

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
CIVILE EDILE E AMBIENTALE



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Sapienza, Università di Roma  
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale (DICEA)  
Via Eudossiana, 18 – 00184 Roma, Italia

Dottorato Ingegneria Ambientale e Idraulica

XXXI Ciclo

Anno Accademico 2018/2019

**Nuovi modelli a supporto dei processi decisionali  
nell'ambito delle strategie di mitigazione del rischio  
alluvionale**

Dottoranda: Ing. Caterina Bonanni

Tutor: Prof. Francesco Napolitano

Coordinatore: Prof. Francesco Gallerano

## **RINGRAZIAMENTI**

Ringrazio il Prof. Francesco Napolitano e il Prof. Francesco Gallerano per l'opportunità di studio che mi hanno dato, per il supporto e gli insegnamenti ricevuti.

Ringrazio la mia famiglia che mi ha sempre incoraggiato e sostenuto in questo percorso.

## SINTESI

Negli ultimi decenni è stata sempre più sentita l'esigenza di comprendere le dinamiche evolutive del rischio idraulico ed alluvionale, attraverso la valutazione dell'impatto delle misure di riduzione del rischio e l'analisi dell'interazione tra sviluppo socioeconomico e fenomeni idrologici ed idraulici stressati dal cambiamento climatico. La risposta a tale esigenza ha sollecitato uno studio su una nuova scala, al fine di indagare aspetti fisici e sociali, mediante una modellazione spaziale e temporale, che ha richiesto l'integrazione delle competenze e l'utilizzo di tecnologie sempre più avanzate e sofisticate. Da un lato ciò ha consentito di perfezionare e ottimizzare l'attività previsionale a breve termine (tempo reale), ma d'altro canto, a lungo termine, ha rafforzato la consapevolezza delle insidie legate all'imprevedibilità, che non possono coglierci impreparati.

L'obiettivo di restituire il "Fiume" alla città, rappresenta un'importante opportunità per acquisire una nuova visione delle dinamiche evolutive attraverso lo studio delle interazioni tra i sistemi socio-idrologici, in un contesto reso sempre più complesso dall'urbanizzazione e dal clima avverso. La modellizzazione dei sistemi che interpretano la dinamicità, diventa oggi un elemento imprescindibile al fine di fornire uno strumento alla governance per individuare azioni correttive e per ottimizzare le misure. D'altro canto, per la ricerca, la sfida consiste nel saper comunicare le differenze tra i risultati attesi da analisi tradizionali e quelli ottenuti da studi socio-idrologici, evidenziando l'impatto sul sistema a lungo termine. Le attività di ricerca negli ultimi anni sono state incentrate sulla valutazione dell'impatto delle misure di riduzione del rischio per ottenere informazioni sull'efficacia delle misure e sulle dinamiche evolutive del rischio stesso al fine di ottimizzare e supportare i processi decisionali.

A tale scopo, è stata esaminata la letteratura sulla modellizzazione di sistemi idrologici e sociali complessi, con particolare riferimento a casi applicativi basati su diversi metodi di approccio, che prendono in considerazione non solo gli aspetti fisici, ma anche quelli economici, sociali, politici, per valutare il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità. In particolare, i modelli utilizzati, indagano l'interazione tra uomo e ambiente su una scala non ancora molto esplorata, ma conosciuta come una nuova disciplina, "socio-idrologia". Lo studio ha evidenziato alcuni concetti importanti che sono alla base della modellizzazione socio-idrologica, compresi i modi di vedere i sistemi socio-idrologici, la modellazione spaziale e temporale, la complessità, i dati e la progettazione dei modelli.

L'idrologia sociale è di natura interdisciplinare, concentrandosi su complesse interazioni tra sistemi umani e naturali con orizzonti a lungo termine. In questo contesto, la modellizzazione rappresenta una sfida importante per la comprensione del sistema "uomo-acqua" in senso olistico. I modelli socio-idrologici sono progettati per essere sviluppati al fine di acquisire una nuova visione di queste dinamiche. A tale scopo la ricerca è orientata all'analisi dello sviluppo e dell'applicabilità dei

modelli. In questo contesto, la raccolta di dati negli studi socio-idrologici, che proviene da una varietà di fonti, è particolarmente rilevante. Mentre la raccolta di dati idrologici è strutturata, la disponibilità di dati sociali non è nemmeno scontata. La sfida consiste nel massimizzare l'utilità dei dati disponibili per avere un'idea del processo evolutivo e quindi della prevedibilità dei fenomeni. Al momento non esiste un protocollo di calibrazione e convalida formale per la modellizzazione socio-idrologica. Per ottimizzare le misure e supportare i processi decisionali, è fondamentale determinare il modo migliore per presentare e utilizzare i risultati degli studi socio-idrologici e quindi nuovi risultati. Il modo in cui la comprensione socio-idrologica viene applicata nel mondo reale è attraverso le decisioni politiche ed istituzionali. Ad esempio, nell'ambito della gestione delle risorse idriche e degli eventi alluvionali, l'interazione modellistica diventa uno strumento indispensabile per la valutazione del rischio residuo e per la negoziazione delle parti interessate. Le variazioni del rischio sono tipicamente valutate confrontando gli scenari dei cambiamenti climatici, socio-economici e fisici.

Un particolare contesto applicativo dei modelli socio-idrologici può essere rappresentato dalla sottoscrizione dei "Contratti di Fiume" (CdF), ovvero strumenti volontari di programmazione strategica e negoziata che perseguono la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale. Il successo dei Contratti di Fiume e la loro diffusione internazionale sono certamente dati dalla presenza di un riferimento metodologico "forte", associato alla possibilità di uno sviluppo del processo flessibile e adattivo. I Contratti di Fiume rappresentano infatti una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. In tal senso sono annoverati tra le "misure" del Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC 2017).

In generale, l'innovazione dei CdF è rappresentata dal modello interpretativo: il Contratto ha più obiettivi, rappresenta uno strumento di condivisione, di coordinamento dei sottoscrittori, di selezione delle priorità, di riduzione delle incertezze per i decisori istituzionali. Può essere uno strumento di compromesso attraverso cui trovare un equilibrio efficiente tra obiettivi e profitti in conflitto. E' una valida opportunità per la ricerca e la sperimentazione di "soluzioni originali" per la tutela e lo sviluppo del territorio.

La differente interpretazione dello strumento richiama diversi modelli di gestione, da una rigorosamente tecnocratica, ad una più adattiva, finalizzata a riadeguare continuamente le azioni e gli interventi, al variare delle condizioni del contesto.

L'originalità e quindi la peculiarità del modello è rappresentata proprio dall'opportunità di ricercare e adattare soluzioni in modo sistemico e integrato, realizzando così un meccanismo risolutivo complesso, versatile e replicabile in funzione delle circostanze e degli obiettivi, da adottare come standard.

Attraverso un tale meccanismo, si rende possibile raggiungere l'adattamento mediante l'integrazione ottimale di interventi strutturali e non strutturali sia a breve che a lungo termine, e la pianificazione coordinata a diverse scale geografiche, temporali e operative, supportata da analisi quantitative che, in un contesto probabilistico, permettano la valutazione dei costi e dei benefici.

Il monitoraggio dell'efficacia degli stessi CdF consentirebbe di ricevere un feedback costante sia per indirizzare le eventuali azioni correttive in ambito contrattuale, sia per migliorare le tecniche di progettazione ingegneristica.

I dati e le informazioni prodotte nel monitoraggio possono aiutare a stabilire le priorità da assegnare alle politiche e alle azioni, in modo che gli obiettivi di adattamento possano essere raggiunti in maniera economicamente efficace. Inoltre, questi aiutano ad identificare tempestivamente eventuali lacune conoscitive, a migliorare l'apprendimento, e a definire chiaramente i ruoli e le responsabilità dei decisori politici coinvolti, nonché l'allocazione delle risorse economiche, per garantire la salvaguardia della vita umana.

In generale, la ricerca deve continuare a supportare il processo decisionale, definendo strategie a breve e a lungo termine, che tengano conto delle informazioni probabilistiche del rischio alluvionale e bilancino i bisogni attuali e la sostenibilità futura, privilegiando l'integrazione tra soluzioni di compromesso strutturali e non strutturali (soft), sfruttando nuove tecnologie, portando in conto il fattore tempo con cui i processi naturali si evolvono e con cui siamo costretti al confronto, con l'obiettivo di minimizzare il rischio residuale per la salvaguardia della vita umana.

# INDICE

RINGRAZIAMENTI.....	2
SINTESI.....	3
1. INTRODUZIONE .....	1
2. Socio-Idrologia .....	3
2.1. Alluvione e comportamento umano.....	5
2.2. Analisi dei sistemi idrologici .....	6
3. Modellizzazione socio-idrologica.....	8
3.1. Panoramica su alcuni modelli .....	9
3.2. Dati analitici.....	11
3.3. Incertezza .....	12
3.4. Spazio e tempo nella modellazione .....	13
3.5. Sistemi complessi .....	14
3.6. Controllo ingegneristico attraverso la modellazione .....	14
3.7. Punti aperti nella visione d'insieme.....	17
4. Nuovo quadro per la valutazione dei rischi .....	19
4.1. Un esempio di quadro di riferimento per la gestione dei rischi.....	20
5. Prevenzione dei rischi.....	22
5.1. KULTURisk.....	22
5.2. Comunicazione dei rischi.....	23
6. Strategie di mitigazione del rischio alluvionale: i Contratti di Fiume .....	25
6.1. Metodologia .....	26
6.2. Contratto Di Fiume Tevere Diga-Foce: sicurezza idraulica .....	28
6.3. Effetto dei CdF.....	31
6.4. Monitorare l'efficacia dei CdF come strumento per azioni correttive...33	

6.5.	CdF: verso uno strumento di adattamento ai cambiamenti climatici.....	34
7.	Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici .....	38
7.1.	Impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche .....	39
7.2.	Variazioni qualitative e quantitative delle risorse idriche .....	41
7.3.	Assetto idrico Italiano .....	42
7.4.	Stato delle conoscenze scientifiche su impatti e vulnerabilità.....	44
7.5.	Monitoraggio, reporting e valutazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici .....	50
7.6.	Aspetti normativi .....	52
7.7.	Il cambiamento climatico nel primo aggiornamento dei piani di distretto	57
7.8.	Ruoli per l'implementazione delle azioni di adattamento .....	60
7.9.	Disciplina generale .....	61
7.10.	Distribuzione ruoli per competenze .....	63
8.	Criteri ed indirizzi per l'attuazione del Piano Nazionale di Adattamento .....	69
9.	Progetti attuativi del PNACC .....	75
	CONCLUSIONI .....	78
	BIBLIOGRAFIA .....	83

# 1. INTRODUZIONE

Lo studio è stato focalizzato sulla valutazione dell'impatto delle misure di riduzione del rischio per ottenere informazioni sull'efficacia delle misure e sulle dinamiche evolutive del rischio al fine di ottimizzare e supportare i processi decisionali.

A tal fine, è stata esaminata la letteratura sulla modellizzazione di sistemi idrologici e sociali complessi, con particolare riferimento a casi applicativi basati su diversi metodi di approccio, gli aspetti fisici, ma anche quelli economici, sociali politici, per valutare il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità. In particolare, i modelli generalmente utilizzati, indagano l'interazione tra uomo e ambiente su una scala non ancora esplorata ma conosciuta come una nuova disciplina, la "socio-idrologia".

Gli studi hanno evidenziato alcuni concetti importanti che sono alla base della modellizzazione socio-idrologica, compresi il modo di osservare i sistemi socio-idrologici, la modellazione spaziale e temporale, la complessità, i dati e la progettazione dei modelli.

L'idrologia sociale è di natura interdisciplinare, concentrandosi sulle complesse interazioni tra sistemi umani e naturali con orizzonti a lungo termine. In questo contesto, la modellizzazione rappresenta una sfida importante per la comprensione del sistema "uomo-acqua" in senso olistico. I modelli socio-idrologici sono progettati per essere sviluppati al fine di acquisire una nuova visione di queste dinamiche. A tale scopo la ricerca è orientata all'analisi dello sviluppo e dell'applicabilità dei modelli.

La concettualizzazione di sistemi generalizzati e quindi la modellazione di sistemi archetipici consentirebbe di andare oltre quei modelli comportamentali che ci si aspetta, e di procedere verso quelli capaci di stimolare l'intuizione e sostenere la previsione ottenuta attraverso le tecniche tradizionali.

La quantificazione dell'incertezza eterogenea inerente alla complessità garantirebbe il livello appropriato di astrazione per la modellizzazione.

In questo contesto, la raccolta di dati negli studi socio-idrologici, che proviene da una varietà di fonti, rappresenta un fattore molto importante ma non privo di aspetti critici. Mentre la raccolta di dati idrologici è strutturata, non è scontato che esistano dati sociali. Si rende pertanto necessario massimizzare l'utilità dei dati disponibili per avere un'idea del processo evolutivo e quindi della prevedibilità dei fenomeni.



Al momento non esiste un protocollo di calibrazione e convalida formale per la modellizzazione socio-idrologica.

Per ottimizzare le misure e supportare i processi decisionali, è fondamentale individuare il modo migliore per la presentazione dei dati e dei risultati degli studi socio-idrologici. In questo senso, la sfida consiste nel comunicare le differenze tra i risultati attesi tra analisi tradizionali e studi socio-idrologici, evidenziando l'impatto sul sistema a lungo termine, pur riconoscendo i limiti di entrambi gli approcci.

## 2. Socio-Idrologia

L'impatto delle inondazioni è drammaticamente aumentato in molte regioni del mondo negli ultimi decenni e la tendenza sembra destinata a peggiorare nel prossimo futuro, sia a causa della rapida urbanizzazione che ha portato alla crescita della popolazione che vive nelle pianure alluvionali, sia per gli effetti dovuti al cambiamento climatico che potrebbero influenzare negativamente la frequenza delle alluvioni ed accelerare l'innalzamento del livello del mare. In passato la ricerca ha lavorato a breve termine per produrre passi avanti nella valutazione quantitativa del rischio alluvionale, senza considerare la mancanza di "conoscenza" dell'interazione tra processi fisici e processi sociali. Di conseguenza, le attuali strutture analitiche non possono cogliere né spiegare le dinamiche che emergono da questa interazione. Recentemente, molti studi idrologici si sono concentrati sulla comprensione dell'effetto dovuto all'influenza umana sulle inondazioni, se e come possa la stessa aver influito sui cambiamenti nella frequenza, intensità e distribuzione spaziale delle inondazioni causate dall'urbanizzazione o dall'attuazione di misure di riduzione del rischio. La ricerca socio-idrologica ha come scopo quello di fornire informazioni sulle complesse dinamiche del rischio derivanti dall'interazione tra inondazioni e popolazione, che possono portare a conseguenze imprevedibili a lungo termine.

Comprendere le dinamiche del rischio alluvionale derivanti dalle interazioni tra i processi idrologici e sociali rappresenta un metodo alternativo e innovativo per progettare i sistemi uomo-acqua e porre questo argomento nel contesto più ampio dei rischi naturali e della valutazione del rischio.

La frequenza, la grandezza e la distribuzione spaziale degli eventi di inondazione sono alterate dall'uomo. Le misure strutturali come dighe o invasi sono esempi dell'intervento umano che modifica la variabilità idrologica e può influenzare la gravità degli eventi di inondazione. Inoltre, le misure di protezione dalle inondazioni (argini) alterano la frequenza, l'intensità e la distribuzione spaziale degli eventi di piena [31]. Le inondazioni sono anche influenzate da altre attività umane, come il cambiamento dell'uso del suolo, la deforestazione, l'urbanizzazione, il drenaggio delle zone umide e le pratiche agricole.

La variazione del rischio alluvionale è generalmente valutato confrontando gli scenari del cambiamento climatico e dello sviluppo socioeconomico [32]. Per ogni scenario, il rischio di alluvione è stimato come una combinazione della probabilità di allagamento (cioè di rischio) e dei potenziali danni da alluvione per la società (es. esposizione, vulnerabilità o resilienza). Le politiche di gestione delle alluvioni, come l'implementazione di misure di protezione dalle inondazioni (ad es. gli argini), sono trattate come forzanti esterne al sistema fisico; mentre i danni provocati dal sistema fisico sono trattati come forzanti esterne al sistema umano. Questo approccio tradizionale non tiene conto però dell'interazione tra sistemi fisici e umani. Quindi, non è in grado di individuare le dinamiche e gli effetti di adattamento alle misure, ovvero il cosiddetto "levee effect".

Analisi previsionali a lungo termine indicano che le misure strutturali convenzionali ed i metodi convenzionali, potrebbero causare maggiori danni in funzione di alluvioni più frequenti. La capacità di adattamento dimostra però che questo non sempre si verifica.

In generale quindi il tema della socio-idrologia [1] cerca di comprendere le dinamiche e la coevoluzione dei sistemi “uomo-acqua”, compresi gli impatti e le dinamiche dei valori sociali, i comportamenti sistemici, quali punti di non ritorno e meccanismi di feedback, alcuni dei quali possono essere inaspettati, causati da interazioni non lineari tra processi che si verificano su diverse scale spazio-temporali.

Lo studio della socio-idrologia è nata allo scopo di supportare “le scelte politiche” nello sviluppo delle risorse idriche attraverso un approccio basato sullo sfruttamento. Un cambiamento abbastanza significativo si è avuto quando la gestione delle risorse idriche (WRM - Water Resources Management) divenne un punto focale negli anni '80, subendo un'evoluzione nell'approccio attraverso l'attuazione di un processo integrato che garantisse da un lato una gestione integrata delle risorse idriche (IWRM-Integrated Water Resources Management) e dall'altro una gestione basata sull'adattamento. Il passaggio da “sviluppo” a “gestione” ha rappresentato negli anni una svolta, consentendo di acquisire, attraverso un processo di integrazione delle discipline, una visione più olistica, restituendo un quadro più completo delle problematiche connesse ai processi idrici. La modellizzazione è progredita, con particolare riferimento all'inclusione degli aspetti socioeconomici. La modellizzazione idro-economica include la capacità di modellare molti aspetti del sistema uomo-acqua attribuendo anche valori sociali all'acqua stessa. L'importanza della socio-idrologia è stata riconosciuta sin dalla sua introduzione. L'Associazione internazionale delle scienze idrologiche (IAHS) ha designato il titolo del suo “Decennio scientifico” (2013-2022) come “Panta Rhei (Tutto scorre)” [2], in cui l'obiettivo è quello di raggiungere una migliore interpretazione dei processi che regolano il ciclo dell'acqua concentrandosi sulle loro dinamiche mutevoli in connessione con i sistemi umani in rapida evoluzione.

Nelle valutazioni idrologiche dell' IAH (International Association of Hydrogeologist) al momento, si riconosce che i modelli idrologici attuali sono in gran parte condizionati per l'analisi dei bacini incontaminati e che l'interazione sociale è generalmente inclusa in modelli sviluppati separatamente, in modo che le interazioni tra i due non siano ben distinte. Nei documenti “Dibattiti” in Water Resources, si avverte che c'è un reale impegno costante per lo sviluppo della socio-idrologia come nuova scienza [3]. L'inclusione dell'interazione tra la società e l'acqua è necessaria nella modellizzazione, anche se gli autori cambiano le loro opinioni su come dovrebbe essere condotta, sulla sfera in cui la socio-idrologia dovrebbe operare e sul valore che possono avere i modelli socio-idrologici.

## 2.1. Alluvione e comportamento umano

In alcuni casi l'effetto delle dinamiche di adattamento dimostra che il verificarsi di inondazioni più frequenti è spesso associato alla diminuzione della vulnerabilità. Esistono prove empiriche che gli impatti di un evento di inondazione sono più bassi quando l'evento si verifica poco dopo un'alluvione simile. In letteratura sono stati descritti molti esempi dell'effetto di adattamento [33]. L'effetto è dovuto al miglioramento nel tempo della capacità di adattamento acquisite dalla comunità durante le precedenti esperienze di inondazioni. Anche le politiche di gestione del rischio di alluvioni contribuiscono al miglioramento della risposta agli eventi di inondazione. Sistemi di allerta precoce, programmi di coinvolgimento della comunità per aumentare la consapevolezza del rischio di inondazioni e modifiche alla pianificazione dell'uso del suolo, sono esempi di misure di adattamento che spesso si verificano a livello di governo locale o centrale in seguito ad un evento di alluvione.

In altri casi, [35] è stato osservato che la diminuzione della frequenza delle alluvioni (probabilmente causata dall'introduzione di misure strutturali di protezione dalle inondazioni, ad esempio argini) è spesso associata ad una crescente vulnerabilità alle inondazioni. Esistono prove empiriche che le strutture di controllo delle alluvioni tendono a promuovere un aumento della vulnerabilità (inclusa l'esposizione) delle società e questo spesso si traduce in un aumento del rischio di alluvione. Un esempio è il caso di New Orleans, dove il processo di costruzione e innalzamento degli argini ha portato a rari disastri catastrofici. Sono numerosi gli esempi descritti dalla letteratura [35].

Per capire meglio come le inondazioni sono cambiate nel tempo e per prevedere i futuri cambiamenti del rischio di inondazioni, sono stati sperimentati nuovi approcci che considerano le dinamiche che intercorrono tra alluvioni e società, all'interno di quadri interdisciplinari, come sistemi socio-ecologici, teorie complesse del sistema e idrologia [36], [37], [38], [1], [39], [28]. Gli approcci tengono conto delle dinamiche del rischio cogliendo le interazioni continue e i reciproci feedback tra le inondazioni e la società, in cui le pianure alluvionali sono trattate come sistemi fisico-umani non lineari.

Le persone interagiscono con l'acqua in modo complesso e trasversale a vari aspetti: fisico, sociale, culturale e spirituale. Il modo in cui viene percepito il sistema uomo-acqua è una componente vitale della modellizzazione socio-idrologica, in quanto tale percezione guida la concettualizzazione (concept) del sistema [10]. In passato, spesso venivano usate relazioni lineari e unidirezionali, che forse fornivano una rappresentazione parziale del funzionamento dei sistemi socio-idrologici [19]. Questo approccio unidirezionale era più appropriato nel passato, quando le influenze antropogeniche erano meno rilevanti. Le interazioni tra idrologia e società sono cambiate molto di recente, dando vita a nuove connessioni ed in particolare, a feedback più significativi che devono essere compresi, valutati, modellati e previsti adottando un approccio interdisciplinare [2]. Le rappresentazioni e la conoscenza del sistema idrico sono cambiate nel tempo generando un grande impatto sui sistemi.

Il concetto di ciclo idrologico-sociale rappresenta un passo avanti nel modo di concepire il rapporto tra uomo e acqua, in quanto incorpora relazioni sia fisiche che socioculturali con l'acqua. La società [23], viene così immaginata come un “insieme eterogeneo” di strutture in evoluzione che sono continuamente rielaborate dall'azione umana, portando al cambiamento ciclico di queste strutture e delle caratteristiche emergenti. La socio-idrologia utilizza questa rappresentazione idro-sociale e incorpora anche influenze umane sull'idrologia, in cui le caratteristiche legate all'acqua sono modellate dall'interazione umana e non, per formare una visione bidirezionale del sistema uomo-acqua [35]. Le rappresentazioni socio-idrologiche del sistema uomo-acqua dovrebbero essere considerate caso per caso, poiché la relazione è molto diversa in funzione degli ambienti climatici.

Ad esempio, dove l'acqua è scarsa e quindi la desalinizzazione e il riciclo dell'acqua stessa forniscono gran parte dell'acqua dolce, e dove l'energia gioca un ruolo chiave, il modo in cui l'uomo e l'acqua interagiscono è atipico. In questo caso, l'energia dovrebbe certamente essere inclusa nelle formulazioni dei problemi socio-idrologici. Nella concettualizzazione del sistema ci sono alcuni fattori fondamentali che interagiscono per determinare il comportamento del sistema. L'aumento della produttività del suolo porta significativi guadagni economici; l'aumento della popolazione, maggiore domanda di acqua e quindi cambiamenti nelle decisioni di gestione, intensificazione dell'uso del territorio e viceversa. L'intensificazione dell'uso del suolo però, soprattutto in concomitanza di condizioni climatiche sfavorevoli [24] può avere impatti sui servizi eco-sistemici, e quindi anche socioeconomici e politici. Ciò può aumentare la sensibilità agli effetti ambientali e causare cambiamenti comportamentali. Le visioni sul sistema possono essere comunque diverse, può esserci più o meno complessità, così come diverse interconnessioni tra variabili, e quindi una diversa rappresentazione concettuale.

## **2.2. Analisi dei sistemi idrologici**

L'obiettivo degli studi socio-idrologici è dunque quello di analizzare i sistemi idrologici, intesi come un'interfaccia mutevole tra ambiente e società, le cui dinamiche sono essenziali per determinare la sicurezza dell'acqua, la sicurezza e lo sviluppo umano e per stabilire le priorità per la gestione ambientale. La ricerca sta elaborando modelli teorici innovativi per la rappresentazione dei processi, compresi i cambiamenti, grazie a nuove tecniche avanzate di monitoraggio e di analisi dei dati. La comprensione e la diffusione di queste attività rappresenta parte integrante di un progetto scientifico interdisciplinare e globale che richiede grandi sforzi per creare una connessione tra l'ingegneria idraulica e ambientale, con le scienze socioeconomiche e le geo-scienze in generale. Per migliorare la conoscenza ed indagare i fattori di rischio, in letteratura sono stati evidenziati alcuni risultati di studi empirici effettuati su eventi alluvionali consecutivi verificatisi in medesime regioni.

L'obiettivo principale di tali studi è stato quello di comprenderne i trend e gli eventuali driver di cambiamento [26].

