

FIUMI E CLIMA CHE CAMBIA, STRUMENTI DI ADATTAMENTO

LA RIQUALIFICAZIONE DEI CORSI D'ACQUA È STRATEGICA PER CONTRASTARE LE RICADUTE NEGATIVE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA BIODIVERSITÀ E SUGLI ECOSISTEMI. IL RUOLO CENTRALE DEL RIPRISTINO DELLA CONNETTIVITÀ DI UN SISTEMA FLUVIALE PER MITIGARE GLI IMPATTI NEGATIVI, FAVORIRE IL BENESSERE E GARANTIRE LA SICUREZZA DELLE POPOLAZIONI.



FOTO: ELISABETTA_81 - FLICKR - CC BY-NC-ND 2.0

ACQUE

Dall'ultimo report relativo ai cambiamenti climatici in Italia (Ispra, 2021) emerge una conferma della criticità della situazione globale, in quanto il 2020 viene collocato all'apice delle serie di temperature medie annuali sulla terraferma, con una anomalia di +1,44 °C rispetto al periodo 1961-1990. In Italia, il 2020 è stato il quinto anno più caldo dall'inizio delle osservazioni con una anomalia media di +1,54 °C rispetto al trentennio 1961-1990; si noti in *figura 1* che gli altri 4

anni più caldi sono tutti collocati tra il 2014 e il 2019. A scala globale, la frequenza e l'intensità degli eventi di precipitazione intensa sono aumentate negli ultimi decenni (si veda ad esempio l'analisi di Montanari e Papalexiou, 2016) e si prevede che le precipitazioni terrestri medie annuali aumenteranno, entro il 2081-2100 rispetto al 1995-2014, dello 0-5% nello scenario di emissioni molto basse e dell'1-13% nello scenario di emissioni molto alte. In Italia, dall'analisi dei trend della

precipitazione cumulata annuale e stagionale nel periodo 1961-2020 non emergono tendenze statisticamente significative, sebbene sia già stata riscontrata una generale diminuzione delle precipitazioni nevose e dello spessore e durata del manto nevoso sul versante meridionale delle Alpi (Matiu et al., 2021) con effetti sul regime idrologico di molti corsi d'acqua. I modelli previsionali, inoltre, confermano per i prossimi decenni un aumento dei fenomeni estremi, quindi sia prolungata assenza di precipitazioni sia di fenomeni piovosi intensi e altamente localizzati nello spazio e nel tempo (Ipc, 2018; Spano et al., 2020; Ipc, 2021).

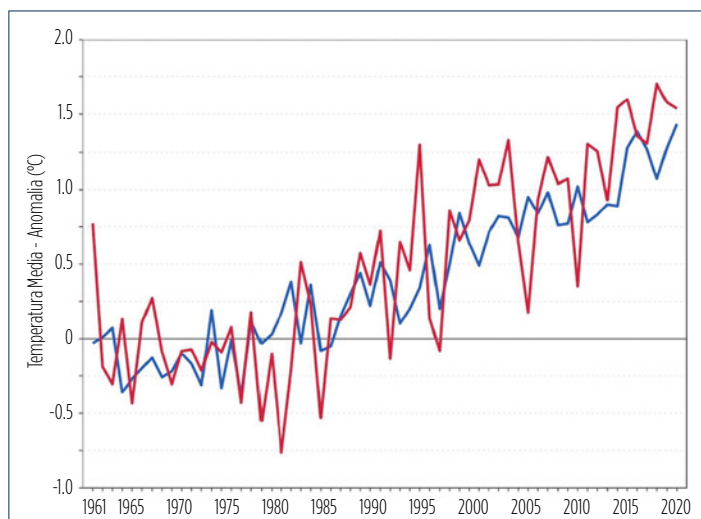


FIG. 1 ANOMALIE DI TEMPERATURA

Media globale sulla terraferma e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990.

