di una rete di canali di irrigazione e drenaggio, la produzione agricola su larga scala che ottimizzava l'utilizzo del suolo e la coltivazione di un piccolo numero di colture che non erano originarie di quelle terre, vale a dire colture che senza l'aiuto dell'uomo non avrebbero prosperato²⁶. La rivoluzione neolitica, che rispetto all'intero periodo evolutivo dell'uomo è avvenuta non molto tempo fa, ha assicurato una sussistenza alimentare, garantendo così gradualmente le condizioni per un'intera gamma di cambiamenti sociali che hanno consentito il formarsi di grandi centri abitati, comunità più popolate e la divisione del lavoro (artigianato, commercio, sviluppo della conoscenza e altro).

La rivoluzione
neolitica

Alcuni semi di erbe commestibili si dimostrarono eccezionalmente adatti per la coltivazione agricola. Oltre a vantaggi come la rapida crescita e la semplicità nella coltivazione, fornivano soprattutto una preziosa fonte energetica e potevano essere facilmente conservati. I cereali divennero così la base dell'agricoltura e diventarono le colture più diffuse per l'alimentazione umana. In Europa, ma anche in molte altre zone a clima temperato, la coltivazione del grano e dell'orzo –che si può supporre fossero le prime coltivazioni domestiche di questo tipo– dominarono sin dai tempi della rivoluzione neolitica. Questi cereali hanno conservato le caratteristiche delle erbe annuali della steppa da cui sono stati raccolti e quindi per crescere richiedono condizioni simili a quelle che in essa si verificano. Il terreno per la loro coltivazione deve quindi essere drenato dall'acqua.

La coltivazione
dei cereali

²⁶ Felipe Fernandez-Armesto, 2002. *Civilizations – Culture, Ambition and the Transformation of Nature*, pp. 174.

Per la coltivazione dei cereali, l'uomo ha drenato terreni agricoli e ha creato una steppa coltivata in immense aree. Con il cambiamento delle caratteristiche dei terreni anche il clima è cambiato²⁷ e, dove i terreni erano stati prosciugati dall'acqua, è stato necessario irrigarli di nuovo. Oggi non si conoscono le ragioni dell'inaridimento del clima su grandi regioni e i motivi per cui questo si è verificato più volte nella prima metà dell'Olocene. Non è nemmeno possibile determinare esattamente se e quale ruolo abbiano avuto le antiche civiltà²⁸ in tutto ciò. Non si sa se il drenaggio delle terre sia stato la causa principale della scomparsa di alcune di queste civiltà. Questa possibilità va tuttavia tenuta presente perché, nonostante le dovute differenze, si sta probabilmente giungendo a un simile processo di disidratazione della terra, un processo i cui risultati non si possono ancora conoscere²⁹.

I cambiamenti climatici

La coltivazione intensiva di orzo e grano si espanse dalla Mezzaluna fertile verso il mondo intero. Forse l'atto decisivo della loro coltivazione fu scritto dagli "scopritori dell'agricoltura" cioè dai Sumeri, che vissero nella Mesopotamia meridionale dal IV al II millennio prima di Cristo. I Sumeri, popolo di eccezionale successo, coltivarono intensivamente monoculture delle specie menzionate su grandi aree, insieme ad altri prodotti. Utilizzando un sistema di canali irrigui, derivarono l'acqua dai fiumi Tigri e Eufrate e, attraverso un'altra rete idrica di drenaggio, la allontanarono. Il terreno, spogliato della vegetazione naturale e sottoposto a un ciclo annuale di irrigazione e drenaggio, divenne salato e smise di produrre raccolti. Il potere dei Sumeri calò, il loro numero diminuì, il paese divenne un deserto e i Sumeri vennero sopraffatti dai nemici e infine integrati. Altre grandi civiltà fondate sull'agricoltura nelle pianure alluvionali subirono un destino simile a quello dei Sumeri della Mesopotamia. In molte zone si poté assistere, per un periodo da due a quattromila anni, a un ulteriore calo dei livelli di pioggia e alla conseguente estinzione o trasformazione delle civiltà.

Il destino dei Sumeri

27 Virginia H. Dale, 1996. The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change. *Ecological Applications*: 753-769.

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

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

Il Medioevo contribuì allo sviluppo dell'agricoltura, per esempio introducendo il giogo che permise un'aratura più profonda e un passaggio dalla doppia alla tripla rotazione delle colture. In tempi recenti un altro cambiamento rivoluzionario ha portato a una nuova era dell'agricoltura: il vasto utilizzo di fertilizzanti naturali e artificiali, di pesticidi, di piante appositamente selezionate per ottenere rese molto più elevate, nonché una crescita della meccanizzazione che ha permesso di estendere la lavorazione su aree molto più vaste rispetto al passato. La rivoluzione verde, nella metà del XX secolo, diffuse la tecnologia utilizzata in Occidente in quasi tutto il mondo aiutando a nutrire la popolazione in rapida crescita sulla Terra. La rivoluzione rossa nei paesi socialisti collettivizzò i piccoli campi dei singoli contadini, arando oltre i confini e unendo i lotti di terra in unità estese anche centinaia di ettari. Queste vaste estensioni, sprovviste di barriere naturali, terreni incolti o fasce protettive di vegetazione in grado di limitare il dilavamento, furono presentate come grandi balzi in avanti (Fig. 10). Con l'obiettivo di massimizzare la resa per ettaro di monoculture coltivate o di appezzamenti sacrificabili, è stato effettuato un drenaggio estensivo mediante sistemi a gravità o stazioni di pompaggio. L'irrigazione aggiuntiva di questi campi, sebbene contribuisca parzialmente al ripristino delle acque drenate dalla terra, non sostituisce la necessità di conservare l'acqua piovana sul territorio.

*Le ulteriori
rivoluzioni
nell'agricoltura*



Fig. 10. Terreno agricolo sotto i Monti Tatra. Vasta estensione di campi creati durante l'era comunista con la collettivizzazione del territorio agrario. A causa dell'assenza di barriere al deflusso, il rapido ruscellamento superficiale delle acque provoca l'erosione del suolo.

Pertanto, accanto ai cambiamenti delle condizioni microclimatiche (Fig. 11) su tali territori agricoli, è aumentata anche la velocità del deflusso superficiale dell'acqua piovana e la conseguente erosione associata alla movimentazione e alla perdita di suolo (Tab. 4), che hanno portato al degrado della qualità e persino alla devastazione di territori, fino alla comparsa di uno scenario desolante. Dei processi citati, il fenomeno più grave è la perdita del suolo. Sembra tuttavia che la perdita di suolo sia tra i fenomeni meno monitorati nel paese degli Autori (Slovacchia) e che i pedologi siano in ritardo nella ricerca, proprio come gli idrologi sono in ritardo nel monitoraggio del decremento di acqua nel territorio. E quindi, non c'è nessuno che si allarmi. Mentre la formazione di suolo è calcolata in centesimi o addirittura in millesimi di millimetro all'anno, l'erosione dilaga a tassi molto maggiori.

Erosione,
degradazione
e perdita
del suolo

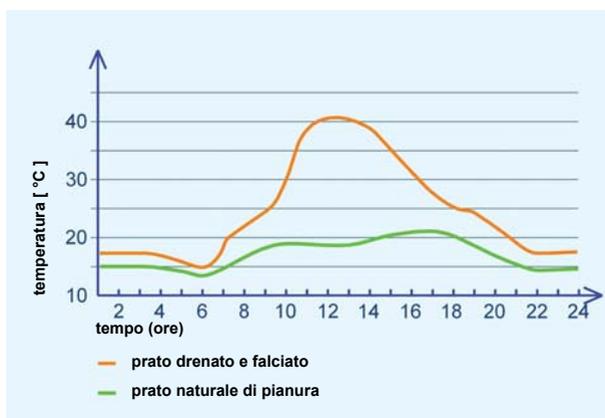


Fig. 11. Andamento giornaliero delle temperature sulla superficie a prato drenato e falciato ed a prato naturale di pianura.

Tab. 4. Erosione idrica reale del suolo agricolo³⁰

Livello di erosione	Linkeš, et al. (1997) (ha · 10 ³)	Environment Ministry SR (2002) (% su tutto il suolo agrario)
Erosione bassa	1198	49,06
Erosione moderata	514	21,05
Erosione alta	49	2,00
Erosione estremamente alta	24	0,98
Totale	1785	73,09

³⁰ Rudolf Midriak, 2004. From Threats of Erosion to the Desolation of the Soil in Slovakia. *Third Soil Science Days in the SR*, VÚPOP Bratislava: 193-200.

In Slovacchia la perdita reale di suolo causata dall'erosione dovuta alle acque assume –in media– valori di 0,01-0,03 mm/anno nella vegetazione boschiva delle regioni montane medio-alte, di 0,06 mm/anno nei prati permanenti, di 1,8 mm/anno nei campi di cereali, di 3,4 mm/anno sul terreno nudo al di sopra della linea degli alberi e fino a 3,6 mm/anno nei campi coltivati a tuberi³¹. Ciò significa che in molte regioni della Slovacchia viene perso prezioso terreno agricolo che si è formato nel corso di secoli o addirittura di millenni. In considerazione del fatto che il suolo si crea così lentamente, può essere considerato una risorsa non rinnovabile. Si può quindi dire che stiamo vivendo a spese delle nostre stesse fondamenta.

L'erosione del suolo in Slovacchia

L'urgenza delle misure necessarie per combattere l'erosione causata dall'acqua diviene ancora più stringente se si considera l'erosione potenziale (possibile) del suolo. Questa consiste nell'erosione che si verificherebbe naturalmente sulla superficie del terreno se non fosse protetto dalla vegetazione né da misure antierosione. L'intensità media dell'erosione potenziale in Slovacchia è pari a 2,3 mm l'anno (23 m³ di terreno per ettaro all'anno). L'erosione idrica di terreni agricoli moderatamente, fortemente ed estremamente minacciati, coinvolge il 54,9% di tutti i terreni agricoli della realtà fondiaria nazionale. I terreni boschivi moderatamente, fortemente o molto fortemente, fino a catastroficamente minacciati rappresentano il 93,4% di tutte le aree boscate del fondo nazionale slovacco (Tab. 5)³². Dal confronto dei dati sull'erosione reale e potenziale dovuta all'acqua nelle foreste, deriva che è indispensabile mantenere la forestazione nella misura massima in cui le condizioni lo consentono.

La perdita potenziale di suolo

Tab. 5. Suolo a rischio di erosione da ruscellamento superficiale in Slovacchia, in base al tipo di terreno (erosione idrica potenziale)³³

Minaccia di erosione (gradi)	Intensità dell'erosione potenziale (allontanamento) del suolo (mm per anno)	Terreni agricoli		Aree boscate		Totale	
		(ha · 10 ³)	(%)	(ha · 10 ³)	(%)	(ha · 10 ³)	(%)
Irrilevante	fino a 0,05	107	3,4	3	0,0	110	2,2
Debole	0,06 – 0,50	1296	41,7	117	6,6	1413	28,9
Moderata	0,51 – 1,50	823	26,5	333	18,7	1156	23,6
Forte	1,51 – 5,00	783	25,2	1075	60,3	1858	38,0
Molto forte	5,01 – 15,00	100	3,2	255	14,4	355	7,3
Catastrofica	oltre 15,00	1	0,0	1	0,0	2	0,0
Media/totale	2,30	3110	100,0	1784	100,0	4894	100,0

31 Rudolf Midriak, 2004. From Threats of Erosion to the Desolation of the Soil in Slovakia. *Third Soil Science Days in the SR*, VÚPOP Bratislava: 193-200.

32 e 33 ibidem

Un ulteriore elemento conclusivo riguarda l'urgenza della riforestazione, in particolare delle lande desolate, un'azione che permetterebbe di ripristinare le funzioni antierosione e le funzioni idriche delle foreste stesse.

“Nel nostro paese sono cambiate più cose nei ricordi dei più anziani di quante ne siano cambiate nei precedenti mille anni. Nella nostra epoca, negli ultimi 75 anni, ne sono responsabili le aziende che pretendono di migliorare le nostre vite. Stanno drenando il suolo, danneggiandone così la composizione chimica. Il prosciugamento progressivo di paludi, vecchi rami di fiumi, aree umide sulle alture, sta contribuendo a un cambiamento del nostro clima, accentuando il contrasto tra inverni severi ed estati con meno nuvole e tra periodi isolati di siccità e di inondazioni. Il fatto che questi ‘miglioramenti agrari’ consentano ai contadini di arare qualsiasi pascolo e ogni golena asciutta, significa che gli strati superficiali del suolo sono stati scoperti e asportati dal dilavamento, senza che al loro posto si sia formato nuovo terriccio.”

Vladimír Úlehla³⁴, 1947

4.3 I corpi idrici

Come menzionato nel capitolo precedente, le più grandi civiltà che traghettarono l'umanità dall'età della pietra all'antichità ebbero origine lungo il Nilo, il Tigri e l'Eufrate, l'Indo, il Fiume Giallo e altri. Queste civiltà sono talvolta chiamate “civiltà idrauliche”³⁵ perché la loro agricoltura, praticata sulle pianure alluvionali, dipendeva dai fiumi e dall'estesa rete di canali che, oltre alla navigazione, aveva il compito specifico di apportare ai terreni l'acqua per l'irrigazione durante le normali inondazioni annuali e, poi, di drenarla. L'acqua superficiale era strategica per l'irrigazione, arrivando una volta all'anno e sopperendo alla carenza di precipitazioni.

Le civiltà
idrauliche

34 Cited from the publication: Michal I., 1994. *Ecological Stability*. Veronica, Brno, s. 200.

35 In accordo con: Wittfogel K.A., 1957. *Oriental Despotism. A comparative study of total power*. New Haven, CT: Yale University Press.

Dal punto di vista climatico e rurale queste civiltà furono quindi completamente diverse da quelle dei nostri antenati dopo il loro arrivo in Europa centrale dove, grazie all'elevato grado di forestazione, la pioggia cadeva frequentemente.

Le condizioni originarie erano diverse

Inoltre, la capacità del terreno di trattenere l'acqua era così elevata che, secondo la testimonianza fornita dal commerciante spagnolo Ibrahim Ibn Jacub at-Turtushi intorno alla metà del X secolo, anche nei casi in cui *“la pioggia è scarsa non si hanno scarsi risultati, perché queste terre sono umide”*. Per farsi un'opinione sulla campagna slovacca è possibile, in una certa misura, riferirsi ai dipinti di paesaggi d'epoca che si osservano nelle gallerie d'arte. I paesaggi del XIX secolo mostrano una ricchezza di acque superficiali in fiumi non regimati che scorrono in ampi alvei, una lussureggiante vegetazione riparia che suggerisce una costante connessione con le acque sotterranee. Se il Romanticismo tornasse di moda oggi, farebbe fatica a trovare scenari simili da rappresentare.

Nel periodo in cui si assistette all'espansione dello sviluppo agricolo, anche i villaggi e i siti produttivi si insediarono in vicinanza dei corsi d'acqua; ne conseguì una crescente paura delle inondazioni. Di pari passo aumentò la necessità di ampliare le aree destinate all'agricoltura. Nella fase di sviluppo dei trasporti si rese necessario l'attraversamento dei corsi d'acqua. Crebbe anche il bisogno di utilizzare più intensamente le stesse vie d'acqua per il trasporto delle merci e, con esso, sorse anche la necessità di iniziare ad apportare modifiche ai fiumi, regimandone gli alvei (Fig. 12).

Le pressioni per modificare i corsi d'acqua



Fig. 12. Sistemazione del fiume Latorica negli anni '60 (da meandriforme a rettilineo). La rettifica dei corsi d'acqua faceva parte del programma di drenaggio delle pianure della Slovacchia orientale³⁶.

36 Slovakia – Encyclopaedia, Published by Veda, 1972.

Queste modifiche comportarono in genere un forte accorciamento della loro lunghezza totale (in netto contrasto col naturale andamento meandriforme), un rafforzamento delle sponde e del fondo degli alvei e un sollevamento degli argini. La maggior parte delle zone umide adiacenti e collegate con gli ecosistemi fluviali fu prosciugata. Molte golene, che in origine accoglievano il meandro o erano periodicamente inondate dalle acque fluviali durante i periodi di maggiore piovosità, furono rese disponibili per l'edificazione e l'originario corso d'acqua fu confinato in un ben determinato spazio e in un dato profilo della sezione trasversale. A ciò si aggiunga che spesso il problema della protezione dalle inondazioni di una certa comunità è stato frainteso poiché il semplice innalzamento di argini protettivi o lo scavo dell'alveo o l'ampliamento della sezione trasversale di un corso d'acqua, realizzati allo scopo di mitigare gli effetti delle onde di piena, non sempre sono le soluzioni che intendono essere. Infatti, apportare tali alterazioni senza considerare il contesto dell'intero bacino fluviale e del territorio, conduce ad aumentare il rischio di alluvioni per le comunità e città situate più a valle.

Il principale effetto negativo delle suddette modifiche fu l'accelerazione del deflusso delle acque dal territorio, abbreviando i tempi di corrivazione e diminuendo la ritenzione idrica del terreno. Queste modifiche "civilizzatrici" dei corsi d'acqua hanno contribuito a una graduale riduzione quantitativa nel ciclo dell'acqua e, nel caso della Slovacchia, hanno diminuito in modo sproporzionato il relativo vantaggio che essa aveva su altri Paesi, privati del beneficio di condizioni climatiche favorevoli e di abbondanza di acqua. Infine, paradossalmente, grandi opere idrauliche come le dighe, costruite nel recente passato per sfruttare l'energia idroelettrica, attenuare gli effetti delle piene o creare riserve di acqua potabile, sono meno efficaci –al fine di conservare l'acqua sul territorio– di un gran numero di piccole riserve idriche con lo stesso volume complessivo³⁷.

*L'accelerazione
del deflusso*

4.4 Le città

Come già accennato, una delle rivoluzioni più importanti nella storia dell'uomo fu la rivoluzione agricola del Neolitico. Sia per importanza che per l'epoca, ad essa segue la rivoluzione urbana. La comparsa delle città e delle città-stato rappresenta per l'umanità una delle pietre miliari nella transizione tra il periodo preistorico e quello storico. Si conoscono città come la biblica Gerico (e alcune altre) la cui

*La rivoluzione
urbana*

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

esistenza risale alla preistoria. Secondo le attuali conoscenze, tuttavia, le città che per caratteristiche si differenziano dai semplici insediamenti, non solo per il numero di abitanti ma anche per l'organizzazione della vita (ad esempio, la tenuta di scritture sulla propria amministrazione), risalgono al tempo dei Sumeri, nel periodo compreso tra il 3100 al 2900 a.C., nella bassa Mesopotamia. Quasi nel medesimo periodo altre città iniziarono a sorgere in Egitto e nella valle del fiume Indo. Molti autori ritengono che il bisogno di un elevato livello di organizzazione, derivante dalla sfida di implementare l'agricoltura pianiziale, fu una delle ragioni che fecero sorgere le città, nelle cosiddette "culle della civiltà". Le ragioni dettagliate che hanno determinato il sorgere di antiche città, le loro caratteristiche e le cause della loro scomparsa, tuttavia, non sono oggetto di questa pubblicazione.

Le città accelerarono enormemente lo sviluppo della civiltà, nel bene e nel male. In questo momento, è necessario concentrare brevemente l'attenzione su una eccezionale conquista emersa durante la prima rivoluzione urbana, destinata in seguito a ripetersi: il sistema fognario. Le antiche città di Harappa, Mohenjo-daro e Rakhigarhi nella valle dell'Indo (oggi Pakistan) sono le prime città conosciute al mondo a costruire un sistema fognario cittadino, e lo fecero 2600 anni prima di Cristo. Il sistema fognario era coperto, cinto da mura, costeggiava le strade ed era collegato alle case private e agli edifici pubblici e, infine, ai bagni e ai servizi igienici con sciacquone. La stragrande maggioranza dei paesi del mondo ha dovuto attendere fino alla seconda rivoluzione urbana, praticamente fino alla nostra epoca, per costruire i propri sistemi.

*La conquista
delle reti
fognarie*

La storia a volte si ripete ma, come diceva Eraclito, non è possibile bagnarsi due volte nello stesso fiume. La seconda rivoluzione urbana è conseguente a una rivoluzione industriale. L'inizio della rivoluzione industriale, la fine della schiavitù e della servitù nonché lo sviluppo di un'economia di mercato, permisero la libera circolazione delle persone e una mobilità più dinamica della forza lavoro. Questo periodo di crescita e di prosperità economica fu anche l'inizio di un nuovo incremento globale della popolazione mondiale, che dal 1800 è aumentata di sei volte fino agli oltre 6 miliardi di individui della popolazione odierna. Fu anche un periodo di spostamento dai paesi alle città, di un aumento percentuale delle persone che vivevano in quest'ultime, nonché di un cambiamento di mentalità e dei valori delle persone trasferitesi dal paese alla città, a volte nel bene e talvolta nel male. Questo processo, che è durato a lungo in Europa occidentale e in Nord America, è particolarmente visibile nella

*La seconda
rivoluzione
urbana*

seconda metà del XIX secolo. In Slovacchia, il processo di urbanizzazione con tutte le relative caratteristiche iniziò circa 100 anni dopo e avvenne in modo più intenso, di fatto nel giro di una generazione. In Slovacchia, tra il 1960 e il 1990, la percentuale di abitanti delle città è aumentata dal 30% al 56% (e così rimane oggi approssimativamente) ma non ha raggiunto gli stessi livelli dell'Europa occidentale.

I dettagli della seconda rivoluzione urbana, o addirittura della terza, come il decentramento urbano e il sorgere della società post-industriale, non sono oggetto di questa pubblicazione, ma è necessario concentrarsi di nuovo sulla rete fognaria. A differenza delle città degli antichi Sumeri, le città moderne, e sempre più anche i paesi, hanno i loro sistemi fognari (Fig. 13). Inoltre – a differenza delle antiche città della valle dell'Indo, di altre città dell'antichità, del Medioevo e della maggior parte dei tempi moderni – le superfici delle città moderne e sempre più anche dei paesi, sono asfaltate e rinforzate con materiali impermeabili³⁸. Lo sviluppo della tecnologia ha permesso l'invenzione di ingegnose e potenti macchine edili in grado di modellare la superficie del terreno per la costruzione di edifici, strade e altre infrastrutture della vita moderna più rapidamente che in qualsiasi momento del passato. L'utilizzo massivo di cemento e asfalto ha iniziato a predominare nella costru-

Le superfici impermeabili e il drenaggio delle acque



Fig. 13. Il rapido allontanamento delle acque piovane. L'obiettivo originale dei proprietari era quello di ottenere "asciutto e calore". Il perseguimento di questo obiettivo sta cominciando a sfuggire al controllo.