In generale le analisi sono state focalizzate nell'ambito di alcuni territori con diversi contesti socioeconomici ed idro-climatici, in cui le azioni mirate alla riduzione del rischio hanno avuto particolare successo.

L'analisi ha consentito di identificare il cosiddetto "potenziale" di adattamento attraverso la descrizione dei cambiamenti sociali innescati a seguito di eventi catastrofici, misure formali e processi spontanei che riducono il rischio di alluvione.

I casi oggetto di studio, hanno evidenziato quindi come le società si adattano al rischio di alluvione attraverso una varietà di azioni. E' emerso un chiaro segnale che dimostra come il primo evento agisca da stimolo per aumentare la consapevolezza del rischio, la preparazione e il miglioramento della gestione delle emergenze organizzative, che a sua volta ha ridotto la vulnerabilità e il danno. Anche il rafforzamento delle infrastrutture di protezione dalle inondazioni è indubbio che contribuisca alla riduzione del danno provocato dalle alluvioni.

L'esposizione può essere ulteriormente ridotta, ma richiede cambiamenti nelle politiche gestionali e nell'applicazione delle stesse nell'area della pianificazione dell'uso e della "manutenzione" del territorio, affinché gli effetti si manifestino su una scala temporale di lungo periodo (decadale).

In generale i risultati, sottolineano il ruolo essenziale della riduzione della vulnerabilità per un adattamento efficace, ma anche la necessità di una migliore comprensione della vulnerabilità, e degli effetti derivanti dalla riduzione della stessa, su danni e rischi.

Questo tipo di analisi ha le potenzialità per gettare le basi per uno sforzo internazionale di raccolta e di analisi dei dati "ex-post" per comprendere meglio e gestire i cambiamenti del rischio dovuti agli eventi estremi idrologici. Resta ancora aperta la sfida di stimolare i processi di adattamento "ex-ante" per minimizzare il verificarsi di inondazioni disastrose e rendere la riduzione del rischio costante su lunghe scale temporali.

E' imprescindibile l'importanza di un monitoraggio sistematico attraverso decenni per ottenere nuove conoscenze sullo sviluppo temporaneo e l'efficacia delle azioni alternative. La combinazione di informazioni sull'interazione dei sistemi sociali e naturali apre nuove strade entusiasmanti per valutare se e in che modo le diverse forme di organizzazione e comportamento delle comunità danno origine a risultati diversi.

Negli ultimi decenni, la ricerca e la pratica hanno tratto vantaggio dallo sfruttamento di informazioni sistematiche su processi fisici, censimento della popolazione, dati economici e perdite per disastri. Tuttavia, si dovrebbero utilizzare meglio anche altri tipi di dati in quanto il rischio alluvionale è solo uno dei tanti pezzi di un framework, per cui sono necessarie serie temporali più sistematiche sulla percezione del rischio, la fiducia nelle autorità, la consapevolezza e la preparazione all'evento.

### 3. Modellizzazione socio-idrologica

Per interpretare i processi socio-idrologici, le attività di ricerca negli ultimi dieci anni si sono concentrate sull'individuazione di tecniche ottimali per la gestione delle risorse idriche, per individuare soluzioni integrate tra cui l'impatto del cambiamento climatico e idrologico, la rappresentazione matematica delle connessioni e dei feedback tra società e processi idrici su un'analisi su larga scala [2]. Oltre ad essere strutturati in modi diversi, ci sono diversi approcci con cui i modelli possono essere utilizzati per ottenere risultati attraverso risoluzioni diverse. I metodi includono risoluzione analitica, simulazioni Monte Carlo, tecniche basate su scenari e ottimizzazione [4]. Le risoluzioni analitiche, mentre forniscono un'analisi molto buona dei sistemi in cui sono applicate, sono generalmente poco appropriate nelle applicazioni socio-idrologiche, a causa della mancanza di alcune formulazioni matematiche e delle relazioni deterministiche tra le variabili richieste per le soluzioni analitiche. Le analisi Monte Carlo comportano l'esecuzione del modello più volte, utilizzando vari parametri di input e condizioni iniziali. Questo è un buon metodo per studiare gli impatti che le incertezze possono avere (un aspetto importante nella socio-idrologia), sebbene l'elevato numero di esecuzioni di modelli richieste possa portare ad un oneroso impegno computazionale.

Le tecniche di ottimizzazione sono utili quando bisogna prendere delle decisioni. L'utilizzo di programmi informatici per determinare la "decisione migliore", può aiutare molto nella definizione delle politiche, tuttavia, le tecniche di ottimizzazione dovrebbero essere utilizzate con attenzione: gli impatti che le incertezze possono avere, così come le questioni di soggettività e imperfezioni del modello possono portare a decisioni non ottimali. Tecniche come l'ottimizzazione multi-obiettivo [5] cercano di rendere più chiari i trade-off coinvolti nella determinazione delle strategie "ottimali". La distinzione tra questi diversi tipi di modello è abbastanza chiara: i modelli basati sulla fisica utilizzano le rappresentazioni matematiche dei processi fisici per determinare la risposta del sistema, i modelli basati sui dati cercano di riprodurre il comportamento del sistema utilizzando i dati disponibili [6] (esistono anche modelli ibridi che usano una combinazione di questi due approcci) ed i modelli concettuali sono basati sulla visione concettuale di un sistema del modellatore. Le critiche comuni ai due approcci sono che i risultati del modello basato sulla fisica non sono sempre supportati dai dati disponibili [7] e sono limitati a causa della natura omogenea delle equazioni in un mondo eterogeneo [8].

Questo è solo una estrema sintesi della panoramica esistente su alcuni esempi di tecniche di modellazione sviluppate e disponibili che dimostrano come le attuali conoscenze possano guidare i futuri sforzi di modellizzazione socio-idrologica. È probabile che emergano tecniche di modellazione nuove o ibride per affrontare i problemi specifici che pone la socio-idrologia, ma è altrettanto probabile che qualsiasi nuova tecnica sia basata su metodi esistenti.

### 3.1. Panoramica su alcuni modelli

Di seguito un elenco di alcuni modelli di cui saranno evidenziate alcune caratteristiche:

- agent-based modelling (ABM)
- system dynamics (SD)
- bayesian networks (BN)
- coupled-component modelling (CCM)
- scenario-based modeling
- heuristic/knowledge-based modelling

Avendo le sue origini nella programmazione orientata agli oggetti, nella teoria dei giochi e nella psicologia cognitiva [9], l'ABM (agent-based modelling) è un approccio dal basso verso l'alto per la modellazione di un sistema, in cui l'attenzione è posta sul comportamento e sul processo decisionale dei singoli "agenti" all'interno un sistema.

Nel SD (system dynamics), la dinamica dei sistemi assume una visione molto dall'alto di un sistema, piuttosto che concentrarsi sui singoli processi che portano a comportamenti di sistema generali. La dinamica dei sistemi guarda il modo in cui un sistema converte gli input in output e li usa come un modello per determinare il comportamento generale del sistema. Nel SD l'obiettivo è descrivere il modo in cui un sistema "funziona" piuttosto che determinare la "natura del sistema" esaminando i componenti del sistema e le leggi fisiche che li connettono. Con la dinamica dei sistemi si può quindi evitare l'analisi potenzialmente fuorviante delle interazioni e dei processi alla piccola scala [10]. I risultati su scala macro come le non-linearità, l'imprevedibilità e le interazioni possono essere analizzati bene e la visione di sistema ad alto livello consente l'olismo nella comprensione del sistema stesso.

Un aspetto importante dell'approccio alla dinamica dei sistemi (SD) è la procedura di sviluppo: un quadro chiaro e utile che è parte integrante dello sviluppo di un modello di successo e fornisce anche una parte importante dell'esperienza di apprendimento.

Le tecniche precedentemente descritte sono esempi archetipici rispettivamente di framework di modellazione bottom-up e top-down.

Spesso, le relazioni tra le variabili sono stocastiche, piuttosto che deterministiche, cioè un dato input non sempre dà lo stesso output e si verifica una distribuzione di output possibili. In tale situazione, trovano applicazione le reti bayesiane. I vantaggi dell'uso delle reti bayesiane derivano direttamente dall'approccio modellistico: le incertezze sono direttamente ed esplicitamente spiegate dal momento che tutti gli input e gli out-put sono stocastici [4] e l'uso del teorema di Bayes significa che le distribuzioni di probabilità delle variabili di output possono essere "aggiornate" man mano che



nuove conoscenze e dati diventano disponibili. Il fatto che esistano relazioni (anche se stocastiche piuttosto che deterministiche) tra variabili implica anche che possano essere stabiliti collegamenti causali diretti tra variabili. Gli svantaggi nell'utilizzo dei BN sono le difficoltà presenti nella modellazione dei sistemi dinamici, poiché i BN tendono ad essere impostati come “aciclici”.

I modelli CCM (coupled-component modelling) utilizzano sotto modelli specializzati e disciplinari per ciascuna parte di un sistema e li integrano per formare un modello per l'intero sistema [4]. Il CCM offre quindi una flessibilità di livelli di integrazione (questo dipende ovviamente dal grado di compatibilità dei modelli) e può essere un metodo molto efficiente di sviluppo del modello, poiché prende conoscenza dai modelli che già esistono e già avrà un certo grado di validità nel sistema che si sta modellando. La flessibilità si estende anche al fatto che possono essere integrate diverse tecniche di modellazione, e quindi possono essere utilizzate quelle tecniche che si adattano a specifiche discipline.

La modellazione basata su scenari (scenario-based modeling), anche se forse non è una “tecnica di modellazione” di per sé, ma è piuttosto un metodo di risoluzione che può essere applicato, implica l'uso di scenari nell'analisi e ciò ha importanti implicazioni per la modellazione che ne giustifica la discussione.

Gli approcci basati sugli scenari si suddividono in due categorie principali, quelle che esaminano diversi scenari di implementazione delle politiche e quelli che utilizzano scenari di diverse condizioni iniziali (all'interno di questo, le condizioni iniziali potrebbero essere ad esempio diversi modelli comportamentali socio-economici o futuri stati del sistema). Ciò significa che l'impatto che le politiche possono avere può essere analizzato da due punti di vista; quello di assumere la conoscenza del comportamento del sistema e di confrontare le decisioni che possono essere prese, oltre ad ammettere la mancanza di conoscenza del sistema e analizzare in che modo il comportamento del sistema può influire sui risultati che le decisioni hanno (anzi possono anche essere integrati).

Un ultimo modello è rappresentato da quello euristico che implica la conoscenza di un sistema e l'utilizzo della logica o delle regole per dedurre i risultati [4]. Il processo di sviluppo del modello è abbastanza chiaro, attraverso una definizione dei confini e dei processi del sistema e semplicemente la conoscenza del comportamento del sistema per determinare i risultati. Come con la modellazione basata su scenari e la modellazione CCM, l'uso dell'eurismo nei modelli consente di impiegare diverse tecniche di modellazione all'interno del tag “heurism”. Il vantaggio della modellazione euristica è nell'eurismo: l'esperienza e la conoscenza dei sistemi è una preziosa fonte di informazioni, e se i processi di sistema vengono compresi abbastanza bene, la logica può essere usata per determinare i risultati, e questo rappresenta un ottimo vantaggio.

## 3.2. Dati analitici

Un fondamentale obiettivo per la comprensione del sistema è rappresentato dall'acquisizione dei dati necessari per indagare e descrivere i sistemi stessi. Lo sviluppo dei modelli socio-idrologici, richiede molti dati per la validazione, ma non sono sempre disponibili e nel caso in cui lo siano non sono necessariamente in una forma convenzionale tale da poter essere utilizzati [11]. Pertanto, si rendono necessari nuovi sforzi per la raccolta dei dati che utilizzano nuove tecniche e nuove tecnologie. La natura dei dati raccolti influenza sicuramente lo sviluppo dei modelli nell'ambito della socio-idrologia ed, in effetti, anche le teorie sui processi socio-idrologici. Ma è proprio questo che consente di migliorarli sia nel processo iterativo che nel modello teorico in cui gli aspetti della conoscenza interagiscono per fornire una prospettiva futura dell'andamento del sistema.

Alcuni dei problemi sono legati alla costruzione dei trend: un problema nello studio dei processi idrologici a lungo termine è che alcuni dati di dettaglio non sono disponibili per periodi molto lunghi [11]. I dati provenienti da studi di casi storici sono difficili da ottenere, e quindi spesso si è costretti a lavorare sul breve periodo. Ma l'attenzione per l'analisi a lungo termine che la socio-idrologia richiede spinge alla ricerca ed allo sviluppo di procedure al fine standardizzare la raccolta a partire dal presente.

Un'altro aspetto critico è rappresentato dalla mancanza di dati sociali alla piccola ed alla grande scala [12]. La modellizzazione idrologica pur soffrendo dell'indisponibilità dei dati, negli ultimi anni ha dato impulso ad un lavoro significativo [13] per ridurre i potenziali problemi legati alla multidisciplinarietà ed alla scarsità di dati. La scarsità di dati può influenzare pesantemente la tecnica di modellazione utilizzata. I modelli concettuali locali tendono ad avere "requisiti di dati più modesti" [10] mentre i modelli spaziali, richiedono una gran mole di dati ed elaborazioni informatiche più complesse. Attualmente negli studi ci si accontenta di un minor numero di dati, dal momento che la raccolta di una quantità significativa di dati extra (rispetto agli studi idrologici) comporterebbe anche costi aggiuntivi, sia in termini di costi finanziari che di tempo [14].

Un altro problema è l'integrazione interdisciplinare: l'integrazione di diversi tipi di dati inerenti diversi campi è complessa [12]; la socio-idrologia dovrà far fronte a questo, poiché alcuni aspetti dello studio socio-idrologico sono necessariamente quantitativi ed alcuni qualitativi. La natura interdisciplinare della socio-idrologia richiede una forte comunicazione tra sviluppatori di modelli di diverse aree disciplinari. Questo aspetto dovrebbe indurre un miglioramento nella comprensione dei sistemi, e rappresentare un vantaggio per tutti gli interlocutori. Al fine di cogliere alcune delle complesse interazioni socio-idrologiche, la socio-idrologia dovrebbe cercare di andare oltre la semplice somma di dati idrologici e sociali, e indagare invece l'uso di nuovi, diversi tipi di dati. Dire che questo dovrebbe essere fatto è facile, portarlo in pratica è ancora più difficile sia per la natura stessa dei dati che per le modalità di raccolta ancora sconosciute. Per quanto riguarda i dati non

convenzionali, nella socio-idrologia si suggerisce l'utilizzo di dati rappresentativi ipotetici, [15] o mappe storiche.

### 3.3. Incertezza

L'incertezza è un problema da tenere in prima linea nella mente di un modellista prima che venga scelta una tecnica di modellazione. L'incertezza ha implicazioni in tutte le applicazioni della modellazione, e quindi è importante far fronte in modo appropriato ad essa, così come a comunicare la sua esistenza. Alcune delle tecniche di modellazione, ad esempio reti bayesiane, trattano l'incertezza in modo esplicito, mentre altre tecniche possono richiedere analisi di sensitività o metodi basati su scenari. In ogni caso, il ruolo dell'incertezza è fondamentale per la determinazione di una tecnica di modellazione appropriata.

L'incertezza nella socio-idrologia potrebbe certamente essere l'argomento di un documento a sé stante [16]. I modelli idrologici di per sé sono soggetti a grandi incertezze, che sorgono per una serie di motivi e da fonti diverse, incluse fonti esterne (ad esempio incertezze nelle precipitazioni o nell'agire umano) e fonti interne (struttura del modello e parametrizzazione). Sono state messe in discussione, molte delle ipotesi su cui sono stati costruiti i modelli idrologici, ad esempio la non-stazionarietà, e stanno sorgendo anche nuove incertezze. Tuttavia, le ampie indagini per affrontare l'incertezza [13], possono essere di supporto per gli studi che ampliano i confini del sistema oggetto di studio. Si studiano gli aspetti legati all'interazione tra la complessità del modello e il rischio empirico nella modellizzazione, i modi per gestire un gran numero di parametri e dati limitati [17], nonché le tecniche statistiche per far fronte alle incertezze. La conoscenza acquisita di queste aree può certamente essere applicata a studi futuri.

Nella gestione delle risorse idriche, le tecniche esistono già per aggirare alcune incertezze. Ad esempio i limiti superiore e inferiore possono essere individuati con una funzione obiettivo che deve essere minimizzata/massimizzata per consentire di identificare la “migliore” soluzione, e gli svantaggi delle soluzioni alternative. Questo approccio esamina gli effetti relativi non solo ad un singolo cambiamento di un parametro, ma anche l'impatto delle incertezze combinate nei sistemi all'interno di interconnessioni e feedback.

Ci sono aspetti della socio-idrologia che inducono questioni riguardanti incertezze che vanno oltre la mera propagazione dell'incertezza deterministica. La natura dell'input idrologico produce incertezza “aleatoria” [16], in cui la variabilità casuale porta incertezza; questa variabilità può essere affrontata nella modellazione in un certo modo usando metodi probabilistici o stocastici. La natura casuale dei tempi in cui si verificano eventi idrologici estremi e la risposta spesso basata sulla reazione umana all'evento, fornisce traiettorie previsionali molto diverse, a seconda di quando

accadono gli eventi. L'imprevedibilità dovrebbe essere maggiormente considerata nella valutazione del rischio di alluvione e le analisi dovrebbero comprendere la possibilità di "eventi imprevedibili" e la vulnerabilità di un sistema. Un altro aspetto dell'incertezza che la socio-idrologia deve prendere in considerazione è quella chiamata "incertezza epistemica" [16]. Allo stato attuale, la comprensione della natura delle dinamiche del sistema uomo-acqua è relativamente scarsa, e questa mancanza di conoscenza significa che esiste un'incertezza significativa attorno al fatto che le rappresentazioni di queste dinamiche siano corrette. L'incertezza epistemica è caratterizzata come derivante da tre fonti: incognite conosciute, incognite sconosciute e presupposti errati. La modellizzazione è una parte fondamentale della riduzione dell'incertezza epistemica: il processo iterativo di "nuove osservazioni, studi empirici e modelli concettuali" accresce le conoscenze sui sistemi uomo-acqua, al fine di ridurre queste incertezze.

### **3.4. Spazio e tempo nella modellazione**

L'idrologia coinvolge feedback a diverse scale spaziotemporali, e l'interazione con l'azione umana, rende il quadro ancora più complicato, sebbene proprio l'interazione stessa rappresenta "l'essenza della relazione complessa uomo-acqua" [21]. La modellizzazione consente di condurre indagini su scale spaziotemporali, non realizzabili utilizzando altri metodi, come esperimenti e osservazioni, e quindi è uno strumento utile per lo studio della socio-idrologia. Tuttavia, garantire la scala corretta per la modellazione e l'attuazione delle politiche è di grande importanza, poiché questi fattori possono avere un grande impatto sui risultati finali. In termini di spazio, le interazioni che avvengono tra scale naturali e costruite sono sovrapposte a interazioni che si verificano tra scale spaziali locali, regionali e globali. I bacini idrografici sono visti come scale naturali per l'analisi, tuttavia questi spesso non corrispondono alle scale su cui si svolgono le attività umane, e in effetti l'intervento umano ha, in alcuni casi, reso il significato di un "bacino" meno rilevante. L'importanza delle scale regionali e globali è stata riconosciuta, [22] così come "l'attenzione su scala posta sui bacini fluviali non sarà ritenuta più sufficiente".

Alcuni problemi, come ad esempio l'inquinamento, possono essere generati localmente, mentre le questioni climatiche sono poste a livello globale, anche se i problemi si verificano più localmente sotto forma di siccità e inondazioni. Questa dissonanza tra causa ed effetto può essere combattuta solo con una politica sulla scala corretta, la creazione di modelli implica decisioni su scala, che possono influire sulla qualità della produzione del modello. Nessuna singola scala spaziale è appropriata per l'analisi socio-idrologica; ogni problema dovrebbe essere considerato individualmente, con i processi rilevanti e le relative scale identificate e le scale di modellazione determinate di conseguenza. Ciò potrebbe comportare scale spaziali potenzialmente eterogenee all'interno di un modello.

### **3.5. Sistemi complessi**

I sistemi socio-idrologici rappresentano sistemi complessi che sono stati studiati in molti ambiti, dall'economia [18], alla fisica, alla biologia, all'ingegneria, alla matematica, all'informatica e, in effetti, a studi interdisciplinari che coinvolgono queste aree di studio o altri sistemi che coinvolgono entità interconnesse all'interno di sistemi eterogenei [9]. L'espansione dei confini del sistema per includere sia i sistemi sociali che quelli idrologici introduce una maggiore complessità rispetto a quando ciascun sistema è considerato separatamente.

L'aumento della complessità del sistema porta ad un maggior grado di difficoltà per la comprensione del sistema stesso. Più il sistema è complesso più l'arte della modellazione deve semplificare i meccanismi, considerando i dettagli essenziali senza compromettere la qualità del modello e restituendo un quadro delle proprietà emergenti del sistema. L'indisponibilità di dati per più discipline rappresenta un'ulteriore difficoltà, ma includere maggior complessità non rende i modelli più accurati [20]. Di questo bisogna tenerne conto quando si sviluppano modelli socio-idrologici; in alcuni casi i modelli semplici possono superare i modelli più complessi.

I sistemi complessi sono un eccellente quadro all'interno del quale studiare i sistemi socio-idrologici, poiché consentono di individuare la natura dei comportamenti complessi, la non linearità e le connessioni, proprio per la loro flessibile struttura che si presta all'analisi di sottosistemi.

### **3.6. Controllo ingegneristico attraverso la modellazione**

Studi recenti [3] hanno mostrato come l'implementazione di un nuovo approccio, può fornire possibili scenari futuri, utilizzando modelli innovativi (ad esempio basati sulla dinamica dei sistemi) per esplorare attraverso una simulazione e un'analisi di sensibilità, l'impatto della crescente frequenza ed intensità dei livelli di piena. Questi possono essere causati dal cambiamento climatico o dall'aumento del livello del mare e dal comportamento mutevole delle società "green" che privilegiano misure "non strutturali" e delle società "tecnologiche" che privilegiano misure strutturali. Le società green e tecnologiche differiscono solo nel modo in cui gli esseri umani si adeguano agli eventi di inondazione.

Le società tecnologiche costruiscono o innalzano strutture di protezione dalle inondazioni (ad esempio, argini), mentre le società green affrontano le alluvioni solo riducendo la densità della popolazione nelle aree soggette a inondazioni. Alcuni modelli sono in grado di cogliere le dinamiche che emergono dalle interazioni e dai feedback tra alluvioni e società, gli effetti di adattamento ed il "levee effect". I risultati emersi da alcune simulazioni [3], hanno evidenziato che l'effetto di

adattamento domina nelle dinamiche della società green, dove il verificarsi di una sequenza di livelli di inondazione simili porta a perdite decrescenti. Questa risposta si verifica quando la società accumula memoria con ogni esperienza di alluvione e di conseguenza si adatta riducendo la velocità dello sviluppo urbano (cioè il tasso di crescita della densità di popolazione) nelle aree soggette a inondazioni, che a loro volta riducono il danno degli eventi futuri. Per la società tecnologica, il “levee effect” emerge quando una serie di livelli moderati di inondazioni non causa alcun danno da inondazione, poiché l'inondazione è impedita dalla presenza di argini. Tuttavia, la mancanza di alluvioni porta a una perdita di memoria delle inondazioni e la società, inconsapevole dei rischi, sviluppa e urbanizza le aree soggette a inondazioni.

Quando si verifica un livello di alluvione eccezionalmente alto, gli argini vengono sovrastati e il danno per la società tecnologica è drammatico. Inoltre, l'aumento dei livelli di inondazione intensificano la presenza di strutture di protezione dalle inondazioni. La società green subisce perdite per le alluvioni più frequentemente. Tuttavia, nonostante l'andamento dei livelli delle inondazioni, queste perdite rimangono limitate. Al contrario, la società tecnologica mostra una perdita per le alluvioni drammaticamente elevata dopo un lungo periodo di assenza da inondazioni. Queste perdite possono essere catastrofiche. Ad esempio, uno studio empirico su disastri storici in tutto il mondo ha mostrato che il tempo di recupero della popolazione aumenta molto rapidamente per perdite superiori al 60%. E, in alcuni casi, queste perdite potrebbero portare al collasso. Le dinamiche tra alluvioni e società sono investigate testando due diverse strutture del modello: modificando (aumentando o diminuendo) i parametri delle società green e tecnologiche.

I risultati dell'analisi di sensitività mostrano che diverse parametrizzazioni portano allo stesso risultato: nonostante l'aumento della frequenza e dell'ampiezza delle inondazioni, le società green sono colpite da perdite di inondazioni relativamente piccole, mentre le società tecnologiche sono soggette a rare inondazioni con perdite catastrofiche. Questo comportamento è causato dal ruolo della memoria sociale. Nelle società green, la memoria viene spesso rinfrescata sperimentando frequenti e piccole inondazioni. Al contrario, nelle società tecnologiche, il ricordo delle inondazioni decade rapidamente e molti eventi alluvionali non producono alcun danno. I lunghi periodi di inondazione, che sono artificialmente indotti dalla costruzione di argini nelle società tecnologiche, hanno un effetto importante sulla dinamica del rischio alluvionale con effetti potenzialmente catastrofici. Nel caso di elevati livelli di perdita di memoria, le perdite nella società tecnologica diventano maggiori, mentre in caso di minori livelli di perdita di memoria, la società tecnologica sopravvive meglio all'aumento delle inondazioni.