Fonte: Ispra (2021). Fonte dati: Ncdd/Noaa e Ispra, elaborazione Ispra (2021).

— Globale
— Italia

Il clima e i sistemi fluviali

Le conseguenze delle variazioni in atto e previste sulle dinamiche fisiche ed ecologiche dei sistemi fluviali sono complesse e tra loro interconnesse e, a catena, avranno pesanti conseguenze sia sulla biodiversità sia sui servizi ecosistemici forniti dai fiumi, quindi sul benessere delle popolazioni. Gli ecosistemi fluviali che li subiranno, inoltre, sono già fortemente impattati da



1



2

numerose pressioni antropiche, rettificati e confinati tra argini e difese, incisi a causa dell'eccessiva estrazione di inerti e della disconnessione delle sorgenti di sedimenti, con sponde ampiamente devegetate e portate ridotte a una piccola percentuale di quella naturale o soggette alle piene artificiali dell'*hydropeaking*, solo per citarne alcune. Pressioni che non tendono attualmente a ridursi, ma anzi sembrano in ulteriore aumento, in particolare per quanto riguarda quelle legate all'uso delle acque e a opere e interventi di difesa dalle alluvioni.

Si tratta quindi di sistemi la cui resilienza è già fortemente ridotta e che per questo motivo subiranno in modo ancor più pesante gli effetti del cambiamento climatico.

Gli ecosistemi fluviali, inoltre, sono intrinsecamente più sensibili di altri a questi cambiamenti, perché le principali variabili che determinano l'idoneità degli habitat sono fortemente collegate proprio ai cambiamenti climatici e perché molte specie acquatiche hanno una limitata capacità di dispersione, quindi una ridotta possibilità di potersi spostare dove le condizioni ambientali sono più idonee.

con un conseguente aumento della probabilità di alluvioni, in particolare nei piccoli bacini fluviali, e un corrispondente aumento del rischio, in presenza di beni esposti. A questo potranno contribuire localmente anche il più rapido scioglimento del manto nevoso e dei ghiacciai, a causa dell'aumento della temperatura media. Un particolare tipo di evento legato allo scioglimento glaciale e quello delle inondazioni da collasso di laghi glaciali (*Glacial lake outburst floods*, *Glof*¹ nella letteratura internazionale), in cui al progressivo aumento di livello di un lago temporaneo da scioglimento fa seguito il crollo strutturale della morena che lo contiene, creando una spesso devastante onda di piena a valle.

1 Esempio di abbassamento di pianura terrazzata lungo il fiume Montone, intervento realizzato nel 2007 dal Servizio Area Romagna dell'Agenzia regionale per la Sicurezza territoriale e la protezione civile per la riduzione del rischio di alluvione nel centro abitato di Forlì, con significativo incremento dei livelli di biodiversità (per una descrizione più dettagliata si veda Sormani e Pardolesi, 2018).

2 Rimozione di argini e difese spondali e riconnessione di rami laterali in un tratto di 24 km del fiume Órbigo, tra Villarroquel e Hospital de Órbigo, nei pressi di León, in Spagna; intervento realizzato nel 2013 dalla Confederación Hidrográfica del Duero (Autorità di bacino); la situazione prima (a sinistra) e dopo (a destra). Per una descrizione più dettagliata si veda Golfieri et al., 2017.

Effetti del cambiamento climatico

Senza pretesa di esaustività si elencano di seguito alcuni dei principali effetti attesi (si rimanda a letteratura specifica per gli approfondimenti, ad esempio a Fenoglio et al., 2010 o al recente lavoro di Pletterbauer et al., 2018).

