

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2002)

Heft: 5

Artikel: Tra siccità e piene : cambiamento climatico e regime idrico

Autor: Burlando, Paolo

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-132461>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Tra siccità e piene

Cambiamento climatico e regime idrico

Paolo Burlando

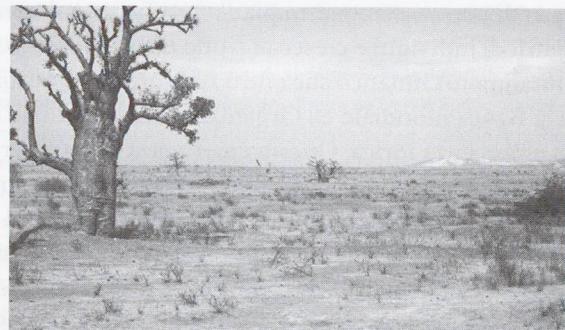
Inst. of Hydromechanics and Water, Resources Management, ETH Zurigo

La popolazione mondiale cresce alimentando la domanda di acqua dolce. A causa di un cambiamento climatico, però, le risorse idriche potrebbero diventare più scarse. Si registra inoltre un netto accumulo di catastrofi naturali, come piene e frane. Sono questi i problemi con cui saremo confrontati nel prossimo secolo? In che misura possiamo prevedere determinati pericoli?

In Europa, e più esattamente in Inghilterra, Svizzera, Italia e Spagna, le alluvioni sempre più frequenti risolvono interrogativi sulle possibili cause. E quale causa principale è sempre additato il cambiamento climatico associato all'effetto serra. Si sono chinati su questo tema giornali, radio e televisione. Gli scienziati sono continuamente esortati a documentare i sintomi di un cambiamento climatico durevole e le sue ripercussioni sul regime idrico. Queste previsioni, semmai possibili, non sono semplici, ma numerose nuove scoperte della ricerca climatica e idrologica forniscono risultati sufficienti per studiare le conseguenze di un possibile cambiamento climatico sul ciclo dell'acqua. Che ripercussioni ha dunque il cambiamento climatico sul ciclo dell'acqua? Un crescente effetto serra provoca una maggiore tendenza alle catastrofi? E in che misura le risorse idriche saranno compromesse da un'atmosfera che si riscalda?

Probabilmente è impossibile dare risposte precise a questi interrogativi. La conoscenza dei meccanismi che influenzano i cambiamenti climatici è ancora incompleta. Nell'ultimo decennio, tuttavia, numerosi studi e risultati di ricerche confermano un crescente influsso dell'uomo sul clima. Questi studi si basano sullo sviluppo di modelli matematici, che rispecchiano l'evoluzione del clima e possono essere utilizzati per analizzare le interazioni tra il clima e le risorse idriche.

Un laboratorio virtuale di analisi delle ripercussioni di un possibile cambiamento climatico sulle risorse idriche. L'evoluzione del clima terrestre è simulata con cosiddetti modelli di circolazione generale (General Circulation Models, GCMs), che imitano la circolazione atmosferica che controlla la variazione cli-



matica. A tal fine, si tiene conto della circolazione dell'acqua nell'atmosfera e delle sue interazioni con l'acqua sulla terra. Questi modelli danno un quadro del ciclo dell'acqua su regioni molto estese del mondo, spesso nettamente superiori alla grandezza tipica del bacino imbrifero di un fiume. Viste la loro struttura fisica e matematica complessa e l'enorme quantità di calcoli, questi modelli possono però essere utilizzati per l'analisi delle variazioni dei flussi d'acqua solo su base giornaliera o mensile. Siccome i GCM simulano la circolazione atmosferica sulle basi della fisica, possono inoltre documentare i cambiamenti provocati da variazioni della composizione dell'atmosfera in caso di forti immissioni di gas a effetto serra, come il CO₂. Possono quindi essere utilizzati come laboratori virtuali, capaci di prevedere come può reagire il clima a un aumento dell'effetto serra in seguito a una variazione nella composizione dell'atmosfera.

Il cambiamento su piccole regioni, ad esempio bacini idrografici grandi qualche centinaio o migliaio di km², richiede invece l'applicazione di modelli che rispecchiano l'evoluzione del ciclo dell'acqua a livello di bacino idrografico. Questi modelli sono spesso utilizzati dagli idrologi per valutare la disponibilità di risorse idriche, simulando il ciclo dell'acqua in un determinato bacino idrografico. Vene così studiata la variabilità del deflusso da un bacino idrografico, a condizione che i meccanismi determinanti non siano influenzati da cambiamenti climatici. Per simulare l'influsso di un possibile cambiamento climatico, bisogna combinare i modelli che lavorano a livello di bacino idrografico

con le previsioni dei GCM, che tengono conto di un rafforzamento dell'effetto serra in seguito a un aumento della concentrazione di CO₂ e di altri gas a effetto serra nell'atmosfera. Una combinazione di questo tipo rende possibili simulazioni atte ad analizzare la sensibilità dei sistemi naturali di gestione idrica nei confronti di un possibile cambiamento climatico.