Ciò dimostra che gli sforzi per aumentare la consapevolezza del rischio sono cruciali ed estremamente importanti, specialmente per le società tecnologiche in cui la presenza di strutture di protezione dalle inondazioni porti ad un rapido decadimento della memoria delle inondazioni e quindi maggiore vulnerabilità ed esposizione delle società. Gli studi hanno dimostrato la capacità dell'approccio (dinamica dei sistemi) di cogliere due tipi di effetti dinamici, di adattamento e di

“levee effect”, che sono stati ampiamente osservati in tutto il mondo, ma che i metodi tradizionali non sono in grado di spiegare. Le dinamiche possono emergere dall'interazione tra i processi fisici e sociali, e hanno evidenziato il ruolo cruciale della memoria e della tecnologia sociale nel plasmare questa complessa interazione. Una migliore comprensione delle dinamiche tra le inondazioni e le società fornisce utili spunti per la gestione del rischio alluvionale.

Nell'esplorare il rischio da inondazioni, molti studi si concentrano sul pericolo in periodi ricchi di eventi alluvionali. Da alcune simulazioni [3], emerge che anche i periodi di minori inondazioni dovrebbero destare preoccupazioni, in particolare per le società che si affidano a strutture di protezione dalle inondazioni, poiché tendono ad abbassare il livello della memoria e quindi ad aumentare la vulnerabilità sociale. Ciò suggerisce che l'attenzione deve essere rivolta al mantenimento e alla sensibilizzazione al rischio a lungo termine. Inoltre, l'esercizio di modellizzazione [3] mostra che le società green tendono ad essere meno influenzate dall'aumento della frequenza e dell'ampiezza delle inondazioni rispetto alle società tecnologiche. I delta popolati e le pianure alluvionali nei paesi in via di sviluppo hanno dinamiche simili alle società green e spesso presentano effetti di adattamento. Il Bangladesh, per esempio, è un tipico esempio di una società che convive con le alluvioni [27] con persone che rispondono alle inondazioni regolari ed ordinarie localizzando le loro case e regolando le loro attività economiche in funzione del livello dell'acqua, ad esempio, attraverso l'adeguamento dei sistemi agricoli e della pesca. Questo tipo di società è meno incline a eventi catastrofici in caso di aumento della frequenza o dell'ampiezza delle inondazioni.

Tuttavia, poiché l'urbanizzazione e l'industrializzazione delle pianure alluvionali in genere favoriscono la crescita economica, molti paesi in via di sviluppo (compreso il Bangladesh) stanno progettando di costruire sempre più strutture per la protezione dalle inondazioni. Potrebbe essere invece utilizzato un approccio dinamico, per esplorare possibili traiettorie future e considerare una serie di compromessi tra la necessità di crescita economica e la riduzione del rischio di catastrofi, al fine di raggiungere uno sviluppo sostenibile in un ambiente in rapida evoluzione.

Molte pianure alluvionali urbanizzate e delta dei fiumi nei paesi occidentali hanno un comportamento simile alle società tecnologiche [28]. Sebbene questo tipo di società non possa sperimentare inondazioni per periodi molto lunghi, il verificarsi delle alluvioni potrebbe avere conseguenze devastanti. New Orleans è un esempio calzante. Le più grandi società delle pianure alluvionali, come i Paesi Bassi, hanno livelli elevati di protezione che rendono quasi nulla la probabilità di inondazioni. Tuttavia, se si verificano alluvioni le conseguenze possono essere drammatiche e potenzialmente portare al collasso della società. In alcune regioni, come nei Paesi Bassi e in California, le società si sono rese conto che l'innalzamento continuo degli argini non è più sostenibile e si sta gradualmente adottando una politica adattativa per restituire spazio al fiume. In conclusione, le interazioni tra sistemi umani e fisici possono essere investigate e hanno dimostrato che i cambiamenti nelle inondazioni e i cambiamenti nelle società sono profondamente legati.

Se vogliamo esplorare l'impatto dei cambiamenti globali sui delta urbanizzati o sulle pianure alluvionali, sarà necessario andare oltre gli scenari tradizionali e acquisire le dinamiche rilevanti che guidano i cambiamenti nel rischio di alluvioni, come ad esempio gli effetti di adattamento e di "levee effect". A tal fine, è ancora necessario approfondire l'interazione tra i processi fisici e quelli sociali. Insieme alla ricerca empirica su scale e luoghi, modelli stilizzati come la dinamica dei sistemi, rappresentano strumenti esplorativi che possono aiutare ad indagare le dinamiche socio-idrologiche e contribuire allo sviluppo della teoria e costruire un nuovo quadro di gestione per valutare, prevenire e controllare il rischio di alluvione.

### **3.7. Punti aperti nella visione d'insieme**

L'approccio socio-idrologico per lo studio dei cambiamenti del rischio di alluvione non è solo scientificamente interessante, ma anche socialmente rilevante. Ad esempio, il Quadro delle Nazioni Unite Sendai per la riduzione del rischio di catastrofi (2015) indica "la comprensione del rischio di catastrofe" come "Priorità 1". Svelando la mutua configurazione delle inondazioni e delle società, gli approcci socio-idrologici possono integrare i metodi tradizionali e fornire informazioni preziose sul modo in cui le diverse componenti del rischio (rischio di alluvione, vulnerabilità ed esposizione) co-evolvono e cambiano continuamente nel tempo. In un mondo che cambia rapidamente, ciò sosterrà lo sviluppo di politiche e strategie che manterranno i benefici ecologici della variabilità idrologica, riducendo al contempo gli impatti negativi degli eventi di inondazione, come fatalità e perdite economiche.

Rimangono, tuttavia, una serie di domande aperte.

In primo luogo, non è ancora noto se le dinamiche di apprendimento sono l'effetto specifico di sito o di dinamiche generiche che emergono in un dato insieme di circostanze sociali e idrologiche. Inoltre, il modo in cui la coevoluzione delle alluvioni e delle società si svolge è descritto solo nelle narrazioni per casi di studio specifici. Pertanto, vi è la necessità di esplorare più bacini fluviali, pianure alluvionali o città come sistemi interagenti uomo-acqua per capire meglio come le società umane modellano la frequenza, la magnitudo e la distribuzione spaziale degli eventi di inondazione accidentalmente o deliberatamente (attraverso politiche e misure di sostenibilità e gestione delle risorse idriche, pianificazione urbana e riduzione del rischio di catastrofi), mentre allo stesso tempo gli impatti e le percezioni degli eventi estremi idrologici modellano la società (in termini di demografia, politica, istituzione e governance). L'attuale proliferazione di set di dati mondiali e dati globali di telerilevamento offre un'opportunità senza precedenti per eseguire questo tipo di studio.

In secondo luogo, vi è la necessità di collegare l'inondazione socio-idrologica con la ricerca sulla siccità antropogenica. Mentre i metodi basati sulla vulnerabilità rappresentano spesso entrambi gli



estremi idrologici, i metodi basati sui pericoli per la valutazione quantitativa del rischio si concentrano sul rischio di siccità o alluvione. Ciò non consente di esplorare le dinamiche chiave di rischio.

Ad esempio, le regole di gestione delle risorse idriche che riducono il rischio di siccità [41] sono diverse da quelle che riducono il rischio di alluvione e queste regole cambiano spesso nel tempo a seconda di vari fattori, tra cui per esempio se il disastro più recente è stato causato da un evento di siccità o di alluvione. Di conseguenza, l'impatto negativo degli eventi di inondazione che si verificano immediatamente dopo un lungo periodo di condizioni di siccità potrebbe essere più significativo. Ad esempio, i bacini riducono la variabilità idrologica e potenzialmente mitigano sia le inondazioni che la siccità. Tuttavia, per mitigare gli eventi di piena, i bacini dovrebbero essere vuoti il più possibile, considerando al contempo che, per mitigare gli eventi di siccità, dovrebbero essere quanto più pieni possibile.

Pertanto, le diverse regole operative rappresentano un punto di attenzione per la gestione degli eventi di inondazione o siccità. La ricerca sui cambiamenti climatici (IPCC, 2014) suggerisce che in molte regioni del mondo potrebbero verificarsi, nel prossimo futuro, condizioni di siccità più prolungate seguite da eventi di alluvione estremi. Pertanto, è fondamentale capire se e come le risposte umane agli eventi di siccità potrebbero inasprire l'impatto delle inondazioni future, e viceversa. Infine, concentrarsi sul rischio di alluvioni può limitare l'interpretazione del ruolo dei fattori di cambiamento globale, come il clima, sul rischio idrologico. Ad esempio, una serie di studi recenti ha dimostrato che la crescita della popolazione nelle aree delle pianure alluvionali è stata la principale causa dell'aumento del rischio di inondazioni in Africa, mentre i cambiamenti climatici hanno finora avuto un ruolo minore.

Tuttavia, concentrandosi solo sul rischio di alluvioni, questi studi non hanno considerato l'ipotesi plausibile che, in alcuni casi, i cambiamenti climatici possono aver portato a condizioni di siccità più lunghe e più gravi, che a loro volta hanno aumentato la necessità per le comunità di avvicinarsi ai fiumi, portando ad una maggiore esposizione alle inondazioni. Quindi, è ancora sconosciuto, in che modo le diverse sequenze di eventi di siccità e alluvioni fanno la differenza nelle dinamiche del rischio idrologico. Questo puzzle richiede ulteriori ricerche sulla mutua configurazione delle società umane e degli estremi idrologici.

## 4. Nuovo quadro per la valutazione dei rischi

Lo studio delle interazioni uomo/alluvione è influenzato da numerose fonti di incertezza aleatoria ed epistemica, [16], che sono difficili da identificare. Essere consapevoli di potenziali eventi inattesi è fondamentale quando i modelli socio-idrologici supportano il processo decisionale nella gestione del rischio di alluvioni. Gli eventi imprevedibili che ricordano l'importanza di ridurre gli impatti negativi degli eventi estremi e la vulnerabilità (e migliorare la resilienza) delle società umane, giocano un ruolo fondamentale, forse più importante rispetto alla probabilità prossima allo zero (sostanzialmente sconosciuta) di eventi estremi dannosi causati da irripetibili contingenze o combinazioni uniche di contesti.

Lo sviluppo di piani di evacuazione e di emergenza, ad esempio, non richiede rigorosamente una stima accurata e precisa degli scenari o delle probabilità di alluvione, ma può migliorare significativamente la capacità del sistema idrico umano di riprendersi dopo un disastro. Eventuali imprevedibili evidenziano la necessità di integrare approcci dall'alto verso il basso, con approcci dal basso verso l'alto, basati su vulnerabilità sociali e possibilità di insuccessi. Gli approcci bottom-up non partono da scenari di rischio, ma piuttosto dalla vulnerabilità sociale ed economica delle comunità e individui, esplorando quindi la possibilità di insuccessi e considerando esplicitamente le competenze degli stakeholder locali e dei risk manager.

Come già detto, i metodi tradizionali, per la valutazione del rischio, al contrario della dinamica dei sistemi, non riescono a catturare le dinamiche socio-idrologiche. Le variazioni del rischio alluvionale sono tipicamente valutate confrontando gli scenari dei cambiamenti climatici e quelli socio-economici [32]. Per ogni scenario, il rischio è stimato come una combinazione della probabilità dell'alluvione, dell'esposizione sociale e vulnerabilità (o resilienza) alle inondazioni. Le politiche, come l'implementazione di misure di protezione dalle inondazioni, sono spesso trattate come forzanti esterne al sistema di difesa alluvionale, mentre le perdite causate dal sistema fisico sono trattate come forzanti esterne al sistema umano.

Pertanto, gli approcci tradizionali non possono spiegare esplicitamente la continua e dinamica interazione tra sistema idrico e sistemi umani. Di conseguenza, non riescono a cogliere le dinamiche che emergono dai reciproci effetti tra le alluvioni e la società, come l'apprendimento e gli effetti dell'oblio. Ad esempio, la maggior parte dei metodi suggerirebbe in modo coerente che intensi periodi alluvionali porterebbero a maggiori perdite per alluvione. Tuttavia, l'effetto di apprendimento dimostra che questo non si verifica necessariamente. Allo stesso modo, la maggior parte dei metodi suggerirebbe in modo coerente che l'attuazione di misure di protezione dalle inondazioni porterebbe a minori perdite di alluvione [40] ma l'effetto oblio mostra che non è sempre così. Gli approcci socio-idrologici possono essere utilizzati per integrare i metodi tradizionali,

poiché consentono di tenere conto delle dinamiche accoppiate tra alluvioni e società e di cogliere il comportamento a lungo termine che emerge dalle reciproche interazioni e feedback tra sistemi sociali e fisici.

Tuttavia, rimangono le sfide associate all'imprevedibilità del comportamento umano [27] così come la difficoltà nella quantificazione di varie variabili, come la memoria sociale. Inoltre, la percezione sociale del rischio di alluvioni può variare notevolmente tra le società umane e dipende non solo da fattori endogeni, come l'accumulo di memoria successiva all'evento di inondazione, ma anche da fattori esogeni, come le condizioni politiche ed i valori culturali. Pertanto, mentre gli approcci socio-idrologici hanno il vantaggio di essere potenzialmente più realistici nello spiegare le dinamiche del rischio, tuttavia tendono a fornire intuizioni che sono più qualitative di quelle ottenute con i metodi tradizionali di valutazione del rischio alluvionale. Quindi, i metodi tradizionali e quelli socio-idrologici possono essere considerati complementari.

## **4.1. Un esempio di quadro di riferimento per la gestione dei rischi**

Un esempio di passaggio dai modelli alla gestione operativa può essere ben rappresentato, dal Disaster Risk Management Framework (DRM-F) [51], che, è stato inizialmente redatto per guidare le discussioni durante i workshop e testarne la validità in tutti i settori. Successivamente è stato perfezionato con il contributo del di alcune società campione.

Il DRM-F è guidato dal processo standard di gestione del rischio (identificazione, valutazione, risposta e mitigazione, monitoraggio e reporting) ed è strutturato in tre sezioni:

- Comprensione
- Esposizione
- Potenziali minacce

Lo scopo della sezione “comprensione” è quello di definire l'esposizione di un'azienda identificando le potenziali minacce e valutandone l'impatto potenziale. L'esposizione viene definita dal livello di pericolosità legato alle attività dell'azienda in funzione delle potenziali perdite (umane, ambientali, finanziarie, operative o di reputazione). Un'azienda può essere esposta direttamente (ad esempio uno dei suoi impianti di produzione è esposto al rischio di essere danneggiato da un'alluvione) o indirettamente (ad esempio, uno dei suoi principali fornitori non sarebbe in grado di rifornirlo con componenti indispensabili se colpito da un rischio naturale). L'esposizione è una funzione del luogo (vale a dire l'ubicazione del bene e dei pericoli naturali in quel luogo) e della vulnerabilità (cioè la costruzione e l'occupazione del bene e dell'ambiente circostante). Le potenziali minacce includono

i rischi naturali. E' stato osservato che, sebbene i pericoli naturali siano considerati come un rischio, sono considerati solo una delle molte potenziali minacce che potrebbero avere un impatto su un'azienda globalizzata. La maggior parte delle aziende campione intervistate affrontano i rischi in modo olistico. I rischi naturali possono essere fortemente sottostimati perché la probabilità che si verifichino può essere percepita inferiore rispetto ad altri rischi, anche se l'entità può essere di gran lunga maggiore.

Esistono due tipi principali di rischi naturali: geologico e idrometeorologico. Il primo include processi terrestri interni come terremoti, attività vulcanica ed emissioni e processi geofisici correlati come movimenti di massa, frane, crolli superficiali e detriti o flussi di fango. I rischi idrometeorologici rappresentano un processo o un fenomeno di sistemi atmosferici, idrologici o oceanografici come i cicloni tropicali (noti anche come tifoni e uragani), temporali, grandinate, trombe d'aria, bufere di neve, valanghe, mareggiate, inondazioni improvvise, siccità, ondate di calore e ondate di freddo. Mentre le potenziali minacce variano, le dimensioni dell'impatto (umane, ambientali, finanziarie, operative e reputazionali) rimangono le stesse per tutte le aziende. Inoltre, i rischi di catastrofe possono essere suddivisi in tre categorie: danno patrimoniale aziendale (ad esempio deterioramento della struttura o danni ai veicoli aziendali di trasporto), interruzione delle attività (ad esempio interruzioni dell'approvvigionamento, colli di bottiglia della produzione o guasti alla distribuzione) e danni collaterali (ad esempio fuoriuscite di petrolio o distruzione di un ponte).

Questo è il motivo per cui le aziende tendono ad affrontare il DRM da un punto di vista dell'impatto piuttosto che da una prospettiva di minaccia.

## 5. Prevenzione dei rischi

La strategia EU2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva potrebbe essere messa a repentaglio dall'impatto dei pericoli naturali, se diventano disastri disgregativi. Come troppo spesso sperimentato, un disastro colpisce non solo le risorse e l'economia, ma anche le vite umane, l'ambiente e i patrimoni culturali. Inoltre, le disparità sociali sono spesso amplificate dai disastri perché le loro conseguenze sono più sofferte dalle parti più deboli della società. Aumentare la resilienza di una società, attraverso un'adeguata strategia di prevenzione, è una condizione fondamentale per un percorso sicuro verso una condivisione con i cittadini, anche al fine di sostenere la diffusione di una cultura della prevenzione nell'intera società. E' stato evidenziato come la mancanza di "premi politici", aggiunti al costo di alcune misure, sia una delle cause principali della mancata attuazione delle misure di prevenzione.

Sono presenti alcuni esempi di coinvolgimento e ricompensa dell'amministrazione locale (ad esempio, nella campagna UNISDR "Rendere le città resilienti", ma è necessario un vero cambiamento culturale, alla base e alla promozione di un nuovo Patto Sociale per una Crescita Sicura, a livello europeo, nazionale e livello locale. Al fine di promuovere gli investimenti (finanziari) della pubblica amministrazione in azioni di prevenzione, la qualità di "stimolo alla crescita" di questi investimenti dovrebbe essere riconosciuta, quando si discutono possibili revisioni del patto di stabilità e crescita (SGP-Stability and Growth Pact) sia a livello Europeo che nazionale.

Un investimento per la salvaguardia del territorio dovrebbe avere una corsia prioritaria rispetto ad altri, ad es. coinvolgere il consumo di suolo. Questa potrebbe essere una risposta concreta alla recente conclusione dell'OECD (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) secondo cui la questione politica chiave è quale tipo di premi e incentivi possono essere creati a breve termine affinché i governi possano durare a lungo e promuovere la crescita. I costi di assunzione delle misure prima che si verifichi un evento pericoloso per ridurre la probabilità e/o mitigarne le potenziali conseguenze sono spesso inferiori ai costi di ripristino. Tuttavia, nella pratica, le iniziative di prevenzione attirano meno attenzione e vengono raramente ricompensate.

### 5.1. KULTURisk

La metodologia KULTURisk [\[41\]](#) è stata applicata a diversi studi di casi europei per valutare i benefici sociali ed economici della prevenzione del rischio, cioè la riduzione delle potenziali perdite di inondazione dovute all'attuazione di misure di prevenzione. Tra i numerosi risultati, è stato dimostrato che l'implementazione di sistemi di allerta precoce può significativamente (tra il 30% e

il 40%, a seconda dei vari fattori) ridurre i potenziali danni provocati dalle alluvioni nei paesi del bacino idrografico del Danubio, indicando che gli investimenti nei sistemi di preparazione e di allarme rapido possono essere fortemente vantaggiosi. Nella Valle dell'Ubaye (Francia), è stato rilevato che una combinazione di misure di prevenzione strutturale e non strutturale può ridurre notevolmente il potenziale impatto delle inondazioni a Barcelonnette per i diversi recettori (70% in meno per le persone, 84% per gli edifici, 77% per le infrastrutture, 91% per l'agricoltura). A Zurigo (Svizzera), le misure di prevenzione potrebbero ridurre del 50% i potenziali danni causati da eventi estremi di inondazione nel fiume Sihl, mentre altre opzioni di prevenzione a Zurigo (es. Galleria di scarico) potenzialmente ridurrebbero le perdite di piena quasi allo zero con benefici superiori 10 volte ai costi delle misure di prevenzione.

I risultati del progetto KULTURisk hanno dimostrato che la prevenzione è un atto di responsabilità. Di fatto, in diversi casi, è stata sviluppata e convalidata una metodologia pratica adattabile ai relativi rischi legati alle alluvioni. L'approccio è sia rigoroso che flessibile e consente di prendere in considerazione diverse scale spazio-temporali. Sulla base di tali studi, gli investimenti sulla prevenzione da parte delle Pubbliche Amministrazioni potrebbero essere valutati meglio.

## **5.2. Comunicazione dei rischi**

La conoscenza dei pericoli naturali rende le comunità più resilienti e meglio preparate a rispondere. Facilitare tali conoscenze è uno degli scopi della comunicazione del rischio, che è fondamentale quando si passa dal controllo dei pericoli alla gestione del rischio. La comunicazione del rischio aiuta a costruire non solo consapevolezza, ma anche partecipazione e responsabilità nelle comunità. Tuttavia, la comunicazione del rischio è una sfida perché deve svolgersi tra tutti gli attori rilevanti, che hanno specifici livelli di comprensione ed interessi legati al rischio.

Il progetto KULTURisk ha valutato sistematicamente un'ampia gamma di attività di comunicazione per comprendere i fattori che influenzano la comunicazione del rischio e rivelare gli elementi che lo rendono più efficace. Diversi gruppi target sono stati analizzati con diverse situazioni di rischio e obiettivi di comunicazione, utilizzando interviste qualitative, indagini standardizzate, valutazione sperimentale e analisi dei media.

Si è riscontrato che la compressibilità, la leggibilità, la completezza e l'utilità del materiale informativo, nonché la fiducia sulla sua fonte, sono fattori chiave che influenzano la comunicazione del rischio. Questo è importante perché in genere le parti interessate adottano i messaggi che ritengono pertinenti ai loro bisogni. La comunicazione unidirezionale è il metodo più utilizzato, ed è il meno costoso. Ha un moderato effetto positivo sulla consapevolezza del rischio e sulla motivazione ad attuare misure individuali di prevenzione. Sebbene le informazioni mirate del

gruppo target possano avere un impatto sostanziale sulla consapevolezza e sulla prevenzione dei rischi, devono essere presentate in un modo che affronti le loro preoccupazioni e il loro modo di pensare. Ciò richiede più sforzi nella pratica e nella ricerca. Al contrario, la comunicazione a due vie aumenta il consenso sulle misure di prevenzione e la fiducia nelle autorità, sebbene sia costosa e raggiunga direttamente una ristretta cerchia di stakeholder.

La comunicazione del rischio riguarda la comunicazione costante ed è necessaria per raggiungere la consapevolezza di qualsiasi argomento correlato al rischio tra gruppi eterogenei di utenti finali. Deve essere incluso in qualsiasi strategia di comunicazione a lungo termine. La comunicazione del rischio può essere migliorata attraverso l'istruzione, essendo le scuole primarie e secondarie l'obiettivo ideale. Sebbene i mass media siano importanti per la comunicazione del rischio, tendono a evidenziare il tradizionale controllo dei pericoli (argini o dighe per la difesa dalle inondazioni) piuttosto che l'ampio insieme di misure di prevenzione dei rischi (strutturali e non strutturali). Le informazioni proattive sui media da parte dei gestori del rischio o degli uffici responsabili sarebbero pertanto uno strumento pertinente per stabilire una cultura globale della prevenzione dei rischi.

In Italia ad esempio, è nata recentemente “Io non rischio”, [\[52\]](#) campagna di comunicazione nazionale sulle buone pratiche di protezione civile. L'Italia è un paese esposto a molti rischi naturali, e l'esposizione individuale a questi rischi può essere sensibilmente ridotta attraverso la conoscenza del problema, la consapevolezza delle possibili conseguenze e l'adozione di alcuni semplici accorgimenti. Io non rischio è anche lo slogan della campagna con cui ogni rischio viene illustrato e raccontato ai cittadini insieme alle buone pratiche per minimizzarne l'impatto su persone e cose. Lo slogan rappresenta la pacifica battaglia che ciascuno di noi è chiamato a condurre per la diffusione di una consapevolezza che può contribuire a farci stare più sicuri.

Il sistema più efficace per difendersi da un rischio è conoscerlo. Questo tipo di conoscenza, per essere realmente utile, di solito comporta un livello di approfondimento che difficilmente può essere comunicato con un semplice spot radiofonico o televisivo. L'ideale, per un cittadino, sarebbe poter parlare con qualcuno capace di raccontargli tutto quello che occorre sapere sul terremoto, sul maremoto o su qualsiasi altro rischio, magari incontrandolo direttamente nella sua città, in piazza, un sabato o una domenica mattina. La campagna è veicolata infatti dalle associazioni di volontariato di protezione civile sono presenti in tutta Italia. I volontari vivono e operano sul proprio territorio, lo conoscono e a loro volta sono conosciuti dalle istituzioni locali e dai cittadini.

Da questi presupposti è nata l'idea originaria di Io non rischio. Formare i volontari di protezione civile sulla conoscenza e la comunicazione del rischio per poi farli andare in piazza, nella loro città, a incontrare i cittadini e informarli. Un'idea concepita e proposta da Anpas e subito sposata dal Dipartimento della Protezione Civile, dall'Ingv e da ReLuis, e poi progressivamente allargata ad altre associazioni di protezione civile.

## **6. Strategie di mitigazione del rischio alluvionale: i Contratti di Fiume**

Nella seguente sezione l'attenzione è stata rivolta ad un'analisi pratica degli strumenti volontari di programmazione strategica e negoziata che perseguono la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale. Tali strumenti sono rappresentati dai Contratti di Fiume.