Aumento degli eventi di piena estremi

L'aumento dei fenomeni piovosi intensi e altamente localizzati nello spazio e nel tempo si tradurrà nell'aumento della frequenza di fenomeni di piena estremi,

Aumento degli eventi di magra estrema

L'aumento delle temperature, del numero di giorni consecutivi non piovosi e la riduzione dei volumi e della durata della copertura nevosa potranno portare invece a un aumento degli eventi di portata di magra estrema. Lo stress sulle comunità biotiche potrà dunque aumentare significativamente rispetto al normale disturbo legato alla variabilità naturale delle portate. E questo accadrà in corsi d'acqua già soggetti a una forte alterazione

idrologica e all'estesa applicazione di deroghe al rilascio del deflusso ecologico proprio nelle condizioni più critiche non solo per gli usi antropici, ma anche per gli ecosistemi. Inoltre l'alterazione delle portate di magra determina a sua volta un aumento dello stress termico e, frequentemente, un peggioramento qualitativo dell'acqua, a causa della ridotta diluizione degli inquinanti.

Aumento della temperatura dell'acqua

L'aumento delle temperature medie atmosferiche e di quelle massime estive, unitamente alle variazioni del regime idrologico, determineranno corrispondenti variazioni nella temperatura dell'acqua, che a sua volta ha una fortissima influenza sugli organismi acquatici, sia diretta in quanto le principali fasi vitali avvengono in specifici intervalli di temperatura, sia indiretta, poiché la temperatura regola gran parte dei processi chimici e biologici che avvengono all'interno dei sistemi fluviali. L'impatto è quindi connesso in particolare sia all'alterazione delle temperature massime sia alla variazione del regime termico nel tempo, che può anticipare o ritardare le condizioni idonee a determinate funzioni vitali. Molte specie saranno messe in crisi dalla riduzione spaziale e temporale del proprio habitat fino a estinguersi se non saranno in grado di spostarsi in zone più fresche, ma risentiranno anche delle variazioni delle condizioni fisico-chimiche dell'acqua, basti pensare alla concentrazione di ossigeno disciolto. Per alcune specie sarà possibile un aumento dell'estensione di habitat idoneo, quindi un'espansione della popolazione, ma in ogni caso la composizione delle popolazioni è destinata a modificarsi significativamente in assenza di adeguate misure di adattamento.

Altri effetti, le cui relazioni con i cambiamenti climatici sono meno dirette o che sono comunque fortemente influenzati anche dalle modalità di gestione dei corridoi fluviali e delle risorse idriche, sono ad esempio l'abbassamento delle falde acquifere, la variazione (possibilmente un aumento) dei volumi di sedimenti generati dai versanti e la variazione nella copertura forestale e nella distribuzione di specie vegetali.

Una possibile strategia per l'adattamento ai cambiamenti climatici nel contesto dei corsi d'acqua e delle pianure alluvionali ci viene fornita dalla riqualificazione fluviale. Con questo termine ci si riferisce a interventi e misure gestionali volte



3

a ripristinare condizioni e dinamiche fluviali più naturali, a sostegno della biodiversità e dei diversi servizi ecosistemici che un corso d'acqua più naturale può fornire.

La riqualificazione fluviale come misura di adattamento

Tra le molte possibili misure di *river restoration* in questo ambito la parola chiave è sicuramente connettività.

Il ripristino di diverse componenti della connettività di un sistema fluviale può infatti fornire un contributo estremamente rilevante nel mitigare gli impatti legati alle alterazioni sopra descritte, e costituisce a tutti gli effetti un elemento chiave della strategia per l'adattamento come evidenziato dalla nuova *Strategia dell'Ue di adattamento ai cambiamenti climatici* (Com 2021 82 final) e dalla *Strategia europea per la biodiversità per il 2030* (Com 2020 380 final), che chiede agli Stati membri di ripristinare la connettività in almeno 25.000 km di fiumi europei. A supporto di questo obiettivo generale di ripristino

di *free-flowing rivers* e in vista di possibili obiettivi nazionali vincolanti nell'ambito di una nuova norma europea in corso di discussione, sono state recentemente pubblicate dalla Commissione europea anche delle linee guida sulla rimozione di barriere lungo i corsi d'acqua (EC, 2021).