³⁸ Sid Perkins, 2004. Paved Paradise? Impervious Surfaces Affect a Region's Hydrology, Ecosystems – Even its Climate. *Science News*, week of Sept. 4, Vol. 166, No. 10, p. 152.

4. Uso del suolo e circolazione dell'acqua

zione delle città e nella trasformazione degli ambienti rurali in urbani (Fig. 14, 15). La carenza di spazio e la necessità di comfort hanno fatto in modo che le piogge sopra le città o gli spazi urbani fossero percepite come una sorta di disturbo. Quindi l'acqua piovana ha cominciato a essere considerata più come acqua di scarico, che deve essere portata via tramite la rete fognaria pubblica e, nella maggior parte dei casi, insieme alle acque luride.



Fig. 14. Vaste aree coperte da materiali impermeabili. Nelle giornate di sole diventano “isole di calore” che trasformano la maggior parte dell’energia solare in calore sensibile.



Fig. 15. Una strada asfaltata e un canale di scolo perfettamente pavimentato in ambiente urbano. Alcune soluzioni non consentono nemmeno alla più piccola quantità di acqua di infiltrarsi nel terreno.

Adesso quasi tutta l'acqua piovana che cade sulle città d'Europa viene trasportata ai fiumi e infine ai mari, dalle aree pavimentate e dai tetti attraverso le fognature delle acque chiare. Secondo le stime, oltre 20 miliardi di m³ di acqua piovana defluiscono ogni anno dal continente europeo. Quindi negli ultimi 50 anni più di 1000 miliardi di m³, cioè 1000 km³, di acqua piovana –che in passato alimentava gli ecosistemi e saturava il suolo, rigenerava le riserve di acque sotterranee, arricchiva le sorgenti e, attraverso la sua evaporazione, rendeva umido il clima– sono stati fatti defluire lontano dal continente europeo. Infine, il rapido deflusso dall'ambiente urbano impermeabilizzato attraverso i sistemi fognari contribuisce al verificarsi di importanti eventi alluvionali, minacciando le popolazioni a valle. Tuttavia il fatto più grave è che per molto tempo è stato drenato l'ambiente in cui la popolazione vive. L'uomo è responsabile della diminuzione a lungo termine delle riserve idriche sotterranee che si trovano sotto le superfici pavimentate e coperte; sta causando l'aumento delle temperature in ambito urbano, il calo dell'umidità atmosferica, l'insorgere di malattie tipiche degli ambienti urbani e il peggioramento della qualità dell'ambiente nel suo insieme.

*Enormi volumi
d'acqua
dispersi*

Oltre ai molteplici effetti rilevati nelle città, è necessario considerare anche l'attingimento di acqua dal sottosuolo a scopo idropotabile e per altre funzioni, che hanno tutte un grande impatto cumulativo. Questa continua estrazione di acqua procede senza che sia garantito un adeguato ritorno nel suolo della risorsa idrica prelevata. Dopo il loro utilizzo, infatti, le acque esauriscono il loro ciclo in mare. Città che in modo dissoluto e dispendioso fanno defluire milioni di metri cubi di acqua piovana nei loro sistemi di fognatura dovranno successivamente affrontare un accentuarsi della carenza di acqua per scopi potabili e per altri usi, carenza che in molti casi diventerà cronica. L'insufficienza di acqua per uso alimentare non è quindi solo un problema per le città povere ma anche per quelle prospere. Ovviamente, le città nei paesi in via di sviluppo hanno altre problematiche particolari. Ad esempio, le zone più povere delle città dipendono in modo permanente dal legno come combustibile e quindi le foreste nei loro dintorni vengono sistematicamente abbattute.

*Lo sperpero
dell'acqua
nelle città*

Al drenaggio delle acque e alla deforestazione consegue il fatto che le città, mentre si accrescono, modificano le condizioni microclimatiche del territorio originale. Esse si trasformano in isole di calore urbane sulle quali si forma un ombrello climatico caldo (Fig. 16).

*Il cambiamento
delle
condizioni
climatiche*

4. Uso del suolo e circolazione dell'acqua

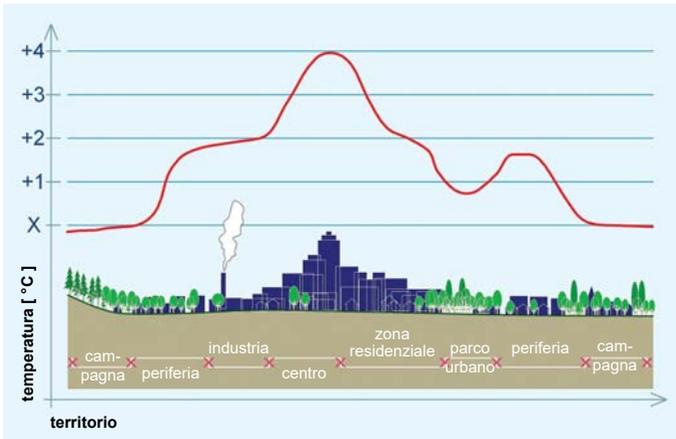


Fig. 16. Cappa di calore di un'area urbana. La temperatura dipende dalla relazione tra centro abitato e area coperta da vegetazione.

Queste 'isole' stanno lentamente ma sicuramente modificando la circolazione delle nuvole e il movimento dei venti sul loro territorio e nei dintorni. Soprattutto in estate spingono le precipitazioni verso le regioni montuose più fredde, il che fa conseguentemente accrescere il rischio di piogge torrenziali estreme nelle regioni montane e di alluvioni che minacciano le popolazioni delle pianure a valle. In tal caso si parla di una causa molto più diretta e logica per i cambiamenti climatici e per l'incremento degli eventi meteorologici estremi rispetto all'impatto del 30% di crescita del contenuto percentuale di CO₂ nell'aria negli ultimi 150 anni.

Oggi, più della metà degli abitanti della Terra vive nelle città, una quota di popolazione che continuerà a crescere in modo significativo. Le città sono diventate una sorta di fabbrica *new age* di prosperità economica che lentamente e gradualmente assorbe ciò che la circonda³⁹. Così l'umanità, attraverso l'espandersi del territorio destinato all'agricoltura e alle altre attività umane, attualmente ha "rivendicato per sé stessa" oltre il 40% della superficie di tutti i continenti. È necessario sottolineare che esiste una soluzione ai problemi menzionati in questo testo e che la crescita della popolazione in sé non è in conflitto con lo sviluppo permanentemente sostenibile. Invece, ciò che è in conflitto con lo sviluppo permanentemente sostenibile è il modello di gestione che attualmente viene applicato al ciclo dell'acqua sulla Terra.

Gestione insostenibile delle risorse idriche

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

5. LE CONSEGUENZE DEL DEFICIT D'ACQUA NEL PICCOLO CICLO

In tutto l'universo non vi è nulla di più morbido e molle dell'acqua e, tuttavia, nulla le è pari nel suo modo di opporsi a ciò che è duro. Che la debolezza sia in grado di vincere la forza e la fragilità di vincere la durezza, sulla Terra ognuno lo sa, ma nessuno è in grado di farlo ...
Lao-tzu (*The Tao-te Ching, LXXVIII*)

L'accelerazione dei deflussi delle acque piovane da un territorio e le sue conseguenze (ridotta infiltrazione nel suolo e scarsità di vegetazione) provocano il riscaldamento della superficie del terreno e un graduale cambiamento delle condizioni microclimatiche locali. Nel capitolo vengono trattati i meccanismi attraverso i quali crescenti differenze di temperatura causano eventi meteorologici estremi, anche su aree scarsamente interessate dall'attività umana. Unitamente allo scioglimento dei ghiacciai, causato dal riscaldamento globale, anche l'accelerazione dei deflussi di acqua e il drenaggio dei suoli contribuiscono all'incremento del livello degli oceani. Il capitolo termina prendendo atto della continua crescita delle tensioni sociali derivanti dalla carenza di acqua nel piccolo ciclo e dall'incapacità delle attuali teorie di fornire spiegazioni e soluzioni soddisfacenti.

5.1 *Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e incremento degli eventi climatici estremi*

Nel capitolo precedente è stato discusso come l'urbanizzazione di un paesaggio naturale acceleri il deflusso delle acque piovane dal territorio. L'incremento delle fognature bianche per drenare l'acqua piovana varia da luogo a luogo in funzione della densità della popolazione, dell'estensione e delle caratteristiche del territorio (prevalentemente agricolo o urbano) ma, soprattutto, della sensibilità nel gestire il territorio. È possibile affermare che l'urbanizzazione causa sempre danni quando non viene presa in considerazione la diminuzione dell'acqua necessaria alla vegetazione e quella sottratta all'evaporazione e all'infiltrazione in falda. Il decremento dell'acqua nel piccolo ciclo è diret-

Una dannosa trasformazione del territorio

tamente associato all'aumento delle condizioni meteorologiche estreme e ai cambiamenti climatici.

Una particolarità della diminuzione dell'acqua è che, per quanto modesta possa essere, si manifesta quasi immediatamente con una ridotta saturazione degli strati superficiali del suolo in quanto, infiltrandosi, scende dagli orizzonti superiori (dal livello della superficie freatica) fino a raggiungere il substrato impermeabile. Alla ridotta saturazione degli strati superficiali del suolo consegue una ridotta capacità di evaporazione e, quindi, un incremento della frazione di energia solare che viene immediatamente convertita in calore sensibile. Più è forte il prosciugamento (e, di conseguenza, l'indurimento) del suolo, più è difficile che esso possa assorbire l'acqua piovana delle successive precipitazioni. Le aree urbanizzate, invece, allontanano direttamente dal territorio l'acqua piovana, il più rapidamente possibile. Il territorio, così prosciugato, si riscalda e crea isole termiche che allontanano leggermente le precipitazioni dal territorio stesso. Ogni ulteriore variazione del piccolo ciclo, causata da questi fattori, ne diminuisce leggermente il volume di acqua (Fig. 17). Con osservazioni a lungo termine si può constatare una diminuzione permanente e sistematica del bilancio idrico del territorio in esame (nel corso di un secolo, ciò rappresenta diversi punti percentuali). Tale progressiva ma sistematica ristrutturazione della superficie terrestre ha carattere globale. Ne emerge un effetto sinergico: i micro-processi generano macro-processi che conducono ad un aggravamento chiaramente riconoscibile, vasto e continuo dei cambiamenti climatici a livello regionale, continentale e globale.

La spirale dell'inaridimento delle terre

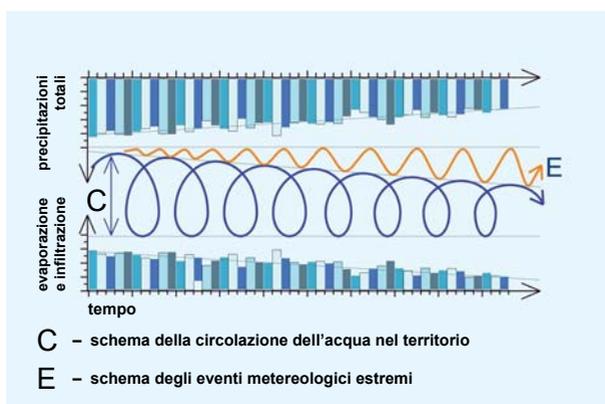


Fig. 17. L'aumento degli eventi meteorologici estremi in rapporto alla riduzione dei volumi idrici coinvolti nel piccolo ciclo dell'acqua. Con la diminuzione dell'acqua nel sistema sorgono differenze di temperatura che causano diversi tipi di condizioni meteorologiche estreme.

Le regioni naturali originali, o le regioni più fredde e umide, rappresentano oggi la parte più stabile degli ambienti continentali. Ciononostante, anche questi ambienti non possono sfuggire alle variazioni di intensità delle precipitazioni totali e degli eventi meteorologici estremi. Com'è possibile?

I mutamenti riguardano anche le zone naturali

L'aria più calda che si genera sopra le zone urbane e agricole calde e secche, ma anche sopra territori completamente asciutti come quelli semidesertici e desertici, spinge le formazioni nuvolose che portano precipitazioni negli ambienti più freddi, costituiti da boschi e corpi idrici, o ad altitudini più elevate (Fig. 18). L'interazione fra i cosiddetti *hot plates* (territori agricoli e urbani) e le regioni più fredde e più umide (per esempio, di montagna) provoca una concentrazione senza precedenti della copertura nuvolosa su queste ultime⁴⁰. La pioggia, quindi, cade in grande quantità sulle regioni più fredde (montane) (Fig. 19) innescando tragiche onde di piena che colpiscono poi le regioni agricole o urbane situate a valle, nonostante che in queste piova poco.

Nel corso del XX secolo, nelle regioni montane della Slovacchia, le precipitazioni totali sono aumentate mentre nelle regioni di pianura sono diminuite (Fig. 20). Inoltre, il periodo in cui cade la maggior parte delle piogge si è ridotto e i periodi di scarse precipitazioni si sono allungati⁴¹ (Fig. 22, 23). Questo effetto dell'interazione tra territori più caldi e più freddi funziona anche su scala minore, ad esempio tra una città e i suoi dintorni, così come su una scala più

L'interazione tra territori caldi e freddi



Fig. 18. L'impatto delle trasformazioni del suolo sulla distruzione dei piccoli cicli dell'acqua. L'aumento dei flussi d'aria calda spinge le nuvole verso gli ambienti più freschi.

40 Vedi, ad es.: Roger A. Pielke Sr., 2001. Influence of the Spatial Distribution of Vegetation and Soils on the Prediction of Cumulus Convective Rainfall. American Geophysical Union, *Reviews of Geophysics*, 39: 151-177.

41 Per la verifica di questi andamenti in Slovacchia, vedi: Kravčík M., 2000. *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.

ampia, persino continentale: le serie storiche delle precipitazioni annue nel XX secolo, infatti, mostrano un aumento del 10-40% nel nord Europa e una riduzione del 20% nella regione del Mediterraneo⁴². Il verificarsi di ondate di calore estreme e di temporali molto intensi è aumentato sulla maggior parte delle terre emerse, ed è molto probabile che questa tendenza continui.

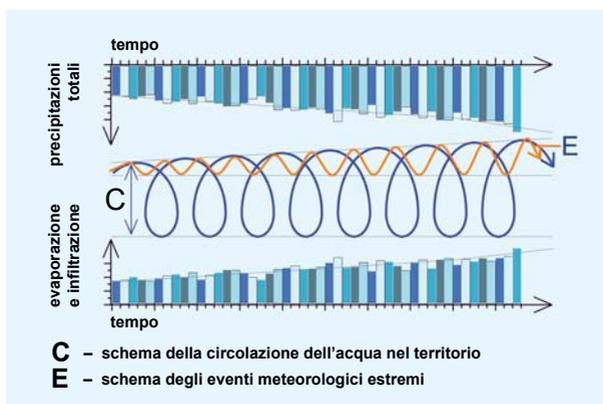


Fig. 19. Intensificazione degli eventi meteorologici estremi negli ambienti più umidi e più freddi; la concentrazione delle precipitazioni è indotta dai territori più secchi.

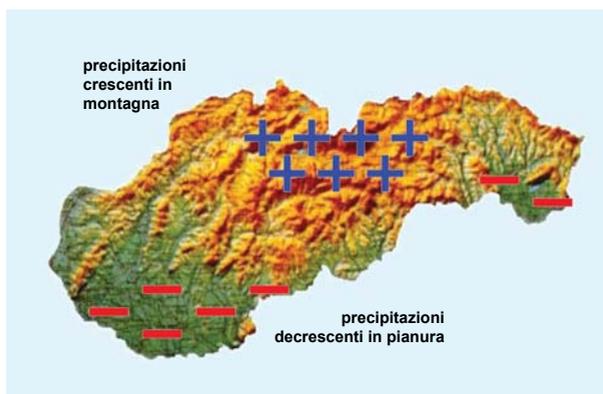


Fig. 20. L'aumento delle precipitazioni nelle regioni montuose settentrionali e la loro diminuzione nelle pianure meridionali (la Slovacchia presa come esempio).

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

L'intensificarsi degli eventi meteorologici estremi è l'espressione più devastante dei cambiamenti climatici attualmente in atto e contrasta nettamente con le condizioni climatiche originali mantenutesi a lungo in equilibrio. La rottura dell'equilibrio climatico si manifesta con cambiamenti improvvisi, spesso di carattere violento. Tempeste estreme, piogge torrenziali e cicloni si verificano con sempre maggior frequenza, la distribuzione spaziale e temporale delle piogge sta mutando⁴³ e i periodi di caldo insopportabile e di grave siccità si stanno allungando. I territori più drenati sono anche i più colpiti da eventi meteorologici estremi. Lo confermano, ad esempio, le inondazioni del Danubio (Fig. 21), ma anche dei fiumi Morava, Tisa e Prut. Paradossalmente, proprio l'incidenza di inondazioni più distruttive e più frequenti impedisce alle persone di rendersi conto che il loro paese sta attraversando un processo di desertificazione. Si tratta di un grande errore. Alcune delle più antiche testimonianze dell'umanità, come l'*Epopoea di Gilgameš* dell'era sumero-accadica o l'Antico Testamento della Bibbia, provengono da quei paesi della Mezzaluna fertile che sono stati sottoposti a desertificazione e narrano di un diluvio universale. È una narrazione che deve essersi fondata su un'esperienza reale.

L'intensificarsi degli eventi meteorologici estremi

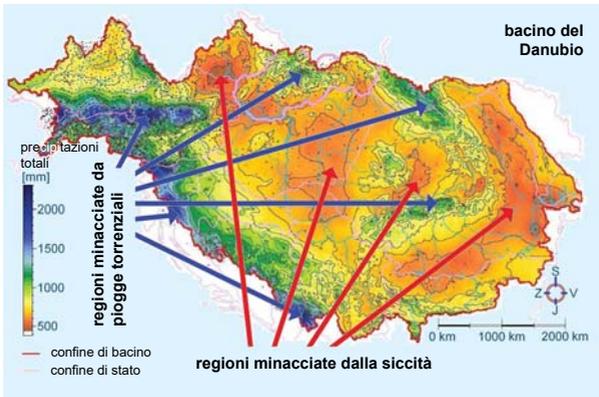


Fig. 21. La crescita delle precipitazioni nelle regioni montuose e la loro diminuzione nelle pianure: bacino del Danubio.

43 P. Faško, J. Pecho, K. Mikulová, P. Šťastný, 2006. 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, pp. 153-158.

Può apparire paradossale che un terreno parzialmente saturo sia in grado di assorbire meglio e in maggior quantità acqua rispetto a un terreno arido. Tuttavia, se le precipitazioni cadono su terreno compattato e inaridito, l'infiltrazione verso gli strati più profondi si verifica solo dopo un periodo di dieci minuti o più.

Il suolo arido favorisce il deflusso

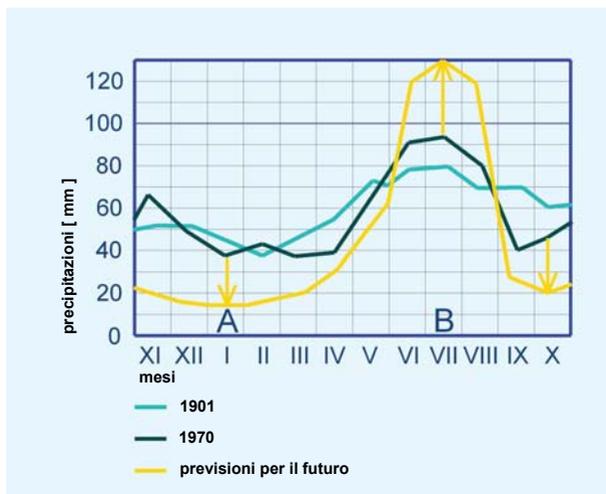


Fig. 22. Tendenza dell'andamento mensile delle precipitazioni in Slovacchia. I periodi di "siccità" si stanno allungando (A) e il periodo in cui cade la maggior parte delle precipitazioni si sta accorciando (B).

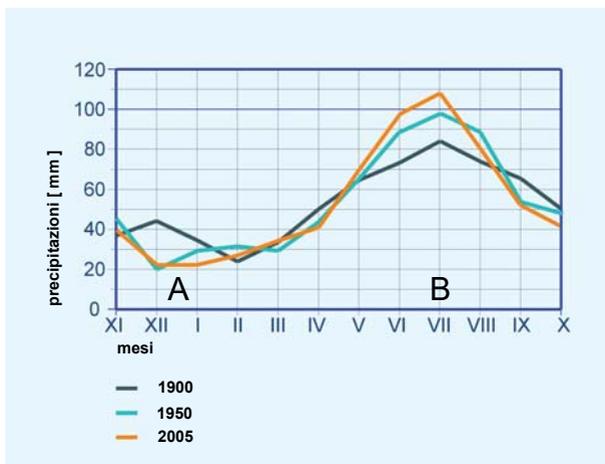


Fig. 23. Precipitazioni medie mensili totali a Prešov. La tendenza media è simile a quella del resto della Slovacchia.

Nei primi minuti, purtroppo, il terreno si comporta come una superficie impermeabile. Durante le piogge estreme, si verifica pertanto un rapido deflusso che conduce a un rilevante convogliamento delle acque piovane negli alvei fluviali. La medesima pioggia, che sarebbe facilmente assorbita da un terreno saturo d'acqua, in una terra arida trasforma perciò ruscelli e torrenti in fiumi in piena, causando portate estreme e eventi alluvionali. Ciò significa che una superficie senza capacità di evaporare l'acqua, non solo crea condizioni favorevoli per generare condizioni meteorologiche estreme, ma ne aggrava anche gli effetti.