I Contratti di Fiume (CdF) concorrono alla definizione e all'attuazione degli strumenti di pianificazione di distretto a scala di bacino e sotto-bacino idrografico e in particolare del Piano di gestione del rischio alluvioni e del Piano di gestione delle acque.

I soggetti aderenti al CdF definiscono un Programma d'Azione (PA) condiviso e si impegnano ad attuarlo attraverso la sottoscrizione di un accordo.

Il successo dei Contratti di Fiume e la loro diffusione internazionale sono certamente dati dalla presenza di un riferimento metodologico "forte", associato alla possibilità di uno sviluppo del processo flessibile e adattivo.

Il contratto si concretizza sempre sotto forma di un accordo di programma, che prevede una serie di atti operativi, fra il gestore della risorsa e del territorio (lo Stato, con le sue strutture di governo locale) e i rappresentanti dei cittadini e delle categorie che hanno interessi sul fiume (stakeholder) come ad esempio agricoltori, industriali, pescatori, associazioni ambientaliste, ecc.

I Contratti di Fiume rappresentano l'evoluzione di un quadro normativo nazionale ed europeo consolidatosi attraverso alcune importanti direttive comunitarie quali: la Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE, la Convenzione europea del paesaggio del 2000, la Direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale, la Direttiva 2003/35/CE sulla partecipazione del pubblico nell'elaborazione di taluni piani e programmi in materia ambientale, la Direttiva 2001/42/CE sulla valutazione ambientale strategica (VAS).

La gestione dei territori fluviali implica una moltitudine di interazioni e necessità di un approccio integrato, multidimensionale, rivolto a più discipline e a più stakeholder.

In questo ambito i Contratti di Fiume sono introdotti in quanto strumento attraverso cui realizzare il passaggio da politiche settoriali e tecnocratiche a politiche integrate di riqualificazione ecologica, fruitiva e paesistica dei bacini fluviali e lacustri. Si tratta di un processo che non interessa solo tecnici, esperti ed amministratori, ma intere comunità locali e singoli cittadini che ne sono promotori e co-responsabili.



L'analisi dei casi applicativi internazionali ed italiani, dimostra come sia possibile costruire un sistema di prevenzione dagli eventi estremi, tutelando e valorizzando in maniera partecipata le risorse territoriali, ambientali e umane. Esamina le nuove strategie da mettere in atto per i grandi fiumi italiani come il Po, l'Arno, il Tevere, ma anche per fiumi di cui molto si sono interessate le cronache di questi anni come il Lambro o il Sarno. L'Italia si colloca all'interno di un processo di diffusione europea dei contratti di fiume che prima di noi ha trovato attuazione in Francia e Belgio.

Questo processo, per andare a compimento, necessita di nuove basi culturali e scientifiche, alla cui diffusione, sono stati obbiettivizzati gli studi, approfondendo tematiche oggetto di dibattito, come: l'integrazione degli strumenti di pianificazione e programmazione a scala regionale, lo studio della componente idrogeologica e delle tendenze evolutive dei sistemi fluviali a supporto alle scelte; l'individuazione delle opere idrauliche e di mitigazione in coerenza con gli ecosistemi locali; gli strumenti per il raggiungimento della qualità delle acque in attuazione della Direttiva 2000/60/CE; la diffusione di metodologie di partecipazione per attivare nuove forme di governance nei territori fluviali e lacustri.

In generale, l'innovazione dei CdF è rappresentata dal modello interpretativo: il Contratto ha più obiettivi, rappresenta uno strumento di condivisione, di coordinamento dei sottoscrittori, di selezione delle priorità, di riduzione delle incertezze per i decisori istituzionali [53]. Può essere uno strumento di compromesso attraverso cui trovare un equilibrio efficiente tra obiettivi e profitti in conflitto. E' una valida opportunità per la ricerca e la sperimentazione di "soluzioni originali" per la tutela e lo sviluppo del territorio.

La differente interpretazione dello strumento richiama diversi modelli di gestione, da una rigorosamente tecnocratica, ad una più adattiva, finalizzata a riadeguare continuamente le azioni e gli interventi, al variare delle condizioni del contesto.

L'originalità e quindi la peculiarità del modello è rappresentata proprio dall'opportunità di ricercare e adattare soluzioni in modo sistemico e integrato, realizzando così un meccanismo risolutivo complesso, versatile e replicabile in funzione delle circostanze e degli obiettivi, da adottare come standard.

Attraverso un tale meccanismo, si rende possibile raggiungere l'adattamento mediante l'integrazione ottimale di interventi strutturali e non strutturali sia a breve che a lungo termine, e la pianificazione coordinata a diverse scale geografiche, temporali e operative, supportata da analisi quantitative che, in un contesto probabilistico, permettano la valutazione dei costi e dei benefici.

## 6.1. Metodologia

I Contratti di Fiume, per essere operativi, si articolano in otto fasi principali.

La prima fase prevede la condivisione fra i partner interessati (pubblici e privati) di un documento d'intenti, che contenga le motivazioni e gli obiettivi scelti con lo scopo di perseguire gli obblighi derivanti dall'implementazione delle direttive 2007/60/CE, 2000/60/CE e dalle direttive che da questa sono nate. Nel documento d'intenti vengono inoltre indicate le criticità specifiche oggetto del Contratto di Fiume stesso e le metodologie di lavoro condivise tra tutti gli attori che prendono parte al processo. La sottoscrizione di questo documento da parte dei soggetti interessati dà il via al "Contratto di Fiume".

La seconda fase vede lo sviluppo di un'approfondita analisi conoscitiva relativa agli aspetti ambientali, sociali ed economici del territorio oggetto del Contratto di Fiume. Tra le finalità di questo documento c'è la definizione e la valorizzazione di obiettivi operativi, coerenti con gli obiettivi della pianificazione vigente, sui quali i sottoscrittori devono impegnarsi.

Nella fase successiva viene stilato un documento strategico che definisce uno scenario a medio-lungo termine che vada ad integrare gli obiettivi della pianificazione di distretto con le politiche di sviluppo locale del territorio.

Si passa quindi alla definizione di un Programma d'Azione (PA) caratterizzato da un orizzonte temporale ben definito e limitato, solitamente vengono scelti intervalli di massimo tre anni. Alla scadenza del PA, sulla base dei risultati del monitoraggio, sarà possibile aggiornare il Contratto di Fiume oppure approvare un nuovo PA. Quest'ultimo deve indicare insieme agli obiettivi per ogni azione anche gli attori che ne prendono parte, inoltre devono essere specificati i rispettivi obblighi ed impegni, i tempi di attuazione, le risorse umane ed economiche necessarie e la relativa copertura finanziaria. Il Piano d'Azione deve infine contenere una descrizione sintetica del contributo delle singole azioni necessarie all'ottemperamento delle finalità di cui alle direttive 2000/60/CE, 2007/60/CE e 42/93/CEE e delle altre direttive pertinenti.

La quinta fase prevede la messa in atto di processi partecipativi aperti e inclusivi che permettano la condivisione d'intenti, impegni e finalità tra i soggetti partecipanti al Contratto di Fiume.

La sesta fase prevede la sottoscrizione di un atto di impegno formale, ovvero la firma del Contratto di Fiume, allo scopo di contrattualizzare le decisioni condivise nel processo partecipativo e la definizione degli impegni specifici dei contraenti.

La fase successiva prevede la messa in atto di un sistema di controllo e monitoraggio del contratto per verificare lo stato di attuazione delle varie fasi, delle azioni e della qualità dei processi deliberativi che ne conseguono.

La fase finale prevede la distribuzione al pubblico dei dati relativi al Contratto di Fiume, come previsto dalle direttive 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione e 35/2003/35/CE sulla partecipazione del pubblico ai processi decisionali, tramite una varietà di mezzi di diffusione delle informazioni e usando al meglio le possibilità offerte dal web.

Le esperienze di Contratti di Fiume in Italia sono in continuo aumento, con 16 sottoscrizioni ed in generale una risposta al censimento su tutta l'Italia pari al 52% (11 Regioni su 21 hanno dato riscontro in merito).

Nel 2017 nasce l'Osservatorio nazionale dei CdF, con l'obiettivo di garantire sul territorio formazione di base avanzata, scambio di esperienze e buone pratiche, informazione e comunicazione, definizione dei riferimenti tecnici, osservazione e censimento [\[43\]](#), [\[44\]](#).

## **6.2. Contratto Di Fiume Tevere Diga-Foce: sicurezza idraulica**

In tale ambito si inseriscono gli studi connessi al Progetto "CONTRATTO DI FIUME TEVERE DIGA-FOCE", che si propone come obiettivo la restituzione del Fiume "Tevere alla Città".

Il progetto rappresenta un'importante opportunità per acquisire una nuova visione delle dinamiche evolutive attraverso lo studio delle interazioni tra i sistemi socio-idrologici, in un contesto reso sempre più complesso dall'urbanizzazione e dal clima avverso.

La comprensione dell'evoluzione nel tempo della risposta idraulica in funzione dello stress climatico, antropico e strutturale, è un elemento fondamentale, al fine di fornire uno strumento alla governance per individuare azioni correttive e per ottimizzare le misure. Non si può prescindere in ogni caso dal patrimonio storico e culturale che l'ingegneria idraulica romana restituisce attraverso i secoli, ammonendo ancor oggi sulle scelte "idrauliche" adottate che hanno influenzato gli aspetti socio-economici del territorio urbano.

Negli ultimi decenni è stata sempre più sentita l'esigenza di comprendere le dinamiche evolutive del rischio idraulico ed alluvionale, attraverso la valutazione dell'impatto delle misure di riduzione e l'analisi dell'interazione tra sviluppo socio-economico e fenomeni idrologici ed idraulici. La risposta a tale esigenza ha sollecitato uno studio su una nuova scala, al fine di indagare aspetti fisici e sociali, mediante una modellazione spaziale e temporale, che ha richiesto l'integrazione delle

competenze e l'utilizzo di tecnologie sempre più avanzate e sofisticate. Da un lato ciò ha consentito di perfezionare e ottimizzare l'attività previsionale a breve termine (tempo reale), ma d'altro canto, a lungo termine, ha rafforzato la consapevolezza delle insidie legate all'imprevedibilità che non possono coglierci impreparati.

Nell'ambito delle attività che hanno come obiettivo la sottoscrizione del CdF Fiume Tevere Diga-Foce, i principali fattori interni ed esterni legati alla sicurezza idraulica, sono intrinsecamente legati fra loro, oltre che alla qualità delle acque, ai servizi eco sistemici del corridoio fluviale, alla riqualificazione fluviale, al paesaggio, alle connessioni ecologiche ed alla governance in senso generale.

Ciascun tema quindi non esclude l'altro ma la loro compresenza tende a rendere le misure del progetto più multifunzionali e complesse.

Ciò premesso, si ritiene che le azioni prioritarie debbano essere mirate alla riduzione del rischio idraulico agendo, al contempo, sia sulla mitigazione della pericolosità idraulica (realizzando opere strutturali nella media valle del Tevere), sia sulla riduzione del danno atteso, agendo sulla vulnerabilità dell'esposto e sulla gestione del rischio idraulico in tempo reale. Nel corso degli ultimi anni, attraverso l'attività dell'Autorità di Bacino del Tevere, oggi di Distretto dell'Appennino Centrale (Piani di Gestione Acque 2000/60/CE e di gestione delle alluvioni 2007/60/CE - PS5, PL, PA, PAI con proposte di aggiornamento), è stata realizzata la ridefinizione e la ricomposizione del nuovo quadro della pericolosità idraulica sul reticolo principale in ambito comunale e la conseguente mappatura del rischio idraulico.

Tali attività hanno avviato un percorso di conoscenza che diventa imprescindibile, inderogabile e propedeutico alla restituzione del Fiume Tevere alla Città.

A partire da tale quadro, in riferimento al governo delle piene, nell'ambito delle attività strutturali e non strutturali previste (Dir.P.C.M.27/02/2004 - D.L.49/2010 – 2007/60/CE), sono stati indagati ed esplorati alcuni aspetti necessari alla prevenzione ed alla riduzione del rischio idraulico mirati alla gestione degli eventi di piena.

In particolare, i piani di gestione (Dir. 2007/60/CE D.L.49/2010 comma 3 lettera b) contengono una sintesi dei contenuti dei piani urgenti di emergenza predisposti ai sensi dell'articolo 67, comma 5, del decreto legislativo n. 152 del 2006, nonché della normativa previgente e tengono conto degli aspetti relativi alle attività di:

1. previsione, monitoraggio, sorveglianza ed allertamento posti in essere attraverso la rete dei centri funzionali
2. presidio territoriale idraulico posto in essere attraverso adeguate strutture e soggetti regionali e provinciali

3. regolazione dei deflussi posta in essere anche attraverso i piani di laminazione
4. supporto all'attivazione dei piani urgenti di emergenza predisposti dagli organi di protezione civile ai sensi dell'articolo 67, comma 5, del decreto legislativo n. 152 del 2006 e della normativa previgente.

In riferimento al punto 3, al controllo delle piene, l'attuazione del Piano di Laminazione (ai sensi della Dir-27/02/2004) ha previsto studi specifici sull'influenza che possono esercitare i volumi accumulabili negli invasi sulla formazione e propagazione dell'onda di piena a valle. In base ai risultati di tali valutazioni ed alle condizioni di esercizio delle singole dighe, si è arrivati all'individuazione degli invasi che potrebbero essere effettivamente utili alla laminazione delle piene. Per tali invasi le Regioni, con il concorso tecnico dei CFD (Centro Funzionale Decentrato), dell'Autorità di bacino e della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, d'intesa con i gestori, sotto il coordinamento della DPC (Dipartimento Protezione Civile), predisporranno e adotteranno un piano di laminazione preventivo. Gli obiettivi sono:

- mantenimento di una quota di invaso limitata per un determinato periodo di tempo coincidente con il periodo critico dell'anno per il verificarsi di eventi di piena
- esecuzione di manovre preventive e/o in corso di evento da attivare sulla base della previsione deterministica delle precipitazioni e dei deflussi attesi all'invaso, nonché sullo stato dell'invaso e della portata territorialmente sostenibile a valle dell'invaso, che consentano di rendere disponibile con un congruo anticipo i volumi preventivamente definiti.

A tale scopo, e per garantire l'attuazione del piano, gli studi si sono concentrati sull'ottimizzazione del Piano di Laminazione della diga di Corbara (Ipotesi di regolazione dei deflussi ai fini del governo delle piene nel bacino del Tevere – luglio 2005), attraverso una Convenzione tra l'Autorità di bacino del fiume Tevere e il Dipartimento della Protezione Civile. Tali studi hanno consentito di affermare che un efficiente utilizzo degli invasi del bacino del fiume Tevere in modalità dinamica non può prescindere dall'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT o GIS) funzionante a scala di bacino che consenta la comunicazione integrata ed omogenea dei sistemi modellistici di preannuncio in tempo reale dei CFD Lazio e CFD Umbria.

L'esame degli eventi verificatisi dal 2005 al 2014 ha evidenziato una serie di aspetti critici (laminazione statica e dinamica) che hanno portato ad una nuova proposta tecnica del piano di laminazione della diga di Corbara nell'anno 2016. Tale proposta ha trovato attuazione con la Delibere di Giunta Regionale (Lazio ed Umbria) di adozione formale del Piano (2018) e quindi Piano cogente per la componente statica. Per dare attuazione invece alla Componente Dinamica è stata redatta una Procedura Operativa tra tutti i soggetti coinvolti il 22 maggio 2019.

Gli eventi del 2008, 2011 e del 2014 hanno portato alla luce aspetti critici che sollecitano l'implementazione di una modellistica integrata a scala di bacino per la previsione delle piene del fiume Tevere. Il sistema modellistico previsionale di riferimento per l'intera asta del Tevere è ad oggi costituito dal modello EFFORTS–Tevere, implementato presso i CFD di Umbria e Lazio. Si tratta di un modello integrato idrologico ed idrodinamico operante in tempo reale atto alla previsione dei deflussi del fiume Tevere (livelli idrometrici e portate transitanti) su tutto il corso d'acqua principale e sui reticoli secondari in base alle previsioni dei modelli meteorologici e dei dati osservati. Ma, ad esempio, richiederebbero un periodico aggiornamento di alcuni parametri utilizzati dal modello e dati relativi, in particolare, alle sezioni geometriche dei corsi d'acqua e alle scale di deflusso.

A completamento del quadro, nell'ambito delle misure di mitigazione del rischio idraulico nel tratto in questione, sarebbe auspicabile implementare un sistema di preannuncio meteo-pluvio-idrometrico in tempo reale.

Si ritiene che debba essere inoltre condotta un'analisi mirata a garantire il libero deflusso, sia approfondendo il rilievo del fondo alveo, sia controllando la situazione natanti da un punto di vista ancoraggi, forse non ancora sperimentati in caso di sollecitazione da eventi calamitosi, sia valutando, dal punto di vista qualitativo gli impatti sulla qualità del fiume degli sfioratori di piena del sistema di drenaggio urbano in tempo di pioggia.

In generale, le attività negli ambiti sicurezza, navigabilità e stato dell'alveo, dovrebbero da un lato indurre a tenere alta la guardia sulla pericolosità del Tevere a Roma, senza farsi ingannare da un periodo idrologico piuttosto benevolo per quanto riguarda la frequenza delle piene del fiume, dall'altro dovrebbero contemplare interventi che tutelino la salvaguardia della vita umana e della qualità dell'habitat fluviale, secondo una prioritizzazione ed un'assegnazione di finanziamenti nel modo più opportuno, che consentano di prepararci ad eventi che, dal punto di vista probabilistico hanno frequenze attese significative.

### **6.3. Effetto dei CdF**

Nel contesto nazionale i Contratti di Fiume, anche sotto forma di contratti di Lago, Falda, Foce, Costa, Paesaggio Fluviale (compresi versanti, boschi e aree a Parco) costituiscono una vera innovazione, una rivoluzione pacifica, democratica e dal basso, per reagire al continuo diffondersi del dissesto idrogeologico e della precarietà di un territorio reso sempre più drammaticamente vulnerabile dall'eccessiva antropizzazione, dalla carenza di manutenzione, dall'abbandono dei territori montani e dall'assenza di politiche integrate di sviluppo. Rappresentano un modo innovativo e partecipato di gestire i territori fluviali, peraltro in coerenza con il preambolo 14 della direttiva

europea acque, che impone il coinvolgimento degli ‘utenti’ nelle decisioni da assumere per la gestione delle risorse idriche. Concorrono alla definizione ed all’attuazione degli strumenti di pianificazione di distretto a scala di bacino e sotto-bacino idrografico. Rappresentano un mezzo per il superamento della frammentazione istituzionale

La gestione delle risorse idriche ha sempre avuto un valore strategico nell’organizzazione delle società, rispecchiando il rapporto che gli uomini hanno con il territorio e la natura.

D’altro canto la tecnologia avanzata, l’approfondito sistema di conoscenze e l’articolata legislazione ambientale di cui possiamo disporre non sempre sono sufficienti a garantire la sicurezza idrogeologica dei bacini idrografici italiani ed europei, sia in virtù di un’accresciuta vulnerabilità, sia per le variazioni nell’uso del suolo (incluso l’abbandono di versanti terrazzati, ad esempio), sia per le variazioni nell’intensità e nella frequenza dei fenomeni meteorologici più intensi, anche in conseguenza dei cambiamenti climatici.

Tutto ciò ha già prodotto lo stato d’emergenza continuativo al quale stiamo assistendo in questi anni. Il collante che può tenere insieme le scelte di governo con gli interessi delle comunità locali, non può che essere una buona governance. Una governance basata sul coinvolgimento diretto dei cittadini nell’affrontare le scelte che li riguardano. Condividendo le decisioni, riportandole il più vicino possibile alle comunità locali, cioè là dove le decisioni hanno il loro effetto [\[45\]](#).

I Contratti di Fiume, diversamente, rappresentano un’opportunità per coinvolgere la base del governo dei bacini idrografici, avviando in termini pratici quella manutenzione del territorio che troppo spesso manca e che rappresenta un prerequisito fondamentale e per la prevenzione dei disastri naturali. Rendere la popolazione e i portatori d’interesse locali consapevoli e partecipi della necessità degli interventi manutentivi del territorio e organizzare questi attori in un accordo volontario ma contrattualizzato può consentire di dare continuità di intenti e di risorse alle azioni di prevenzione.

Tali aspetti positivi e forse peculiari dello strumento “Contratto di Fiume”, hanno fatto sì che, nell’ultimo decennio, esperienze di questo tipo si siano diffuse dall’iniziale contesto piemontese e lombardo (punti di “congiunzione” con i primi accordi, nati in Francia e Belgio), all’intero territorio italiano anche grazie alla creazione del Tavolo Nazionale, fino alla stesura nel 2010 della Carta Nazionale dei Contratti di Fiume (riportata integralmente sopra) e l’inserimento nel 2013 dei CdF tra gli strumenti della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.

A partire dal 2014, grazie soprattutto al lavoro del Tavolo Nazionale e degli attori che vi partecipano, hanno quindi portato a proporre un emendamento al Testo Unico Ambientale (D.lgs. 152/2006) a proposito dei Contratti di Fiume, al quale a distanza di un anno ha fatto seguito, in una sinergia fra Tavolo Nazionale, Ministero dell’Ambiente ed ISPRA, la stesura di un documento sui criteri di qualità dei processi ai fini dell’armonizzazione degli approcci metodologici in atto.

Il X Tavolo Nazionale ha permesso di perfezionare il documento sui requisiti qualitativi di base dei

Contratti di Fiume (riportato integralmente sopra) e preannunciare l’attesa modifica normativa, poi regolarmente avvenuta con Legge 28 dicembre 2015, n. 221.

I Contratti di Fiume, di Lago, Costa e di Foce sono ormai presenti in ogni parte del territorio nazionale e rappresentano un diffuso esempio di partecipazione volontaria e sperimentazione di democrazia diretta. Una forma di governance attraverso la quale decisioni più consapevolmente maturate dalla popolazione e dai portatori d’interesse diventano operative e durature poiché frutto di un processo di reale condivisione.

#### **6.4. Monitorare l’efficacia dei CdF come strumento per azioni correttive**

I Contratti di Fiume “perseguono la tutela, la corretta gestione delle risorse idriche e la valorizzazione dei territori fluviali, unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale di tali aree” (art. 68 bis del D.Lgs 152/06). Monitorare un CdF significa fornire indicazioni sull’applicazione di questo “strumento volontario di programmazione strategica e negoziata” che concorre “alla definizione e all’attuazione degli strumenti di pianificazione di distretto a livello di bacino e sottobacino idrografico” per perseguire gli obiettivi “fondamentali” [\[46\]](#) citati e previsti dalla normativa, ovvero:

- tutela e corretta gestione delle risorse idriche: il “buono stato” dei corpi idrici (Direttiva 2000/60);
- la salvaguardia dal rischio idraulico: la riduzione del rischio (Direttiva 2007/60);
- la valorizzazione dei territori fluviali e lo sviluppo locale delle stesse aree: questi obiettivi sono meno chiaramente definiti ma è facile interpretarli nel senso di migliorare
  - le condizioni degli ecosistemi dei territori fluviali (Direttiva Habitat);
  - le condizioni sociali ed economiche degli abitanti del bacino idrografico (possibilità di “usare” le acque e il fiume, per attività economiche - prelievi e scarichi - o per il tempo libero - fruizione).

Per monitorare le performance di un CdF è innanzi tutto necessario verificare se vengono raggiunti gli obiettivi previsti dalle principali Direttive di settore (Acque, Rischio, Habitat) integrando a livello di processo di CdF il monitoraggio già previsto da queste direttive.

Questo “livello” di monitoraggio, che valuta il raggiungimento degli obiettivi “fondamentali” – pur necessario e di grande importanza – ha due limiti significativi:

1. non permette di evidenziare il contributo del CdF al raggiungimento degli obiettivi,



distinguendolo dal contributo delle altre misure, previste ed attuate sul bacino, indipendentemente dal CdF

2. monitora grandezze che variano molto lentamente: migliorare le condizioni di un corpo idrico – infatti – richiede tempi che variano da diversi anni a più di 2/3 decenni.

La checklist di autovalutazione che sta proponendo l'osservatorio italiano sui CdF [\[47\]](#), si propone come strumento di lavoro che permette di tenere costantemente sotto-controllo l'evoluzione del CdF, e consente di verificare, attraverso le attività svolte ed i risultati conseguiti, il raggiungimento degli obiettivi da raggiungere, identificando eventuali ambiti di miglioramento in termini di efficacia del processo.

La checklist di autovalutazione è uno strumento utile a chi gestisce i CdF per verificarne l'andamento e sarà integrata nella Piattaforma Nazionale dei Contratti di Fiume mettendo a disposizione informazioni utili all'Osservatorio. Gli obiettivi del monitoraggio attraverso la Checklist sono quindi:

- favorire l'autovalutazione di ogni singolo processo di CdF attivato su un determinato territorio
- monitorare l'evoluzione dello strumento sul territorio nazionale (dal punto di vista della diffusione e riconducibilità ai criteri di qualità generali)

La valutazione dei singoli CdF consente inoltre di evidenziare attraverso l'analisi delle diverse fasi del processo e delle azioni realizzate, la capacità di rispondere a criteri e requisiti di qualità ed eventualmente se necessario contribuire ad un suo riorientamento.

## **6.5. CdF: verso uno strumento di adattamento ai cambiamenti climatici**

I Contratti di Fiume, mettendo la governance partecipata al centro del proprio processo formativo e gestionale, realizzano un elemento fondamentale della gestione di un bacino idrografico, come le normative europee ci segnalano, in particolare le Direttive 2000/60/CE e 2007/60/CE: la partecipazione pubblica [\[50\]](#).