Connettività idraulica laterale

Il ripristino della connettività (idraulica) laterale tra il fiume e la pianura inondabile, tramite la rimozione o l'arretramento di argini oppure indirettamente riducendo l'incisione dell'alveo o abbassando tratti di pianura terrazzata, è una delle principali misure di ritenzione naturale delle acque per la

3 Uno degli interventi dimostrativi eseguiti nel corso del 2017 nel fiume Cornia, in Toscana, nell'ambito del progetto Life Rewat, con ampliamento dell'alveo e ripristino della permeabilità per una lunghezza totale di circa 1 km. Prima (2016, in alto) e dopo gli interventi (2021, in basso) che hanno permesso un incremento di infiltrazione di acqua in falda da circa 100 l/s a circa 200/250 l/s, per un incremento totale di infiltrazione nell'anno idrologico 2018/2019 stimato in circa 1.500.000 m³ rispetto al periodo precedente gli interventi. (Per una descrizione più dettagliata si veda Rossetto, 2020)

riduzione del rischio di alluvioni. Nel caso estremo di corsi d'acqua tombati si possono far ricadere in questa categoria anche gli interventi di stombamento. Ripristinare la capacità di laminazione diffusa lungo il corridoio fluviale, in particolare lungo il reticolo minore, è una misura necessaria per far fronte all'eccessiva canalizzazione dei corsi d'acqua che di fatto sposta il rischio a valle, perdendo uno dei servizi ecosistemici più direttamente monetizzabili.

A maggior ragione queste misure diventano fondamentali in un contesto di aumento significativo degli eventi estremi, dove anche situazioni di relativo equilibrio storico tra occupazione del suolo e spazio lasciato al fiume vengono messe in discussione (si veda ad esempio il recente caso della Germania²). Non è infatti realistico che soluzioni tradizionali unicamente strutturali (come l'ulteriore innalzamento degli argini o la realizzazione di casse d'espansione) siano in grado di far fronte adeguatamente ai cambiamenti in atto o comunque di farlo senza creare un sistema estremamente fragile, visto che la fallanza di un singolo elemento di difesa può determinare effetti catastrofici.

Vanno poi considerati gli obiettivi ambientali che questi interventi di riconnessione contribuiscono a perseguire, trattandosi di quegli "interventi integrati" introdotti nella normativa italiana con la finalità di raggiungere contemporaneamente la riduzione del rischio di alluvioni e l'incremento dello stato ecologico dei corpi idrici, di cui è stata recentemente ribadita la priorità da Parlamento e Governo³. Al ripristino della connettività laterale per le portate liquide, può accompagnarsi anche il ripristino della connettività morfologica, ovvero della mobilità laterale in particolare tramite la rimozione o l'arretramento di difese spondali, di grande utilità per il miglioramento delle condizioni morfologiche e per ridurre un eventuale deficit di sedimenti, l'incisione dell'alveo e quindi l'eventuale disconnessione laterale nei tratti a valle.

Connettività longitudinale per la fauna ittica

Il ripristino della connettività longitudinale per la fauna ittica, tramite la rimozione di opere trasversali o, seppure con molta minore efficacia, con la realizzazione di passaggi per pesci, è una misura che può assicurare la possibilità per determinate specie di spostarsi, ad esempio, più a monte o addirittura in bacini fluviali diversi alla ricerca di

condizioni più adatte alla sopravvivenza; oppure di raggiungere aree rifugio dove ripararsi da situazioni idrologiche o termiche estreme. Chiaramente la connettività longitudinale può non essere sufficiente se a monte esistono disconnessioni naturali o se l'habitat fisico non è adatto per caratteristiche naturali (ad esempio per una pendenza eccessiva) o per l'alterazione morfologica del tratto che dovrebbe in questo caso essere mitigata.