A lungo termine, la siccità avvia una spirale di desertificazione, cioè la trasformazione in semideserto o deserto. Nel contesto di questa pubblicazione, deserti e semideserti possono essere intesi come parti completamente prosciugate di

La desertificazione del territorio

un continente con assenza, o minima presenza, delle varie forme di acqua nel piccolo ciclo. Anche il paesaggio naturale convenzionale, con vegetazione e acqua a sufficienza, può trasformarsi in semideserto o in deserto a causa dell'interruzione del piccolo ciclo dell'acqua in un territorio, per effetto dell'attività umana (ad esempio può derivare dalla pressione di uno smisurato sviluppo urbano, di una agricoltura troppo intensiva o di un eccessivo allevamento di bestiame e conseguente depauperamento dei pascoli⁴⁴): Questa sorte probabilmente colpì anche le regioni costiere di centinaia di città dell'Africa settentrionale, che un tempo era il granaio dell'Impero romano. Questo graduale processo di trasformazione di un paesaggio naturale, con vegetazione e risorse idriche adeguate, in terreno completamente arido può anche essere indicato come la trasformazione di una zona in semideserto o, in casi estremi, deserto.

Tra le conseguenze frequenti delle manifestazioni meteorologiche estreme si possono citare incendi boschivi, alluvioni, degrado ed erosione del suolo, frane e varie catastrofi ecologiche che minacciano la vita e la salute delle persone e causano

Conseguenze degli eventi climatici estremi

enormi danni economici. Con il ripetersi di questi eventi meteorologici si arriva a una riduzione graduale e permanente della competitività del territorio, che appare evidente in termini pratici: ad esempio il rifiuto delle compagnie assicurative a stipulare polizze con le proprietà nelle località colpite e la riluttanza delle banche a erogare prestiti e garanzie per progetti in questi territori. Inondazioni, siccità, tornado e altri eventi meteorologici estremi (Fig. 24 e 25) sono la sindrome di una terra che è stata sfruttata e abitata da una popolazione che segue l'odierno approccio alla gestione delle acque superficiali e dell'acqua piovana.

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

5. Conseguenze del deficit nel piccolo ciclo

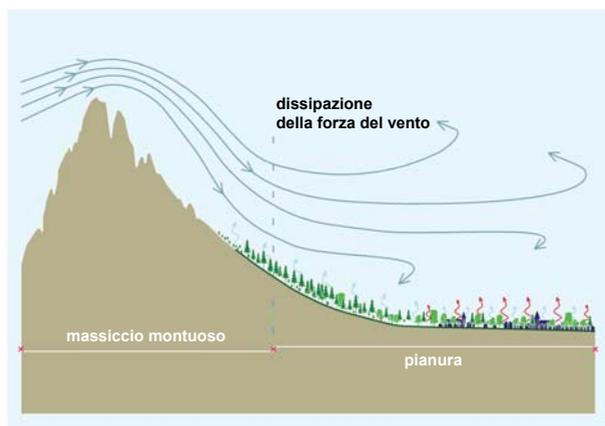


Fig. 24. L'incursione di aria fredda nelle regioni degli Alti Tatra (la bora del Tatra); condizioni intorno all'anno 1800. Le condizioni del territorio pedemontano consentivano la dissipazione graduale delle correnti.

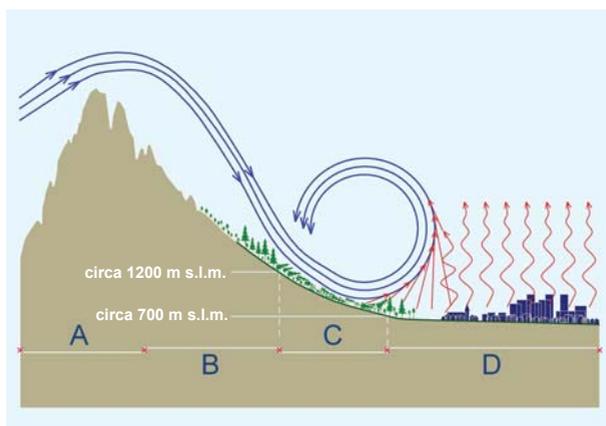


Fig. 25. Tempesta di vento sugli Alti Tatra, Slovacchia, 19 novembre 2004. I flussi ascendenti dell'aria riscaldata dalle aree agricole-urbane (zona D) hanno sbarrato il fronte freddo in discesa dal crinale degli Alti Tatra, provocando forti turbolenze. Velocità: (A) 150-200 km/h; (B) <100 km/h; (C) 200-250 km/h; (D) <150 km/h.

5.2 Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e innalzamento degli oceani

In passato, quando il ciclo dell'acqua era ancora sconosciuto, la gente si poneva la domanda su come fosse possibile che i livelli dei mari e degli oceani non aumentassero sebbene tutti i fiumi del mondo fluissero costantemente in essi.

La velocità di innalzamento degli oceani

Oggi, che si conosce il ciclo dell'acqua e che le misurazioni idrologiche mostrano la crescita del livello dei mari e degli oceani, sembra non venga in mente a nessuno che la ragione di questo fenomeno potrebbe anche risiedere nei fiumi che vi confluiscono (Fig. 26). I crescenti livelli degli oceani sono attribuiti allo scioglimento dei ghiacciai a causa del riscaldamento globale. Le singole fonti di informazione divergono sull'entità dell'innalzamento degli oceani verificatasi durante il XX secolo, ma la maggioranza suggerisce un aumento di 10 cm o più, il che significa una media di circa 1 millimetro all'anno. All'inizio del XX secolo l'aumento era con ogni probabilità inferiore a 1 mm all'anno, mentre alla fine superava significativamente tale misura. Attualmente, la velocità con cui i mari si innalzano può giungere fino a 2,4 mm all'anno⁴⁵.

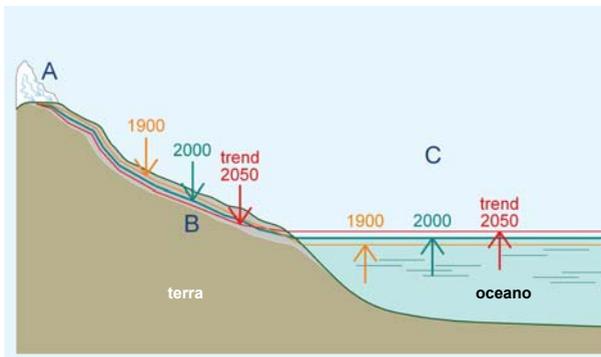


Fig. 26. L'influenza dello scioglimento dei ghiacciai (A) e il calo delle riserve d'acqua nei continenti (B) sull'innalzamento del livello degli oceani (C). Le frecce indicano la superficie freatica della falda terrestre e la superficie del livello del mare.

45 Fonte: NASA, <http://sealevel.jpl.nasa.gov/gallery/presentations/public-presentation/03-GP-scienceapp-pps.ppt#19>

Il monitoraggio dei ghiacciai ha una sua logica in quanto essi costituiscono grandi riserve d'acqua: le quantità contenute nei ghiacci e nelle nevi perenni rappresentano circa il 2,05% delle riserve idriche mondiali e quasi il 70% delle riserve mondiali di acqua dolce. L'entità delle glaciazioni nel corso della storia è stata correlata con le temperature sulla Terra, essendo essa responsabile anche delle fluttuazioni dei livelli degli oceani. Il livello di tutti gli oceani durante il picco dell'ultima glaciazione, 20.000 anni fa, era circa 125 metri più basso di quello attuale. Oggi la maggior parte del ghiaccio si trova in Antartide e rappresenta quasi il 90% del ghiaccio mondiale che viene immagazzinato a terra nei ghiacciai. Il ghiaccio in Groenlandia rappresenta circa il 10%. Secondo i calcoli, lo scioglimento di tutti i ghiacciai individuati in Antartide e in Groenlandia potrebbe causare una risalita degli oceani di 60-80 metri, mentre lo scioglimento dei ghiacciai di tutte le altre terre contribuirebbe solo con mezzo metro a tale aumento. La fusione del ghiaccio di origine non terrestre che galleggia sull'oceano (ad esempio nell'Oceano Artico), al contrario, non aumenta i livelli del mare. In questo caso si applica il principio di Archimede: proprio come nel caso di un cubetto di ghiaccio che galleggia in una tazza piena di liquido.

L'acqua immagazzinata nei ghiacciai

Per la conservazione dei ghiacciai vale lo stesso importante presupposto di stabilità adottato per il bilancio idrologico di una regione. Nel caso dei ghiacciai ciò comporta un equilibrio tra l'accumulo –in particolare attraverso le precipitazioni nevose– e la riduzione, attraverso la fusione e la sublimazione. Purtroppo un bilancio glaciale più complesso viene studiato solo nei ghiacciai più piccoli, lontani dai territori più inaccessibili della Groenlandia e dell'Antartide. Nella maggior parte di questi si registrano effettivamente riduzioni di volume più o meno consistenti. Per quanto riguarda la Groenlandia e l'Antartide, la percezione che il pubblico ha di esse scaturisce soprattutto dalle immagini spettacolari ed emozionanti diffuse dai media, che mostrano masse di ghiaccio che si staccano e si frantumano nelle aree bagnate dagli oceani. I filmati che le propongono sono di solito realizzati ai bordi di banchi di ghiaccio, che sono più facilmente accessibili ai media e ai componenti delle spedizioni documentaristiche. Spesso, tuttavia, i fattori che provocano la rottura delle piattaforme di ghiaccio sono interpretati in modo errato. La rottura di queste piattaforme di ghiaccio che, dai bordi dei ghiacciai continentali, si estendono direttamente sugli oceani e sui mari, così come la frantumazione degli iceberg, è spesso di origine meccanica: vi contribuiscono, ad esempio, le frequenti oscillazioni (e di ampiezza crescente) dei livelli del mare causate dal flusso e riflusso della marea.

Il bilancio dei ghiacciai

La ricerca condotta sui ghiacciai in Antartide e Groenlandia, tuttavia, mostra che nell'entroterra lo spessore del ghiaccio è in realtà permanentemente in crescita perché nell'ambiente del permafrost la neve si accumula e non si scioglie mai. I dati sull'equilibrio dei ghiacciai in Antartide e in Groenlandia non sono inequivocabili. In tempi recenti, tuttavia, la Groenlandia sembra mostrare una diminuzione del bilancio totale del ghiaccio⁴⁶. È logico che l'attuale tendenza al riscaldamento dei continenti porterà ad una rapida riduzione dei ghiacciai, ad esempio dei ghiacciai delle Alpi che sono circondati dalle *hot plates* (isole di calore) delle regioni industriali europee. In questo caso l'acqua dei ghiacciai diventa una componente del deflusso e finisce nei mari, contribuendo (in parte) all'aumento dei loro livelli.

I ghiacciai terrestri

Oltre all'aumento del deflusso dai ghiacciai, un'ulteriore spiegazione logica dei crescenti livelli degli oceani è data dall'aumento del deflusso dell'acqua proveniente dai territori non occupati dai ghiacci e dal suo successivo accumulo negli oceani. Mentre il deflusso creato dallo scioglimento dei ghiacciai è accettato quasi all'unanimità come spiegazione per l'innalzamento del livello degli oceani, qualsiasi spiegazione che punti sulla diminuzione della quantità di acqua sulla terra, viene vista con grande pregiudizio e opposizione intellettuale. Eppure un piccolo aumento, appena percettibile, di circa l'1% nel deflusso annuale verso gli oceani come apporto fluviale –che andrebbe a detrimento delle acque sotterranee, dell'umidità del suolo e della crescita della vegetazione– rappresenterebbe un volume d'acqua tale da far aumentare il volume degli oceani di circa 36.146 km³ in 100 anni (trascurando la maggiore evaporazione oceanica come conseguenza dell'aumento delle temperature, dell'espansione termica dell'acqua, ecc.). Un aumento che giustificherebbe un innalzamento degli oceani di circa 10 centimetri.

Il drenaggio del territorio e l'innalzamento degli oceani

I livelli degli oceani potrebbero essere aumentati di un maggior numero di centimetri durante la storia culturale dell'umanità, grazie all'acqua che numerose civiltà persero dal proprio territorio: l'acqua dalla foresta climacica europea disboscata negli ultimi mille anni, o quella che all'epoca dell'Impero Romano irrigava le città e i campi nella fascia costiera del Nord Africa. Se qualcuno nega che questa acqua sia oggi negli oceani, dovrebbe essere in grado di dire dove altro sia effettivamente andata a finire. Una cosa è certa: nella stragrande

La scomparsa dell'acqua dai territori

46 Confronta, per esempio: Greenland's Ice Melt Grew by 250 Percent, Satellites Show. *National Geographic*, September 20, 2006, <http://news.nationalgeographic.com/news/2006/09/060920-greenland-ice.html>

maggioranza dei casi la quantità di acqua sulla terra “civilizzata” dall’umanità non è più la stessa di una volta. Al momento non sappiamo quale quota dell’acqua coinvolta nell’innalzamento dei livelli oceanici è di origine glaciale o non glaciale. È quindi una responsabilità della comunità scientifica iniziare a studiare più seriamente la questione delle acque territoriali di natura non glaciale e dei loro effetti sull’innalzamento del livello del mare. D’altronde, risentiamo ben maggiormente le conseguenze dell’assenza dell’acqua persa dal territorio che di quella persa dai ghiacciai.

5.3 Diminuzione di acqua nel piccolo ciclo e aumento delle tensioni sociali

Nel corso del XX secolo la temperatura media annuale dell’aria in Slovacchia è aumentata di circa 1,1 °C (ancora di più in inverno). Nel frattempo, la media annuale delle precipitazioni totali è diminuita del 5,6% (nelle pianure meridionali la diminuzione è stata superiore al 10%; nel nord montuoso c’è stato un aumento del 3% durante il secolo). Inoltre, si è registrato un calo significativo dell’umidità relativa dell’aria (fino al 5%). Parametri quali l’evaporazione potenziale ed effettiva, l’umidità del suolo, l’irraggiamento globale e il suo bilancio, confermano che la Slovacchia meridionale si sta gradualmente inaridendo (l’evapotraspirazione potenziale cresce e l’umidità del suolo diminuisce)⁴⁷. La concentrazione spaziale delle precipitazioni è accompagnata da una concentrazione nella loro distribuzione temporale, cioè i periodi di ‘siccità’ si allungano e i periodi in cui cade la maggior parte delle precipitazioni diventano più brevi. Le onde di piena aumentano, estendendosi nelle regioni pianeggianti più calde dove non piove quasi mai. La piccola Slovacchia, sebbene non si collochi tra i paesi più problematici al mondo rispetto ai problemi delineati e al conseguente danno che causano, può essere vista come un esempio che illustra i tipici problemi idrologici del mondo moderno.

*La Slovacchia
come esempio
dei problemi*

⁴⁷ *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.

5. Conseguenze del deficit nel piccolo ciclo

Le previsioni delle Nazioni Unite per il clima e la circolazione globale dell'acqua nel XXI secolo sono preoccupanti nella migliore delle ipotesi e catastrofiche nella peggiore: *“Il riscaldamento globale potrebbe già essere presente oggi, ma la previsione di un maggiore riscaldamento per il XXI secolo produrrà grandi cambiamenti nei processi evaporativi e nelle precipitazioni, associati a un ciclo idrologico ancora più imprevedibile. Le temperature dell'aria più elevate faranno aumentare l'evaporazione dagli oceani, intensificando le dinamiche del grande ciclo dell'acqua. Esse comporteranno anche una più rapida evaporazione dell'acqua dalla terra e, pertanto, una riduzione degli apporti piovani ai fiumi. Questi cambiamenti saranno accompagnati da nuovi modelli di precipitazioni e da eventi meteorologici più estremi, tra cui inondazioni e siccità”*⁴⁸. Questo cambiamento climatico, in cui l'influenza del grande ciclo dell'acqua inizia a dominare il piccolo ciclo, è solo una delle “gallerie degli orrori” dell'ONU. A fianco delle previsioni che vedranno le regioni aride del mondo ancora più asciutte e le zone umide ancora più bagnate, l'elenco dei rischi si conclude con l'affermazione che, nel mondo imprevedibile del futuro, una cosa prevedibile è la crescita del numero di paesi con carenza idrica.

La prospettiva di un ulteriore peggioramento del clima

Il consumo personale diretto di acqua per uso alimentare e per l'igiene è relativamente modesto e può essere stimato in dozzine di litri per persona al giorno. La quantità di acqua necessaria per produrre la razione giornaliera di cibo per persona, tuttavia, può essere misurata in migliaia di litri ed è crescente. Anche il consumo di acqua nell'industria nel XX secolo ha avuto la tendenza ad aumentare. La disponibilità di 1700 m³ di acqua per persona all'anno è definita come il quantitativo base per soddisfare l'insieme dei bisogni delle persone, dell'agricoltura, dell'industria e dell'ambiente. In considerazione di ciò, possiamo ritenere che un volume di acqua disponibile per persona all'anno, compreso tra 1700 e 1000 m³, sia indice di uno stato di stress, e un volume al di sotto di 1000 m³ sia una quantità insufficiente. Paesi con meno di 500 m³ di acqua per persona all'anno sono considerati soggetti a una carenza catastrofica di acqua. Tali paesi sono ad esempio la Somalia o il territorio della Palestina, che hanno a disposizione solo 320 m³ circa per persona all'anno. Oggi si stima che circa 700 milioni di persone in 43 paesi del mondo vivano in uno stato di stress idrico. Questi si concentrano in particolare in Medio Oriente e nell'Africa subsahariana.

Il consumo e la necessità di acqua

48 *Human Development Report 2006*. Published for the United Nations Development Programme (UNDP) – Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis.

Con l'attuale tendenza delle città a crescere, si può prevedere un'analogia tendenza alla crescita dei consumi di acqua per uso sia personale sia industriale. Allo stesso tempo è prevedibile una crescita del fabbisogno idrico per la produzione di cibo nei paesi più poveri in via di sviluppo. Saranno gravemente colpiti dall'aumento delle condizioni meteorologiche estreme quei paesi con la maggior crescita della popolazione e un basso capitale finanziario, che già utilizzano oltre l'80% della loro acqua per l'agricoltura. È prevedibile una perdita di mezzi di sostentamento per milioni di piccoli agricoltori e una loro maggior dipendenza dal cibo proveniente da paesi sviluppati. La necessità di fonti idriche sta crescendo perché tali risorse (il loro volume e la loro qualità) stanno diminuendo. Di fronte alle crescenti esigenze della popolazione, dell'agricoltura e dell'industria, solitamente è l'ambiente a pagare e, se non si verifica alcun cambiamento, il prezzo pagato dall'ambiente sarà sempre più alto. Secondo un rapporto delle Nazioni Unite, probabilmente il numero di persone che vivono in stato di stress idrico supererà entro il 2025 i 3 miliardi, con 14 paesi che si sposteranno dalla categoria di "stress idrico" alla categoria di "insufficienza d'acqua"⁴⁹.

Previsioni sulle future necessità di acqua

Alcuni segnali dell'imminente carenza di acqua sono già visibili oggi. Rapporti che provengono da diversi angoli del mondo riferiscono di siccità catastrofiche, desertificazione o salinizzazione del suolo su vaste aree, di regioni con un rapido abbassamento dei livelli delle acque sotterranee, del prosciugamento di fiumi e laghi o dell'espansione dei deserti (Tab. 6). Gli aumenti delle temperature medie stagionali, inoltre, possono produrre gravi conseguenze sulla salute fisica e psicologica delle persone e determinare problemi di adattamento. Lo scenario sull'adattamento è, in effetti, quasi l'unico che le organizzazioni internazionali sono state finora in grado di offrire al vasto pubblico. Questo scenario, tuttavia, documenta semplicemente il senso di rassegnazione e di ammissione d'impotenza nell'affrontare il problema. Lo spostamento di un numero enorme di persone, di popolazioni e dell'industria nelle regioni più fresche, è praticamente impossibile perché comporterebbe la perdita dell'insostituibile patrimonio culturale e naturale dei centri abitati e dei territori abbandonati.

La mancanza di soluzioni

⁴⁹ Ibidem.

5. Conseguenze del deficit nel piccolo ciclo

Tab. 6. Indicatori possibili delle cause e delle conseguenze di una diminuzione di acqua nel piccolo ciclo.

-
- tendenza alla diminuzione delle portate minime nei corsi d'acqua
 - tendenza all'aumento delle portate estreme (onde di piena) nei corsi d'acqua
-
- tendenza alla diminuzione a lungo termine delle precipitazioni nelle aree drenate
 - mutamenti spaziali e temporali nella distribuzione delle precipitazioni in un'area
 - tendenza all'aumento delle precipitazioni estreme e degli eventi temporaleschi
-
- tendenza all'innalzamento a lungo termine degli oceani
 - tendenza al declino a lungo termine dei livelli delle acque sotterranee
-
- tendenza alla perdita di umidità nel suolo
 - tendenza alla diminuzione del volume delle riserve idriche sotterranee
 - espansione dei territori prosciugati, semideserti e deserti
-
- crescita delle popolazioni con difficoltà d'accesso all'acqua potabile e per altri servizi
 - territori con perdita di biodiversità
 - aumento degli squilibri degli ecosistemi
-
- territori surriscaldati ed espansione delle "superfici urbane e agricole calde" (*hot plates*)
 - tendenza alla crescita delle differenze di temperatura tra *hot plates* e aree naturali protette da adeguata copertura vegetale
 - tendenza all'espansione di aree edificate, superfici impermeabili, superfici coperte di edifici e altri spazi costruiti
-
- riduzione della lunghezza dei corsi d'acqua (mediante artificializzazione)
 - decremento percentuale della superficie di corpi idrici (laghi, stagni e altre superfici idriche all'interno o al di fuori dei villaggi) e zone umide (paludi) che occupano la superficie totale di una regione
 - tendenza all'incremento delle aree drenate (per edifici e superfici dure)
 - tendenza alla scomparsa delle aree boschive
-
- aumento del numero di eventi assicurativi e dei costi dell'assicurazione erogata per catastrofi naturali e per danni causati da condizioni meteorologiche estreme e loro effetti
-

In questa atmosfera di tensioni, un numero crescente di autori sta ribadendo le parole del precedente Segretario Generale dell'ONU, Boutros Boutros-Ghali, e cioè che le guerre del XXI secolo saranno guerre per l'acqua. L'acqua ha già iniziato a essere utilizzata di fatto come arma di pressione politica tra stati, ultimo, ma non meno importante, sul territorio di quella che era la Mesopotamia. Il progetto turco GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi, un progetto di sviluppo per l'Anatolia sud-orientale) punta alla realizzazione di 21 dighe e 19 centrali idroelettriche sui fiumi Eufrate e Tigri. Questo massiccio sfruttamento delle loro acque e di quelle dei loro affluenti per un'agricoltura intensiva su vaste aree dovrebbe far crescere il numero e il volume dei raccolti annui, i cui prodotti agricoli sarebbero in gran parte esportati. Ma Siria e Iraq, che si trovano più a valle, temono seriamente che esista la possibilità di essere ricattati e minacciati attraverso minori apporti idrici (come è già successo) e di qualità inferiore

Guerre
per l'acqua?