Per la gestione di un bacino idrografico infatti sono diverse le competenze necessarie e i settori che devono essere toccati: agricoltura, idroelettrico, usi idropotabili dell'acqua e depurazione, pericoli naturali, gestione forestale, ecc. In tal senso, oltre all'expertise istituzionale gioca un ruolo decisivo

il know how locale. Diversi settori coinvolti significa infatti diversi attori e diversi stakeholder, ognuno dei quali deve essere raggiunto con un “linguaggio” adeguato.

Ulteriore elemento chiave per una buona governance dei bacini idrografici è facilitare il dialogo fra i diversi enti coinvolti, sia che si tratti di diverse Regioni, sia che si coinvolgano diversi ordinamenti nazionali; come pure è fondamentale, e mai banale, il dialogo verticale fra i diversi livelli amministrativi.

Il territorio e l’interesse per lo sviluppo sostenibile del bacino devono essere comunque al centro dell’attenzione, sia che il processo parta dal basso, sia che parta dal vertice. Enti, autorità locali e pubblico infatti devono essere coinvolti per raccogliere il know how locale. La partecipazione pubblica è imprescindibile e necessita di essere valorizzata e promossa anche nei suoi approcci su base volontaria più bottom up, come i Contratti di Fiume.

È preferibile privilegiare un approccio olistico alla gestione dei bacini idrografici, che coinvolga tutti i settori e gli attori che si interfacciano con la gestione dell’acqua e del territorio; quando la base (intesa come popolazione e stakeholder del territorio) non è pronta a dialogare con strumenti volontaristici, tocca ai Governi il compito di stimolare il dialogo e una governance partecipativa.

Non appare un valido ed efficace stimolo ad una governance partecipativa il tentativo di coinvolgere amministratori locali e cittadini con troppi procedimenti che riguardano un solo oggetto: il bacino idrografico.

I percorsi partecipativi istituzionalmente creati per l’implementazione delle normative U.E. finalizzati all’approvazione dei piani di gestione delle direttive “Acqua” e “Alluvioni” hanno chiaramente evidenziato come talvolta manchi il dialogo fra i diversi livelli: Istituzionale e Stakeholder.

Per rendere questi processi realmente partecipativi è necessaria una “funzione di mediazione” ovvero un’attività che riesca ad andare oltre una impostazione di mera informazione o d’adempimento a processi richiesti dalle norme che coinvolga cioè tecnici e amministratori locali e utenti/cittadini ponendo al centro l’oggetto “fiume” o “bacino idrografico” e le problematiche che direttamente caratterizzano le rispettive realtà.

Si tratta quindi di rappresentare i territori, di proporre scenari specifici all’interno di un quadro più generale per stimolare e raccogliere contributi capaci di costruirne una “visione”.

I contratti di fiume, nella consapevolezza della necessità dell’ampio coinvolgimento di stakeholder ed enti territoriali nelle tematiche in materia di gestione integrata delle risorse idriche e dei rischi naturali, attraverso le attività dei propri gruppi di lavoro e attraverso iniziative, progettuali integrate (acqua-agricoltura-energia-ecosistema...), supportano attivamente il confronto e le soluzioni a

livello locale e regionale al fine di favorire le migliori (buone) pratiche nella prospettiva di sviluppo del ruolo delle Istituzioni e dei contenuti normativi.

Un processo di revisione normativa anche a livello di direttive UE “Acqua” e “Alluvioni”, infatti, dovrebbe anche tenere conto di queste opportunità attraverso l’integrazione del concetto di partecipazione pubblica. Simile integrazione è auspicabile anche per le attività di implementazione ed aggiornamento della pianificazione che riguarda il fiume prevista dalle direttive “Acqua” e “Alluvioni”.

Ciò è particolarmente valido nei luoghi in cui il rapporto simbiotico delle popolazioni con un territorio estremamente vulnerabile rende ancor più fondamentale questo approccio al patrimonio di conoscenze autoctone. La ridotta disciplina normativa di livello europeo prodotta riguardo ai bacini montani, rende possibile, se non necessaria, la ricerca di soluzioni fortemente radicate sul know how locale.

Dove il territorio è pronto, gli approcci bottom up come i Contratti di Fiume si rivelano un’insostituibile strumento di coinvolgimento ed una efficace risposta di adattamento ai cambiamenti climatici.

Costituiscono inoltre un efficace strumento di dialogo tra Istituzioni e pubblico/stakeholder a livello locale, specialmente dove si riscontrino viscosità e problematiche nel coinvolgimento e nel dialogo derivanti da particolari caratterizzazioni (es. dimensione intra-regionale delle problematiche in territori di confine, problemi di territori a valle generate a monte, sovrapposizione di interessi locali pubblici e privati).

In situazioni di criticità è indispensabile una “funzione di mediazione”, il supporto al dialogo fra stakeholder, deve integrarsi col dialogo coi diversi portatori d’interesse e i diversi enti al fine di facilitare un processo che pur nascendo dalle istituzioni raggiunga gli attori del territorio.

Rilevante ed importante, qualsiasi sia il livello di partenza della cooperazione, in tema di Contratti di Fiume, è dedicare attenzione alla comunicazione pubblica, al dialogo e alla mediazione fra i diversi livelli amministrativi. Si guarda con grande interesse alla formazione, all’apprendere cioè come stimolare una partecipazione pubblica che possa coinvolgere e incentivare iniziative e propositività dal basso.

La consapevolezza ormai diffusa a tutti i livelli individua come snodo importante la necessità di un sentimento di riappropriazione del “Fiume” per accrescere la consapevolezza e l’interessamento di pubblico e stakeholder alla gestione dei bacini idrografici tramite un più completo e corretto sviluppo della comunicazione.

Utile a tal fine è avvalersi di esperti di comunicazione, sia interna - fra diverse istituzioni, diversi livelli amministrativi, nonché fra diversi uffici dello stesso ente - che rivolta all'esterno poiché, sovente non si riesce ancora a raggiungere il grande pubblico, la cittadinanza vera e propria, il semplice cittadino, salvo pochissimi interessati. In questo può aiutare anche il coinvolgimento pubblico attraverso attività ludico-ricreative, la comunicazione nelle scuole.

Anche sistemi di allarme GPS oriented appositamente pensati, possono facilitare l'avvicinamento di popolazione e stakeholder alla gestione del fiume; in ciò è fondamentale trovare gli opportuni finanziamenti per attuare gli interventi necessari.

Un approccio unitario e trasversale a queste tematiche può facilitare il reperimento di fondi. Integrare la partecipazione pubblica nella governance e integrare la Direttiva Quadro sulle Acque, la Direttiva Alluvioni e la Direttiva Habitat in un'ottica di approccio olistico facilita una buona costruzione e la riuscita dei progetti anche sotto il profilo del loro finanziamento. I progetti devono inoltre garantire opportune azioni pilota per l'attuazione delle misure.

La sfida da cogliere anche attraverso i progetti di cooperazione è dunque quella di rendere i governi locali sempre più in grado di influenzare la politica europea. Per dare chances a queste istanze del territorio i Contratti di Fiume (o i memorandum of understandings e gli altri accordi di gestione congiunta esistenti) giocano un ruolo decisivo e confermano la loro principale vocazione di forza propulsiva che dal basso spinge verso l'alto. Non bisogna perdere di vista comunque gli effetti a breve termine, pur avendo la consapevolezza di lavorare su scale temporali più che a lungo termine.

I CdF sono stati di fatto annoverati tra le misure di adattamento ai cambiamenti climatici previste nel PNACC 2017 (Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici).

## **7. Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici**

I cambiamenti climatici rappresentano e rappresenteranno in futuro una delle sfide più rilevanti su scala globale. I risultati dell'ultimo rapporto di valutazione dell'IPCC AR5-WGIII (IPCC 2014a) evidenziano che l'Europa meridionale e l'area mediterranea nei prossimi decenni dovranno fronteggiare gli impatti più significativi dei cambiamenti climatici e saranno fra le aree più vulnerabili del pianeta. L'innalzamento delle temperature, l'aumento della frequenza degli eventi estremi (siccità, ondate di calore, precipitazioni intense) e la riduzione delle precipitazioni annuali rappresentano gli indicatori di impatto più rilevanti per l'Europa meridionale. Inoltre, i cambiamenti climatici potrebbero amplificare le differenze fra regioni e fra Nazioni in termini di qualità di risorse naturali, ecosistemi, salute e condizioni socio-economiche.

Per far fronte a questa problematica, le politiche climatiche adottate a livello internazionale hanno individuato come elementi fondamentali sia la riduzione delle emissioni di gas serra, sia l'adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici. Nel corso degli ultimi anni, è emersa in particolare la necessità di promuovere a vari livelli e scale l'adozione di strategie e azioni di adattamento ai cambiamenti climatici.

Nell'aprile 2013, l'Unione Europea ha formalmente adottato la Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, nella quale sono stati definiti principi, linee-guida e obiettivi della politica comunitaria in materia di adattamento ai cambiamenti climatici, con l'obiettivo di promuovere visioni nazionali coordinate e coerenti con i piani nazionali per la gestione dei rischi naturali e antropici. La valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici, la stima della vulnerabilità e l'adattamento sono diventati perciò compiti prioritari per tutti gli Stati membri. Ad oggi, sebbene i Paesi dell'Unione Europea si trovino a diversi stadi di preparazione e sviluppo delle strategie e dei piani nazionali per l'adattamento ai cambiamenti climatici, si può affermare che la quasi totalità dei Paesi membri stia lavorando in linea con le direttive della Strategia europea.

In Italia il primo passaggio per la definizione delle azioni e delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici è stato la pubblicazione della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC). In questo documento sono stati individuati i principali impatti dei cambiamenti climatici per una serie di settori socio-economici e naturali e sono state proposte azioni di adattamento a tali impatti. La SNAC è stata approvata con decreto direttoriale n.86 del 16 giugno 2015. Per dare attuazione a tale decreto direttoriale, a maggio 2016 è stata avviata l'elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Il PNACC è il risultato di un processo di dialogo, coinvolgimento e interazioni multisettoriali fra enti, territori, decisori politici, esperti e ricercatori, con l'obiettivo ultimo di identificare un set di attività connesse e sinergiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Il PNACC si propone di dare impulso all'attuazione della SNAC con l'obiettivo generale di offrire uno strumento di supporto alle istituzioni nazionali, regionali e locali per l'individuazione e la scelta delle azioni più efficaci nelle diverse aree climatiche in relazione alle criticità che le connotano maggiormente e per l'integrazione di criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti già esistenti.

L'obiettivo generale si declina in quattro obiettivi specifici: contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali, sociali ed economici agli impatti dei cambiamenti climatici, incrementare la capacità di adattamento degli stessi, migliorare lo sfruttamento delle eventuali opportunità e favorire il coordinamento delle azioni a diversi livelli.

Per rispondere a tali obiettivi, il Piano propone le azioni che possono essere più efficaci in materia di adattamento e dà indicazioni sulle tempistiche di attuazione e sugli enti e gli organismi di riferimento per la loro implementazione, fornendo ai decisori elementi scientificamente rigorosi, utili per le relative scelte.

## **7.1. Impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche**

Gran parte degli impatti dei cambiamenti climatici sono riconducibili a modifiche del ciclo idrologico e al conseguente aumento dei rischi che ne derivano. Le risorse idriche sono fondamentali per lo sviluppo sostenibile. La sicurezza idrica è un requisito fondamentale per una crescita equa e sostenibile, per la competitività delle imprese e la tutela dell'ambiente naturale. In questa sezione si intende fornire un quadro di sintesi sull'aggiornamento dei contenuti presentati nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), [\[48\]](#) fornendo ove possibile maggiori dettagli rispetto ai possibili impatti del cambiamento climatico in termini di disponibilità delle risorse idriche. Vengono inoltre esaminati i rischi derivanti dal mutamento del ciclo idrico.

La quantità delle risorse idriche rinnovabili in Italia corrisponde a circa 116 miliardi di m<sup>3</sup>. Non sono disponibili i dati recenti sui volumi di acqua effettivamente utilizzabili, stimati dalla SNAC attorno ai 52 miliardi di m<sup>3</sup>. I principali settori utilizzatori della risorsa sono l'agricoltura (circa 20 miliardi di m<sup>3</sup>), l'idropotabile (9,5 miliardi di m<sup>3</sup>) e l'industria manifatturiera (5,5 miliardi di m<sup>3</sup>). L'impiego nella produzione di energia non comporta maggiori consumi idrici rispetto alla disponibilità attuale. Si noti tuttavia come il raffreddamento degli impianti termoelettrici utilizzi circa 18,4 miliardi m<sup>3</sup>, di cui soltanto l'11,5% da acque interne. Da questo quadro emerge un impiego di oltre il 30% delle risorse rinnovabili disponibili nel nostro paese, ben superiore alla soglia del 20% indicata dall'obiettivo di un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (EC 2011 a, b). Di conseguenza l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) ha classificato l'Italia come

un paese soggetto a stress idrico medio-alto. Inoltre, la distribuzione della disponibilità e del fabbisogno della risorsa idrica è caratterizzata da una forte disomogeneità a livello subnazionale.

L'assetto idrico comprende oltre 9.000 corpi naturali – definiti come significativi ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006 – ed artificiali, composti dai canali di scolo e irrigazione, di lunghezza pari a oltre 180.000 km. I grandi invasi possono regolare un volume di risorsa corrispondente ad oltre 12 miliardi di m<sup>3</sup>.

Il cambiamento climatico potrebbe agire in modo più o meno diretto sulla qualità delle risorse idriche alterandone sia i parametri fisici (es. temperatura, pH, torbidità, stratificazione termica) che chimici (es. concentrazione di nutrienti, sostanza organica, ossigeno disciolto, metalli pesanti) con conseguenze a cascata su caratteristiche biologiche ed ecologiche (es. concentrazione di fitoplancton, composizione e struttura delle comunità).

La valutazione di questi impatti risulta però particolarmente complessa dovendo prendere in considerazione non solo i processi legati agli effetti del cambiamento climatico sul ciclo idrologico, ma anche le numerose interazioni con la componente antropogenica (Carvalho and Kirika 2003; Greig et al. 2011). In particolare, risulta problematico determinare se gli impatti e le alterazioni osservate possano essere direttamente attribuibili al cambiamento climatico o ad altre perturbazioni di tipo antropico che insistono sui corpi d'acqua sia dal punto di vista qualitativo (es. eccessivo rapporto di nutrienti dovuto alle pratiche agricole o a scarichi civili) che quantitativo (es. il prelievo sulle riserve di acqua sotterranee e superficiali a scopi irrigui).

Ciononostante, la determinazione dell'impatto del cambiamento climatico sullo stato qualitativo ed ecologico dei corpi idrici costituisce un aspetto fondamentale nella definizione dei requisiti di qualità ambientale delle acque definiti dalla normativa nazionale ed europea (Direttiva 2000/60/UE o Direttiva Quadro sulle Acque – DQA, Commissione Europea, 2000; D.lgs. 152/2006). In futuro, gli obiettivi di qualità definiti dagli stati membri potrebbero risultare inadeguati considerando la possibile variazione delle condizioni di riferimento dei corpi idrici indotta dalla forzante climatica (Kernan 2015).

Risultano così preferibili le azioni di adattamento dirette a colmare il gap conoscitivo in termini di disponibilità e qualità dell'acqua su scala nazionale e sub-nazionale, sotto il regime climatico attuale e futuro (breve e medio-lungo periodo), e le riforme dell'assetto governativo tra cui il regime concessionario e dei canoni demaniali relativi all'uso di acqua. Nel prossimo ciclo di pianificazione di tutela e uso delle risorse idriche dei distretti idrografici, i possibili mutamenti del ciclo idrologico dovrebbero basarsi su un ensemble di modelli climatici regionali e di simulazioni idrologiche, tenendo conto delle maggiori pressioni antropiche derivanti dai prelievi per gli usi irrigui e potabili, così come delle immissioni puntuali e diffuse degli inquinanti. Gli attuali strumenti di gestione delle crisi idriche dovranno gradualmente trasformarsi in strumenti per una gestione consolidata del rischio in tutti i settori idro-esigenti.

## **7.2. Variazioni qualitative e quantitative delle risorse idriche**

La presente sezione esamina le variazioni quantitative e qualitative delle Risorse Idriche (RI) provocate dai cambiamenti climatici, ed i rischi associati a tali variazioni per i molteplici utenti e usi dell'acqua. L'analisi considera inoltre l'infrastruttura idrica composta dai corpi idrici naturali e artificiali ai sensi del Decreto Legislativo 152/2006.

Con riferimento al Rapporto Scientifico della SNAC (MATTM 2014a), il presente contributo si pone come un aggiornamento sulla base degli studi pubblicati negli anni successivi alla redazione della Strategia e un approfondimento degli aspetti chiave ai fini del PNACC (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici). La pubblicazione del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2014a), e di altri studi importanti, rende doveroso l'aggiornamento dello stato sulle conoscenze relative ai rischi climatici. Inoltre, la realizzazione dei piani di gestione dei bacini idrografici e dei piani di gestione del rischio di alluvioni, uniti ai recenti sviluppi normativi e gestionali su temi contigui alla gestione delle RI, dimostrano la necessità di specificare e approfondire le azioni volte a favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici e alla sicurezza idrica.

Sia nel lavoro dell'IPCC che della SNAC il rischio idrico è considerato in riferimento alle quantità di deflusso e accumulo della risorsa oltre che allo stato ecologico dei corpi idrici. Particolare attenzione è dedicata al tema della sicurezza idrica rispetto all'approvvigionamento e alla distribuzione sostenibile, equa e accessibile della risorsa.

Sul versante del rischio, il cambiamento climatico interagisce con il ciclo idrico a scala regionale e globale attraverso molteplici forzanti date dall'aumento della temperatura. Tra esse figurano l'umidità atmosferica, l'evapotraspirazione, la quantità, distribuzione e forma delle precipitazioni e lo scioglimento dei ghiacciai. Tale rischio si manifesta in termini di quantità, distribuzione e forma delle precipitazioni, deflusso e accumulo dell'acqua e umidità del suolo. Sul versante della sicurezza idrica il cambiamento climatico agisce come aggravante delle intrinseche vulnerabilità dei settori idro-esigenti, quali l'idropotabile, l'agricolo e l'energetico. Il processo di adattamento ai cambiamenti climatici di tali settori dipende dalla loro capacità di ridurre il fabbisogno della risorsa, da un suo impiego più efficace ed efficiente, e dall'esplorare fonti idriche alternative, sostenibili e rinnovabili.

Le RI sono differenziate sulla base delle forme di disponibilità. Si distingue quindi tra acque blu contenute nei corpi idrici superficiali e sotterranei (unicamente alle acque dolci); acque verdi, responsabili nel determinare l'umidità del suolo; e acque bianche e grigie, ossia acque reflue



usufruibili a seguito del loro trattamento e depurazione. Sono inoltre inclusi i ghiacciai come “serbatoi” di accumulo della risorsa, resa in seguito disponibile attraverso il loro scioglimento.

### **7.3. Assetto idrico Italiano**

Sono stati recentemente pubblicati nuovi dati (Dati resi disponibili dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), e dall'Agenzia Ambientale Europea (EEA) che aggiornano le statistiche sulla disponibilità e sull'utilizzo dell'acqua in Italia. Secondo le stime dell'Istituto nazionale di statistica (ISTAT 2015), l'afflusso meteorico medio annuo in Italia ammonta a 241 miliardi di m<sup>3</sup> nel trentennio 1971-2000. Nello stesso periodo la precipitazione media registrata corrisponde mediamente a circa 800 mm/anno e risulta lievemente aumentata (+1,8%) nell'ultimo decennio (2001-2010). Secondo le stime dell'ISTAT, l'evapotraspirazione reale è di 156 miliardi di m<sup>3</sup> pari al 65% delle precipitazioni. Complessivamente confluiscono a mare 116 miliardi di m<sup>3</sup> di risorsa idrica, compresi gli apporti provenienti dai territori confinanti all'Italia che sono pari a 30 miliardi di m<sup>3</sup>. In termini di riserva idrica, la ricarica degli acquiferi ammonta a 55 miliardi di m<sup>3</sup>.

Secondo un recente censimento (Smiraglia and Diolaiuti 2015) l'estensione totale dei ghiacciai è pari a una superficie di 116 miliardi di m<sup>3</sup> (368 km<sup>2</sup>) e rappresenta 18% di tutti i ghiacciai presenti nell'intero arco alpino. Rispetto alle rilevazioni condotte nel periodo 1959-1962, tale superficie risulta ridotta del 30% (159 km<sup>2</sup>). Un addizionale volume di risorsa disponibile è rappresentato dalle acque reflue recuperate dopo la depurazione. Nel 2014 i carichi di sostanze organiche biodegradabili confluiti in impianti di depurazione delle acque reflue urbane con trattamento secondario e avanzato ammontano a circa 70 milioni di abitanti equivalenti (Abitante equivalente: corrisponde al carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno (D.Lgs. 152/06 art. 74-Definizioni).

I Piani di Gestione dei Bacini Idrografici ([www.direttivaacque.minambiente.it/](http://www.direttivaacque.minambiente.it/)) redatti dalle autorità competenti, non disponibili ai tempi di stesura della SNAC, riportano il numero dei corpi idrici e il corrispondente stato ecologico. Complessivamente sono stati individuati 8.600 corpi idrici superficiali, di cui 7.644 fluviali di una lunghezza media pari a 1.236 km; 300 corpi lacustri la cui estensione media è di 7 km<sup>2</sup>; 181 corpi di acqua di transizione e 489 corpi di acque costiere. Il numero di corpi idrici sotterranei ammonta a 733 con una superficie media di 275 km<sup>2</sup> (EC 2012a). I corpi idrici superficiali sono classificati in 600 diversi tipi. L'assenza di dati non permette di stimare la percentuale di corpi idrici che ha raggiunto gli obiettivi qualitativi della 2000/60/CE (Direttiva quadro sulle acque - DQA). Le aree naturali protette censite ai fini della DQA superano le 11.000 unità. Le infrastrutture idriche sono costituite dai canali di irrigazione e di scolo. Complessivamente, la rete irrigua si estende fino a 23,2 mila km di cui 13,6 mila km a cielo aperto

(Zucaro et al. 2011). Il volume invasabile (autorizzato) dei serbatoi di competenza del Registro delle Grandi Dighe ammonta a 12,1 miliardi di m<sup>3</sup>. Queste stime comprendono gli sbarramenti che regolano il deflusso dei grandi laghi naturali (ISPRA 2015a). A tali volumi si aggiungono quelli dei piccoli invasi con sbarramenti inferiori o uguali a 15 metri oppure volumi di invaso inferiori o uguali a 1 milione di m<sup>3</sup>.

Per la prima volta l'ISTAT ha effettuato una stima dell'uso di acqua che include anche gli usi industriale ed energetico (ISTAT 2016a), oltre all'uso civile (ISTAT 2014a) e agricolo (ISTAT 2013) (ISTAT 2014b). Secondo tali stime, risulta che il prelievo di acqua ad uso potabile è in aumento (6,6% rispetto all'inizio della serie storica di 13 anni) e ammonta a 9,5 miliardi di m<sup>3</sup>. Di questi, circa l'85% proviene da acque sotterranee mentre il 15% da acque superficiali (Il dato è riferito all'anno 2012. L'indagine periodica sull'uso di acqua potabile verrà aggiornata alla fine del 2016).

Solamente 8,4 miliardi di m<sup>3</sup> (ovvero 385 litri per abitante al giorno) sono immessi nelle reti comunali di distribuzione dell'acqua potabile. Le dispersioni di rete (le dispersioni sono calcolate come differenza percentuale tra i volumi immessi ed erogati. Le dispersioni non derivano esclusivamente dalle perdite dovute alle rotture nelle condotte. Inoltre sono inclusi anche i consumi non autorizzati e gli errori di misura) ammontano al 37,4% (in aumento di oltre il 5% rispetto alla precedente indagine svolta nel 2008) e sono dovute non solo alle perdite derivanti dalle rotture nelle condotte, ma anche dai consumi non autorizzati e dagli errori di misura (L'ISTAT evidenzia che la maggiore diffusione dei contatori, particolarmente all'utenza finale, ha rilevato criticità precedentemente non individuate). Il volume erogato agli utenti corrisponde a 241 litri pro capite (in diminuzione del 5% rispetto al 2008). Escludendo i volumi d'acqua non fatturata, il consumo medio giornaliero si abbassa ulteriormente a 228 litri per abitante.

I settori più idro-esigenti sono quelli della chimica e dei prodotti chimici (681 milioni di m<sup>3</sup>), affiancati dal settore della gomma e delle materie plastiche (645 milioni di m<sup>3</sup>). Per il raffreddamento degli impianti termoelettrici sono utilizzati complessivamente 18,4 miliardi di m<sup>3</sup> di cui soltanto l'11,5% proviene da acque interne. Da queste sono prelevati ulteriori 75,4 milioni di m<sup>3</sup> utilizzati nel processo di produzione degli impianti termoelettrici, per scopi diversi dal raffreddamento. Il fabbisogno di acqua utilizzata nei processi di produzione manifatturiera ammonta a 5,5 miliardi di m<sup>3</sup> con l'impiego di 8,8 litri di acqua per ogni euro di produzione. Secondo il 6° Censimento Generale dell'Agricoltura, l'estensione dell'area agricola irrigata ammonta a 24.800 di km<sup>2</sup>, pari a circa il 20% della superficie agricola utilizzata (SAU), (ISTAT 2014b). Nell'annata agricola 2009-2010 i volumi di acqua dedicati all'irrigazione sono stati pari a 11,6 miliardi di m<sup>3</sup>. Tra il 2012 e il 2013 la superficie irrigata è aumentata del 23,5% sino a raggiungere i 30.000 km<sup>2</sup> (ISTAT 2016a).