Le risorse idriche come possono essere influenzate da un cambiamento climatico?

Sono disponibili numerose previsioni di GCM, ma i risultati quantitativi non sempre coincidono. È tuttavia riconosciuto che il rafforzamento dell'effetto serra in seguito a una maggior concentrazione di CO₂ e di altri gas-traccia provoca un riscaldamento dell'atmosfera. Questa circostanza porta a un'intensificazione dei flussi di acqua, determinando così una variazione del regime delle precipitazioni e quindi anche dei deflussi. L'aumento della temperatura media della terra prevista dai GCM è compreso tra +1 e +4°C e si prevede che l'aumento ad esso associato della quantità annua di precipitazioni sia compreso tra il 5% e il 20%. I meccanismi che provocano queste variazioni sono tuttavia complessi e portano a spostamenti nel regime idrico molto diversi a seconda della situazione geografica. Benché sia ipotizzabile un aumento globale delle precipitazioni, la variazione non sarà uniforme ed è assolutamente possibile che in alcune zone le precipitazioni diminuiranno, mentre in altre aumenteranno.

Attualmente, l'incertezza associata alle stime delle future variazioni delle precipitazioni è maggiore di quella associata al cambiamento di temperatura. Di conseguenza, considerato l'importante ruolo che le precipitazioni assumono per il ciclo dell'acqua, anche le stime delle ripercussioni del cambiamento climatico sulle risorse idriche sono molto incerte. Probabilmente, però, nei regimi delle precipitazioni si verificheranno variazioni in termini di quantità e distribuzione stagionale e queste saranno il fattore climatico determinante per le ripercussioni dirette sulle riserve di acqua dolce. Precipitazioni ridotte in estate saranno compensate solo in parte da un aumento delle precipitazioni in inverno. Subiranno quindi delle variazioni tutti i processi nel ciclo dell'acqua che dipendono dalle precipitazioni. L'evaporazione dal suolo e dalle piante dovrebbe reagire rapidamente, influenzando così il tenore idrico del suolo. Potrebbero subire variazioni la formazione di nuove acque sotterranee e l'accumulazione di acqua dolce, ad esempio i laghi artificiali, che a loro volta influenzano i regimi di deflusso di grandi e piccoli fiumi. I regimi di deflusso

nivali potrebbero modificare i loro modelli stagionali a causa dello scioglimento delle nevi anticipato per via della temperatura superiore al termine dell'inverno o a causa di un assottigliamento generale della copertura nevosa, provocato da una riduzione della quota di precipitazioni nevose sul totale delle precipitazioni. Di conseguenza, potrebbero subire netti influssi il fabbisogno d'irrigazione e l'agricoltura a secco, sia a causa delle modifiche stagionali, sia a causa delle variazioni dei volumi d'acqua. I processi d'erosione superficiale potrebbero essere influenzati sensibilmente sia dalle variazioni nell'intensità di precipitazioni, sia a causa di un'esposizione prolungata del suolo alle precipitazioni in seguito allo scioglimento precoce delle nevi. Anche la qualità dell'acqua potrebbe essere messa in pericolo, nel caso in cui una quantità stabile o crescente di agenti inquinanti dovesse essere diluita in volumi d'acqua sempre più piccoli. Infine, quale conseguenza dell'intensificazione del ciclo dell'acqua potrebbero manifestarsi con maggiore frequenza catastrofi naturali come piene e siccità.

Il fiume della mia città cambierà le sue condizioni di deflusso?

Le modifiche generali provocate da una potenziale variazione climatica sulle risorse idriche presenteranno un carattere differente nelle varie regioni della terra. In quest'ottica, è utile considerare la scala territoriale su cui sono prese le decisioni in materia di economia idrica, in modo da avere una visione migliore sui cambiamenti prevedibili in un bacino idrografico noto. Come ricordato brevemente sopra, queste variazioni possono essere analizzate mediante modelli idrologici, che simulano la reazione di un bacino idrografico ai cambiamenti climatici previsti dai modelli climatici. Questo approccio permette di analizzare la reazione dei vari sistemi fluviali, che si differenziano in termini sia di grandezza e morfologia che di utilizzazione delle risorse idriche, ai fattori climatici di stress, rappresentati da un aumento della temperatura o da un cambiamento del comportamento delle precipitazioni. In generale, si parte dal presupposto che i piccoli sistemi fluviali reagiscono ai cambiamenti climatici causati dall'effetto serra in modo più sensibile di quelli grandi. Ciò è dovuto al fatto che i piccoli bacini idrografici mostrano una gamma più ampia di reazioni alle variazioni climatiche, mentre i grossi sistemi sono maggiormente influenzati dalle caratteristiche del bacino idrografico.