(maggiore salinità). Lo scenario non è facilitato dalle dichiarazioni di alcuni rappresentanti turchi che affermano che, come non è loro venuto in mente di fare rivendicazioni sul petrolio greggio le cui fonti sono in Iraq, l'Iraq non può avanzare pretese sull'acqua che proviene dalla Turchia.

Sulla questione delle guerre per l'acqua i pessimisti ricordano il resoconto dell'anno 2450 prima di Cristo, quando avvenne una guerra per l'acqua tra due città-stato sumeriche, Lagash e Umma, nella bassa valle della Mesopotamia. Gli ottimisti sottolineano che –anche se l'acqua, come quasi ogni cosa nel mondo, spesso è stata oggetto di battaglie interne e conflitti armati– ad eccezione del caso menzionato, non sono noti nella storia altri conflitti armati tra stati in cui l'approvvigionamento idrico sia stato considerato un obiettivo strategico e non “semplicemente” un obiettivo tattico. È bene essere ottimisti, anche se spesso si sostiene cinicamente che un ottimista è semplicemente un pessimista mal informato; ma, nel caso degli approvvigionamenti idrici potenziali nel XXI secolo, entrambe le categorie sono propense a concordare che le prospettive sono cupe, con ben più pericoli all'orizzonte che soluzioni concrete prospettabili.

*Prospettive
pessimistiche*

6. IL VECCHIO E IL NUOVO PARADIGMA DELL'ACQUA

Ha forse un padre la pioggia? O chi mette al mondo le gocce della rugiada?
Bibbia, Giobbe 38:28

*... perché sgorgheranno acque nel deserto, e torrenti nella steppa,
la terra arida diverrà un lago, il suolo riarso sorgenti d'acqua ...*
Bibbia, Isaia 35: 6-7

Filosofi, storici e pensatori divergono su molti aspetti dell'età contemporanea in Europa, ma concordano sull'importanza che il pensiero razionale e la conoscenza scientifica hanno avuto su di essa. La realtà dei problemi associati alla mancanza di quella che fino a poco tempo fa sembrava essere una risorsa normale e onnipresente –l'acqua– ha messo in discussione l'approccio piuttosto presuntuoso e arrogante dell'età contemporanea.

Partendo da un'attenta critica a come fino ad oggi è stata percepita la questione dell'acqua, nel capitolo viene presentato un approccio innovativo, molto più rispettoso del suo valore e delle sue funzioni ambientali.

6.1 *Il vecchio paradigma dell'acqua*

L'era contemporanea è caratterizzata soprattutto dalla convinzione che l'intelletto umano possa risolvere tutti i problemi e che la scienza e la tecnologia conducano inevitabilmente a un progresso continuo e a un mondo sempre più felice e migliore. Tuttavia, due guerre mondiali e molte altre guerre nel XX secolo, così come l'Olocausto, la bomba atomica, l'emergere di regimi totalitari, la partecipazione della scienza allo sviluppo di armi distruttive, le catastrofi ecologiche di origine industriale e molti altri fattori hanno minato questa fiducia nella scienza e nel progresso, al punto che molti pensatori addirittura collocano nel decennio 1965-1975 l'inizio di un periodo postmoderno e denso di scetticismo, in cui alcuni ritengono che l'evoluzione possa anche regredire, o percorrere cicli o spirali.

*Fiducia nella
scienza e nel
progresso*

Possiamo chiaramente vedere nella gestione dell'acqua il riflesso di un pensiero originariamente biblico e ripreso nel XX secolo: *“l'uomo, signore di tutte le creature, sta cambiando il corso della natura”*. Nei paesi che possiedono sufficienti risorse idriche, quasi nessuno ha mai considerato la possibilità di una futura carenza di acqua. Le sporadiche voci che chiedevano responsabilità nella gestione dell'acqua sono rimaste spesso inascoltate, soverchiate dall'ottimismo fondato sull'apparente onnipotenza delle soluzioni scientifiche e tecnologiche. Quando necessario, le soluzioni ingegneristiche sono state in grado di trasportare l'acqua a grandi distanze. Per il suo accumulo sono state realizzate grandi opere idrauliche che, oltre ad assolvere alla funzione di riserva idrica, hanno anche quella di produrre energia e di mitigare gli effetti delle inondazioni. La presenza di acqua nel territorio è stata considerata più che altro uno svantaggio, tanto da indurre al prosciugamento delle zone umide, alla rettifica dei fiumi e alla rimozione dei meandri e dei rami morti per guadagnare più terreno agricolo. I corsi d'acqua sono stati canalizzati in modo da allontanare l'acqua il più velocemente possibile, le siepi di confine, i fossi e gli altri elementi idromorfi del territorio sono stati rimossi e arati per ottenere vaste estensioni agricole continue che, all'epoca, sembravano sinonimo di moderna produzione di massa. Il drenaggio dei terreni è stato finalizzato all'espansione delle aree, all'aumento dei profitti derivati da alcuni cereali xerofili e al raggiungimento dell'autosufficienza nella produzione del pane. Se necessario, c'era abbondante acqua superficiale disponibile per l'irrigazione.

*L'umanità
cambia il corso
della natura*

L'acqua piovana nelle città ha subito la stessa sorte dell'acqua nelle campagne. I ristagni d'acqua o il fango nelle città sono stati considerati segni di una cultura arretrata. Così, il maggior numero possibile di aree aperte è stato coperto dal cemento e l'acqua piovana che cadeva su di esse e sui tetti, trasportata dalle fognature al torrente più vicino. Gran parte dell'acqua disponibile è stata generosamente destinata agli usi potabili, senza alcuna considerazione del fatto che solo una piccola parte sarebbe stata effettivamente consumata a tale scopo. L'acqua viene utilizzata una sola volta e, dopo la depurazione, inviata dai fiumi al mare. È indubbio e giusto riconoscere all'erogazione dell'acqua attraverso le condutture e ai sistemi fognari degli agglomerati urbani il successo nella soppressione di molte malattie infettive: da qui l'obiettivo strategico di estendere queste strutture alla maggior parte della popolazione. Questo modo di percepire e trattare l'acqua ha riscosso grandi successi e, per i paesi in via di sviluppo, è divenuto un modello di ordine e di civiltà da realizzare, espandendosi in particolare nei paesi con una disponibilità d'acqua relativamente abbondante.

*L'apparente
vittoria sulla
natura*

Il “vecchio paradigma” è rappresentato più dalla tradizione e dalla effettiva messa in pratica che da una teoria unificata e articolata. Nonostante questo, come idea di fondo, esiste realmente e si riflette nei libri di testo e nella pratica. Una volta prometteva pace, sicurezza e prosperità. Con il passare del tempo, tuttavia, si può dire che tale promessa non sia stata mantenuta. Se dovessimo cercare un esempio da manuale del fallimento degli approcci ingegneristici alla gestione dell’acqua in epoca moderna, troveremmo probabilmente l’esempio più drastico nell’ex Unione Sovietica. Il regime comunista di quel paese si immaginava, in un certo senso, di essere la perfetta incarnazione del “razionalismo” dell’epoca moderna, e la catastrofe dell’entroterra del lago d’Aral può essere considerata un’epitome del trattamento arrogante riservato all’acqua nella seconda metà del XX secolo, anche se non tutti gli aspetti della vicenda sono rappresentativi. Circa 3500 anni di esistenza di terra fertile abitata, situata tra i grandi fiumi Amu Darya e Syr Darya, infatti, si sono conclusi con una catastrofe ecologica dopo soli 30 anni di saccheggio dissoluto di acqua per l’irrigazione: il parziale prosciugamento del lago e dei fiumi, la distruzione dei loro ecosistemi, la rapida diminuzione della biodiversità (i pesci non vivono più nel lago d’Aral) e la desertificazione totale della regione, sono culminati con i venti che ora diffondono in tutta la regione il sale e i pesticidi che provengono dal fondale scoperto. Per di più, il lago d’Aral prosciugato ha smesso di mitigare gli sbalzi termici tra inverno ed estate. Con l’aumento delle differenze di temperatura, la velocità dei venti è aumentata così come l’intensità delle tempeste di sabbia locali. Il degrado dell’ambiente è andato di pari passo con il declino economico dell’area e con un lungo elenco di problemi correlati con la salute di circa 3 milioni di abitanti delle immediate vicinanze e dei 35 milioni che vivono nell’area vasta intorno al lago.

I primi grandi fallimenti

L’utilizzo insensato dell’acqua, tuttavia, non è un problema solo dell’Asia centrale. In Europa tale problema è ben noto per una gestione dei territori forestali, della risorsa idrica e delle zone agricole e urbane basata sulla filosofia di sbarazzarsi dell’acqua dai bacini idrografici il più rapidamente possibile. Alcune conseguenze delle suddette attività sono già state menzionate in questa pubblicazione. Ridurre nei bacini idrografici la capacità di trattenere l’acqua ha l’effetto di svuotare il piccolo ciclo dell’acqua in natura, provocando una diminuzione dell’umidità del suolo e un abbassamento dei livelli delle acque sotterranee, nonché un riscaldamento dell’intera area interessata. Zone montuose e pedemontane, i campi privi di barriere naturali per rallentare il deflusso dell’acqua piovana sono i luoghi ideali per l’erosione del suolo e il

Le crepe predicono il crollo di un edificio

verificarsi di inondazioni locali. Altri risultati negativi sono il rapido sovralluvionamento degli invasi, l'impoverimento delle riserve d'acqua sotterranee, la diminuzione delle portate minime nei periodi di scarse precipitazioni e la tendenza all'accentuazione dei picchi di piena. I gestori dell'acqua non tentano più nemmeno di nascondere il fatto che la situazione non migliorerebbe, o migliorerebbe solo di poco, anche se venissero finanziati gli interventi da essi suggeriti, ritenuti onerosi per il bilancio dello Stato. Le città si stanno trasformando sempre più in aride 'isole di calore' dove le persone soffrono di allergie alla polvere e ai pollini e dove, nella calura estiva, gli anziani muoiono di infarto. Le città, la cui ubicazione un tempo era scelta con un occhio di riguardo verso ricche fonti d'acqua, ora si spingono sempre più lontano per reperire, trasportare e purificare l'acqua e, allo stesso tempo, per allontanare velocemente tutta l'acqua piovana che cade sulle loro stesse teste.

Le osservazioni meteorologiche dimostrano che negli ultimi dodici anni (1995-2006), undici sono tra quelli più caldi mai registrati sulla superficie terrestre, in termini di temperatura media. Secondo le principali tendenze della scienza contemporanea, tuttavia, il riscaldamento globale non si fermerà nemmeno nei secoli successivi all'eliminazione delle sue cause apparenti, come le emissioni di CO₂ e di altri gas serra derivanti dall'attività umana, gas che provocano un aumento degli effetti della radiazione solare nell'atmosfera. L'aumento delle temperature dell'aria e degli oceani è accompagnato da un aumento proporzionale del contenuto di vapore acqueo nell'atmosfera (per ogni grado Celsius di questo aumento, l'aria può teoricamente assorbire circa il 7% in più di vapore acqueo). Ciò causa numerosi cambiamenti climatici di lunga durata, di rilevanza regionale e continentale. La comparsa di ondate di caldo estremo e di piogge intense è aumentata sulla maggior parte dei continenti ed è molto probabile che questa tendenza continui⁵⁰. Gravi periodi di siccità hanno colpito vaste regioni di Europa, Asia, Canada, Africa occidentale e meridionale e Australia orientale. Anche il numero di forti inondazioni (riferibili a tempi di ritorno di 100-200 anni) è aumentato in modo significativo durante la seconda metà del XX secolo⁵¹.

*L'aumento
delle condizio-
ni meteorolo-
giche estreme*

50 Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymaker. 10ª sessione del gruppo di lavoro I dell'IPCC, Parigi, febbraio 2007.

51 Rapporto CRS per il Congresso, Climate Change: Science and Policy Implications. Codice ordine RL33849, January 25, 2007

Le conoscenze scientifiche sulle quali una volta confidava l'epoca moderna inducono oggi più paura che speranza per la soluzione dei problemi futuri. La scienza contemporanea attribuisce al riscaldamento globale la maggior parte delle tendenze negative precedentemente descritte e molte altre.

Il riscaldamento globale come nemico principale

Con tale visione gli eccessi crescenti del clima sono una conseguenza –se non addirittura un sinonimo– del riscaldamento globale, che probabilmente si intensificherà in questo secolo. Eppure in Europa il periodo compreso tra il IX e il XIII secolo, che fu notevolmente più caldo del XX secolo, sembra essere stato il migliore dal punto di vista storico-climatico. I vigneti furono coltivati su base commerciale da 300 a 500 chilometri più a nord dei limiti della loro attuale coltivazione e i Vichinghi si stabilirono in Groenlandia. Quello fu soprattutto un periodo di stabilità climatica senza precedenti, solo occasionalmente interrotto da eventi meteorologici estremi. Una sorta di “età dell’oro” climatica che consentì un grande boom economico, la costruzione di cattedrali e un’ulteriore espansione dell’agricoltura, con la conseguente deforestazione. Per contro il periodo di raffreddamento, al tempo della piccola era glaciale (all’incirca dal XIV alla metà del XIX secolo), portò in Europa un’elevata instabilità meteorologica accompagnata da raccolti scarsi, povertà, carestie, epidemie e altre disgrazie⁵². La crescita degli estremi climatici, pertanto, non corrisponde al riscaldamento globale, né la stabilizzazione del clima dipende necessariamente dal suo raffreddamento.

È sbalorditivo notare che, mentre le pubblicazioni scientifiche e le conferenze sottolineano gli impatti del riscaldamento globale sulla circolazione dell’acqua in natura, quasi tutte trascurano completamente l’influenza che il ciclo dell’acqua

Le tendenze della ricerca scientifica

ha sui cambiamenti climatici. Il fascino della CO₂ è così grande che domina persino nel numero relativamente ridotto di articoli scientifici che si occupano del rapporto tra vegetazione e clima. Il meccanismo attraverso il quale il calore incorporato nel vapore acqueo viene trasportato e rilasciato nella parte superiore della troposfera è poco studiato, così come gli effetti delle nuvole sull’equilibrio termico della Terra⁵³. Ciò che, invece, suscita l’interesse degli scienziati è l’albedo, cioè il rapporto tra la radiazione solare riflessa rispetto a quella totale che giunge sulla Terra. Ecco che allora la vegetazione cade in disgrazia perché assorbe più radiazione solare (riflette meno) rispetto al suolo

52 Fagan B., 2007. *The Little Ice Age - How Climate Made History, 1300-1850*, Academia, Prague.

53 Wigley, T. M. L., V. Ramaswamy, J. R. Christy, J. R. Lanzante, C. A. Mears, B. D. Santer, C. K. Folland, 2006. *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.

libero da essa⁵⁴. Dato lo stato attuale delle conoscenze, è logico che siano pochi gli studiosi che sostengono la necessità di trattenere l'acqua nei territori e incrementare la forestazione e che raramente il mondo accademico ne parli apertamente. Non sembra esistere altra formula per salvare il pianeta, oltre la già citata prospettiva di abbassare i livelli di CO₂ nell'atmosfera (privilegiando l'abbassamento della produzione nell'industria e non l'assorbimento da parte della vegetazione). Non c'è da stupirsi se, in questa situazione disperata, scienziati e politici si stiano orientando più verso l'adattamento agli "inevitabili" cambiamenti climatici che verso la possibilità di scongiurarli.

Non solo nell'età moderna, ma probabilmente nel corso di tutta la storia, le popolazioni delle regioni ricche di acqua hanno ritenuto che la sua abbondanza non sarebbe mai finita. Anche in un paese come la Slovacchia, fino a pochi decenni fa, la carenza d'acqua era difficile da immaginare, così come un improvviso cambiamento del clima. Nel XX secolo, tuttavia, l'umanità ha raggiunto un grado di sviluppo tale da consentire –consapevolmente o inconsapevolmente– la modifica del ciclo dell'acqua in una misura senza precedenti e i cambiamenti subiti per effetto delle attività umane (insieme a molti altri fattori) sono chiaramente avvenuti e sono tuttora in corso. Il vecchio paradigma, che considerava l'acqua una risorsa eternamente rinnovabile, ha fallito: la verità, infatti, è che l'acqua è una risorsa rinnovabile solo finché il suo ciclo è ben funzionante. Ecco perché è necessario un nuovo paradigma che protegga con cura il fragile equilibrio del ciclo dell'acqua.

*La necessità
di un nuovo
paradigma*

6.2 *Il nuovo paradigma dell'acqua*

I concetti introdotti nel paragrafo precedente non vogliono essere la negazione assoluta di tutto ciò che il vecchio paradigma dell'acqua ha diffuso e realizzato. La verità è diversa. Si sa che, nella storia delle idee, i sistemi che hanno tentato di negare tutto ciò che li ha preceduti sono finiti male. Sappiamo anche che perfino un grande scienziato come Sir Isaac Newton una volta dichiarò modestamente: «*Se ho visto più lontano è perché stavo sulle spalle dei giganti*». Il vecchio paradigma ha dimostrato un'efficacia eccezionale nel risolvere problemi idrici immediati e particolari. Se necessario, riusciva a trattenere l'acqua,

*I meriti
del vecchio
paradigma*

⁵⁴ Si veda, ad esempio: *Trees to Offset the Carbon Footprint?* Lawrence Livermore National Laboratory, 10 aprile 2007, http://www.llnl.gov/PAO/news/news_releases/2007/NR-07-04-03.html

trasferirla da grandi distanze, usarla, purificarla ed eliminarla. Il vecchio paradigma dell'acqua sta ancora oggi adempiendo con successo a questi compiti e continuerà senza dubbio a farlo in futuro con ancor più successo. Proprio come i cristiani nei primi secoli usavano le pietre dei templi pagani per costruire i propri, così il nuovo paradigma dell'acqua utilizza molte delle vecchie conquiste. Il nuovo paradigma, tuttavia, deve utilizzarle con un nuovo spirito.

Il nuovo paradigma dell'acqua deve imparare dagli errori del vecchio. Uno dei più grandi errori è stato quello di percepire l'acqua come un'entità isolata e di trascurarne l'interazione con l'ecosistema, in particolare con la quota non visibile di essa (quella presente nel suolo, nell'atmosfera, nelle piante). Il vecchio paradigma ha anche trascurato l'effetto sinergico dell'introduzione di misure, anche di per sé modeste, per regolare lo stato e la circolazione dell'acqua in una regione. Coloro che non hanno iniziato a leggere questa pubblicazione a partire da questo capitolo, ma che hanno letto anche quelli precedenti, sanno di quali misure e impatti si stia parlando. Il vecchio paradigma considera l'acqua come una risorsa perennemente rinnovabile, subordinata alle variazioni del clima globale, che può anche farsi gioco di essa, ma che di per sé non ha un'influenza notevole su di esso. Secondo tale concetto la circolazione dell'acqua raramente è influenzata dalle attività umane e, nell'eventualità che lo sia, lo è solo marginalmente e indirettamente, attraverso gli effetti provocati da altri parametri che presumibilmente hanno un impatto maggiore sul clima globale. La cecità del vecchio paradigma, rispetto agli impatti climatici dovuti alle misure di gestione dell'acqua, è inoltre accentuata dal fatto che si ignora e si nega l'importanza del piccolo ciclo dell'acqua. Data l'attuale scarsa conoscenza, non possiamo meravigliarci del fatto che i gestori dell'acqua e altri soggetti che vengono a contatto con le questioni idriche stiano trascurando l'importanza del bilancio idrico a tutti i livelli, lo gestiscano male e siano particolarmente distruttivi nei confronti del piccolo ciclo dell'acqua.

Imparare dagli errori

Nel nuovo paradigma dell'acqua, il bilancio idrico a tutti i livelli –sul territorio delle singole comunità, all'interno delle città, nelle foreste, sui terreni agricoli– è il tema centrale. Il nuovo paradigma dell'acqua ci avverte che il problema del prosciugamento dei continenti, o di parti sostanziali di essi, sta ricevendo pochissima attenzione pubblica o scientifica, a differenza del problema del riscaldamento globale. L'inaridimento e il successivo riscaldamento dei continenti provoca un'accelerazione dei processi naturali che

Solo la stabilità del bilancio idrico è sostenibile

seguono un certo schema specifico e di interdipendenza⁵⁵. L'inaridimento è causato dall'urbanizzazione attraverso il rapido allontanamento dell'acqua piovana verso i mari e gli oceani, dalle attività agricole (es. drenaggio) e dalla deforestazione di aree sempre più grandi della superficie terrestre. Il prosciugamento del suolo crea isole di calore (*hot plates*) con una reazione a catena completa: il riscaldamento dei continenti, la destabilizzazione del ciclo dell'acqua e un aumento delle condizioni meteorologiche estreme. Ciò sta causando ingenti danni sia alle economie che alla società. Ecco perché il calcolo, il monitoraggio sistematico, la protezione e il mantenimento dell'equilibrio nei bilanci idrici sta diventando imperativo anche a livello cittadino. Finora nella sua storia, tuttavia, l'umanità non ha neppure considerato ciò come presupposto per una crescita economica e sociale sostenibile.