## **7.4. Stato delle conoscenze scientifiche su impatti e vulnerabilità**

In riferimento agli aspetti quantitativi, il Quinto Rapporto del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (AR5 - Fifth Assessment Report – IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - 2014) ha corredato un quadro sullo stato della conoscenza globale e regionale sui fenomeni collegati all'aumento della temperatura e i possibili impatti sulla disponibilità delle RI. In primo luogo, AR5 conferma che il riscaldamento del clima è inequivocabile e che i cambiamenti climatici non hanno precedenti su una scala multi-decadale, centenaria o addirittura millenaria. Rispetto ai rapporti precedenti (IPCC 2007a, 2012), AR5 ha riportato un maggiore livello di certezza e grado di confidenza per le stime che riguardano alcuni fenomeni rilevanti. In futuro si osserverà una riduzione della quantità della risorsa idrica rinnovabile, sia superficiale che sotterranea, in quasi tutte le zone semi-aride. Al contrario, nelle alte latitudini si prospetta un aumento di disponibilità della risorsa. Un aspetto ancora incerto è l'impatto che avrà la trasformazione della vegetazione – sostenuta a sua volta dalle maggiori concentrazioni dei gas serra e dalla temperatura – sulle RI (Jiménez Cisneros et al. 2014).

Le proiezioni delle precipitazioni sono soggette a maggiori incertezze, dovute alle divergenze tra i modelli climatici regionali (Regional Climate Models, RCM). Secondo lo scenario di media confidenza è probabile che il cambiamento climatico renderà più frequenti sia gli eventi di siccità meteorologica che agricola (dovuta a un decremento dell'umidità di suolo) nelle zone semi-aride. Probabilmente (media convergenza degli studi) il verificarsi di queste proiezioni aumenterà la frequenza di eventi siccitosi idrologici. A loro volta, le variazioni di portata impatteranno in maggior misura gli ecosistemi fluviali e la qualità della risorsa idrica.

L'Agenzia Ambientale Europea (European Environment Agency, EEA) ha sviluppato e aggiornato periodicamente un elenco di 46 indicatori climatici (EEA 2014a). La maggior parte di essi si basa sulle proiezioni regionali secondo gli scenari RCP (Regional Concentration Pathways), mentre alcuni indicatori fanno ancora riferimento agli scenari SRES (Special Report on Emission Scenarios). Le valutazioni dell'EEA considerano prevalentemente il medio-lungo periodo e riportano come esempi gli scenari più estremi. La maggior parte delle proiezioni è consultabile attraverso il portale Climate Adapt ([climateadapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/map-viewer](http://climateadapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/map-viewer)).

Inoltre, EEA ha elaborato una recente sintesi sugli eventi estremi meteo-climatici in Europa (van der Linden et al. 2015) ed è attualmente in corso la redazione della quarta edizione del rapporto su Cambiamenti climatici, impatti e vulnerabilità (CCIV). A questi rapporti si uniscono altre analisi relative all'uso efficiente delle RI (EEA 2012a, b, 2013a, 2015a, b, 2016a).

Tra i recenti studi che riguardano l'intero continente Europeo ve ne sono diversi da evidenziare (Jacob et al. 2014) (Prudhomme et al. 2013) (Ciscar et al. 2014) (Forzieri et al. 2014) (Roudier et al.

2015). Le analisi del progetto PESETA II (Ciscar et al. 2014) sono basate su proiezioni di medio-piccola scala (~25 km), per 3 diversi scenari climatici, e un singolo modello idrologico di larga scala (LISFLOOD). Nonostante le consistenti differenze tra i vari modelli climatici sulla scala europea, il quadro tratto per l'Italia risulta piuttosto omogeneo. I risultati mostrano una forte diminuzione delle precipitazioni estive sull'intero territorio nazionale ad eccezione delle Alpi, mentre le precipitazioni invernali sembrano in aumento nell'Italia settentrionale e in diminuzione per il Mezzogiorno e le isole. Lo stesso quadro si presenta in alcuni scenari anche lungo la costa dell'Adriatico fino alla foce del Po.

L'ensemble utilizzato da Forzieri et al. (2014) è composto da 12 proiezioni derivate da 4 GCM (Global Circulation Model) e 7 RCM (Regional Climate Model) per un singolo scenario utilizzate come input per il modello idrologico LISFLOOD. L'analisi considera anche le derivazioni antropiche di acqua provenienti dal modello WaterGAP3 in cui si ipotizza un aumento dell'acqua prelevata nell'ordine tra il 5% e 25% nel Nord e Centro ed una diminuzione nel resto d'Italia. Secondo l'analisi, l'impatto del forzante climatico sulle portate basse diventa pronunciato dagli anni 2050 (2041–2070) e diminuisce successivamente fino ad oltre il 40% per le portate corrispondenti al tempo di ritorno (TR) di 20 anni. Questo risultato deriva da una riduzione della precipitazione e dell'aumento dell'evapotraspirazione in seguito alle temperature più alte. Un'ulteriore diminuzione delle portate (10-15%) è causata dall'aumento delle derivazioni antropiche.

L'analisi di Roudier et al. (2016) si basa su 11 proiezioni regionali climatiche relative a più scenari, e tre modelli idrologici di larga scala. A differenza degli studi precedenti, gli autori hanno confrontato le varie proiezioni per il trentennio in cui il forzante GCM giungeva all'aumento di 2°C di temperatura media globale rispetto ai livelli preindustriali. Il risultato dell'analisi è una diminuzione fino ad oltre 15% di portate basse corrispondenti al TR di 10 anni. Si è riscontrata però un'ampia discordanza tra i modelli anche per quanto riguarda il segno di cambiamento determinato sul primo e terzo quartile della distribuzione di possibili mutamenti che considerano l'intero territorio italiano.

Ulteriori studi hanno approfondito gli impatti dei cambiamenti climatici sulle RI a livello nazionale e sub-nazionale, tra i quali sono da evidenziare Pumo et al. (2016), Ravazzani et al. (2014), Romano and Preziosi (2013) e Vezzoli et al. (2015).

In generale, la maggior parte delle analisi si concentra sui distretti e i bacini idrografici più grandi ed importanti.

Coppola et al. (2014) hanno utilizzato 2 modelli climatici (REMO e REGCM), come input di 8 simulazioni idrologiche nella parte alta del bacino del Po, confrontano lo scenario di medio-lungo termine (2020-2050) con la baseline storica (1960-1990). I risultati dimostrano un anticipo del picco di portata primaverile da Maggio ad Aprile, a causa dell'accelerato scioglimento della neve. Il deflusso risulta in diminuzione per l'intero anno ad eccezione del periodo invernale. La variazione

del deflusso invernale è concentrata nella parte settentrionale del bacino, in aumento del 40% nelle zone di alta quota, mentre le parti pianeggianti registrano un aumento del 20%. In primavera il deflusso diminuisce del 20% lungo l'intero corso del fiume e arriva al 40% negli estremi settentrionali e meridionali del bacino. Una simile diminuzione della portata (-20%) caratterizza il deflusso estivo.

Nello studio di Vezzoli et al. (2015) sono state considerate le proiezioni del modello regionale COSMO-CLM, forzato dal modello globale CMCC-CM, per due scenari climatici per il territorio del distretto Padano. Servendosi dei modelli in uso per la pianificazione del distretto, in particolare i modelli TOPKAPI e RIBASIM, gli autori hanno stimato le variazioni della portata dell'asta principale del Po per i periodi 2041–2070 e 2071–2100, in confronto con la baseline di 1982–2011. I risultati dimostrano che per entrambi gli scenari il deflusso medio annuo diminuisce. Nel medio-lungo periodo il deflusso si abbassa tra maggio e novembre, e rimane costante durante il resto dell'anno. Nel lungo periodo (2071-2100), il calo di deflusso diventa più pronunciato e si assesta al 60% per il resto dell'anno.

All'interno del distretto padano, Ravazzani et al. (2014) hanno considerato le alterazioni del deflusso del fiume Toce, utilizzando come input due modelli idrologici e le simulazioni climatiche dei modelli REMO e REGCM3. Lo studio dimostra che il deflusso medio mensile potrebbe aumentare del 36-68% nel mese di gennaio, dell'81-119% a febbraio e del 48-126% a ottobre. I deflussi nei mesi estivi invece diminuiscono notevolmente (del 36% ad Agosto). Confortola et al. (2013) hanno condotto una simile analisi per il fiume Serio in Lombardia. Il loro studio si basa sul downscaling delle proiezioni di due GCM. Le precipitazioni diminuiscono nell'intervallo compreso dal 7-21%. Tutti gli scenari evidenziano una riduzione del manto nevoso. La portata media annua non subisce variazioni oppure aumenta leggermente, mentre la variabilità intra-annua aumenta notevolmente: fino al -75% nei periodi secchi, e raggiunge il +150% (o addirittura 350%) in autunno e in inverno. Lo studio di Gropelli et al. (2011) ha focalizzato l'analisi sul fiume Oglio.

Gunawardhana and Kazama (2012) hanno analizzato il deflusso del Tagliamento in Friuli-Venezia Giulia. Gli autori hanno considerato 10 modelli GCM, in combinazione con il modello idrologico rainfall-runoff non lineare ed esplorato gli effetti sul deflusso derivanti da più frequenti precipitazioni in forma di pioggia anziché neve e la durata del manto nevoso. I risultati dell'analisi portano sia ad un aumento delle portate minime (+25%) che ad un maggior numero degli eventi di magra (16 e 15 giorni in più rispettivamente in primavera ed estate).

Pumo et al. (2016) hanno studiato la risposta idrologica ai cambiamenti climatici in Sicilia, sul caso di 5 fiumi intermittenti. La stima delle precipitazioni medie annue diminuisce dall'11 al 13% per uno scenario e del 22-24% per un altro. I risultati evidenziano che i cambiamenti climatici potrebbero rafforzare il carattere torrenziale dei fiumi analizzati, con delle variazioni stagionali accentuate.

Infine, diversi studi hanno analizzato le tendenze osservate nelle precipitazioni sulla scala sub-nazionale o di bacino (Brunetti et al. 2000a; Bartolini et al. 2013).

Romano e Preziosi (2013) hanno evidenziato un trend di precipitazioni in diminuzione nel bacino del Tevere (-8% principalmente dovuto alla diminuzione delle precipitazioni invernali), sebbene diverse parti del bacino attestano una variazione diversa.

Per quanto concerne gli aspetti qualitativi, il Quinto Rapporto dell'IPCC (Jiménez Cisneros et al. 2014) rivela che gli impatti finora osservati sui parametri di qualità idrica provengono da studi isolati condotti su riserve, laghi e fiumi, prevalentemente di paesi sviluppati e disponibili solamente per un numero ridotto di variabili (es. variazioni di temperatura, contenuti di ossigeno, concentrazioni di nutrienti). Nonostante ciò tali studi permettono di identificare come le alterazioni più diffuse siano legate ad una maggiore incidenza di fenomeni di eutrofizzazione, nella forma di bloom algali dovuti ad un aumento delle temperature e del carico di nutrienti. Un aumento del tasso di run-off, per lo più collegato ad una maggiore frequenza di precipitazioni intense, comporterebbe un maggiore dilavamento di sostanze presenti del terreno (Loos et al. 2009; Benítez-Gilabert et al. 2010; Howden et al. 2010; Gascuel-Odoux et al. 2010; Macleod et al. 2012) andando ad aumentare i carichi di nutrienti, sali, coliformi fecali, patogeni e metalli pesanti (Pednekar et al. 2005; Paerl et al. 2006; Tibby and Tiller 2007; Boxall et al. 2008) veicolati nei corsi d'acqua con conseguenti impatti sulla salute umana e sull'uso della risorsa a scopo potabile (Weatherhead and Howden 2009). Oltre al contributo derivante dalle variazioni delle precipitazioni, sono osservabili alterazioni dei cicli bio-geo-fisici degli elementi principali dovuti all'aumento di temperature, soprattutto in regioni aride e semi-aride sotto forma di aumento nelle concentrazione di sostanza organica disciolta e nutrienti come nitrati e fosfati (Ozaki et al. 2003; Chang 2004; Benítez-Gilabert et al. 2010).

È importante notare come, allo stato attuale delle conoscenze, le proiezioni sugli impatti dei cambiamenti climatici sulla qualità idrica siano rappresentate da un numero esiguo di studi difficilmente comparabili in quanto presentano un grande livello di eterogeneità, essendo fortemente dipendenti dalle condizioni locali, dai presupposti climatici e ambientali e dallo stato riferimento del corso d'acqua (Whitehead et al. 2009b, a; Bonte and Zwolsman 2010; Sahoo et al. 2010; Kundzewicz and Krysanova 2010). La maggior parte degli studi riportati nel Rapporto IPCC (Jiménez Cisneros et al. 2014) suggerisce però che l'entità e la tipologia dei futuri impatti negativi sarà simile a quelli già osservati in presenza di innalzamento delle temperature e del livello del mare, variazioni nella quantità delle precipitazioni e nelle pressioni antropogeniche (Whitehead et al. 2009a).

In particolare è stato osservato che la riduzione delle portate e delle velocità degli afflussi di acqua dolce, in concomitanza con fenomeni prolungati di siccità, sfavorisce la diluizione e aumenta i tempi di residenza delle acque, promuovendo la proliferazione algale e la riduzione dei livelli di ossigeno disciolto (Grover 2015). Allo stesso modo, fenomeni di flash-floods, dovuti a precipitazioni intense

e concentrate in brevi periodi, aumentano in maniera incontrollata il run-off e quindi l'apporto di nutrienti e contaminanti provenienti da fonti diffuse quali il dilavamento del suolo urbano e pratiche agricole e zootecniche, causando picchi di carico di tali sostanze nel corpo idrico ricevente.

Fenomeni di siccità e la conseguente riduzione delle portate, unite a condizioni di sovra sfruttamento della risorsa idrica, rendono i corsi d'acqua e le riserve idriche sotterranee costiere (soprattutto nelle zone di bassopiano) maggiormente esposte all'azione dell'innalzamento del livello del mare con conseguente intrusione di acqua salata e aumento di salinità nella riserva di acqua dolce (Morgan et al. 2015).

Questo tipo di impatti negativi è stato osservato in riserve idriche naturali e artificiali (Ducharme 2008; Marshall and Randhir 2008; Qin et al. 2009; Bonte and Zwolsman 2010; Sahoo et al. 2010), fiumi (Andersen et al. 2006; Whitehead et al. 2009b, a; Bowes et al. 2012) e acque sotterranee (Butscher and Huggenberger 2009; Rozemeijer et al. 2009) con entità degli impatti variabili a seconda della natura del corpo idrico in questione.

Da una valutazione recente della letteratura scientifica a livello europeo, emerge come le variazioni di temperatura e precipitazione siano quelle che giocano un ruolo chiave nell'alterazione dei parametri della risorsa idrica influenzando sui contenuti di ossigeno disciolto con conseguenti fenomeni di anossia (Grover 2015; Huttunen et al. 2015; Liu and Chan 2016), sul ciclo dei nutrienti (Yushun Chen et al., 2016) e, conseguentemente sulle concentrazioni di fitoplancton (Bussi et al. 2016; Xia et al. 2016) e diffusione di organismi patogeni (Grover 2015; Huttunen et al. 2015). Alterazioni della temperatura e del regime delle precipitazioni possono essere positivamente correlate anche ad alterazioni del pH, instaurando condizioni di iperacidità o eccessiva salinità (Elorenzo 2015; Grover 2015).

Altri studi osservano come l'aumento della temperatura dell'aria influisca sulla mobilità e solubilizzazione dei metalli (Boxall 2014; Zaharescu et al. 2016) e dei composti organici del suolo come poli-cloro-bi-fenili (PCB), (Lu et al. 2015), sottolineando come il pathway di questi composti venga alterato, aumentandone la tossicità per gli organismi che interagiscono con i sistemi idrici interessati. In un recente caso studio, Bussi (Bussi et al. 2016) ha analizzato gli effetti delle variazioni di temperatura e precipitazione basati su proiezioni per il 2030 (UK Climate Projections 09, UKCP09) e considerando la concentrazione di fitoplancton, su portata, concentrazione di fosforo e distribuzione di vari gruppi di fitoplancton del fiume Tamigi (Regno Unito), valutando tre diversi scenari di uso e gestione del suolo e l'utilizzo di un modello fisico. I risultati suggeriscono che l'innalzamento delle temperature dell'acqua sia strettamente correlato all'aumento della concentrazione di fitoplancton, soprattutto di cianobatteri che risultano il gruppo più sensibile al cambiamento climatico. Tuttavia lo studio lascia emergere come anche l'uso del suolo (es. l'espansione dell'agricoltura intensiva) giochi un ruolo fondamentale nell'aumento di

concentrazione di nutrienti nelle acque soprattutto per gli scenari che registrano un aumento di precipitazione e quindi del dilavamento dei nutrienti provenienti da fonti diffuse.

Simili conclusioni arrivano anche da uno studio mirato a valutare l'effetto del cambiamento climatico sul carico di nutrienti (fosforo e azoto) di diversi bacini scolanti nel mar Baltico attraverso l'applicazione di un modello di trasporto di nutrienti (VEMALA) (Huttunen et al. 2015). Secondo un particolare scenario, lo studio afferma che le variazioni di temperatura e precipitazione indotte dal cambiamento climatico andranno ad aumentare il runoff annuale con un conseguente aumento dei carichi di fosforo e azoto veicolati dai bacini studiati. Anche in questo caso l'entità delle variazioni è strettamente dipendente dagli scenari di uso del suolo e dalle pratiche agricole considerate.

Mentre negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi studi sugli impatti dei cambiamenti climatici sulla qualità delle RI a livello internazionale, a tutt'oggi emerge una carenza di letteratura sull'argomento a livello nazionale. Risultati disponibili a livello italiano riguardano per lo più ecosistemi lacustri in cui si osservano conseguenze indirette dell'aumento di temperatura sulla stratificazione termica e sull'allungamento delle stagioni produttive con implicazioni sulle fioriture algali che tenderebbero a verificarsi in anticipo in primavera e a terminare più tardi in autunno (Thackeray et al. 2010). Tali studi mettono in relazione l'insorgere dei cambiamenti climatici con l'aumento di specie potenzialmente tossiche nei laghi, con particolare riferimento ai cianobatteri (Paerl and Huisman 2009; Posch et al. 2012).

Uno studio condotto da Mosello e Lami (2012) rileva un marcato impatto dell'aumento della temperatura sulle dinamiche zooplanctoniche nel Lago Maggiore e registra come l'incremento di temperature negli ultimi 45 anni (+1.4 C) avrebbe favorito le fioriture di cianobatteri e l'introduzione di specie non indigene e potenzialmente tossiche.

Un ulteriore studio, condotto invece sul lago Trasimeno (Umbria) (Ludovisi and Gaino 2010), ha rilevato come le variazioni di temperatura e precipitazione avvenute negli ultimi 50 anni abbiano profondamente alterato le caratteristiche fisico-chimiche del corpo d'acqua. In particolare l'aumento di temperatura (+0.65°C per decade) e la riduzione delle precipitazioni ha influito sul bilancio idrico del lago causando prolungati periodi di siccità (-20% di volume nelle ultime due decadi). Come conseguenza si sono osservate un aumento della concentrazione di sali disciolti ( $3.5 \times 10^{-6}$  kg per anno), un aumento dell'alcalinità totale e una riduzione della trasparenza. Considerando gli scenari futuri, un aumento degli eventi siccitosi potrebbe ulteriormente compromettere la qualità idrica lacustre specialmente per quel che riguarda il contenuto di sali e la trasparenza così come una maggior disponibilità di nutrienti a causa della riduzione della diluzione delle acque di scarico. Eventi di eutrofizzazione non sono quindi esclusi come conseguenze del riscaldamento delle acque (Visconti et al. 2008).



È evidente che tali impatti possono influenzare profondamente anche la struttura e la funzionalità degli ecosistemi acquatici e pertanto risultano rilevanti anche per le acque interne e di transizione.

## **7.5. Monitoraggio, reporting e valutazione dell'adattamento ai cambiamenti climatici**

In concomitanza a una crescente consapevolezza che vede l'adattamento essere un elemento fondamentale e necessario della risposta sociale e istituzionale al cambiamento climatico, negli ultimi anni è aumentata la spesa pubblica destinata allo sviluppo e all'attuazione delle politiche e delle azioni di adattamento. Tuttavia, nell'attuale periodo di austerità in cui vi sono limiti di bilancio evidenti in molti Paesi europei (EEA - European Economic Area - 2016) e non solo, l'interesse dei decisori politici è volto a tenere traccia dell'impiego dei fondi e a garantire che gli investimenti nell'adattamento e in altre aree risultino giustificati, convenienti e indirizzati a raggiungere i risultati attesi (Hammill et al. 2014b) (EEA 2015).

Di conseguenza è stata riscontrata una aumentata attenzione allo sviluppo di processi di monitoraggio, reporting e valutazione (MRV). In linea di massima le attività di MRV possono essere applicate su molteplici scale: da progetti a livello locale fino a grandi programmi, politiche e meccanismi di finanziamento il cui ambito può estendersi anche oltre i confini nazionali (EEA 2015), e in diverse fasi del loro processo (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change 2010). Il monitoraggio esamina i progressi compiuti nell'attuazione delle iniziative summenzionate su un determinato arco di tempo. La valutazione si focalizza sulla loro efficacia, mentre il reporting consiste nel documentare e comunicare i risultati derivanti da uno qualsiasi di questi due processi.

Con riferimento all'adattamento ai cambiamenti climatici, le attività di MRV costituiscono una parte fondamentale dei processi delle politiche di adattamento (UNFCCC 2010; EEA 2014). Tenuto conto della complessità del cambiamento climatico e dell'adattamento, oltre alla necessità di adottare una prospettiva di lungo termine per lo sviluppo e l'implementazione di importanti politiche, è essenziale impostare dei meccanismi per un periodico monitoraggio, valutazione e revisione (UNFCCC 2010). Il monitoraggio prende in esame i progressi nella progettazione e realizzazione delle varie attività legate all'adattamento, come le strategie, i piani, e i progetti. D'altra parte, la valutazione analizza se i cambiamenti raggiunti (ad es. la riduzione dei rischi climatici e della vulnerabilità) derivino dall'attuazione di una specifica politica di adattamento o da altre iniziative.

Nonostante lo sviluppo di sistemi di MRV dell'adattamento sia recente, la loro definizione e applicazione è in crescita. Come documentato dall'Agenzia Ambientale Europea (EEA), se nel 2014 solo cinque paesi in Europa implementavano schemi di monitoraggio e quattro paesi schemi di

valutazione (EEA 2014), l'anno successivo il numero dei paesi che avevano posto in essere o stavano sviluppando sistemi di adattamento MRV a livello nazionale era già cresciuto a quattordici (EEA 2015). Ad ogni modo, la maggior parte di questi ha concentrato i propri sforzi sulle attività di monitoraggio, mentre solo alcuni hanno iniziato la valutazione delle politiche di adattamento. Per questo motivo rimane alta l'attenzione sulla necessità di sostenere i paesi nell'intraprendere attività di questo tipo (EEA 2015).

Gli obiettivi specifici dei sistemi di MRV variano a seconda del contesto nazionale. Tra quelli individuati dal rapporto OECD (2015), l'apprendimento e la responsabilità risultano tra gli obiettivi principali legati all'ambito dell'adattamento.

Il report EEA (EEA 2015) individua alcuni driver fondamentali per lo sviluppo di sistemi di MRV, tra cui:

- (i) prescrizioni legali ed amministrative a livello nazionale
- (ii) obblighi di reporting europei ed internazionali (ad es. EU MMR Articolo 15, comunicazioni nazionali secondo l'UNFCCC)
- (iii) il verificarsi di eventi meteorologici estremi.

Tra gli scopi prioritari figurano invece

- (i) il monitoraggio ed il reporting del progresso nelle politiche e della loro efficacia
- (ii) il potenziamento delle conoscenze di base
- (iii) l'apprendimento per una migliore formulazione delle politiche e la loro implementazione
- (iv) la responsabilizzazione.

In modo simile, Lexer and Leitner (2015) fanno riferimento all'apprendimento, alla responsabilità, alla trasparenza, all'efficacia, all'efficienza e all'equità degli obiettivi generali dei sistemi MRV. Pringle (2011) elenca tra le finalità principali di monitoraggio e valutazione delle attività di adattamento quelle di: valutare l'efficacia e l'efficienza, comprendere l'equità, assegnare la responsabilità, verificare i risultati, migliorare l'apprendimento, affinare gli interventi futuri e confrontarli con altri simili.

Gli Obiettivi Specifici che un sistema MRV si propone di raggiungere influenzano l'approccio complessivo impiegato. Ford et al. (2013), come citato in OECD (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), fa riferimento a due generici tipi di approccio:

- (i) di processo ("progress-based")
- (ii) basati sui risultati ("outcome-based").

I primi sono utili a monitorare e valutare l'adattamento nel corso del tempo, mentre i secondi indagano se e in che misura gli interventi di adattamento contribuiscono alla riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici (OECD 2015). Hammill et al. (2014a) hanno effettuato un'analisi che confronta dieci sistemi di M&E dimostrando che gli approcci dei sistemi considerati differivano, riflettendo i contesti in cui i sistemi erano operativi e le risorse disponibili. Quando si considerano le attività di monitoraggio, gli autori identificano quattro categorie che si concentrano

- (i) sul controllo dei risultati (effetti delle azioni)
- (ii) sulla verifica del processo (la realizzazione delle attività e consegna delle uscite)
- (iii) sul monitoraggio del contesto (l'impostazione socio-economica e ambientale in cui opera il paese / la regione / il programma)
- (iv) su un approccio ibrido, ovvero che comprende più di una delle suddette categorie.