Connettività longitudinale per il trasporto solido

Il ripristino della connettività longitudinale per il trasporto solido, in particolare per quello al fondo, tramite la rimozione di opere trasversali, la loro sostituzione con opere filtranti (nel caso delle briglie) o la modifica delle modalità di gestione degli invasi artificiali, contribuisce alla mitigazione di diversi degli impatti sopra descritti, mitigando ad esempio l'incisione e quindi contribuendo al ripristino della connettività con la pianura alluvionale e quindi in assenza di argini, favorendo la laminazione diffusa, ma anche riducendo l'erosione costiera e quindi il rischio connesso a esondazione da parte di fenomeni marini. Inoltre, garantisce le condizioni per una diversificazione morfologica dell'alveo, che assicura la presenza in particolare di aree rifugio per la fauna acquatica durante gli eventi critici. Il ripristino di un regime più naturale del trasporto solido consente inoltre una distribuzione granulometrica meno alterata e, in assenza di interventi diretti di risagomatura, la presenza in molti contesti di forme fluviali che favoriscono la connettività verticale, ovvero tra il deflusso superficiale e quello iporreico (si veda ad esempio Bray e Dunne, 2017). Questo scambio, oltre a garantire i processi biogeochimici tipici degli ambienti fluviali e habitat necessari alla sopravvivenza di diverse specie di macroinvertebrati, determina anche un significativo effetto di raffrescamento (Acuña e Tockner, 2009; Wawrzyniak et al., 2013). Ripristinare la dinamica fluviale, forme alluviali in alveo e una morfologia diversificata contribuisce quindi a mitigare l'aumento della temperatura dell'acqua.

Altre misure di adattamento

Una misura altrettanto rilevante per mitigare l'aumento della temperatura dell'acqua è il ripristino della vegetazione riparia, in particolare in corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni, ovvero dove l'effetto di ombreggiamento di un corridoio vegetato continuo è significativo rispetto all'ampiezza dell'alveo bagnato,

e con effetti maggiori dove la pendenza e la velocità dell'acqua sono inferiori. Un recente studio comparativo tra due corsi d'acqua della bassa Austria (Kalny et al., 2017) ha mostrato differenze fino a 2 °C tra la temperatura massima estiva dell'acqua per un tratto con vegetazione riparia continua e uno senza vegetazione. Un effetto che può essere ancora più rilevante in un ambiente mediterraneo. Il ruolo della vegetazione riparia nello stoccaggio del carbonio, inoltre, assume un carattere di mitigazione dei cambiamenti climatici, argomento che qui tuttavia non tratteremo.

Nel contesto delle forti variazioni idrologiche attese descritte, è inoltre molto rilevante garantire o ripristinare una sufficiente connettività temporale, ovvero che le dinamiche fluviali, *in primis* quelle idromorfologiche, possano seguire nel tempo il loro naturale regime di variazione. Una misura chiave per questo è la riduzione dell'alterazione idrologica, in tutte le sue componenti. L'attuazione di un deflusso ecologico che includa tutte le caratteristiche tipiche del regime di un dato corso d'acqua è quindi una fondamentale misura di adattamento ai cambiamenti climatici, in assenza della quale la resilienza del sistema può scendere sotto una soglia critica per le comunità acquatiche.

L'enorme gap ancora esistente tra strategie e pratica

Nonostante le azioni brevemente descritte siano ormai incluse in innumerevoli strategie e norme europee e nazionali e spesso anche nella pianificazione di bacino e regionale, l'Italia sembra ancora molto lontana dall'attuare non solo in modo sistematico, ma in molte Regioni nemmeno a scala sperimentale, queste misure di adattamento *win-win*.

Al contrario, si sta assistendo a un ritorno deciso di approcci alla difesa dalle alluvioni che puntano a costringere e artificializzare ulteriormente i corsi d'acqua e, nell'ambito della "manutenzione ordinaria", alla rimozione sistematica della vegetazione. Da parte di diverse categorie cresce poi la richiesta di deroghe dall'attuazione del deflusso ecologico, affiancata alla realizzazione di nuovi invasi e di ulteriori derivazioni. La realizzazione di nuove discontinuità sta avanzando a un passo decisamente più rapido rispetto ai – rarissimi – interventi di rimozione.