Il nuovo paradigma, però, non solo calcola il bilancio idrico ma offre anche una soluzione per colmarne il deficit. Si può restituire ai continenti l'acqua perduta mantenendo su vasta

Reintegrare il deficit idrico

scala l'acqua piovana nei luoghi in cui cade, in particolare in quelle aree in cui l'influenza dell'attività umana sta causando il prosciugamento del suolo. Come l'impatto delle attività umane può portare (come effetto secondario non pianificato) a una rottura del piccolo ciclo dell'acqua, così un'attività umana coordinata può contribuire al suo recupero, nonché garantire la stabilità a lungo termine del bilancio idrico di un territorio con risorse idriche sufficienti. Solo modificando l'attuale metodo di gestione dell'acqua piovana e delle acque superficiali, adottando misure idonee a garantire la loro conservazione sul territorio e ad aumentare la capacità di ritenzione idrica dell'intero bacino idrografico (spesso identiche alle misure antierosione), allontanando solo le quantità in eccesso sarà possibile ad ogni ripetizione del ciclo dell'acqua ripristinare il piccolo ciclo, migliorare gradualmente le riserve idriche sotterranee, aumentare il volume delle precipitazioni e ridurre gli eventi meteorologici estremi.

Al fine di garantirsi sufficienti riserve idriche, nel corso dei millenni l'uomo ha utilizzato diversi modi per raccogliere e conservare l'acqua piovana. Le conoscenze attuali inerenti le ripercussioni sulla stabilizzazione del ciclo dell'acqua e del clima sono spesso principalmente intuitive: non sono mai state descritte dal punto di vista scientifico. I sistemi tradizionali per conservare l'acqua nel XX secolo erano fondati sulla costruzione di invasi di

Il principio della saturazione del ciclo dell'acqua

55 Vedi ad esempio: Roger A. Pielke Sr., Jimmy O. Adegoke, Thomas N. Chase, Curtis H. Marshall, Toshihisa Matsui, Dev Niyogi, 2007. A new paradigm for assessing the role of agriculture in the climate system and in climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142: 234-254.

raccolta che servivano anche per regolare il regime idrico dei fiumi. L'acqua veniva successivamente utilizzata per rifornire la popolazione e per soddisfare le esigenze dell'industria e della produzione di energia e di cibo. L'obiettivo del nuovo paradigma, invece, è quello di raccogliere l'acqua piovana e, ogni qualvolta possibile, restituirla al piccolo ciclo. Il principio primario è quello di consentire l'infiltrazione di acqua nel suolo, la sua saturazione e la creazione di riserve idriche sotterranee così come di riserve superficiali, e, in tal modo, favorire la crescita della vegetazione che funge da elemento di regolazione del microclima tra il suolo e atmosfera. In un territorio, la capacità di accumulo idrico del suolo (e del sottosuolo) è solitamente molto superiore al volume dei più grandi bacini artificiali. Il processo di saturazione del piccolo ciclo dell'acqua dovrebbe essere ripetuto fintanto che il regime idrologico dei bacini idrografici permane sbilanciato. Tuttavia, tali azioni devono essere attuate su vasta scala. Lasciare inalterate grandi isole di calore diminuisce l'efficacia delle misure adottate nei loro dintorni e talvolta li minaccia direttamente. Le misure che bisogna adottare sono semplici, efficaci ed economiche, ma devono essere adottate nel territorio di ogni comunità e città. Ovunque possibile, tutte le comunità del mondo dovrebbero partecipare a questo programma di raccolta e conservazione dell'acqua piovana nei continenti.

La raccolta dell'acqua piovana e la sua conservazione nei suoli presenta una serie di aspetti che a prima vista possono apparire paradossali. Le persone che temono le inondazioni possono erroneamente pensare che una regione arida possa meglio assorbire una grande quantità di acqua rispetto a una che è già notevolmente satura d'acqua. Tuttavia, gli esperimenti e l'esperienza diretta dimostrano il contrario. L'acqua scorre sulla terra bruciata dal sole come su un foglio di plastica impermeabile, mentre penetra nel suolo sano trattenuta dalla vegetazione, come in una spugna. E, in più, le moderate differenze di temperatura sulla superficie del terreno ricoperto di vegetazione sana non inducono le precipitazioni torrenziali che si verificano in uno scenario surriscaldato e disidratato. Un paradosso, quindi, è quello per cui l'acqua stessa è la migliore protezione contro l'acqua.

*Acqua
contro acqua*

Un altro apparente paradosso è il seguente: nonostante ciò che comunemente si crede, trattenere l'acqua piovana in una certa area non sottrae la preziosa risorsa ai territori posti a valle. Con una metafora, si può pensare alla differenza esistente tra un'economia a gestione statica e un'economia a sviluppo libero. La prima divide sempre la stessa piccola "torta" e un pezzo più grande per uno significa un pezzo più piccolo per l'altro. La seconda, invece, divide una torta

*Una torta
in crescita*

che è sempre in crescita, per il vantaggio di tutti. La conservazione dell'acqua piovana nel suolo aiuta effettivamente i territori limitrofi. Il deflusso dell'acqua piovana da una regione non viene completamente fermato, ma semplicemente rallentato. Una maggior frazione delle acque piovane, infatti, raggiunge i corsi d'acqua non scorrendo direttamente e velocemente in superficie, ma solo dopo essere stata assorbita nel suolo, dirigendosi poi lentamente verso il fiume nel lungo e tortuoso percorso sotterraneo tra i suoi interstizi. Al posto delle improvvise variazioni delle portate di deflusso superficiale determinate dalla pioggia, spesso estremamente scarse o estremamente elevate, si verifica dunque un deflusso molto più equilibrato, alimentato dalle acque sotterranee, che possono rifornire anche i territori vicini. In tal modo le piogge moderate generate dal piccolo ciclo dell'acqua radicato in una regione satura d'acqua mantengono umide le città, i campi e le foreste dei territori vicini e quindi offrono a questi l'opportunità di gestire l'acqua con criteri simili. Trattenere l'acqua piovana nel suolo crea dunque un susseguirsi di bacini idrografici (o di loro parti) ricchi di acqua anziché asciutti.

Il nuovo paradigma dell'acqua intende sviluppare, utilizzare e sostenere la raccolta dell'acqua piovana che cade sul terreno e la sua conservazione nei bacini idrografici così che gli ecosistemi possano "produrre" a sufficienza acqua di buona qualità per l'uomo, gli alimenti e la natura, possano purificare l'acqua inquinata, ridurre il rischio di disastri naturali come inondazioni, siccità e incendi, stabilizzare il clima e rafforzare la biodiversità; possano infine diventare una componente di programmi di sviluppo economicamente sostenibili. Ciò che il nuovo paradigma offre è la promozione e il supporto per una cultura che valorizzi l'uso del suolo per il costante rinnovo della risorsa idrica attraverso meccanismi di infiltrazione, saturazione e conservazione della pioggia. Il nuovo paradigma dell'acqua non solo prospetta il ritorno a una maggiore responsabilità per lo stato delle acque nella propria regione, ma costruisce anche una nuova dimensione di solidarietà e tolleranza tra persone e comunità nei bacini idrografici.

Una nuova cultura responsabile per l'acqua

Il nuovo paradigma porta con sé molte novità di eccezionale valore. La nuova economia dell'acqua promette di essere in grado di recuperare il debito idrico accumulato in passato, ridurne gli effetti indesiderati che si manifestano con condizioni meteorologiche sempre più estreme, stabilizzare la gestione dell'acqua

Le promesse del nuovo paradigma

e garantirne un'adeguata disponibilità⁵⁶. I continenti, raccogliendo l'acqua piovana, si stabilizzeranno dal punto di vista termico e climatico, mitigando così gli eventi meteorologici estremi, in particolare siccità e inondazioni (Fig. 27). Aumentare la capacità del suolo nel trattenere acqua e raccogliere le precipitazioni nei luoghi in cui cadono sono già di per sé misure efficaci contro le inondazioni. Ovviamente i disastri naturali potranno sempre verificarsi ma, escludendo i fattori esterni, i danni causati dagli eventi meteorologici all'economia e alle popolazioni saranno notevolmente ridotti. Le indicazioni del nuovo paradigma aprono anche la prospettiva di recuperare le aree semidesertiche e desertiche attraverso l'acqua piovana (Fig. 28, 29, 30). Per queste aree si può presumere un processo eccezionalmente lungo e difficile perché, date le differenze termiche, il vapore acqueo sarà spinto verso altre regioni. Tuttavia, in particolare le situazioni in cui il cambiamento è stato involontariamente causato dall'uomo, forse potranno essere riportate allo stato originario da un'attività umana deliberata e pianificata attentamente. La lenta e graduale ripresa di semideserti e deserti mediante la pioggia, specialmente nei luoghi in cui in tempi relativamente recenti fiorirono le civiltà, non dovrebbe quindi essere impossibile.

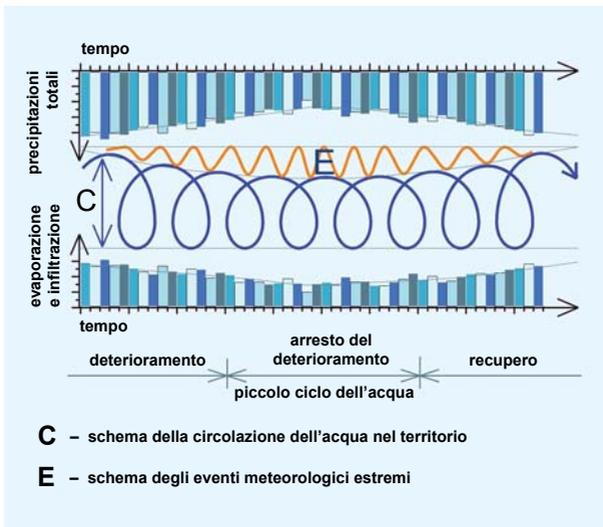


Fig. 27. Andamento dell'indebolimento del piccolo ciclo dell'acqua sul territorio, fino alla sua interruzione e al successivo ripristino dello stato originale.

⁵⁶ Vedi, ad esempio: Oldřich Syrovátka, Miloslav Štřr and Miroslav Tesař, 2002. *A change in the approach to land – a condition for sustainable development*. Disponibile su: www.changenet.sk/ludiaavoda/sprava.stm?x=66907

Il pensiero espresso dal nuovo paradigma rappresenta una sfida entusiasmante e, contemporaneamente, un programma di attività. Proprio come i nostri antenati, nella loro battaglia contro la natura, tentarono di conquistare e civilizzare un pezzo di terra incolta, così dobbiamo adoperarci per recuperare dall'oceano l'acqua che è stata persa nella lotta, in modo che gli sforzi per civilizzare il pianeta non siano stati vani. Si può iniziare con volumi d'acqua relativamente piccoli, ad esempio raccogliendo l'acqua piovana per il prato disseccato del giardino. Da lì si dovrebbe passare all'obiettivo molto più arduo di trovare un modo per recuperare

Una sfida entusiasmante

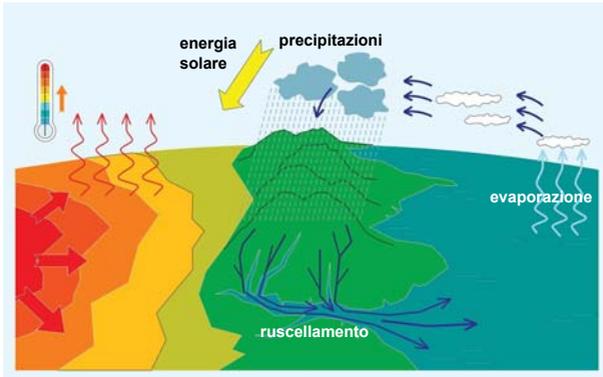


Fig. 28. Schema dell'espansione delle zone aride o semiaride con la rottura del piccolo ciclo dell'acqua.

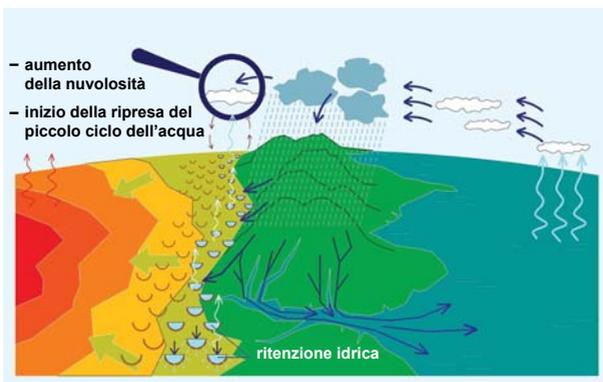


Fig. 29. Misure di ritenzione idrica ai margini delle aree critiche. Il loro ruolo è raccogliere e trattenere l'acqua del piccolo ciclo delle aree adiacenti o anche l'acqua dal grande ciclo (anche nei deserti piove occasionalmente). Il periodo di ripresa del ciclo dell'acqua dipende dalle circostanze (condizioni idrologiche e pedologiche, successo della crescita della vegetazione protettiva, ecc.).

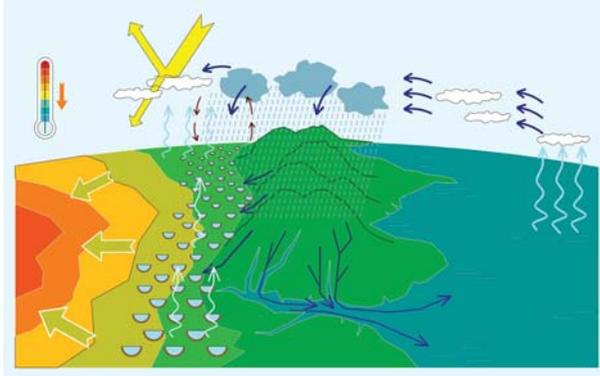


Fig. 30. Regressione delle zone aride. Una zona arida climaticamente recuperata mediante il ripristino del piccolo ciclo dell'acqua può essere utilizzata come avamposto per un'ulteriore espansione del recupero idrologico dei terreni.

l'acqua un tempo presente nelle città e che, fino dalla rivoluzione industriale, si è riversata negli oceani. La richiesta più importante, e in un paese come la Slovacchia estremamente gravosa, sarebbe quella di recuperare tutta l'acqua che esisteva nell'ecosistema all'epoca in cui la foresta climacica copriva la terra, circa mille anni fa. In altri territori, la sfida dovrebbe andare anche oltre; ad esempio, ci piacerebbe restituire l'acqua e rinnovarne il ciclo dell'acqua nel Mediterraneo o sulle terre, un tempo molto produttive, della Mezzaluna Fertile.

È bene essere consapevoli del fatto oggettivo che l'acqua rappresenta un valore economico che si aggiunge alla ricchezza di un paese. Si può fare un paragone immaginando che la popolazione che vive in un determinato bacino idrografico o in una delle sue parti sia impiegata in un ramo relativamente indipendente di una grande azienda che include tutta l'umanità. L'azienda si occupa della valorizzazione dell'acqua dolce che, in questo paragone, può essere immaginata come sinonimo di denaro. L'acqua negli organismi viventi avrà il valore maggiore. Più acqua è presente negli organismi viventi, più ci saranno vita, biodiversità e cibo, e migliore sarà la protezione di tutti gli altri ambienti acquatici. Si può paragonare l'acqua contenuta negli organismi viventi a un "tesoro" a cui non si vuole rinunciare per alcun motivo. L'acqua nel suolo rappresenta il "deposito" in un conto ad alto interesse. Se ci sono soldi in banca, il profitto che ne deriva crescerà grazie al tasso di interesse. Viceversa, se si determinano debiti con l'umidità del suolo e non si vuole perdere il tesoro di acqua immagazzinata negli organismi viventi, saremo costretti a prendere nuovi "prestiti" dalle acque circostanti e a pagarne gli interessi, innescando una

La gestione finanziaria: una metafora calzante

spirale discendente che può improvvisamente portarci alla rovina. Prosciugare la terra è come vivere di debiti. L'acqua che proviene dal grande ciclo dell'acqua è come un sussidio statale, cioè arriva gratuitamente ma senza regolarità, spesso su destinazioni e in quantità sbagliate. A volte porta più danni che benefici. Farci affidamento è rischioso perché oggi c'è ma domani potrebbe non esserci. È solo la pioggia nel piccolo ciclo dell'acqua quella che scaturisce dalle attività dell'azienda, o talvolta dalle attività delle sue altre filiali; spesso, inoltre, è al duro lavoro della precedente generazione di dipendenti dell'azienda che spetta il merito di gran parte del profitto disponibile oggi. Volendo, l'acqua nei fiumi è un dono che la comunità delle zone più alte del bacino consegna alle comunità di valle. La comunità che detiene tale dono non dovrebbe tentare di saccheggiarlo, ma dovrebbe trasmetterlo in uno stato adeguato e ben conservato.

Il nuovo paradigma dell'acqua assicura la riduzione delle condizioni meteorologiche estreme con un'efficacia maggiore rispetto all'arresto del riscaldamento globale nel suo complesso, sebbene l'evaporazione dell'acqua nell'atmosfera possa raffreddare il clima locale. E le ragioni sono due.

La crescita degli estremi è peggiore del riscaldamento

Nonostante il grande spazio che i media riservano alle teorie più diffuse sulle presunte cause del riscaldamento globale, queste cause non sono state sufficientemente studiate rispetto ai cambiamenti climatici presenti o passati, né rispetto all'influenza dell'umanità e di altri fattori. La seconda ragione è che, nei territori con acqua insufficiente, gli eventi climatici sempre più estremi vengono percepiti come una minaccia per l'umanità maggiore del riscaldamento globale. Il fatto che alcuni meccanismi nell'equilibrio dei flussi energetici non siano ancora spiegati significa che non possiamo stabilire una formula matematica per il raffreddamento globale. Tuttavia, ciò non cambia in alcun modo il fatto che un ciclo dell'acqua saturo rappresenta un meccanismo di raffreddamento del pianeta. L'acqua piovana trattenuta negli ecosistemi, infatti, raffredda la superficie della Terra attraverso l'evaporazione; la vegetazione aiuta notevolmente a moderare le temperature e ottimizza l'evaporazione; le nuvole creano ombra che stabilizza la temperatura della superficie terrestre.

Ovviamente, il nuovo paradigma dell'acqua non è onnipotente. Non sarà in grado di impedire quei grandi e improvvisi cambiamenti nel ciclo dell'acqua e nel clima le cui origini sono estranee alle attività dell'uomo. Esse includono i cicli dell'attività solare, le oscillazioni dell'asse terrestre, la caduta di meteoriti, le eruzioni dei vulcani e simili, sebbene gli effetti di alcuni di questi fenomeni possano in qualche modo essere mitigati. L'ambito del nuo-

Cambiamenti che esulano dal nostro potere

vo paradigma dell'acqua riguarda la modificazione delle ripercussioni dovute alle attività umane, e questo campo è molto più ampio di quanto si pensasse nel vecchio paradigma dell'acqua. Tutte le altre cose dovrebbero essere viste attraverso il classico principio dello stoicismo di Epitteto: *Alcune cose sono in nostro potere e altre sono al di là esso ... se desideriamo quelle cose che non sono in nostro potere, saremo sicuramente delusi*⁵⁷.

Tab. 7. Vecchio e nuovo paradigma: confronto dei rispettivi presupposti e approcci.

Vecchio paradigma dell'acqua	Nuovo paradigma dell'acqua
L'acqua presente sulla terra non influenza il riscaldamento globale, che è causato dalla crescita in volume dei gas serra prodotti dalle attività dell'uomo.	Un fattore importante nel riscaldamento globale potrebbe essere il cambiamento del ciclo dell'acqua causato dall'essiccazione e successivo riscaldamento dei continenti a causa delle attività dell'uomo.
L'oggetto della ricerca è l'impatto del riscaldamento globale sul ciclo dell'acqua.	L'oggetto della ricerca è l'impatto sul riscaldamento globale dei cambiamenti nel ciclo dell'acqua.
Urbanizzazione, industrializzazione e sfruttamento economico di un paese hanno un impatto minimo sul ciclo dell'acqua.	Urbanizzazione, industrializzazione e sfruttamento economico di un paese (registrati in oltre il 40% circa della superficie dei continenti) influenzano in modo fondamentale il ciclo dell'acqua.
L'impatto dell'umanità sul ciclo dell'acqua è trascurabile e i cambiamenti nel ciclo non possono essere invertiti attraverso l'attività umana.	L'impatto dell'umanità sul ciclo dell'acqua è al momento considerevole e i suoi cambiamenti possono andare in entrambe le direzioni.
Le tendenze climatiche avverse continueranno ad aumentare, la mitigazione può forse essere attesa entro un orizzonte di secoli.	Se il nuovo approccio all'acqua viene applicato, un possibile recupero del clima può essere previsto entro decenni.
L'interesse per il grande ciclo dell'acqua, che sembra difficile da influenzare, è dominante mentre l'importanza del piccolo ciclo dell'acqua è banalizzata.	Domina l'interesse per il piccolo ciclo dell'acqua.
La causa degli effetti meteorologici estremi è il riscaldamento globale.	La causa degli effetti meteorologici estremi sta nei cambiamenti nel ciclo dell'acqua.
Il riscaldamento globale e gli effetti meteorologici estremi sono strettamente collegati.	Il riscaldamento globale può esistere senza condizioni meteorologiche estreme, le condizioni meteorologiche estreme possono esistere senza riscaldamento globale.
Il riscaldamento globale è il principale problema climatico per l'umanità.	Le condizioni meteorologiche estreme sono il principale problema climatico per l'umanità.
La vegetazione non è ideale dal punto di vista del riscaldamento globale perché ha una bassa albedo (riflettività); il vapore acqueo aumenta nuovamente l'effetto serra.	Acqua e vegetazione alleviano le indesiderate differenze di temperatura; la nuvolosità moderata l'intensità della radiazione solare che cade sulla superficie della Terra.