Allo stesso modo diversi approcci sono stati considerati con riferimento alle attività di valutazione. In alcuni sistemi la valutazione è completamente assente e l'attenzione è rivolta esclusivamente al monitoraggio. D'altra parte, alcuni sistemi inquadrano la valutazione come estensione del monitoraggio, mentre altri si concentrano sulla valutazione anziché sul monitoraggio. Infine il report su "Valutazione politica di ambiente e clima" identifica la coerenza, la pertinenza, l'efficacia, l'efficienza e il valore aggiunto come i criteri principali da considerare quando si intraprende la valutazione delle politiche (EEA 2016). Inoltre, discute tre esempi di approcci di valutazione: il quadro logico (il quale identifica gli obiettivi e traccia una logica di intervento), la valutazione teorica (che si concentra su come intende funzionare una politica) e la valutazione contraria alle logiche intuitive (che tenta di identificare gli effetti di casualità per un intervento specifico che vanno contro uno scenario controfattuale in cui l'intervento è assente) (EEA 2016).

## **7.6. Aspetti normativi**

La DQA (Direttiva quadro Acque) rappresenta il cardine della legislazione europea in materia di tutela qualitativa e quantitativa delle RI. Introduce importanti novità soprattutto di carattere amministrativo-gestionale, individuando nel distretto idrografico (Il distretto idrografico è definito come l'area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere, che costituisce la principale unità per la gestione dei bacini idrografici) unità territoriali di riferimento per gli interventi di salvaguardia del suolo e delle RI. Pur non menzionando esplicitamente i cambiamenti climatici nel suo testo, la DQA delinea un approccio ciclico di pianificazione a livello di bacino coerente con una gestione adattativa delle RI agli impatti dei cambiamenti climatici. A seguito della presentazione da parte della Commissione del Libro bianco - L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo (EC 2009a), i direttori delle risorse idriche dei paesi membri hanno adottato un documento guida sulla gestione

del bacino idrico in un clima che cambia” al fine di assicurare l’incorporazione di strategie di adattamento nei piani di gestione di bacino (EC 2009b). L’azione europea si è recentemente arricchita di nuovi impegni condivisi tra gli stati membri. Questi ultimi sono chiamati a sviluppare una serie di azioni volte a promuovere ulteriormente il riuso delle acque, così come precedentemente evidenziato dalla Water Blueprint (EC 2012b) e successivamente ripreso dal Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare (EC 2015a). Le recenti Linee Guida sul riutilizzo della risorsa idrica (EC 2016) hanno ribadito l’importanza del riuso delle acque reflue sia per il conseguimento di uno stato “buono” delle acque sia come forma di adattamento alla scarsità della risorsa indotta dai cambiamenti climatici. È inoltre attesa per il 2017 una proposta legislativa per la determinazione dei requisiti minimi per il riuso dell’acqua nell’irrigazione e per il ricarica delle acque sotterranee (EC 2015a).

L’attuazione della DQA nel quadro normativo italiano è avvenuta ad opera del D.Lgs. 152/2006 (c.d. Codice ambientale), il quale dedica l’intera parte III alle “norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle RI”. La L. 221/2015 (Collegato Ambientale alla legge di stabilità) ha recentemente ridotto il numero dei distretti idrografici dettagliati dal Codice (art. 64) da 8 a 7, accorpando il bacino pilota del Serchio al distretto idrografico dell’Appennino settentrionale. Ha inoltre provveduto ad una riorganizzazione degli ambiti territoriali dei distretti: il distretto idrografico del fiume Po risulta, ad esempio, ampliato e comprende ora parte dei bacini precedentemente afferenti al distretto appenninico settentrionale.

Il Collegato Ambientale ha inoltre modificato la disciplina delle Autorità di bacino distrettuale. Al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), con il supporto di ISPRA, sono attribuite funzioni di indirizzo e coordinamento delle Autorità. E’ prevista una possibile articolazione delle stesse a livello regionale (sub-distretti), utilizzando le strutture delle sopresse Autorità di bacino regionali ed interregionali, al fine di garantirne un più efficiente esercizio delle funzioni. Si prevede inoltre che, qualora i distretti idrografici coincidano con il territorio regionale, le Regioni istituiscano le Autorità di bacino attribuendovi anche le competenze regionali dettagliate della parte III del D.Lgs. 152/2006. La nuova disciplina razionalizza inoltre la composizione e il funzionamento degli organi distrettuali, modifica la composizione dei soggetti predefiniti parte alla Conferenza istituzionale permanente, prevedendo la partecipazione in funzione consultiva di rappresentanti delle organizzazioni agricole più rappresentative a livello nazionale e dell’Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Interventi Fondiari (ANBI). Le funzioni della stessa sono emendate, assegnandovi la deliberazione dello statuto e di tutti gli atti amministrativi dell’Autorità. A seguito dell’approvazione da parte della Conferenza Stato-Regioni del decreto attuativo del Collegato Ambientale in data 07/07/2016, è attesa l’effettiva operatività delle Autorità con apposito Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri per singolo distretto.

A livello di pianificazione, il Collegato Ambientale introduce un’importante novità all’art. 117 del Codice ambientale relativo ai Piani di gestione. Nell’ambito di questi ultimi, si demanda all’Autorità

di bacino la predisposizione di un programma di gestione dei sedimenti a livello di bacino idrografico al fine di “coniugare la prevenzione del rischio alluvioni con la tutela degli ecosistemi fluviali”. Il programma è da redigersi in tre componenti:

- i) definizione del quadro conoscitivo
- ii) definizione di obiettivi prioritari
- iii) individuazione degli interventi necessari.

Con riferimento ai Piani di Tutela delle Acque (art. 121) la nuova disciplina si limita unicamente a prorogarne i termini di adozione al 31 dicembre 2016. Infine, il Collegato Ambientale riconosce il ruolo giocato dai Contratti di Fiume (CdF) nella “definizione e attuazione degli strumenti di pianificazione di distretto a livello di bacino e sottobacino idrografico”. Il nuovo art.68-bis definisce i CdF come “strumenti volontari di programmazione strategica e negoziata che perseguono la tutela, la corretta gestione delle RI la valorizzazione dei territori fluviali, unitamente alla salvaguardia dal rischio idraulico, contribuendo allo sviluppo locale di tali aree”.

A livello di implementazione, nelle more della costituzione delle Autorità di bacino distrettuali, le Autorità di bacino di “rilievo nazionale” sono state prorogate (L. 13/2009) e hanno svolto il ruolo di autorità di distretto idrografico nella redazione dei primi piani di gestione. A norma della D.lgs. 219/2010 sono state poi investite della revisione degli stessi, da realizzarsi entro il 22 dicembre 2015. Tutti i piani sono stati approvati dai rispettivi Comitati istituzionali integrati e dalla regione Sardegna in data 3 marzo 2016, eccezion fatta per il piano per il Distretto della Sicilia. Lo stesso iter ha caratterizzato l’approvazione a marzo 2016 dei piani di gestione del rischio di alluvioni. L’approvazione dei piani di gestione delle acque e del rischio alluvioni è avvenuta il 27 Ottobre 2016 ex art. 57 D.Lgs. 152/2006.

Si registra un’importante novità introdotta dall’approvazione dei Piani di Gestione. In ogni distretto idrografico è attivata una “Cabina di Regia”, ossia un osservatorio permanente in cui sono riuniti tutti i soggetti competenti per la gestione delle RI a livello territoriale. La Cabina, su impulso del Ministero dell’Ambiente e in coordinamento con il Dipartimento della Protezione Civile, avrà il compito di promuovere un approccio integrato alla gestione della risorsa e alla relativa pianificazione di distretto in modo tale da ricomprendervi anche i rischi connessi agli estremi climatici come la siccità. L’iniziativa prende spunto da alcune esperienze positive maturate a livello distrettuale negli ultimi anni. In particolare, il bacino del Po si è distinto come modello (volontario) di gestione coordinata tra i vari soggetti interessati all’utilizzo dell’acqua durante fenomeni a carattere siccitoso. La cabina di Regia del fiume Po, attiva dal 2003, riunisce soggetti pubblici e privati quali amministrazioni regionali, Consorzi di bonifica, Consorzi di regolazione dei laghi, l’ANBI e società di produzione d’Energia elettrica.

Si nota, inoltre, come il Collegato Ambientale abbia sbloccato la realizzazione dell'atteso Fondo di garanzia per gli interventi di potenziamento delle infrastrutture idriche, comprese le reti di fognatura e depurazione. Il fondo mira a garantire un'adeguata tutela della risorsa idrica e dell'ambiente a livello nazionale, mentre è stata esclusa nel corso della discussione parlamentare la possibilità di finanziare interventi connessi alla tutela della risorsa idrica dal punto di vista idrologico e geologico.

Tramite decreto del Presidente del Consiglio dei ministri è prevista l'identificazione degli obiettivi prioritari, nonché dei criteri e modalità di utilizzo del fondo. Nonostante si riconosca che gli investimenti nel settore idrico debbano trovare nel sistema tariffario la principale fonte di finanziamento, il governo ha preso atto del ruolo giocato dalle risorse pubbliche come fonte di finanziamento secondaria. Si stima pertanto che per il periodo di programmazione 2014-2020 saranno presumibilmente destinati ad opere infrastrutturali 2,5 miliardi di euro attinti da fonti nazionali e comunitarie, peraltro in considerevole diminuzione rispetto al periodo di programmazione precedente (Italiasicura 2015).

Con specifico riferimento all'uso agricolo dell'acqua, il sostegno agli investimenti irrigui rappresenta una delle priorità del Programma di Sviluppo Rurale Nazionale 2014-2020 (PSRN) (Il programma è stato approvato dalla Commissione Europea con decisione (C2015) 8312 del 20 novembre 2015). L'obiettivo è quello di promuovere l'uso razionale della risorsa idrica attraverso la ristrutturazione ed ammodernamento degli impianti esistenti. La spesa pubblica destinata a questo fine ammonta a 291 milioni di euro. In termini di demarcazione delle competenze a livello nazionale e regionale, saranno a carico del PSRN (Programma di Sviluppo Rurale Nazionale) gli investimenti infrastrutturali irrigui di dimensione interaziendale e consortile, con l'esclusione dei bacini al di sotto di 250 mila m<sup>3</sup> e delle relative infrastrutture di adduzione e distribuzione.

Si menzionano, infine, due importanti decreti ministeriali approvati nel corso del 2015. Il Decreto Ministeriale del 24 febbraio 2015, n. 39 del MATTM ha approvato le Linee Guida per la definizione del costo ambientale e del costo della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua che erano state emanate a fine 2014 in ottemperanza alla DQA. Con specifico riferimento all'uso irriguo delle acque, il Decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MiPAAF) del 31 luglio 2016 ha approvato le Linee Guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici impiegati dagli utilizzatori finali. Il recepimento delle Linee Guida è stato fissato al 31 dicembre 2016. Il decreto istituisce un'unica banca dati geo-referenziata di riferimento per il settore irriguo detta SIGRIAN (Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle RI in Agricoltura).

Si nota, in conclusione, come il Collegato Ambientale stabilisca in capo al Governo il compito di provvedere con cadenza triennale all'aggiornamento della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, prevedendone il primo aggiornamento entro i novanta giorni dall'entrata in vigore della Legge (i.e., maggio 2016).

I piani di gestione approvati il 3 marzo 2016 presentano un quadro aggiornato, integrato e organico a livello di bacino delle conoscenze disponibili e identificano i programmi di misure per conseguire gli obiettivi di qualità ambientale, dando conto anche delle misure previste dal precedente piano di gestione 2010 e non realizzate. Essi costituiscono, quindi, uno strumento strategico per la tutela e la protezione delle acque, al quale si dovrà dare attuazione negli anni futuri reperendo con urgenza le necessarie risorse finanziarie.

L'Unione Europea, dall'analisi dei Piani di Gestione delle Acque distrettuali prodotti nel primo ciclo pianificatorio di tutti i paesi, ha individuato 25 misure chiave (Key Type of Measure, KTM) ovvero un set di azioni preferibili per il nuovo ciclo di pianificazione da applicare a ciascun tratto di corso di acqua sulla base dell'analisi delle pressioni e degli impatti. Tra queste la n. 24 è relativa all'adattamento al cambiamento climatico. Con il termine generale di "key type measures" si indica un sottoinsieme di misure specifiche il cui scopo è quello di provvedere in maniera maggiormente incisiva al raggiungimento degli obiettivi della DQA in ciascun Distretto. Il 22 marzo 2016 ha rappresentato il termine per effettuare il reporting per la DQA relativo al secondo Piano di Gestione per i distretti idrografici (RBMP-River Basin Management Plan).

La Commissione ha elaborato la nuova "WFD (Water Framework Directive) reporting Guidance 2016" (EC 2015b) che ISPRA ha recepito e schematizzato nel documento "Guida per il Reporting 2016 della Direttiva Quadro Acque" (ISPRA 2015b). Secondo quanto stabilito dalla Commissione, è opportuno indicare se le previsioni sui cambiamenti climatici siano state prese in considerazione nel secondo RBMP e nei programmi delle misure. In caso affermativo, è condizionale indicare quali aspetti legati ai cambiamenti climatici sono stati presi in considerazione e se si sia fatto riferimento alla "CIS (Common Implementation Strategy) Guidance Document No. 24 - River basin in a changing climate" (EC 2009b) volta a supportare gli Stati Membri nell'implementazione della DQA.

Al momento dell'elaborazione dei piani di gestione non era presente la SNAC. I diversi piani di distretto hanno provveduto a individuare un'ampia serie di settori economici che creano potenziali pressioni e impatti sulle risorse idriche, quali la pianificazione dell'uso del suolo, l'agricoltura, lo sviluppo delle aree urbane, l'energia idroelettrica, la navigazione e la protezione dalle alluvioni. Ciò ha permesso di constatare l'importanza degli effetti sui diversi settori economici causati dalla carenza idrica e dalla siccità nei bacini italiani. Un ulteriore elemento di criticità emerso dai piani consiste nel fatto che in alcune aree il prelievo di acque sotterranee è superiore alla velocità naturale di ravvenamento. A tale proposito alcuni piani di gestione presentano dati sulle tendenze riguardanti la siccità. Un esempio è fornito dal piano della Sardegna, il quale comprende una sezione dedicata alla gestione degli episodi di siccità facendo riferimento a dati storici, per esempio sui livelli delle acque dei laghi artificiali.

Tutti i piani di gestione prevedono misure volte ad affrontare i fenomeni di carenza idrica e siccità anche se non tutti individuano le misure come una risposta a tali problemi (EC 2012a). In particolare,

nella maggior parte dei piani di gestione sono presenti sia misure volte a migliorare l'efficienza idrica in agricoltura e il riutilizzo delle acque reflue trattate, sia al miglioramento della governance delle risorse idriche e della misurazione del consumo. Solo alcuni piani, come quello della Sardegna e delle Alpi orientali, prevedono misure volte a ridurre le perdite nelle reti di distribuzione urbane, mentre in altri si propongono di sviluppare piani di gestione della siccità, come nel caso dell'Appennino centrale. Secondo alcuni piani, la carenza idrica e la siccità possono essere alleviate attuando dei progetti di trasferimento delle acque, come nell'Appennino meridionale, o migliorando la distribuzione dell'acqua attraverso i laghi artificiali, come nel piano della Sardegna.

La maggior parte dei piani propone modifiche nella tariffazione dell'acqua. Nonostante l'obbligo imposto dal D.lgs. 152/2006 di adottare una politica tariffaria che incentivi adeguatamente gli utenti a usare le risorse idriche in modo efficiente, l'attuazione di meccanismi di tariffazione incentivanti non è descritta nei piani di gestione. Un'ulteriore carenza si riscontra nella mancanza di modalità o criteri comuni per individuare le pressioni e gli impatti significativi. Alcuni di essi, come quelli per il distretto delle Alpi orientali e dell'Appennino Settentrionale, pur indicando l'impiego di strumenti numerici e/o di giudizi di esperti nell'analisi delle pressioni, non forniscono dettagli sui metodi utilizzati. Il piano di gestione per il distretto del Serchio elenca, in alcuni casi, semplici criteri di soglia, come la dimensione delle dighe. Altri piani di gestione accennano al lavoro in corso in questo ambito (EC 2012a).

Sebbene i piani contengano poche informazioni sui metodi, i dati disponibili nel sistema WISE (Water Information System for Europe) - Sistema Informativo sulle Acque per l'Europa (2016) (<http://water.europa.eu/>) - dimostrano che l'individuazione delle pressioni significative è stata effettuata in tutti i distretti idrografici. Secondo tali dati, le fonti diffuse costituiscono una pressione significativa per quasi il 40% dei corpi idrici superficiali e le fonti puntuali per oltre il 25%. L'estrazione di acque rappresenta una pressione significativa per oltre il 15% dei corpi idrici superficiali. Tuttavia, quasi il 45% di essi non risulta essere soggetto a pressioni significative. Si osservano però notevoli differenze tra i distretti idrografici: per esempio, le fonti diffuse costituiscono una pressione significativa per oltre la metà dei corpi idrici superficiali nell'Appennino settentrionale, nel Serchio e nella regione Sicilia, ma interessano meno del 30% dei corpi idrici superficiali in nella regione Sardegna.

## **7.7. Il cambiamento climatico nel primo aggiornamento dei piani di distretto**

Il tema dei cambiamenti climatici è considerato nel contesto della pianificazione di bacino idrografico al fine di promuovere l'adattamento del settore acqua. Sebbene i cambiamenti climatici



siano considerati in tutti i piani di bacino aggiornati, ora “piani di distretto”, la maggior parte di questi accenna al fenomeno soltanto in termini generici (EC 2012a).

Secondo l’aggiornamento del Piano di Distretto delle Alpi Orientali (DAO 2016) il cambiamento climatico è individuato come uno dei driver principali che possono portare alla perdita fisica di tutto o parte del corpo idrico. Si afferma però di non riscontrare tale pressione nel territorio del distretto. La provincia Autonoma di Bolzano ha proposto per il futuro l’elaborazione di un aggiornamento della climatologia dell’area geografica che comprende Tirolo, Alto Adige e Veneto, considerando una proiezione al 2050.

Un’ulteriore esperienza di ricerca è stata svolta nel Distretto Alpi orientali tra il 2009 e il 2012, attraverso il progetto TRUST, incentrato sullo studio di misure di adattamento delle acque sotterranee dell’alta pianura veneto-friulana all’impatto dei cambiamenti climatici. Le proiezioni considerano scenari di emissione, indicando un incremento della temperatura media annuale superficiale nell’area di studio fino a circa 5°C rispetto alla media del periodo di riferimento (1951-2000), particolarmente pronunciato durante l’estate. Come conseguenza dell’aumento delle temperature, anche l’evapotraspirazione media è prevista aumentare negli ultimi decenni della simulazione, con un incremento maggiore in inverno.

Un ulteriore studio a cui il piano fa riferimento è stato svolto dal Magistrato alle Acque ed è denominato “Gestione Sostenibile dell’identità lagunare veneziana nell’ottica del cambiamento climatico globale”. L’analisi ha considerato le principali vulnerabilità della laguna di Venezia in relazione ai possibili effetti dei cambiamenti climatici e individuato al riguardo potenziali strategie e misure di adattamento.

Il Distretto Padano (DP 2016) dedica un elaborato e diverse sezioni del proprio piano ai cambiamenti climatici. Viene illustrato lo stato delle conoscenze sul tema nel distretto del Po, rivelando in particolare impatti sulle Alpi e sulle zone costiere. Il distretto Padano, diversamente dagli altri distretti, ha inoltre approntato i riferimenti necessari all’inclusione dell’adattamento ai cambiamenti climatici nelle misure del piano. In merito a quest’ultimo aspetto, il piano propone un “check climatico del programma di misure del Piano”, nell’ambito del quale sono evidenziate le misure del Piano di Gestione che perseguono, in modalità integrata, gli obiettivi della DQA e delle Strategie Europea e Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Sono inoltre specificate le relative voci di spesa previste per l’attuazione delle misure.

Il piano dell’Appennino Settentrionale (DAS 2016) descrive l’effetto atteso delle previsioni IPCC sul distretto idrografico. Individua, in particolare, un probabile incremento delle condizioni siccitose a scala di bacino, non solo in termini di proiezioni future ma anche di impatti attuali. È stata stimata una diminuzione dei quantitativi di precipitazione affluiti sul bacino del Fiume Arno nell’ordine del 10% su un secolo, e il dimezzamento negli ultimi 40 anni dei casi di piena e il corrispondente raddoppio dei giorni ascrivibili a condizioni di magra. In Toscana sono stati effettuati dal Consorzio

LaMMA - Laboratorio di monitoraggio e modellistica ambientale, degli studi specifici (Consorzio LAMMA 2010) che hanno tra l'altro portato all'individuazione delle zone sensibili al rischio di desertificazione. Nel programma delle misure si propone una verifica della sostenibilità nello scenario di cambiamento climatico. Per ogni misura dell'elenco è stata effettuata una verifica preliminare, che andrà poi declinata caso per caso nell'attuazione della misura attraverso gli interventi correlati ai singoli corpi idrici, al fine di raffinare localmente le valutazioni. Le valutazioni nella tabella sintetica comprendono 20 misure, suddivise tra quelle che hanno efficacia nello scenario di cambiamento climatico e i benefici intersettoriali nello stesso scenario. La verifica preliminare viene espressa per ogni misura secondo una scala sintetica di 7 valori, da "molto positivo" a "molto negativo".

L'Appennino Centrale (DAC 2016) individua i cambiamenti climatici come futura pressione sulla disponibilità idrica nell'intero distretto idrografico. L'aggiornamento dei piani di gestione ha sviluppato il quadro delle macro-pressioni significative che hanno effetti sull'intero corpo idrico e tra le quali compare anche il cambiamento climatico. Tra le misure si prevede la realizzazione di invasi e cisterne di accumulo della risorsa idrica al fine di compensarne anche parzialmente la perdita, stimata ad almeno 1 miliardo di m<sup>3</sup>, e il finanziamento di progetti di ricerca per la produzione di risorsa non convenzionale e di progetti educativi per il risparmio idrico in ogni settore d'uso anche attraverso l'aumento dell'efficienza nei cicli produttivi che utilizzano l'acqua.

Nel piano del bacino del Serchio (DBS 2016) e dell'Appennino Meridionale (DAM 2016), i cambiamenti climatici sono affrontati nella valutazione ambientale strategica dei piani. La lotta ai cambiamenti climatici viene intesa come principio trasversale da declinare sia sul versante della riduzione delle emissioni di gas serra sia sul lato delle azioni di adattamento. Per il bacino del Serchio, tra le nuove strategie di aggiornamento del Piano delle Acque della regione Toscana, si prevede di mantenere e valorizzare la gestione integrata delle disponibilità idriche nei periodi estivi, anche acquisendo in tempo reale il dato dei volumi disponibili all'interno degli invasi idroelettrici. Nel distretto dell'Appennino meridionale si intende favorire l'aumento delle superfici boscate in ambiti urbani, fluviali e costieri anche ai fini dell'adattamento.

Nel caso del distretto della regione Sardegna (DRSa 2016) il riferimento al cambiamento climatico si riscontra nella lotta alla siccità. Il 'Sistema informativo Monitoraggio e preallarme della siccità' è un sistema informativo web che permette la visualizzazione della situazione dei serbatoi artificiali del sistema idrico multisettoriale della Sardegna e i relativi indicatori di stato per il monitoraggio e il preallarme della siccità. La Regione Sardegna ha avviato l'attività di monitoraggio della siccità mediante una serie di indicatori che, attraverso l'elaborazione di informazioni periodiche e per diverse aree idrografiche, forniscono alle autorità competenti un utile strumento per migliorare la gestione delle risorse idriche del territorio. A partire dal 2007 viene utilizzato e reso pubblico un modello in grado di caratterizzare gli scenari dei bilanci risorse-fabbisogni in atto e prevedibili nel breve e medio termine nei sistemi idrografici che compongono l'intero territorio regionale. In questo

caso i cambiamenti climatici non sono oggetto di una misura dedicata, ma sono rintracciabili sotto le voci: trasferimento di conoscenze e azioni di informazione; servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole; cooperazione.

La Regione Sicilia (DRSi 2016) ha elaborato con Corsica, Malta, Maiorca, Cipro e Creta, uno studio nel 2013 denominato “Strategic Master Plans for small and large Mediterranean Islands” che ha evidenziato la particolare situazione climatica delle isole mediterranee sulla base delle previsioni ottenute da 25 Modelli Generali di Circolazione (GCM), verificando che solo 12 di essi potevano essere utilizzati per la Sicilia. Un’analisi speditiva delle pressioni indotte dal cambiamento climatico a livello di corpo idrico è stata condotta mediante la definizione di un indicatore specifico (ID\_Climate\_Change) il cui valore è stato ottenuto, per ciascun corpo idrico, come prodotto tra il numero di pressioni clima-sensibili insistenti sul corpo idrico stesso e la somma dei relativi livelli di significatività. Dall’analisi appare evidente la particolare presenza di pressioni clima-sensibili riconducibili in prevalenza alla forte antropizzazione del territorio in termini di sviluppo urbano e di richiesta idrica.