La maggior parte delle indagini più recenti dedicate ai potenziali cambiamenti a livello di bacino idrografico concordano che vi sono dei segni del fatto che a cambiare sensibilmente rispetto a oggi sarà

non solo la quantità di precipitazioni, ma anche la loro distribuzione nel tempo. Si parte dal presupposto che aumenterà sia il numero di giorni senza pioggia, sia quello di giorni con forti piogge. Benché il maggior numero di giorni di sole possa essere visto favorevolmente, questo fattore non va trascurato in relazione alle risorse idriche disponibili nel bacino idrografico, dato che può aumentare la probabilità di piene e siccità frequenti.

Sotto questo profilo, i fiumi nelle regioni semiaride dell'Europa meridionale saranno maggiormente colpiti di quelli in Europa centrale, dove invece si prevedono precipitazioni invernali più ingenti e variazioni nella proporzione tra neve e pioggia. Nel bacino imbrifero dell'Arno, nell'Italia centrale (circa 4000 km² attorno a Firenze), che può essere considerato rappresentativo di molti bacini fluviali in Europa meridionale, la portata estiva media potrebbe ad esempio subire una diminuzione fino al 40%, o anche di più nei suoi sub-bacini. I fiumi fortemente influenzati da cambiamenti del clima in montagna, come ad esempio l'Aar presso Berna, potrebbero invece registrare un prolungamento fino al 30% del periodo di forte portata primaverile a causa dello scioglimento più intenso delle nevi e dei ghiacciai. Di conseguenza, le regioni mediterranee potrebbero riscontrare problemi a coprire il futuro fabbisogno d'irrigazione, mentre i fiumi di montagna potrebbero aver bisogno di una nuova gestione idrica e regolazione dei laghi per affrontare i problemi derivanti dal persistere di forti deflussi.

Un altro grande effetto dei cambiamenti climatici riguarderà le piene. Consideriamo nuovamente l'esempio dell'Arno e il rischio di allagamento della città di Firenze: i risultati delle simulazioni inducono a pensare che tra 25 anni la città potrebbe già essere più minacciata di oggi. Nel bacino imbrifero dell'Arno, per il valore della portata giornaliera massima, superata una volta ogni 50 anni, è previsto un aumento del 50%, mentre nei piccoli sub-bacini si stima un aumento del 20% per le portate giornaliere massime con una probabilità di superamento di 5 anni e uno ancora più elevato per gli eventi rari. Se si considerano i picchi di portata, che corrispondono al livello massimo dell'acqua nel fiume, emerge un aumento ancora più forte. La distribuzione delle precipitazioni nel tempo presumibilmente cambierà in modo tale che le piogge, che finora si distribuivano su lassi di tempo più lunghi, si concentreranno su periodi più brevi, il che è anche detto «tropicalizzazione» del comportamento delle precipitazioni. Ciò può provocare un aumento dei picchi di portata, in modo tale che ad esempio una portata che finora era osservata solo una volta ogni 100 anni (in media) in futuro sarà



raggiunta una volta ogni 25 anni (in media) e una portata che era superata una volta ogni 25 anni si verificherà una volta ogni 4 anni. Cambiamenti paragonabili potranno manifestarsi anche nei piccoli bacini idrografici alpini, dato che il citato «effetto di tropicalizzazione» delle precipitazioni potrà manifestarsi in modo analogo anche qui. Se ciò dovesse effettivamente verificarsi, la politica di protezione contro le piene dovrebbe essere soggetta a sostanziali modifiche, per prevenire danni più gravi sull'uomo e sulle infrastrutture.

Risorse idriche e politica climatica

Possiamo invertire queste tendenze? Vi sono delle chance che la scienza mostri una via per evitare la situazione catastrofica anticipata da molti esperti? Si possono osservare essenzialmente tre modi di affrontare il problema. La via più semplice consiste nel negare un possibile cambiamento climatico e di conseguenza tutte le indagini che speculano sulle sue possibili ripercussioni. La posizione opposta si distingue per una fiducia assoluta nelle previsioni e quindi una pressione affinché siano adottate misure immediate per rallentare la tendenza prevista, che porterebbe irreversibilmente a una catastrofe. Se però siamo consapevoli delle grandi incertezze ancora associate alle attuali conoscenze sui sistemi climatici e teniamo anche presenti i progressi promettenti e la necessità di misure atte a evitare cambiamenti irreversibili, probabilmente la cosa migliore da fare è investire in ulteriori progetti di ricerca. I vantaggi di questi investimenti non si limiterebbero a un miglioramento delle possibilità di attutire le ripercussioni dell'effetto serra sulle risorse idriche, ma offrirebbero anche l'opportunità di ottenere risposte più precise ai problemi ancora in sospeso e di convincere i responsabili decisionali della politica e della società del fatto che il nostro ambiente e soprattutto le risorse idriche hanno bisogno di misure a lungo termine, per essere utilizzati, gestiti e protetti in modo sostenibile.

da «Bulletin», 280, gennaio 2001, 26-29. Traduzione Arturo Romer