(segue)

57 Epictetus, *The Handbook*. Svoboda, 1972, pg. 27-28.

6. Il vecchio e il nuovo paradigma

L'atmosfera funziona come una serra che fa da copertura alla Terra.	L'atmosfera costituisce una copertura protettiva per la Terra.
L'innalzamento del livello degli oceani è il risultato dello scioglimento dei ghiacciai.	L'innalzamento del livello degli oceani è il risultato dello scioglimento dei ghiacciai, ma anche della diminuzione dell'umidità del suolo, dei livelli delle acque sotterranee e dello stato delle altre acque sulle masse continentali.
L'acqua piovana è un inconveniente che deve essere rimosso rapidamente. La principale riserva d'acqua è rappresentata dalle acque superficiali.	L'acqua piovana è una risorsa che deve essere trattenuta sul suolo e dalle piante ⁵⁸ . La principale riserva d'acqua è rappresentata dalle acque sotterranee.
Considera ininfluente l'atteggiamento dei proprietari e degli utilizzatori del suolo (cittadini, aziende e uffici) verso l'acqua piovana in un territorio.	Sollecita un cambiamento nell'approccio anonimo che ciascuno ha rispetto all'acqua piovana e stimola lo spirito di responsabilità condivisa per le risorse idriche.
L'acqua viene utilizzata una sola volta per un dato scopo e poi fatta defluire.	L'acqua può essere utilizzata per più scopi, poi purificata e riciclata ⁵⁹ .
L'acqua è fornita alle comunità principalmente attraverso un sistema di distribuzione di sola acqua "potabile".	L'acqua è fornita attraverso un sistema di distribuzione suddiviso in acqua potabile e di servizio.
Le politiche pubbliche che coinvolgono l'acqua non sono coordinate, ma isolate l'una dall'altra.	Le politiche che coinvolgono l'acqua si basano su una approfondita percezione della risorsa finalizzata a un ciclo dell'acqua funzionale in ciascuna regione.
Approccio settoriale nella gestione delle risorse idriche sul territorio.	Gestione integrata delle risorse idriche nel territorio.

⁵⁸ *A Paradigm Shift for Water Management*. Rocky Mountain Institute, www.rmi.org

⁵⁹ *ibidem*.

Nel 2000 Axel Kleidon, Klaus Fraedrich e Martin Heimann presentarono i risultati della modellizzazione matematica del clima globale sul pianeta a partire da due condizioni estreme: 1) La simulazione di un *Desert World* in cui, applicando l'attuale distribuzione degli oceani e dei continenti, i valori corrispondenti alla superficie dei deserti furono applicati su tutte le estensioni continentali non ghiacciate; 2) La simulazione di un *Green Planet* in cui le superfici terrestri furono ricoperte di vegetazione⁶⁰. Anche se si è consapevoli che ciascuno di questi modelli è una semplificazione della realtà, il risultato della modellizzazione è comunque molto interessante.

Nel *Green Planet* le precipitazioni sulla superficie terrestre risultarono il doppio di quelle cadute sopra il *Desert World*. Sul *Green Planet*, dove l'evapotraspirazione era fino a tre volte superiore e il contenuto di vapore acqueo nell'atmosfera un terzo più alto, paradossalmente ci fu circa un quarto di deflusso superficiale in meno rispetto al *Desert World*. La temperatura superficiale media annuale su tutto il *Green Planet* (compresi gli oceani) risultò di circa 0,3 °C inferiore rispetto a quella del *Desert World* e la temperatura superficiale sulle terre emerse inferiore di 1,2° C. Al di sopra della superficie terrestre del *Green Planet* si registrò circa l'8% in più di copertura nuvolosa. È interessante notare che la maggiore copertura nuvolosa sul *Green Planet* causò un'evaporazione leggermente inferiore dagli oceani e precipitazioni leggermente inferiori su di essi. La maggiore copertura nuvolosa sul *Green Planet* determinò solo il 5% circa in più di assorbimento della radiazione solare, ovvero un valore sorprendentemente piccolo in considerazione della differenza di oltre il 20% nell'albedo di entrambi i mondi. I cambiamenti più importanti si verificarono nelle vaste distese delle regioni aride dell'Africa, dell'Asia meridionale e dell'Australia dove, nella simulazione *Green Planet*, era stato creato un clima forestale.

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

7 L'UTILIZZO DI ACQUA PIOVANA: IL RUOLO DELLE ISTITUZIONI

“A tutta l'aristocrazia e alle città, emetto l'ordine di costruire industriosamente stagni, in primo luogo per fornire abbondanza di pesce per nutrire la gente e, in secondo luogo, per garantire il migliore uso del terreno - per raccogliere l'acqua di palude e di pantano, in modo che possa essere evaporata dal sole e dai venti caldi e come vapore acqueo a vantaggio della vegetazione circostante. Inoltre, uno stagno deve poter trattenere una grande quantità d'acqua in caso di piogge prolungate o di scioglimento delle nevi, e così facendo, eviterà l'improvvisa inondazione delle terre a valle”.

Carlo IV, re di Boemia e imperatore del Sacro Romano Impero, 1356

La colonizzazione della Slovacchia da parte dei Valacchi fu accompagnata da una brutale deforestazione. Nonostante ciò, essi ne compensarono efficacemente le conseguenze negative sul deflusso di acqua dal territorio, attuando misure di conservazione da cui possiamo trarre un valido insegnamento. Parte di questo capitolo è dedicata alla raccolta di acqua piovana al suolo, con metodi relativamente semplici, strategia che –secondo il nuovo paradigma– consente di ripristinare l'equilibrio perduto nel ciclo naturale dell'acqua e di attenuare i fenomeni meteorologici negativi che oggi gravano sull'umanità. L'applicazione pratica del nuovo paradigma, tuttavia, non può avvenire senza le opportune misure legislative, organizzative e finanziarie a livello locale, nazionale e internazionale. Verranno quindi esposti di seguito i metodi per riformulare il rapporto con l'acqua a vantaggio di politiche che riflettano, nell'atteggiamento della nostra civiltà, una cultura del tutto nuova nei confronti della preziosa risorsa.

7.1 La conservazione dell'acqua piovana nella storia

La conservazione dell'acqua piovana sul territorio non è un'idea nuova. Gli esseri umani hanno raccolto e trattenuto l'acqua meteorica nel corso dei millenni. In India si raccoglie acqua piovana per il consumo domestico e l'uso agricolo con una tradizione antica di 4000 anni, mentre in Cina la tradizione è ancora più antica (6000 anni). Le cisterne per la raccolta dell'acqua piovana di cui parla la Bibbia erano diffuse in tutto il Mediterraneo. Nelle

La raccolta e conservazione dell'acqua nei tempi remoti

regioni semiaride tali cisterne esistevano in ogni villaggio e la loro demolizione da parte dei nemici rendeva il luogo inabitabile. I Fenici e i Cartaginesi praticarono la raccolta dell'acqua piovana dai tetti delle case 500 anni prima di Cristo, mentre i Veneziani dipesero a lungo da tale tecnologia per procurarsi l'acqua, come pure molte altre nazioni⁶¹.

Per conservare l'acqua i popoli utilizzarono metodi che si differenziavano a seconda del contesto ambientale, del fabbisogno di acqua e dei mezzi disponibili. Più l'ambiente era secco, più sofisticati furono i metodi che si dovettero sviluppare (per esempio, la tecnologia per la raccolta dell'acqua su microbacini in pendenza utilizzata dagli abitanti del deserto del Negev o dai nativi americani, in quella che oggi è la parte sud-occidentale degli Stati Uniti). Nei territori ricchi d'acqua, dove era necessario proteggere dall'erosione il suolo dei versanti, si sviluppò la tecnica dei terrazzamenti. Questo metodo è noto soprattutto per le risaie della Cina ma fu utilizzato, in misura maggiore o minore, anche in varie altre parti del mondo, tra cui la Slovacchia. Il terrazzamento è uno dei metodi di ritenzione più interessanti perché consente l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e il suo libero scambio tra il suolo e l'atmosfera, attraverso la vegetazione.

I vari metodi

Come si è detto, in passato la regione centrale dell'Europa non subì siccità, grazie alla presenza della foresta allo stadio di climax. Nella regione, il cambiamento principale da territorio naturale a coltivato avvenne intorno al XIII secolo con lo sviluppo dell'agricoltura, in cui era occupata la maggior parte della popolazione. I mutamenti nell'organizzazione della proprietà fondiaria, in particolare con la distribuzione ai singoli produttori delle terre fino ad allora incolte, ebbero un impatto decisivo sull'agricoltura. Le unità di produzione di base erano piccoli poderi la cui superficie era sufficiente a sostenere la famiglia dei produttori. Per le strutture agricole dell'Alto Medioevo (cascine e poderi), la lotta per l'autosufficienza era la norma. Con l'aumento della popolazione, tuttavia, la terra fu divisa tra un maggior numero di famiglie (sia proprietari che utilizzatori): si originarono così piccoli appezzamenti di terreno. I terreni intorno ai singoli insediamenti, separati tra loro da sentieri o siepi, determinarono la creazione di paesaggi rurali variegati: campi per la semina del grano invernale e primaverile, terreni a magese come accessorio del pascolo, prati, pascoli e boschi. Ciascuna unità indipendente soddisfaceva una parte proporzionale dell'approvvigionamento idrico cosicché, se ogni utilizzatore tratteneva autonomamente una quota d'acqua sul proprio terreno, l'intera area risultava uniformemente saturata.

Lo sviluppo dell'agricoltura in Slovacchia

61 Lancaster B., 2006. *Rainwater Harvesting for Drylands*. Vol. I. Tucson, AZ: Rainsource Press.

Un incremento della crescita economica si verificò nel corso del XIV secolo, dopo la colonizzazione e l'insediamento definitivo nel territorio. Si susseguirono i primi coloni valacchi, poi quelli prevalentemente ruteno-ucraini (in parte anche polacchi), alcuni di origine balcano-rumena, che si addentrarono nella regione del fiume Uh e successivamente nelle regioni di Zemplín, Šariš e Spiš. Si integrarono gradualmente per formare insediamenti permanenti e fondare villaggi. In gran parte si trattava di un territorio compreso tra i 300 e i 600 metri sul livello del mare, che in precedenza era scarsamente o non affatto popolato. Gli insediamenti valacchi in territorio slovacco, tipicamente costituiti da cascate situate sui crinali montuosi (anche in mezzo alle foreste in prossimità delle sorgenti, ampliando quindi le aree disboscate), si estendevano su gran parte dell'attuale territorio dello stato. Furono costruiti nei Carpazi Bianchi e sui monti Javorník, nelle terre di confine tra Slovacchia e Moravia, e le loro attività ridussero significativamente le grandi foreste della Slovacchia centrale, così come quelle dell'alta Nitra e dell'alta valle di Tekov.

La colonizzazione valacca

Nel XIV secolo, l'allevamento valacco di bestiame (pastorizia) divenne sempre più diffuso e significò lo sfruttamento economico di altipiani inadatti alla coltivazione agricola. In quei luoghi si può osservare una graduale e sistematica creazione di confini incolti colonizzati da siepi spontanee che proteggono il suolo dall'erosione. Questa misura fu una ragionevole compensazione alla deforestazione distruttiva del territorio (esercitata prevalentemente attraverso lo sradicamento e l'incendio). Nella regione di Spiš, ad esempio, si possono vedere ancora oggi cime, in gran parte brulle, modificate da queste barriere per la conservazione dell'acqua.

La necessità di misure di conservazione e antierosione

In ambiti remoti della regione valacca, soprattutto in aree submontane, si possono ancora vedere i tradizionali terrazzamenti, dove le caratteristiche strette fasce di terreno, divise da margini incolti, si estendono in linee orizzontali lungo i pendii che, grazie alla loro inaccessibilità, non sono stati interessati dalla collettivizzazione comunista. Nonostante il loro prolungato stato di abbandono, appaiono come minute tessere di territorio, ecologicamente stabili, che, malgrado la deforestazione prolungata, dimostrano una notevole vitalità. Si possono trovare esempi simili anche nei paesi circostanti dell'Europa centrale. Notevolmente ben conservato, ad esempio, è il carattere dei terreni coltivati in Transilvania (l'odierna Romania centrale) dove un gigantesco mosaico di minuscoli campi assomiglia alla struttura delle cellule leggermente

La funzionalità delle antiche misure

differenziate e reciprocamente complementari di un tessuto sano. Sebbene la maggior parte dei corsi d'acqua locali non sia regimata, questa zona "arretrata" della Romania non è stata colpita neanche quando il resto del paese ha dovuto lottare contro alluvioni distruttive (Fig. 31).



Fig. 31. Pendii terrazzati nella regione della Transilvania in Romania. I territori modificati da questo antico metodo hanno mostrato un'ammirevole resistenza alle inondazioni.

La parcellizzazione dei terreni agricoli, che per secoli creò un ambiente di vita e di lavoro per i nostri antenati, si estrinsecò non solo nella proprietà fondiaria, ma anche in un'organizzazione particolarmente matura e vitale che permise diverse forme di utilizzo del suolo. In passato, dunque, la capacità del terreno di trattenere l'acqua e farla evaporare era molto più elevata, sebbene la parcellizzazione del territorio non fosse stata sviluppata per questo specifico scopo. In tale sistema, l'intensa attività economica non ha interferito con il ciclo naturale dell'acqua perché compensata da misure che hanno preservato la capacità del suolo di trattenerla. Negli ultimi decenni il mosaico di minuscoli campi, risalente al Medioevo "oscuro", si è però trasformato in una vasta monocultura, sotto le varie spinte combinate di teorie "scientifiche" e della "mano invisibile del mercato". Il paesaggio è diventato monotono e meno strutturato; le gigantesche aree drenate intorno agli insediamenti umani, le monoculture su campi vasti e indivisi, le foreste decimate e i corsi d'acqua regimati di oggi hanno condotto il territorio a perdere la capacità di trattenere l'acqua.

*Ignorare
l'esperienza
degli antenati*

7.2 Principi, metodi e vantaggi della conservazione dell'acqua piovana sul terreno

Se l'uomo avesse la piena consapevolezza delle cause che hanno accelerato il deflusso delle acque piovane, superficiali e sotterranee, danneggiando il piccolo ciclo dell'acqua, nei vari modi illustrati in questa pubblicazione, sarebbe pronto per adottare misure per il rinnovamento e il ripristino di tale ciclo.

L'essenza della soluzione pratica ai problemi del cambiamento climatico e della scarsità d'acqua causati dall'attività dell'uomo, sta nella sua stessa capacità di rinnovare il piccolo ciclo attraverso la piena attuazione di un vasto insieme di misure nelle singole comunità e città. Si tratta di misure che limitano il deflusso accelerato delle precipitazioni, aumentano la capacità di ritenzione dell'acqua dei bacini idrografici e migliorano il bilancio idrico della regione. Queste coincidono spesso con le misure antierosione. La raccolta dell'acqua piovana nei luoghi dove essa cade, prima che le sue gocce si uniscano fino a dar luogo a una corrente incontrollabile, è infatti un ottimo mezzo per prevenire le alluvioni. Si tratta di misure semplici, assimilabili alla pianificazione urbanistica e territoriale e ai relativi regolamenti. Queste misure possono avere carattere tecnico, biotecnico e preventivo.

Le misure tecniche comprendono lo scavo di fossi assorbitivi (canalette drenanti orizzontali, poco profonde), l'uso di depressioni degradanti come aree di assorbimento e di ritenuta, la realizzazione di avvallamenti, pozzi di assorbimento, stagni e lagune, il miglioramento delle superfici per la conservazione e l'infiltrazione dell'acqua piovana, piccole soglie o pozze in corsi d'acqua, in torrenti in forre o gole, la costruzione e la manutenzione di bacini asciutti, polder, il mantenimento e l'utilizzo dei meandri fluviali e dei rami morti, zone umide perifluviali, sfioratori lungo gli argini per scaricare acqua nelle piane alluvionali, la costruzione di piccole briglie per raccolte d'acqua e stagni, lo sbarramento di torrenti, misure antierosione nelle foreste e altre simili (Fig. 32, 33, 34, 35, 36).

Nelle misure biotecniche le barriere al deflusso superficiale sono associate all'uso di vegetazione, come fasce erbose, formazioni riparie arbustive e arboree, aree erbose e boschive non utilizzate, ecc.

*Le misure
tecniche e
biotecniche*

7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni

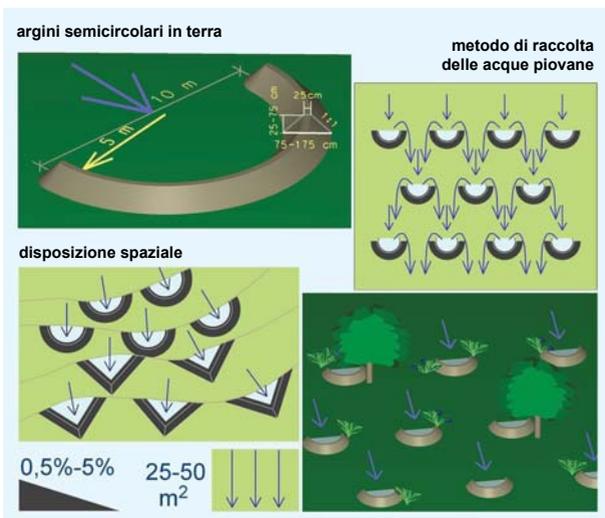


Fig. 32. Un esempio di bacini di ritenzione idrica realizzati con arginelli in terra, disposti a cascata, per la raccolta delle acque piovane sui pendii.

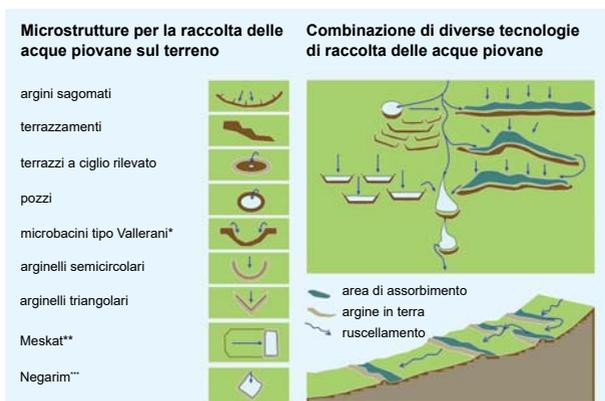


Fig. 33. Schema delle tecniche per la protezione del suolo dall'erosione e per la raccolta e conservazione dell'acqua piovana sul terreno.

* *N.d.t.* Sistema di aratura che permette la formazione di microbacini nel terreno, utilizzato nella riforestazione rapida e naturale, nel rispetto della biodiversità, per la lotta alla desertificazione dovuta ai cambiamenti climatici.

** *N.d.t.* Meskat è un bacino di deflusso di forma rettangolare. Consiste in un bacino di utenza chiamato meskat di circa 500 m² e un'area di coltivazione chiamata mankaa di circa 250 m² (rapporto C:A di 2:1). L'intero sistema è circondato da un bordo di circa 20 cm e dotato di sfioratori per consentire il deflusso nel mankaa. Un meskat può avere più di un mankaa disposti in linea. Il deflusso in eccesso si riversa da un mankaa all'altro. I meskat sono adatti su pendenze del 2-15% e per aree con precipitazioni annuali di 200-400 mm. Sono utilizzati per la coltivazione di alberi (es. Olive, fichi, datteri), uva e cereali (orzo e grano).

*** *N.d.t.* Negarim è un intervento che consiste in piccoli microbacini di ritenzione caratterizzati da una forma a diamante, delimitati da bassi cordoli di terra. Questa tecnica di raccolta dell'acqua viene utilizzata principalmente per la coltivazione di alberi e cespugli in aree aride e semi-aride ma, come effetto collaterale, preserva anche il suolo dall'erosione.

7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni

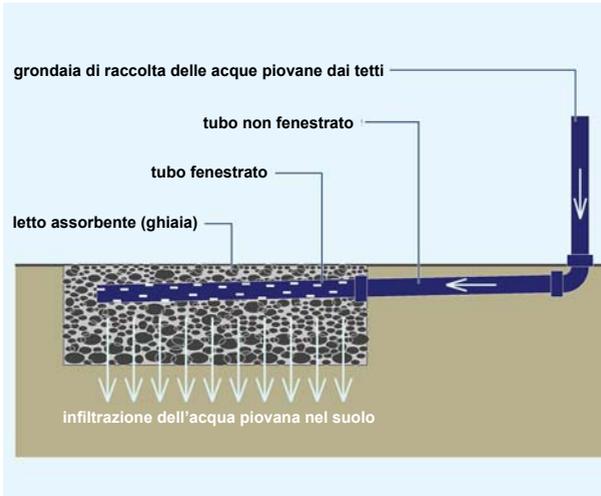


Fig. 34. Particolare di una tubazione per convogliare l'acqua piovana dal tetto ad un letto ghiaioso assorbente⁶².



Fig. 35. Una zona umida artificiale negli Alti Tatra: realizzazione di un sistema di conservazione dell'acqua sul territorio distrutto da un disastro naturale. Esempio di ripristino della vegetazione e di stabilizzazione idrologica di un'area attraverso la conservazione dell'acqua nel suolo.

⁶² City of Tucson, 2005. *Water Harvesting Guidance Manual*, Ordinance Number 10210, page 16.



Fig. 36. Il complesso residenziale KVP a Košice: protezione degli edifici posti ai piedi di un pendio, grazie a bacini di ritenzione (fossi orizzontali, disposti lungo le curve di livello).

Esempi di misure tecnico-preventive ed economiche sono rappresentati da accorgimenti idonei a proteggere il suolo (ad esempio, l'aratura dei confini), assicurare il riassorbimento dell'acqua drenata da un territorio, limitare le superfici non vegetate nei centri abitati; oppure a sostituire le superfici impermeabili con altre permeabili, costruire argini a maggior distanza dall'asse dei corsi d'acqua, vietare il disboscamento, proteggere le foreste dagli insetti dannosi (ad esempio, gli scolitidi); o ancora, migliorare la struttura e la qualità delle foreste, pianificare il territorio o una nuova suddivisione del terreno agricolo, applicare una gestione integrata e più rispettosa nell'uso del suolo, finalizzata alla sua conservazione e alla lotta all'erosione.