In un periodo storico in cui le risorse per investimenti ambiziosi non mancano e in cui all'Italia si richiede di partecipare con decisione a un percorso globale di transizione ecologica, sembra davvero il momento di un passo avanti culturale e politico, che veda nelle soluzioni basate sulla natura uno strumento chiave per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Tra queste la riqualificazione fluviale può giocare un ruolo fondamentale.

Andrea Goltara, Laura Leone

Centro italiano per la riqualificazione fluviale, Cirf

NOTE

¹ Per una efficace visualizzazione del fenomeno si veda la videoanimazione realizzata da Icimod: www.icimod.org/mountain/glacial-lake-outburst-flood

² L'alluvione dell'estate 2021 in Germania ha visto in parti della Renania-Palatinato e del Nord Reno-Westfalia 148 mm di pioggia in 48 ore, rispetto a una media di circa 80 mm per tutto il mese di luglio. Il più eclatante di oltre una dozzina di record è stato stabilito alla stazione di Köln-Stammheim, che è stata inondata da 154 mm di pioggia in 24 ore, cancellando il precedente massimo giornaliero della città di 95 mm; sulla base di dati riportati da Gianolio (2021) la portata di massima piena con tempo di ritorno 100 anni è stata ampiamente raddoppiata in tutte le stazioni

di misura dei fiumi Ahr e Kyll arrivando a superare piene con tempi di ritorno stimati in precedenza in circa 10.000 anni.