*Le misure
tecniche
preventive*

Per la conservazione dell'acqua sul territorio è necessario tenere a mente una serie di principi. Il primo è il principio di *solidarietà* (il principio della tolleranza all'acqua⁶³) in base al quale, nella progettazione e attuazione di misure che possono modificare il deflusso da un territorio, è necessario

*Tolleranza,
partenariato,
sussidiarietà*

63 *Nota del traduttore.* Il principio di tolleranza all'acqua corrisponde all'approccio "imparare a convivere col rischio idraulico" (adottando opportuni accorgimenti, ad es. isolando le aperture del piano terra degli edifici con barriere mobili a tenuta stagna), anziché difendersi con argini che evitano allagamenti locali ma scaricano il rischio (accresciuto) su altri centri abitati.

tener conto dell'intero bacino idrografico. Le misure attuate, infatti, non devono scaricare altrove il rischio, peggiorando le condizioni a monte o a valle. Il principio di *partenariato* implica che l'analisi dell'entità del deflusso da un territorio (comunità, città, regione, bacino idrografico e altri) e le misure idonee ad aumentare la capacità di conservazione dell'acqua e ridurre i processi erosivi, debbano essere adottate solo con la condivisione e l'unanime approvazione tra tutti i partner decisivi del bacino: gestori delle risorse idriche, agricoltori, guardie forestali, rappresentanti delle comunità e delle città, proprietari terrieri ed esperti⁶⁴. Quindi, i progetti antierosione e le misure tecniche per incrementare la capacità di conservazione dell'acqua di un bacino idrografico dovrebbero essere predisposti e realizzati in partenariato. Il principio di *sussidiarietà*, così come definito già nel Medioevo e applicato nell'UE, comporta che l'amministrazione e la tutela delle risorse idriche, in un territorio e in un bacino idrografico, debbano essere affidate ai livelli più bassi della pubblica amministrazione, in quanto può gestirle più efficacemente. Questo principio evidenzia la necessità di un effettivo decentramento delle attività che possono essere gestite in modo migliore, più rapido e più economico, dall'autogoverno locale o regionale.

Accanto ai tre principi enunciati, legati alle attività antropiche, si può citare anche il principio di *autoregolazione dei processi naturali*, secondo il quale investire inizialmente e una tantum in misure volte a migliorare il bilancio idrico di un'area, dovrebbe progressivamente far rilevare ogni anno un miglioramento della qualità dell'ambiente naturale e accrescere l'efficacia delle altre misure attuate sul territorio. Ad esso è legato il principio di *soluzioni sostenibili*, cioè di misure la cui attuazione contribuisce ad eliminare alcune delle cause dei cambiamenti climatici indesiderati derivanti dalle attività umane. Si creeranno così condizioni di vita e un ambiente migliori per le future generazioni, il potenziale naturale del territorio rimarrà invariato e saranno conservate le funzioni protettive e di autoregolazione degli ecosistemi.

Ripristinare
l'autoregolazione dei
processi naturali

64 *Nota del traduttore*: questo principio sembra trovare riscontro nei Contratti di Fiume introdotti in Italia e in tutta Europa a seguito del secondo Forum Mondiale dell'Acqua (L'Aia, 2000, organizzato dal World Water Council), e recepiti in Italia dal D. Lgs. 152/2006 (art. 68 bis).

7.3 Il settore civile

Nella sua *Democracy in America*, opera della prima metà del XIX secolo, Alexis de Tocqueville scrisse che, mentre in Francia e in Inghilterra la realizzazione dei nuovi grandi progetti era promossa e realizzata dall'alto (rispettivamente dal governo e dall'aristocrazia), negli Stati Uniti la stessa funzione era svolta dalle associazioni civiche⁶⁵. In una società democratica l'"istituzione" più importante è il cittadino. Egli ha una funzione molto più rilevante, ma anche una responsabilità maggiore, rispetto al cittadino di una società non democratica. Come ci affidiamo più al gran numero di umili gocce di pioggia che alla loro sommatoria nelle portate fluenti nel fiume, così, nell'applicare il nuovo paradigma dell'acqua, la volontà e la convinzione dei comuni cittadini hanno maggior importanza dei decreti del governo (benché anche il governo, come il fiume, abbia la sua funzione). Per la conservazione dell'acqua sul territorio, analogamente a tutti gli altri casi, gli incarichi e le autorità dovrebbero essere divisi secondo il principio di sussidiarietà, in modo che le istituzioni di rango superiore intervengano su un determinato problema solo quando non è possibile risolverlo in modo efficace ad un livello inferiore. La conservazione dell'acqua in una regione è una esigenza planetaria, e dovrebbe interessare le istituzioni a tutti i livelli, nazionali e internazionali. La vera soluzione, tuttavia, risiede nell'iniziativa dei cittadini e nella loro capacità di gestire in autonomia certe attività (quelle in cui un intervento dall'alto sarebbe controproducente) e richiedere all'occasione l'aiuto di livelli superiori. Il singolo cittadino o un'associazione di cittadini, infatti, hanno uno "spazio di libertà" maggiore, che consente loro di fare qualcosa di più del proprio dovere.

*Il cittadino
–il più impor-
tante– e le
istituzioni*

I cittadini che credono nel nuovo paradigma sosterranno la protezione dell'acqua e chiederanno attivamente alla pubblica amministrazione la progettazione e la realizzazione di misure volte al ripristino del ciclo dell'acqua nel proprio territorio. Gli abitanti delle città e le comunità considereranno l'acqua nei loro dintorni come il termoregolatore delle condizioni climatiche e la pioggia come il principale "fornitore" di adeguate risorse idriche nella regione. Essi sosterranno la necessità di costruire bacini di raccolta, depressioni e superfici di evaporazione per la rigenerazione del paesaggio e la pianificazione del territorio. Richiederanno una fornitura separata di acqua potabile e di acqua per usi sanitari e incoraggeranno l'uso ripetuto dell'acqua.

*Il possibile
coinvolgimen-
to dei cittadini*

⁶⁵ de Tocqueville A., 1838. *Democracy in America, II*, Chapter V. George Adlard, 46 Broadway

7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni

Le organizzazioni non profit che abbracciano le idee del nuovo paradigma informeranno il pubblico sulla necessità di adottare il nuovo approccio e richiederanno l'accesso alle informazioni sulla sua applicazione pratica. Potranno avviare diversi progetti locali volti a migliorare l'interesse pubblico e civico per le risorse idriche della regione, ad esempio progetti che prevedano la pulizia di un fiume e dei suoi dintorni, il rimboschimento di appezzamenti di terreno inutilizzati, slogan come *“Perché pagare per smaltire l'acqua piovana? Conserviamola in un'area adatta!”*, una falda acquifera più pulita, un migliore utilizzo dell'acqua per i diversi scopi e la sua protezione per gli usi potabili. Alcuni progetti potranno mirare a promuovere leadership e processi partecipativi che coinvolgano la popolazione su un dato problema. Inoltre, potranno aprire nuovi spazi per lo sviluppo della filantropia di impresa e per donazioni volte all'attuazione del nuovo approccio all'acqua, sia per i paesi sviluppati sia per quelli in via di sviluppo.

Le opportunità per le organizzazioni senza scopo di lucro

I proprietari e i comproprietari di appartamenti, edifici e immobili nelle aree residenziali dei paesi e delle città dovrebbero creare società idriche al fine di coordinare e garantire la ritenzione dell'acqua piovana sui terreni edificati. Nelle zone rurali, al di fuori delle città e dei centri abitati, in particolare nelle zone agricole e forestali, si potrebbero creare cooperative idriche finalizzate a raccogliere l'acqua in aree predisposte attraverso la partecipazione attiva dei proprietari e degli utenti. I Consigli comunali potrebbero quindi assumere la responsabilità di coordinare efficacemente tali misure. Nel frattempo, i detentori indipendenti di edifici e di proprietà adiacenti nei territori delle singole città e dei comuni potrebbero costituire società e cooperative idriche, se tali forme associative rendono più facile realizzare misure tecniche e biotecniche volte ad aumentare la ritenzione idrica e a diminuire il processo di erosione dei bacini idrografici. La cooperazione è necessaria anche per la manutenzione dei sistemi già realizzati. Le misure antierosione e di conservazione dell'acqua, infatti, assicurano anche la protezione e il miglioramento a lungo termine delle loro stesse proprietà.

I proprietari di immobili

Nei dibattiti sui cambiamenti climatici i media indipendenti potrebbero concentrarsi sull'importante ruolo svolto dall'acqua, finora sottovalutato. Se i media abbracciassero i principi del nuovo paradigma, potrebbero diventare “cani da guardia” sul territorio che vigilano contro pratiche indifferenti al deterioramento e al depauperamento dell'acqua che, in vari modi, stanno danneggiando gli interessi della maggioranza della popolazione.

I media indipendenti

7.4 Il settore economico

Grazie alla sua dimensione economica e gestionale, il nuovo paradigma dell'acqua rappresenta un'innovazione fondamentale nell'economia concreta e sta quindi diventando la base per un nuovo pensiero e nuove fonti di conoscenza. Al tempo stesso, il nuovo paradigma fornisce un impulso lodevole e socialmente utile per il settore economico, oltre che un vantaggio per le aziende di gestione delle acque, private e pubbliche, e per quelle agricole e selvicolturali. Per il nuovo paradigma i gestori del territorio sono importanti, poiché sarà nel loro interesse garantire risorse idriche sufficienti, ridurre al minimo le condizioni climatiche estreme e accrescere l'utilità economica del territorio. Essi sono partner socio-economici fondamentali nella progettazione dei piani di gestione integrata dei bacini idrografici e nella loro attuazione. Di solito promuovono solo politiche "settoriali", ma nel nuovo paradigma dell'acqua dovranno assumere un ruolo protettivo nella gestione integrata delle risorse idriche sul territorio.

Innovazione e lodevole impulso

È necessario accelerare la pianificazione della gestione integrata delle acque superficiali e piovane e la sua attuazione attraverso il coinvolgimento dei centri di coordinamento in stretta collaborazione con il governo locale. Le aziende idriche potrebbero concentrarsi sulla costruzione, in una determinata area, di un sistema duale per la fornitura di acqua potabile e per altri usi e di sistemi decentrati per la depurazione ponendo in atto diversi sistemi di ricircolo. L'acqua rimossa da un territorio potrebbe, dopo molteplici utilizzi, essere purificata e restituita all'ecosistema.

La gestione integrata e i centri di coordinamento

L'adozione del nuovo paradigma creerà per gli imprenditori la possibilità di offrire posti di lavoro per attività relativamente semplici e poco impegnative, ma di portata senza precedenti. Queste saranno sia nell'interesse pubblico che nel loro stesso interesse, in termini di protezione delle loro proprietà (suolo, edifici, beni mobili). L'impiego di maestranze per la preparazione, l'attuazione e il mantenimento di misure antierosione e di conservazione dell'acqua, offre preziose opportunità di lavoro sia nei paesi ricchi che in quelli in via di sviluppo. Ciò può quindi servire da impulso per la crescita economica e sociale e per l'eliminazione della povertà nelle regioni economicamente deboli e nelle regioni con risorse idriche insufficienti.

Aumento significativo dell'occupazione

7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni

Una nuova sfida si presenterà per paesaggisti, architetti, urbanisti, ingegneri edili e pianificatori, perché si aprirà una nuova era della zonizzazione e della pianificazione del paesaggio per le popolazioni e per intere regioni. Sorgerà l'esigenza di un'approfondita rivalutazione locale delle connessioni tra drenaggio e progettazione di misure antierosione e di conservazione dell'acqua sul territorio. Le agenzie di certificazione avranno l'opportunità di effettuare valutazioni indipendenti del bilancio idrico di un'area e di determinarne il valore e la competitività dal punto di vista delle risorse idriche. Con la padronanza del nuovo paradigma, le comunità scientifiche potrebbero volgere la propria attenzione a una mappatura dettagliata delle dinamiche del ciclo dell'acqua, oltre che a perfezionare i modelli previsionali dei cambiamenti climatici.

La pianificazione territoriale

Nella costruzione di aree verdi e di edifici residenziali, nel restauro e nel rinnovamento di strutture storiche e urbane originali, nella ricostruzione di vecchi e nuovi parchi industriali, centri commerciali e di intrattenimento, i progettisti dovrebbero adottare strategie urbane e architettoniche basate su due principi chiave: *“Mantieni l'acqua su questi appezzamenti di terreno!”* e *“Lascia che evapori e si infiltri nel suolo!”*. Conservare l'acqua piovana e creare aree ricche di vegetazione dovrebbero essere due dei principali modi per rendere più attraenti gli ambienti dei complessi edilizi e dei parchi.

I progettisti

Le imprese di costruzione, giardinaggio e progettazione possono utilizzare lo stimolo del nuovo paradigma dell'acqua per attuare misure locali di prevenzione delle alluvioni, per ripristinare il regime idrico in un'area e per applicare nuovi approcci e tecnologie che, in combinazione con la vegetazione, creano condizioni favorevoli alla conservazione, all'assorbimento e all'evaporazione dell'acqua piovana. Le aziende fornitrici possono concentrarsi sull'ampliamento del loro assortimento di macchinari, materiali, tecnologie e servizi, necessari per realizzare queste misure sul campo, nonché per garantirne la successiva manutenzione.

Le imprese edili

Il nuovo paradigma crea la necessità di un rapido finanziamento dei progetti per l'attuazione di misure di conservazione e antierosione in un territorio. Il settore bancario, attraverso un sistema di prestiti, può aiutare sia il settore pubblico che quello privato. Negli ultimi anni le compagnie di assicurazione, avendo registrato una forte crescita degli eventi per i quali sono previsti indennizzi, potrebbero puntare a sostenere la creazione di centri autorizzati che consentano a

Banche e assicurazioni

chiunque di acquisire le conoscenze necessarie per valutare lo stato del ciclo dell'acqua sul proprio territorio e sulle singole proprietà, nonché per progettare e attuare le misure necessarie. Possono aggiungere nuovi prodotti alla loro gamma di servizi complessi, con adeguati schemi motivazionali per i propri clienti.

7.5 *Istituzioni del settore pubblico*

Fino ad oggi, il rapporto della società con l'acqua può essere inteso come una combinazione di politiche monobiettivo, reciprocamente indipendenti, e di atteggiamenti e approcci personali diversi (il reperimento e lo smaltimento dell'acqua, la produzione e la fornitura di acqua potabile, la depurazione delle acque reflue, l'acqua per l'agricoltura, l'acqua per la manifattura e l'industria, le acque superficiali e i corpi idrici, la protezione dalle alluvioni, l'acqua per la lotta contro gli incendi, l'acqua potabile per gli usi domestici, l'acqua per il mio giardino, l'acqua piovana dal mio tetto, ecc.). L'approccio settoriale e professionale è stato finora caratterizzato da una separazione interna e reciproca (esperto, professionista e fornitore-acquirente) e da una competenza rigorosamente circoscritta di organi separati della pubblica amministrazione. Ogni comparto pubblico (amministrazioni e enti locali, agenzie, ministero, ecc.) si occupa di acqua da un punto di vista specifico. La direttiva generale dell'UE sull'acqua (Direttiva Europea 2000/60/CE), invece, cerca di andare oltre, sottolineando la necessità di un approccio più integrato.

L'approccio attuale rispetto alla politica dell'UE

Attraverso l'accettazione del nuovo paradigma dell'acqua, la protezione, la percezione e l'uso dell'acqua diventano realmente integrati e olistici in un contesto in cui si riconoscano il significato del ciclo dell'acqua e le condizioni di un determinato bacino idrografico. Comprendere la circolazione di base dell'acqua in natura è relativamente semplice ed essa può essere descritta e quantificata con precisione. L'adattamento di queste conoscenze alle decisioni politiche, tuttavia, richiede una trasformazione fondamentalmente qualitativa e sistemica delle politiche locali di gestione dell'acqua, tradizionalmente separate, che le integri pienamente. Per gli amministratori dei bacini idrografici si presenta l'opportunità di rivalutare la gestione dei corpi idrici amministrati e delle infrastrutture della regione. Nel senso del nuovo paradigma dell'acqua, possono enfatizzare la prevenzione

Il paradigma come quadro di riferimento per un approccio integrato

7. L'utilizzo di acqua piovana: il ruolo delle istituzioni

delle alluvioni (misure antierosione e misure per accrescere la ritenzione idrica di tutti i microbacini nel territorio amministrato) e creare così, in collaborazione con il governo locale, un punto di partenza istituzionale per la gestione integrata dei bacini idrografici.

Le istituzioni educative dovrebbero integrare la conoscenza del nuovo paradigma dell'acqua nei programmi didattici, sia nelle scuole che nei centri di formazione per adulti, e collegare tale insegnamento con le esigenze delle persone che già lavorano in questi campi. Ciò include il sostegno all'istruzione da parte dei rappresentanti del governo locale e il sostegno ai programmi di scambio internazionale. Nel contesto del nuovo paradigma, l'acqua potrebbe diventare anche una materia di studio presso le università e le facoltà, con programmi scientifici e di ricerca, al pari delle altre materie universitarie.

*Le opportunità
per le istituzioni
educative*

Le città e i centri minori sono partner chiave nell'introduzione pratica del nuovo approccio all'acqua e nell'implementazione delle tecniche, delle biotecniche e delle misure economiche necessarie in una regione. Possono essere molto efficaci nel promuovere le misure appropriate nei propri territori, rispettando al tempo stesso i principi di partenariato, solidarietà e sussidiarietà. Soprattutto le città e i centri minori esposti alle conseguenze delle alluvioni e dei cambiamenti climatici che riducono la loro competitività. Dovrebbero quindi puntare sulla promozione di un approccio intersettoriale e integrato per il ripristino del ciclo dell'acqua sul proprio territorio, come punto di partenza per il suo sviluppo economico. In pratica, ciò significa realizzare studi e progetti volti a: incrementare la capacità del territorio di conservare l'acqua (all'interno della comunità o al di fuori di essa); ridurre l'erosione idrica del suolo; creare e realizzare programmi economici motivanti per i residenti e i proprietari terrieri della regione (l'amministrazione regionale può, ad esempio, fornire specifici sgravi fiscali e sussidi una tantum per ogni metro cubo di spazio di contenimento dell'acqua creato o per accorgimenti anti-erosione dei terreni sul territorio comunale); valutare l'impatto degli investimenti sull'entità del deflusso da un'area. Gli insediamenti vicini, le associazioni di comuni, così come intere regioni, possono creare e coordinare un sistema comune di prevenzione delle alluvioni e favorire la creazione di centri di consulenza, informazione e competenza dedicati alle città e ai centri minori e ai proprietari di terreni ed edifici. Questa cooperazione potrebbe assumere la forma di "bacini autogestiti" organizzati nell'ambito dei bacini idrografici.

*Le opportunità
per le città e
per i centri
minori*

La sostanza delle misure che devono essere adottate a livello nazionale sta nell'attuazione di riforme strutturali per la gestione delle acque e delle politiche economiche (comprese le politiche agricole e forestali) che influenzano le condizioni di deflusso sul territorio. La nuova politica delle acque dovrebbe essere incentrata sulla tutela complessiva del territorio con l'obiettivo di migliorare il bilancio idrico attraverso l'adozione di misure volte ad accrescere la ricettività idrica di un bacino idrografico e a ridurre i processi di erosione. Lo Stato dovrebbe creare le condizioni e un quadro di riferimento per l'integrazione sistemica delle politiche in materia di acqua, finora settoriali e separate, e la relativa armonizzazione delle politiche di finanziamento. Un approccio complesso in materia di acque richiede l'approvazione di una nuova generazione di norme, tra cui una legge sulla protezione e il rinnovamento del piccolo ciclo dell'acqua sul territorio, che comporterebbe, tra l'altro, una valutazione delle ricadute degli investimenti sul suo bilancio idrico. Possono quindi essere creati nuovi strumenti finanziari, di sostegno e motivazionali per l'attuazione del nuovo approccio all'acqua. Il bilancio dello stato può fornire sostegno per l'applicazione di misure antierosione e di conservazione dell'acqua, supporto per la preparazione e la realizzazione di progetti comunitari, così come sostegno per le attività di ricerca e il monitoraggio delle nuove misure proposte e attuate in una regione.

*Le opportunità
per la politica
di governo*

Se una comunità di Stati (l'Unione Europea) e le istituzioni globali (ad esempio le Nazioni Unite) abbracciassero il nuovo paradigma dell'acqua, potrebbero affermare la propria autorità e dichiarare il proprio sostegno a un nuovo approccio alla protezione e alla conservazione dell'acqua piovana sul suolo. In alcuni casi, queste istituzioni hanno nelle loro mani i poteri del diritto internazionale, poteri che –se necessario– potrebbero essere utilizzati in misura adeguata e nel rispetto del principio di sussidiarietà. Così come l'ONU è stata in grado di mobilitarsi per sostenere la ricerca sulla relazione tra cambiamenti climatici e gas serra (IPCC) e su passi specifici nell'attuazione delle conclusioni di questo studio (ad esempio, il Protocollo di Kyoto), dovrebbe agire in modo analogo per quanto riguarda il ruolo dell'acqua e la necessità di ripristinare i piccoli cicli dell'acqua nei continenti. L'aggiornamento degli aiuti allo sviluppo da parte di paesi o comunità di Stati ai paesi in via di sviluppo potrebbe acquisire questa nuova dimensione. Per migliorare i processi di monitoraggio, sarebbe necessario aggiungere all'elenco degli indicatori di sviluppo sostenibile dell'Agenda 21⁶⁶ il monitoraggio del risanamento del pic-

*Le opportunità
per le
istituzioni
internazionali*

66 *Nota del traduttore:* oggi integrata dall'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU.

colo ciclo dell'acqua sul territorio (su continenti, regioni, insediamenti) e l'attuazione di misure sistemiche globali per aumentare la persistenza dell'acqua nonché di misure antierosione. Il rinnovamento del piccolo ciclo dell'acqua e la gestione integrata delle risorse idriche nei bacini idrografici potrebbero diventare un nuovo pilastro a sostegno della pratica agricola, forestale e di gestione delle acque, di una politica di solidarietà e della politica per lo sviluppo rurale (fornendo prospettive di una riforma più significativa della Politica Agricola Comune dell'UE). La campagna *Il Vostro Impatto sui Cambiamenti Climatici* –attualmente in corso da parte della Commissione Europea attraverso quattro azioni: rallentare, fermare, camminare e riciclare– potrebbe essere ampliata per includerne una quinta: conservare l'acqua piovana sulla superficie terrestre.

Non è lontano il giorno in cui sarà considerata sbagliata la possibilità che un ingegnere inesperto in biologia, e soprattutto in ecologia, possa andare nella campagna con un regolo calcolatore nell'intento di modificarla... Il paesaggio naturale è stato talmente violato da queste alterazioni, lasciato così squallido da una malintesa 'civilizzazione', che presto tutti sentiranno il bisogno di restituire alla nostra campagna il suo vero significato e valore. Ma come farlo? Un semplice ritorno allo stato originale non è possibile. Non possiamo cancellare la popolazione dalla superficie della Terra, né possiamo diminuire il suo progresso economico, il suo tenore di vita e il suo coinvolgimento nei processi produttivi globali. Non possiamo annullare nulla di ciò che ha contraddistinto la nostra epoca rispetto al secolo precedente. Al contrario, dobbiamo portare tutto ad un livello superiore. Ecco perché non possiamo mantenere la campagna in una fase di economia primitiva. Non resta altro che modificare lo stato attuale del territorio, ma farlo in modo più intelligente, più naturale, più professionale. E questo è un compito così nobile che tutte le missioni del XIX secolo impallidiscono davanti ad esso."

Vladimír Úlehla, 1947⁶⁷

67 Citato dalla pubblicazione di Míchal I., 1994. *Ecological Stability*. Veronica, Brno, 217 pp.

7.6 Costi finanziari e valutazione degli scenari

La valutazione economica e sistematica dei vantaggi del nuovo paradigma dell'acqua può essere suddivisa in tre aree: il calcolo del bilancio idrico, il calcolo economico e la

La valutazione dei vantaggi

valutazione dei costi e dei benefici sociali e ambientali dei singoli scenari. I calcoli del bilancio idrico richiedono il suo monitoraggio nel territorio e l'analisi dell'andamento delle condizioni meteorologiche (temperatura, precipitazioni totali, andamento del deflusso dell'acqua dal territorio, variazioni dei livelli delle falde acquifere e dell'umidità del suolo, frequenza e incidenza degli eventi meteorologici estremi).

I calcoli economici dei diversi scenari predittivi comprendono i costi di adattamento, i danni causati da eventi meteorologici estremi e il calo delle prestazioni economiche di un'area. La valutazione degli aspetti sociali e ambientali include numerosi benefici difficili da quantificare economicamente⁶⁸.

I due scenari primari dal punto di vista del nuovo paradigma dell'acqua derivano dalle più diffuse ipotesi sulle cause del cambiamento climatico. Lo scenario che ritiene determinante la crescita delle concentrazioni di CO₂ nell'atmosfera⁶⁹, che è la teoria largamente preferita sia dal punto di vista scientifico che politico, presuppone che l'adattamento e il miglioramento della tecnologia per ridurre le emissioni di tale gas sia un passo necessario per rispondere al cambiamento climatico. Questo scenario indica che entro la fine del XXI secolo ci si può aspettare: un aumento delle temperature globali sulla superficie della Terra da 5 a 6 °C; un innalzamento del livello del mare di 50-100 cm; un incremento degli eventi meteorologici estremi; danni economici pari all'1-5% del prodotto interno lordo annuo di ogni paese, con una possibile accelerazione fino al 20% nelle circostanze più sfavorevoli⁷⁰. A oggi non sono ancora noti tutti i costi finanziari dell'adattamento, ma si prevede un loro graduale aumento.

Lo scenario dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

68 *Nota del traduttore.* Gli Autori sembrano riferirsi a quelli che vengono oggi identificati come Servizi Ecosistemici, ovvero ai benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano. Sono servizi non completamente inclusi nel mercato né adeguatamente quantificati o, almeno, non in termini comparabili con i servizi economici e i prodotti industriali.

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

70 http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/

L'opportunità che emerge dal ruolo decisivo del piccolo ciclo dell'acqua nel recupero del clima fornisce un approccio più attivo e, nel caso dell'implementazione delle misure dettate dal nuovo paradigma a livello mondiale, prospetta altri benefici, come: una fondamentale diminuzione generalizzata degli eventi meteorologici estremi sulla terraferma, una distribuzione più uniforme delle precipitazioni nei continenti, un'efficace protezione da inondazioni e siccità, la stabilizzazione del clima negli ambienti rurali e urbani, acqua sufficiente per la crescita della popolazione mondiale, nonché una riduzione dei danni economici causati da eventi meteorologici estremi. Per quanto riguarda l'aumento della temperatura globale della Terra e l'innalzamento dei livelli del mare, lo scenario promette una moderazione del loro innalzamento, nella misura in cui essi derivino dalla trasformazione antropica dei territori. Alla luce del quadro concettuale del nuovo paradigma dell'acqua, ciò è una parte significativa di quanto l'umanità è realmente in grado di influenzare.

Gli scenari con l'uso dell'acqua

Il nuovo paradigma dell'acqua rappresenta, sia in termini di tempo che di denaro, un investimento gestibile in relazione alla stabilizzazione del clima e alla sufficiente disponibilità di acqua. Per l'attuazione delle misure necessarie in un Paese, per un programma della durata di 10-15 anni, dovrebbero essere sufficienti investimenti pari a circa lo 0,1% del PIL annuo. Questi costi equivalgono a quelli necessari per la progettazione e l'attuazione di misure globali di prevenzione delle alluvioni (misure antierosione e di conservazione dell'acqua) in una regione. I costi medi per il ripristino del piccolo ciclo dell'acqua (aumento delle capacità di conservazione dell'acqua dei bacini idrici e riduzione dei processi erosivi) in un'unità di territorio dipendono dalle sue caratteristiche, dalla sua morfologia e dalle esigenze di intervento. Diverse delle misure tecniche e biotecniche disponibili non richiedono ingenti capitali e investimenti di realizzazione ma, al contrario, sono piuttosto economiche e utilizzano materie prime locali e forza lavoro locale. La manutenzione degli interventi realizzati in un territorio dovrebbe essere gestita dai proprietari terrieri. Ciò richiederebbe, tuttavia, un costo relativamente basso e creerebbe a livello globale un utile livello di occupazione, sia diretta che nell'indotto. I costi medi per l'implementazione del nuovo paradigma dell'acqua per ogni chilometro quadrato di territorio rappresentano quindi lo 0,1% del PIL annuo di un Paese moltiplicato per il numero di anni necessari per l'implementazione e poi diviso per l'area della regione (in km²). Questo approccio è meno costoso di qualsiasi altra soluzione già provata o proposta.

8 RIEPILOGO FINALE

La circolazione dell'acqua in natura avviene attraverso il grande e il piccolo ciclo. L'umanità, attraverso le sue attività e la sistematica trasformazione dell'ambiente naturale in terre coltivate e urbanizzate, sta accelerando il deflusso delle acque piovane. In tal modo, limitando i processi di evaporazione e infiltrazione nel suolo, si riduce l'approvvigionamento idrico per il piccolo ciclo. L'alterazione dell'equilibrio del suo bilancio innesca un graduale deterioramento del piccolo ciclo sul territorio, fino alla sua rottura.

La rottura del piccolo ciclo dell'acqua

Se l'acqua nel suolo, sulla sua superficie e nelle piante è insufficiente, immensi flussi di energia solare non possono essere trasformati in calore latente per effetto dell'evaporazione e sono pertanto convertiti in calore sensibile. La superficie del suolo presto si surriscalda e, di conseguenza, nelle aree colpite si interrompono gli apporti d'acqua del grande ciclo (che vanno a scaricarsi nelle aree più fredde: *n.d.t.*). I processi locali che si verificano su vaste aree utilizzate dall'uomo si trasformano in processi globali che possono verificarsi senza il diretto intervento antropico fino a determinare, nel loro insieme, il fenomeno noto come cambiamento climatico globale. Alcune cause del cambiamento climatico di origine antropica sono quindi da ricercare in larga misura nel drenaggio dell'acqua dal suolo e nel conseguente aumento delle differenze di temperatura che innescano i meccanismi responsabili della crescita degli eventi estremi. L'alterazione del piccolo ciclo dell'acqua è accompagnata da condizioni meteorologiche sempre più estreme e frequenti, come inondazioni e lunghi periodi di siccità, da un graduale calo delle riserve di acqua sotterranea e dalla crescente scarsità d'acqua nella regione.

Il cambiamento climatico e la crescita degli eventi estremi

Il cambiamento climatico di una regione è in parte reversibile. La componente conseguente al drenaggio antropico della regione, infatti, può essere recuperata attraverso una sistematica 'irrigazione'. L'imbibizione del suolo può essere ottenuta attraverso la saturazione del piccolo ciclo dell'acqua, garantendo la completa conservazione della pioggia caduta sul territorio e favorendone l'infiltrazione e l'evaporazione. Ciò può contribuire a ripristinare il piccolo ciclo in una regione e a capovolgere radicalmente la tendenza al cambiamento delle condizioni climatiche: in-

Le opportunità di risanamento del ciclo dell'acqua

vertendo la tendenza al riscaldamento regionale è possibile mitigare gli eventi meteorologici estremi e garantire un incremento delle riserve d'acqua sul territorio.

Il ripristino del piccolo ciclo dell'acqua su un'area, tuttavia, dipende non solo dall'entità dei danni subiti ma anche da una serie di altri fattori. Nel caso della Slovacchia, dopo l'attuazione di queste misure si potrebbero prevedere risultati visibili in tempi relativamente brevi (da 10 a 20 anni). I costi economici di queste misure specifiche corrispondono a importi modesti che possono essere stanziati dai bilanci statali, pubblici e privati. Lo stanziamento per l'attuazione di misure di ampia portata dovrebbe essere proporzionale ai m³ di volume invasati nel terreno o alle misure antierosione realizzate. Fintanto che il piccolo ciclo dell'acqua non sarà risanato e il bilancio idrico di una regione stabilizzato, gli investimenti per le misure di conservazione dell'acqua dovranno sostituire quelli stanziati in precedenza, che servivano solo ad accelerare il deflusso dal territorio.

Relativamente economico e rapido

La conservazione dell'acqua piovana *in situ* e l'allontanamento del solo surplus che defluisce naturalmente da una regione, sono *condicio sine qua non* essenziali per garantire la sicurezza ambientale, la stabilità globale e la sostenibilità della crescita economica. Il soddisfacimento di queste condizioni dovrebbe essere nell'interesse di ogni individuo e di ogni comunità. Questa è la prima volta nella storia della civiltà umana in cui si dovrà valutare l'impatto delle attività antropiche sul ciclo dell'acqua e sulla diminuzione della quantità d'acqua in esso contenuta. L'affermazione di Parakramabahu il Grande, re dello Sri Lanka "*Neanche una goccia di pioggia dovrebbe essere lasciata defluire in mare senza che sia stata prima utilizzata a beneficio del popolo...*" è la migliore sintesi del nuovo paradigma dell'acqua, un'affermazione che nei prossimi decenni dovrebbe essere adottata come uno slogan per l'intera umanità, chiamata a conservare la propria civiltà.

Ogni goccia è importante

IL NUOVO PARADIGMA IN CAMMINO

riconoscimenti e prospettive

Il vecchio paradigma dell'acqua si fonda su una grande contraddizione: da una parte è incentrato sulla continua ricerca di nuove risorse idriche e, dall'altra, si sbarazza delle acque piovane (allontanandole rapidamente dal territorio) quasi che, anziché una risorsa, fossero un elemento indesiderabile che infastidisce la tranquillità della nostra esistenza. Sottovalutando gli effetti delle imponenti modifiche dell'uso del suolo, ha trascurato la gestione dei piccoli cicli dell'acqua locali, come se le piogge provenissero esclusivamente dal mare e non percorressero lunghe distanze nei continenti proprio grazie alla concatenazione dei piccoli cicli, l'uno alimentato dall'altro.

Il Nuovo Paradigma dell'Acqua è il frutto di una concezione più olistica –che integra in una visione coerente un insieme di conoscenze scientifiche, opinioni, valori etici e procedure tecniche– orientata alla protezione integrata dell'acqua e del clima sulla terra.

Consapevoli dei cambiamenti avvenuti nel ciclo dell'acqua e nel clima, il team degli autori, sulla base di metodi, modelli e dati storici, evidenzia quanto i comportamenti dell'uomo abbiano influenzato il ciclo dell'acqua in tutte le sue forme e, nel contempo, quanto essi siano determinanti nel prevenire le crisi idriche, alimentari e climatiche. Conoscere lo stato dell'acqua nei fiumi, nel suolo e nel sottosuolo, nella vegetazione e nell'atmosfera fornisce possibilità finora insospettite per invertire efficacemente la tendenza del cambiamento climatico, attraverso il Nuovo Paradigma.

Il nuovo paradigma invita a cambiare modello di gestione dell'acqua piovana privilegiando la sua conservazione, garantendo l'integrità dei piccoli cicli, creando opportunità per rigenerare la risorsa in modo permanente e incrementare le precipitazioni anche laddove sono diventate scarse. Questi i principali obiettivi del cambiamento di paradigma. Se riusciamo a comprenderne l'essenza (cioè che la pioggia tende a cadere solo dove l'acqua evapora dal suolo), possiamo ripristinare le risorse idriche che abbiamo perso. La chiave per ottenere questo risultato è incrementare i processi di evaporazione ma, a tal fine, è necessario trattenere sul territorio quanta più pioggia possibile.

Contravvenendo a queste regole, il vecchio paradigma ha esaurito le sue potenzialità. Le politiche pubbliche di gestione delle acque dovranno pertanto affrontare inevitabilmente la sfida di restituire alla pioggia la sua vera funzione. D'altronde, storicamente, è dimostrato che, nei secoli, le varie culture che con superbia hanno trascurato l'importanza di trattenere e conservare l'acqua piovana sono di fatto scomparse.

L'applicazione del Nuovo Paradigma dell'Acqua richiede quindi impegno, fisico e intellettuale, e anche per questo inizialmente è stata accolta con diffidenza. In Slovacchia l'avvio del Nuovo Paradigma ha riscontrato il favore delle politiche governative, sebbene il piano decennale proposto sia stato ridotto a un solo anno. Tuttavia, in quel prezioso anno, è stato possibile attuare più di 100.000 misure di ritenzione idrica rispettose della natura in quasi 500 comunità locali, occupando più di 7.000 cittadini meno abbienti.

Da allora sono passati quasi 10 anni e i politici hanno compreso la necessità di trattenerne l'acqua piovana sul territorio. È ovvio che ciò non è sufficiente. C'è infatti bisogno di riportare massivamente l'acqua negli ecosistemi danneggiati della Slovacchia, come in quelli dell'Italia, dove le carenze idriche si fanno sentire soprattutto nelle regioni me-

ridionali, e di qualsiasi altro angolo del mondo. Ecco perché nel 2015, anno del Vertice di Parigi sui cambiamenti climatici, abbiamo pubblicato il *Piano d'azione globale per il ripristino dei piccoli cicli dell'acqua e del clima*^(*). Lo stesso anno in cui Papa Francesco pubblica *Laudato si'*, l'enciclica che sottolinea in modo accurato e lungimirante la necessità di una gestione sensibile del paesaggio, dell'ambiente e, soprattutto, dell'acqua.

Nel 2018, William Nordhaus e Paul Romer, premiati con il Nobel, hanno annunciato la necessità di inserire i cambiamenti climatici nell'analisi macroeconomica a lungo termine e di integrare le innovazioni tecnologiche con l'istituzione di un organismo in grado di creare strumenti finanziari e incentivi adeguati per affrontare il cambiamento climatico.

Nel 2020, la Commissione Europea ha adottato il programma *Green Deal* per ristrutturare l'economia dopo la pandemia e renderla a zero emissioni di carbonio e sostenibile entro il 2050. Senza il recupero dell'acqua nelle regioni aride di tutto il mondo, tale obiettivo non sarà raggiungibile. Un Paese sano ha bisogno non solo di più natura, ma anche di un ciclo del carbonio efficiente; ciò richiede l'incremento dell'estensione e dell'efficienza della copertura vegetale del terreno e, quindi, un territorio con sufficiente disponibilità di acqua. La funzionalità ecologica e un clima salubre possono essere garantiti solo da un maggiore apporto di acqua negli ecosistemi, ovvero da misure conservative delle acque piovane.

Le misure introdotte dal nuovo paradigma reclamano una riconsiderazione e rivalutazione dell'uso del suolo, dalla gestione delle foreste, alle attività agro-alimentari, alla pianificazione urbana. Ciò comporta una rigenerazione bioclimatica degli ecosistemi, che in pratica consiste nell'aumentare la capacità di ritenzione idrica del territorio, con finalità conservative dell'acqua piovana, facendola interagire con il ciclo dell'acqua, con la circolazione del carbonio e dei nutrienti, sulla base di misure rispettose della natura e del paesaggio.

Una sfida urgente per tutti i paesi del mondo consisterà proprio nell'attuazione pratica di misure volte a migliorare la gestione del territorio. Tenendo conto del ruolo che la CO₂ ha come principale fonte di carbonio nei processi di fotosintesi, si dovranno modificare le pratiche agricole per farle interagire con le funzioni ecosistemiche del territorio forestale. I processi di riqualificazione dovranno incrementare la ritenzione dell'acqua piovana nel suolo e aumentare l'assorbimento di carbonio da parte della biomassa vegetale e del suolo.

Il tempo ha dimostrato che le strategie introdotte dal Nuovo Paradigma sulla funzione dell'acqua e della vegetazione nella distribuzione dell'energia solare e nell'influenzare il clima locale hanno effettiva validità.

Sebbene la politica e il *mainstream* scientifico rimangano ancora prevalentemente affascinati dall'effetto serra provocato dalla CO₂ e dall'idea che la vegetazione scaldi il pianeta per la sua bassa albedo, nel 2022, per la prima volta, l'*IPPC Climate Report* includerà un capitolo sull'impatto del ciclo dell'acqua sui cambiamenti climatici. È un importante riconoscimento per il Nuovo Paradigma e un segnale promettente per il futuro del nostro pianeta.

Giugno 2021

Michal Kravčík

* http://bio4climate.org/downloads/Kravcik_Global_Action_Plan.pdf

Autori

Ing. Michal Kravčík (1956). Laureato in Costruzioni Idrauliche e Gestione delle Acque all'Università Tecnica Slovacca, ha lavorato all'Istituto di Idrologia e Idraulica e all'Istituto di Ecologia dell'Accademia Slovacca di Scienze. È il fondatore della ONG People and Water, titolare del Premio Goldman per l'Ambiente e membro di *ASHOKA: Innovators for the Public*, una rete internazionale di innovatori che lavorano per il benessere della collettività. È il più illustre rappresentante della ONG People and Water, che ha ottenuto il riconoscimento del Premio EU-USA per la Democrazia e lo Sviluppo della Società Civile.

Dott. Jan Pokorný (1946). Laureato in Scienze Naturali alla *Charles University* di Praga. È il direttore generale della società benefica ENKI, fa parte dello staff scientifico dell'Istituto di Biologia dei Sistemi e Ecologia dell'Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca, è coautore di numerosi brevetti, docente universitario a contratto, membro della giuria scientifica internazionale della Commissione Risorse Naturali per il governo australiano e membro del gruppo scientifico-tecnologico della Convenzione di Ramsar sulle Zone Umide per l'Europa Centrale e Orientale.

Ing. Juraj Kohutiar (1961). Laureato in Costruzioni Idrauliche e Gestione delle Acque all'Università Tecnica Slovacca, ha lavorato all'Istituto di Idrologia e Idraulica dell'Accademia delle Scienze Slovacca. Attualmente collabora come consulente con l'ONG People and Water.

Ing. Martin Kováč (1972). Laureato in Costruzioni Idrauliche e Gestione delle Acque presso l'Università Tecnica Slovacca, ha lavorato nel campo della protezione del patrimonio culturale nazionale; è stato cofondatore e primo direttore del National Trust in Slovacchia ed è membro del network internazionale ASHOKA. Attualmente lavora come specialista nella prevenzione delle inondazioni presso l'Associazione delle Città e dei Comuni della Slovacchia.

Dott. Eugen Tóth (1964). Laureato alla facoltà di Scienze Matematiche-Fisiche della Comenius University. Lavora nel campo dei sistemi informativi, con particolare attenzione ai sistemi informativi geografici (GIS) e ai terreni agricoli. Coopera come responsabile di progetto con l'ONG People and Water.

Neanche una goccia di pioggia dovrebbe essere lasciata defluire in mare senza che sia stata prima utilizzata a beneficio del popolo...

Parakramabahu il Grande, Re dello Sri Lanka (1153-1186)

Nel suo libro rivoluzionario, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Adam Smith introdusse l'esempio degli artigiani che, nonostante il massimo sforzo, non avrebbero potuto realizzare più di una spilla al giorno. La divisione del lavoro aumentò di venti volte la produzione di spille e semplici macchinari l'aumentarono di molte migliaia, così ciò che un tempo era un oggetto di lusso, divenne presto disponibile anche per le famiglie più povere.

Questo libro si occupa principalmente dell'importanza e dell'origine della ricchezza dell'acqua sulla terra. La sua ambizione è quella di cambiare le attuali pratiche che favoriscono l'eccessivo deflusso di acqua da vasti territori, un processo che si realizza con la deforestazione, le attività agricole e l'allontanamento dell'acqua piovana dalle città. Il drenaggio del terreno significa diminuire l'evaporazione, trasformare la radiazione solare in calore sensibile e interferire sui grandi flussi di energia di una zona.

Ciò ha un impatto sulla circolazione dell'acqua sulla terra e induce un aumento degli eventi meteorologici estremi. Gli autori di questa pubblicazione vedono una soluzione a questi problemi nelle misure relativamente semplici di raccolta dell'acqua piovana e della sua conservazione, come in diverse parti del mondo è stato fatto per centinaia o addirittura migliaia di anni. Tali misure servono per l'acquisizione di nuove risorse idriche e sono spesso utili a prevenire le inondazioni e controllare l'erosione dei suoli. La loro diffusa applicazione può moltiplicare la disponibilità di acqua necessaria alle persone, alla natura e all'industria; allo stesso tempo, può mitigare i problemi micro e macroclimatici causati dal drenaggio dei terreni e quindi contribuire alla ripresa del clima. Con questo libro gli Autori, tutti provenienti da organizzazioni non governative, si rivolgono a chiunque sia coinvolto con l'acqua e la sua gestione, nonché alle istituzioni del settore pubblico e agli investitori privati e, in pratica, a ogni singolo cittadino del nostro pianeta.

www.waterparadigm.org

ISBN 9788890877919