³ Con il Dpcm del 27 settembre 2021 ("Aggiornamento dei criteri, delle modalità e dell'entità delle risorse destinate al finanziamento degli interventi in materia di mitigazione del rischio idrogeologico") il Governo italiano ha recentemente ribadito la priorità degli interventi integrati rispetto a quelli ordinari; inoltre, le indicazioni del Parlamento sulla proposta di *Piano nazionale di ripresa e resilienza* (Doc. XVI n°5 del Senato della Repubblica del 31 marzo 2021) evidenziano la necessità di un programma nazionale di "rinaturazione e manutenzione di fiumi, laghi, lagune e zone umide" e di inserire nel Pnrr specifici investimenti e misure volte a favorire la realizzazione di interventi integrati.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Acuña V., Tockner K., 2009, "Surface-subsurface water exchange rates along alluvial river reaches control the thermal patterns in an Alpine river network", *Freshwater Biology*, 54: 306-320, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02109.x>
- Bray E.N., Dunne T., 2017, "Subsurface flow in lowland river gravel bars", *Water Resour. Res.*, 53, 7773- 7797, doi:10.1002/2016WR019514.
- Commissione europea, 2020, COM(2020) 380 final, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Strategia dell'Ue sulla biodiversità per il 2030. Ripartire la natura nella nostra vita*, https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_it
- Commissione europea, 2021, COM(2021) 82 final, Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici - La nuova strategia dell'Ue di adattamento ai cambiamenti climatici*, Bruxelles, 24/2/2021.
- Commissione europea, 2021, DG Environment, Directorate C - Zero Pollution, Unit C.1, Sustainable Freshwater Management, *Biodiversity Strategy 2030. Barrier removal for river restoration*, a cura di Valentina Bastino (DG Environment), Jeanne Boughaba (DG Environment), Wouter van de Bund (Joint Research Centre), https://ec.europa.eu/environment/publications/guidance-barrier-removal-river-restoration_en
- Fenoglio S., Bo T., Cucco M., Mercalli L., Malacarne G., 2010, "Effects of global climate change on freshwater biota: a review with special emphasis on the Italian situation", *Italian Journal of Zoology*, december 2010; 77(4): 374-383.
- Gianolio G., 2021, "Cronaca di una pioggia annunciata. L'alluvione del luglio 2021 in Germania", *Geologia dell'Ambiente*, 4/2021, Sigea.
- Golfieri B, Mason E., Goltara A., Silver E., 2017, *Benefits of European river restoration schemes. An analysis of 13 case studies aiming to integrate improvement of ecological conditions and flood risk mitigation*, CIRF e Wetlands International European Association, dicembre 2017. <https://europe.wetlands.org/publications/benefits-european-river-restoration-schemes/>
- Kalny G., Laaha G., Melcher A., Trimmel H., Weihs P., Rauch H.P., 2017, "The influence of riparian vegetation shading on water temperature during low flow conditions in a medium sized river", *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 418 (2017) 5. DOI: <https://doi.org/10.1051/kmae/2016037>
- Ippc, 2018, *Special Report on 1.5 °C global warming*, www.ipcc.ch/sr15/
- Ippc, 2021, *AR6 Climate Change 2021 The Physical Science Basis*, www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/
- Ispra, 2021, *Stato dell'ambiente 96/21- Gli indicatori del clima in Italia nel 2020*, www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/gli-indicatori-del-clima-in-italia-nel-2020-anno-xvi
- Matiu M., Crespi A., Bertoldi G., Carmagnola C.M., Marty C., Morin S., Schöner W., Cat Berro D., Chiogna G., De Gregorio L., Kotlarski S., Majone B., Resch G., Terzago S., Valt M., Beozzo W., Cianfarra P., Gouttevin I., Marcolini G., Notarnicola C., Petitta M., Scherrer S.C., Strasser U., Winkler M., Zebisch M., Cicogna A., Cremonini R., Debernardi A., Faletto M., Gaddo M., Giovannini L., Mercalli L., Soubeyrou J.-M., Sušnik A., Trenti A., Urbani S., Weigluni V., 2021, "Observed snow depth trends in the European Alps: 1971 to 2019", *Cryosphere*, 15(3), 1343-1382. <https://doi.org/10.5194/tc-15-1343-2021>. <https://tc.copernicus.org/articles/15/1343/2021/#section7>
- Montanari A., Papalexioiu S.M., 2016, "Is climate change modifying precipitation extremes?", in *Geophysical Research Abstracts EGU General Assembly*, 2016-3448.
- Pletterbauer F., Melcher A., Graf W., 2018, "Climate change impacts in riverine ecosystems", in Schmutz S., Sendzimir J. (eds), *Riverine ecosystem management. Aquatic ecology series*, vol 8, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_11
- Rossetto R. (coordinatore), 2020, *Report sull'impatto delle azioni messe in atto nel progetto Life Rewat sullo stato quantitativo delle acque sotterranee nella pianura costiera del fiume Cornia. Primo anno di monitoraggio (2018-2019)*, Deliverable azione C1 progetto Life Rewat, Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, www.liferewat.eu/c1.html
- Sormani D., Pardolesi F. (a cura di), 2018, *La riqualificazione fluviale in Romagna*, Regione Emilia-Romagna.
- Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M., Chiriaco M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J., Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M., 2020, *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*. DOI: [10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO](https://doi.org/10.25424/CMCC/ANALISI_DEL_RISCHIO)
- Trimmel H., Weihs P., Leidinger D., Formayer H., Kalny G., Melcher A., 2018, "Can riparian vegetation shade mitigate the expected rise in stream temperatures due to climate change during heat waves in a human-impacted pre-alpine river?", *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 437-461, <https://doi.org/10.5194/hess-22-437-2018>.
- Wawrzyniak V., Piégay H., Allemand P., Vaudor L., Grandjean P., 2013, "Prediction of water temperature heterogeneity of braided rivers using very high resolution thermal infrared (TIR) images", *International Journal of Remote Sensing*, Taylor & Francis, 2013, 34 (13), pp. 4812-4831. (10.1080/01431161.2013.782113), (hal-00829780).