## **7.8. Ruoli per l’implementazione delle azioni di adattamento**

Le competenze e i poteri delle pubbliche amministrazioni in Italia sono definite in primis dalla Costituzione italiana. Sulla base di tali attribuzioni, le singole leggi di settore stabiliscono specifici compiti e poteri.

La suddivisione delle attribuzioni tra Stato e Regioni è contenuta dall’Art. 117 Costituzione, secondo il quale lo Stato ha legislazione esclusiva nelle seguenti materie: “tutela dell’ambiente, dell’ecosistema e dei beni culturali”.

Dall’altra parte, sono elencate tra le materie di legislazione concorrente quelle relative a: “[...]; tutela della salute; alimentazione; ordinamento sportivo; protezione civile; governo del territorio; porti e aeroporti civili; grandi reti di trasporto e di navigazione; [...]; produzione, trasporto e distribuzione nazionale dell’energia; previdenza complementare e integrativa; [...]; valorizzazione dei beni culturali e ambientali e promozione e organizzazione di attività culturali”.

Come noto, nelle materie di legislazione concorrente, spetta alle Regioni la potestà legislativa, salvo che per la determinazione dei principi fondamentali, comunque riservata alla legislazione dello Stato.

Infine, la Costituzione stabilisce altresì che spetta alle Regioni la potestà legislativa in riferimento ad ogni materia non espressamente riservata alla legislazione dello Stato.

Si riporta di seguito una rapida disamina delle principali norme nelle materie interessate dal Piano. Ogni settore viene declinato mediante una prima parte descrittiva, cui fa seguito una tabella riassuntiva dei ruoli delle autorità competenti nel settore, con l'aggiunta di una sezione dedicata a proposte di azioni strategiche per il futuro in linea con il Piano d'azione.

## **7.9. Disciplina generale**

La disciplina di pianificazione e programmazione delle risorse idriche in Italia è principalmente contenuta in una norma nota come “Codice dell’Ambiente” (D.Lgs. 152/2006) [49], che, tra le altre cose, identifica quale suo obiettivo primario la promozione dei livelli di qualità della vita umana, da realizzare attraverso la salvaguardia ed il miglioramento delle condizioni dell'ambiente e l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

In merito alla tutela delle acque e al risanamento idrogeologico, l'articolo 53 del Codice dell'ambiente istituisce una competenza generica in capo alla pubblica amministrazione, la quale deve svolgere ogni opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi, ovvero preordinata alla loro esecuzione tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio e la lotta alla desertificazione. Nello specifico poi, la competenza viene ripartita tra i differenti organi istituzionali quali lo Stato, le regioni a statuto speciale ed ordinario, le province autonome di Trento e di Bolzano, le province, i comuni e le comunità montane e i consorzi di bonifica e di irrigazione.

Sono inoltre demandate competenze in capo ad organi e soggetti pubblici costituiti ad hoc o privi del carattere della permanenza (quali ad esempio i comitati di Ministri, la Conferenza Stato-regioni, ecc.) che svolgono attività relative a funzioni di indirizzo e coordinamento, ovvero per la definizione di singole questioni.

Il perseguimento delle finalità di tutela e risanamento avviene preliminarmente a livello nazionale tramite una articolata attività conoscitiva, come disciplinato dell'articolo 55 del Codice dell'Ambiente. Alle attività di raccolta, elaborazione, archiviazione e diffusione dei dati, segue una fase che implica l'accertamento, la sperimentazione, la ricerca e lo studio degli elementi dell'ambiente fisico e delle condizioni generali di rischio, oltre alla previsione di attività di formazione ed aggiornamento delle carte tematiche del territorio. Conseguentemente all'esecuzione dei piani, dei programmi e dei progetti delle opere, si procede con la valutazione e studio degli effetti

dell'esecuzione stessa. Infine è sempre possibile attuare ogni iniziativa a carattere conoscitivo ritenuta necessaria per il conseguimento delle finalità di cui all'articolo 53 del Codice dell'Ambiente. Tale attività conoscitiva è svolta sulla base delle deliberazioni del Consiglio dei Ministri, nonché sulla omogenea elaborazione ed analisi e la costituzione e gestione ad opera del Servizio geologico d'Italia - Dipartimento difesa del suolo dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (quale parte del SNPA-Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente). Contribuisce inoltre allo svolgimento delle attività conoscitive e alla diffusione dell'informazione ambientale l'Associazione nazionale Comuni italiani (ANCI).

Le attività di programmazione, di pianificazione e di attuazione degli interventi sono svolte secondo criteri, metodi e standard, nonché modalità di coordinamento e di collaborazione tra i soggetti pubblici comunque competenti e riguardano:

- a) la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica, anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico
- b) la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua, dei rami terminali dei fiumi e delle loro foci nel mare, nonché delle zone umide
- c) la moderazione delle piene, anche mediante serbatoi di invaso, vasche di laminazione, casse di espansione, scaricatori, scolmatori, diversivi o altro, per la difesa dalle inondazioni e dagli allagamenti
- d) la disciplina delle attività estrattive nei corsi d'acqua, nei laghi, nelle lagune ed in mare, al fine di prevenire il dissesto del territorio, inclusi erosione ed abbassamento degli alvei e delle coste
- e) la difesa e il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi, le valanghe e altri fenomeni di dissesto
- f) il contenimento dei fenomeni di subsidenza dei suoli e di risalita delle acque marine lungo i fiumi e nelle falde idriche, anche mediante operazioni di ristabilimento delle preesistenti condizioni di equilibrio e delle falde sotterranee
- g) la protezione delle coste e degli abitati dall'invasione e dall'erosione delle acque marine ed il rifacimento degli arenili, anche mediante opere di ricostituzione dei cordoni dunosi
- h) la razionale utilizzazione delle risorse idriche superficiali e profonde, con una efficiente rete idraulica, irrigua ed idrica, garantendo, comunque, che l'insieme delle derivazioni non pregiudichi il minimo deflusso vitale negli alvei sottesi nonché la polizia delle acque
- i) lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di navigazione interna, nonché della gestione dei relativi impianti
- l) la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere e degli impianti nel settore e la conservazione dei beni
- m) la regolamentazione dei territori interessati dagli interventi di cui alle lettere precedenti ai fini della loro tutela ambientale, anche mediante la determinazione di criteri per la salvaguardia e la conservazione delle aree demaniali e la costituzione di parchi fluviali e lacuali e di aree protette

n) il riordino del vincolo idrogeologico.” (Art. 56 del Codice dell’ambiente).

## **7.10. Distribuzione ruoli per competenze**

Tutte le attività disciplinate dal Codice dell’Ambiente, ivi incluse quelle attinenti alla disciplina delle risorse idriche, dalla programmazione all’esecuzione, vengono attribuite a specifici soggetti secondo le relative competenze.

### **1.A. Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio**

Il Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio esercita le funzioni e i compiti spettanti allo Stato (articolo 58 del Codice dell’ambiente). In particolare è il soggetto a cui spetta la predisposizione della relazione sull’uso del suolo e sulle condizioni dell’assetto idrogeologico, la quale deve essere allegata alla relazione sullo stato dell’ambiente di cui all’articolo 1, comma 6, della legge 8 luglio 1986, n. 349. La relazione è redatta avvalendosi del Servizio geologico d’Italia - Dipartimento difesa del suolo dell’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, il quale è parte del Sistema Nazionale delle Agenzie Ambientali, noto come SNPA). Il Ministro opera inoltre per assicurare il coordinamento, ad ogni livello di pianificazione, delle funzioni di difesa del suolo con gli interventi per la tutela e l’utilizzazione delle acque e per la tutela dell’ambiente (ai sensi dell’articolo 2, commi 5 e 6, della legge 8 luglio 1986, n. 349).

L’articolo 58 del Codice dell’Ambiente attribuisce poi al Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio la funzione di determinazione di criteri, metodi e standard di raccolta, oltre all’elaborazione, da parte del Servizio Geologico d’Italia - Dipartimento difesa del suolo dell’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA/SNPA). È anche responsabile della consultazione dei dati, della definizione delle modalità di coordinamento e di collaborazione tra i soggetti pubblici operanti nel settore, nonché della definizione degli indirizzi per l’accertamento e lo studio degli elementi dell’ambiente fisico e delle condizioni generali di rischio.

Si occupa della fase di valutazione degli effetti conseguenti all’esecuzione dei piani, dei programmi e dei progetti su scala nazionale di opere, ricomprendendo anche il coordinamento dei sistemi cartografici.

Infine, anche avvalendosi dell’ISPRA, assume le funzioni di indirizzo dell’Autorità di bacino distrettuale e di coordinamento con le altre Autorità di bacino distrettuali.

### **2.A. Presidente del Consiglio dei Ministri**

Previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art 57 del Codice dell'Ambiente il Presidente del Consiglio approva con proprio decreto:

a) su proposta del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio:

- 1) le deliberazioni concernenti i metodi ed i criteri, anche tecnici, per lo svolgimento dell'attività conoscitiva e delle attività di pianificazione, programmazione e di attuazione, nonché per la verifica ed il controllo dei piani di bacino e dei programmi di intervento
- 2) i piani di bacino, sentita la Conferenza Stato-regioni
- 3) gli atti volti a provvedere in via sostitutiva, previa diffida, in caso di persistente inattività dei soggetti ai quali sono demandate le funzioni previste dalla presente sezione;
- 4) ogni altro atto di indirizzo e coordinamento

b) su proposta del Comitato dei Ministri il programma nazionale di intervento.

### **3.A. Comitato dei Ministri per gli interventi nel settore della difesa del suolo**

Il Regolamento interno del Consiglio dei Ministri (DPCM 10 novembre 1993) prevede la possibilità da parte del Presidente del Consiglio dei Ministri di deferire l'esame di singole questioni a comitati di Ministri, ferme restando le competenze del Consiglio dei Ministri e dei comitati interministeriali previsti per legge.

Il Comitato dei Ministri per gli interventi nel settore della difesa del suolo svolge funzioni di alta vigilanza ed adotta gli atti di indirizzo e di coordinamento delle attività. Propone inoltre al Presidente del Consiglio dei Ministri lo schema di programma nazionale di intervento, che coordina con quelli delle regioni e degli altri enti pubblici a carattere nazionale, verificandone l'attuazione. È infine il soggetto responsabile delle proposte relative agli indirizzi delle politiche settoriali direttamente o indirettamente connesse con gli obiettivi e i contenuti della pianificazione di distretto e ne verifica la coerenza nella fase di approvazione dei relativi atti.

Tutte le attività di indirizzo e coordinamento svolte dal Comitato sono predisposte a seguito di consultazioni con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano (articolo 57 del Codice dell'Ambiente).

### **4.A. Conferenza Stato-regioni**

La Conferenza Stato-Regioni è un organo a carattere permanente e ha lo scopo di favorire la cooperazione e la negoziazione politica tra l'attività dello Stato e quella delle Regioni e le Province Autonome. In materia ambientale, la Conferenza formula pareri, proposte ed osservazioni, anche ai fini dell'esercizio delle funzioni di indirizzo e coordinamento di cui all'articolo 57 del Codice

dell'Ambiente, ed ogni qualvolta ne è richiesto l'intervento da parte del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio.

In particolare l'articolo 59 del Codice dell'Ambiente dispone che la Conferenza Stato-regioni possa formulare proposte per l'adozione degli indirizzi, dei metodi e dei criteri di cui al predetto articolo 57. Può inoltre presentare osservazioni sui piani di bacino ai fini della loro conformità ed esprimere pareri sulla ripartizione degli stanziamenti autorizzati da ciascun programma triennale tra i soggetti preposti all'attuazione delle opere e degli interventi individuati dai piani di bacino. Può infine formulare pareri sui programmi di intervento di competenza statale.

#### **5.A. Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA)**

Il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA), del quale fanno parte l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le agenzie regionali e delle province autonome di Trento e di Bolzano per la protezione dell'ambiente (ARPA), concorre al perseguimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile, della riduzione del consumo di suolo, della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente e della tutela delle risorse naturali e della piena realizzazione del principio «chi inquina paga», anche in relazione agli obiettivi nazionali e regionali di promozione della salute umana, mediante lo svolgimento di attività tecnico-scientifiche.

#### **6.A. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)**

Mediante il Servizio Geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo, l'ISPRA svolge attività conoscitiva quale è definita all'articolo 55 del Codice dell'Ambiente. Realizza altresì il sistema informativo unico e la rete nazionale integrati di rilevamento e sorveglianza. L'ISPRA è inoltre tenuta a fornire, a chiunque ne formuli richiesta, dati, pareri e consulenze.

#### **7.A. Regioni**

L'articolo 61 del Codice dell'Ambiente dispone che le Regioni esercitino le funzioni e i compiti ad esse spettanti nel quadro delle competenze costituzionalmente determinate e nel rispetto delle attribuzioni statali.

In particolare, collaborano nel rilevamento e nell'elaborazione dei piani di bacino dei distretti idrografici secondo le direttive assunte dalla Conferenza istituzionale permanente di cui all'articolo 63, comma 4, del Codice dell'Ambiente ed adottano gli atti di competenza.

Possono formulare proposte inerenti alla formazione dei programmi e alla redazione di studi e di progetti relativi ai distretti idrografici e provvedono altresì alla elaborazione, adozione,



approvazione ed attuazione dei piani di tutela delle acque di cui all'articolo 121 del Codice dell'Ambiente.

Nei limiti della propria competenza, dispongono la redazione e provvedono all'approvazione e all'esecuzione dei progetti, degli interventi e delle opere da realizzare nei distretti idrografici, istituendo, ove occorra, gestioni comuni.

Con cadenza annuale sono tenuti a predisporre la relazione sull'uso del suolo e sulle condizioni dell'assetto idrogeologico del territorio di competenza e sullo stato di attuazione del programma triennale in corso, la quale deve essere trasmessa al Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio entro il mese di dicembre.

Possono infine assumere ogni altra iniziativa ritenuta necessaria in materia di tutela ed uso delle acque nei bacini idrografici di competenza ed esercitano ogni altra funzione.

Sono inoltre interamente esercitate dalle Regioni le funzioni relative ai vincoli idrogeologici, ai sensi del regio decreto-legge 30 dicembre 1923, n. 3267, che all'art.1 li definisce come i vincoli su terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le disposizioni di legge possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque.

Infine restano ferme tutte le altre funzioni amministrative già trasferite o delegate alle regioni.

#### **8.A. Autorità di bacino distrettuale**

L'articolo 64 del Codice dell'Ambiente ripartisce il territorio nazionale in otto distretti idrografici (distretto idrografico delle Alpi orientali; distretto idrografico del Fiume Po; distretto idrografico dell'Appennino settentrionale; distretto idrografico dell'Appennino centrale; distretto idrografico dell'Appennino meridionale; distretto idrografico della Sardegna; distretto idrografico della Sicilia), ognuno dei quali ricomprendente svariati bacini idrografici.

Le Autorità di bacino distrettuali sono i soggetti che provvedono a elaborare il Piano di bacino distrettuale che è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, con valore di piano territoriale di settore, e mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione della acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato (art. 65 del Codice dell'ambiente).

Elaborano inoltre gli stralci relativi ai piani di bacino stessi, tra cui il piano di gestione del bacino idrografico, previsto dall'articolo 13 della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, e successive modificazioni.

Le Autorità di bacino possono altresì esprimere pareri sulla coerenza con gli obiettivi del Piano di bacino dei piani e programmi dell'Unione europea, nazionali, regionali e locali relativi alla tutela delle acque e alla gestione delle risorse idriche (art. 63 del Codice dell'ambiente).

#### **9.A. Enti locali e altri soggetti territoriali locali**

I comuni, le province, i loro consorzi o associazioni, le comunità montane, i consorzi di bonifica e di irrigazione, i consorzi di bacino imbrifero montano e gli altri enti pubblici e di diritto pubblico con sede nel distretto idrografico partecipano all'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del suolo nei modi e nelle forme stabilite dalle regioni singolarmente o d'intesa tra loro, nell'ambito delle competenze del sistema delle autonomie locali.

Tali enti possono avvalersi, sulla base di apposite convenzioni, del Servizio geologico d'Italia - Dipartimento difesa del suolo dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (e il sistema SNPA) e sono tenuti a collaborare con la stessa (art.62 del Codice dell'ambiente).

#### **10.A. Associazione nazionale Comuni italiani (ANCI):**

In accordo con l'articolo 55 del Codice dell'Ambiente, l'ANCI contribuisce, in regime di convenzione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio sia allo svolgimento dell'attività conoscitiva, quanto alla diffusione dell'informazione ambientale. Svolge inoltre attività inerenti all'inquinamento delle acque, alla riqualificazione fluviale e al ciclo idrico integrato tramite la raccolta e l'elaborazione dei dati necessari al monitoraggio della spesa ambientale sul territorio nazionale in regime. I criteri e le modalità di esercizio delle suddette attività sono definiti con decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (Decreto 2 maggio 2006).

#### **11.A. Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico**

L'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico è un organismo indipendente, istituito con la legge 14 novembre 1995, n. 481, il quale ha il compito di tutelare gli interessi dei consumatori e di promuovere la concorrenza, l'efficienza e la diffusione di servizi con adeguati livelli di qualità, attraverso l'attività di regolazione e di controllo.

L'Autorità si è tradizionalmente occupata dei settori energetici, ma con il decreto n.201/11, convertito nella legge n. 214/11, alla stessa sono state attribuite competenze anche in materia di servizi idrici. Infatti, l'articolo 21, comma 19, prevede che: “con riguardo all'Agenzia nazionale per la regolazione e la vigilanza in materia di acqua, sono trasferite all'Autorità per l'energia elettrica e il gas le funzioni attinenti alla regolazione e al controllo dei servizi idrici, che vengono esercitate con i medesimi poteri attribuiti all'Autorità stessa dalla legge 14 novembre 1995, n. 481”. Da tale

data pertanto l'Autorità definisce le tariffe idriche e verifica le condizioni di tutela dei consumatori in tale servizio.

L'Autorità svolge inoltre una funzione consultiva nei confronti di Parlamento e Governo ai quali può formulare segnalazioni e proposte; presenta annualmente una Relazione Annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta.

## **8. Criteri ed indirizzi per l'attuazione del Piano Nazionale di Adattamento**

L'adattamento è un tema molto complesso che abbraccia diverse discipline e che può essere affrontato con una varietà di approcci metodologici che vanno individuati e calibrati rispetto alla scala di analisi (nazionale, regionale, locale) e rispetto a quelle che sono le strategie e le risorse disponibili in termini finanziari, di dati, strumenti e competenze.

Il Piano Nazionale offre una robusta base di analisi climatiche e territoriali di impatti e rischi attesi per i settori chiave già identificati nella Strategia Nazionale di Adattamento e in risposta a questi impatti propone le azioni di adattamento che sono state giudicate preferibili, rispetto ad un portafoglio di oltre 350 azioni, sulla base di appositi criteri proposti da consolidata letteratura internazionale.

Le azioni che il Piano identifica a preferibilità alta e medio-alta sono da un lato azioni di tipo soft, cioè propedeutiche all'adattamento, che hanno una valenza che trascende la scala geografica di applicazione, dall'altro azioni di tipo infrastrutturale (grey) ed eco-sistemico (green) che assumono delle specificità più territoriali.

Il Piano suggerisce per ciascuna azione gli enti di riferimento, le tempistiche per l'implementazione e gli indicatori per il monitoraggio dell'avanzamento e per la valutazione dell'efficacia.

Associa ogni azione ad uno specifico settore ed alle relative aree climatiche omogenee di intervento prevalenti.

I territori hanno quindi a disposizione una ricchissima serie di analisi e informazioni che, settore per settore, evidenziano ed analizzano gli aspetti chiave da considerare per la definizione e l'implementazione di piani locali di adattamento ai cambiamenti climatici.

Nonostante il Piano identifichi la rilevanza territoriale di alcune azioni specifiche, la loro definizione e implementazione finale deve essere strettamente focalizzata sulla scala locale, poiché è a livello locale che gli impatti legati al clima, e conseguentemente i benefici delle azioni di adattamento, sono direttamente e principalmente percepiti. Inoltre, la scelta delle azioni a scala locale, seppur coerente con le analisi e le valutazioni fatte all'interno del Piano Nazionale, dovrà essere il frutto di valutazioni politiche e strategiche basate sugli obiettivi di sviluppo del territorio stesso. L'identificazione e la scelta di azioni specifiche da implementare nei singoli territori richiede pertanto valutazioni e approfondimenti aggiuntivi rispetto al Piano Nazionale, che devono essere affrontati con il coinvolgimento di tutti gli attori e portatori di interessi locali (enti, società civile, imprese).

I Piani di adattamento sono inoltre, a tutti i livelli (nazionale, regionale, locale, per singolo settore o multisettoriali), degli strumenti dinamici, soggetti a continui e periodici aggiornamenti e implementazioni, durante i quali potranno essere rivisti e recuperati alcuni aspetti precedentemente non considerati, o non sufficientemente dettagliati. Non esiste un approccio metodologico per lo sviluppo di un piano di adattamento che sia migliore o adatto a tutte le casistiche, ma spetta alla comunità scegliere in base alle proprie esigenze quale approccio è più funzionale e se adottare tutte le fasi di elaborazione del Piano indicate nelle linee guida europee o focalizzarsi su alcuni aspetti (Giordano et al, 2013) a seconda delle esigenze specifiche.

Al di là dell'approccio metodologico adottato, un primo e sempre valido aspetto per lo sviluppo di un percorso di adattamento efficace e condiviso è la creazione di un gruppo di lavoro interdisciplinare, che abbracci competenze ed esperienze diverse nei settori rilevanti per l'adattamento e che includa esperti appartenenti a diverse istituzioni territoriali.

Per sostenere un percorso di adattamento a lungo termine è necessario che sia definito un mandato chiaro per la gestione del processo di adattamento da parte del gruppo di lavoro, con specifiche responsabilità, compiti, tempistiche e regole di lavoro e di condivisione della documentazione di tutte le fasi del processo.

Sin dalle prime fasi di sviluppo del percorso di adattamento è fondamentale il coinvolgimento degli stakeholder dal settore pubblico a quello privato, dalla società civile, dalle organizzazioni non governative, dal mondo accademico e degli enti di ricerca e agenzie territoriali, al fine di affrontare ed analizzare i problemi sotto diversi punti di vista e individuare soluzioni concertate e condivise.

Il coinvolgimento degli stakeholder può avvenire con diverse modalità e tecniche (tavoli di discussione, questionari di consultazione, campagne di comunicazione, etc.) in accordo con la tipologia di attori coinvolti, della realtà territoriale analizzata, nonché delle risorse disponibili.

Di seguito si evidenziano i passaggi chiave che i territori devono seguire per l'implementazione dell'adattamento a scala locale, in coerenza con il Piano Nazionale:

1. Adeguamento delle analisi di rischio e impatti condotte nell'ambito del Piano Nazionale di Adattamento alle specificità territoriali.

La valutazione delle componenti degli impatti e del rischio è un elemento fondamentale per individuare gli obiettivi specifici dell'adattamento. Il PNACC analizza i principali impatti e rischi per i 18 settori chiave già identificati nella Strategia Nazionale e li associa alle sei macroregioni climatiche omogenee. I territori hanno a disposizione:

- l'analisi delle proiezioni climatiche attese, in termini di valori medi ed estremi considerando indicatori dei principali impatti meteo-indotti ad elevata scala spaziale (8 km)

- l'analisi delle caratteristiche territoriali e socio-economiche attraverso la valutazione dell'esposizione di beni e servizi del territorio, del loro grado di sensibilità nei confronti dei cambiamenti climatici e del livello di risposta del territorio intesa come capacità adattiva. Esposizione e sensibilità del territorio sono riportate con dettaglio elevato su griglia regolare di 1 km, mentre la capacità adattativa è stata analizzata a livello provinciale
- l'indice aggregato della propensione al rischio e l'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici nei 18 settori individuati. I territori, nello sviluppo dei loro piani locali, dovranno valutare la rispondenza delle analisi di rischio e impatti condotte nell'ambito del Piano Nazionale di Adattamento alle esigenze e peculiarità territoriali e, in caso contrario, valutare la disponibilità di dati, di risorse economiche, di tempo e di capitale umano per poter condurre le analisi quantificando in maniera più approfondita gli impatti fisici che possono derivare dal cambiamento climatico. La quantificazione degli impatti può essere effettuata utilizzando diverse metodologie: ad esempio attraverso l'utilizzo di modelli di processo o curve di fragilità necessarie per definire la frazione del valore/recettore esposto che può essere persa/danneggiata in seguito al verificarsi di un evento pericoloso, oppure con l'utilizzo di indicatori proxy.

2. Verifica della coerenza fra gli obiettivi di adattamento proposti dal Piano Nazionale di Adattamento e quelli locali.

Una volta quantificati i rischi e gli impatti chiave, a partire dalle analisi del Piano e/o da ulteriori valutazioni di dettaglio effettuate a scala locale, dovranno essere identificati gli obiettivi di adattamento.

Il Piano Nazionale di Adattamento esplicita gli obiettivi generali da perseguire per far fronte ai cambiamenti climatici e gli obiettivi specifici settoriali. I territori dovranno valutare, attraverso una ricognizione interna e dei tavoli intersettoriali, la coerenza degli obiettivi di adattamento a livello territoriale con quanto indicato nel PNACC.

3. Verifica della rispondenza delle azioni identificate nel Piano Nazionale di Adattamento con le priorità territoriali

Il Piano fornisce un database di oltre 350 azioni classificate in macro-categorie, categorie e principali tipi di misura. Le azioni vengono descritte, se ne specificano, gli obiettivi, i rischi a cui rispondono, l'eventuale link con altre misure ed effetti su altri settori, nonché le tempistiche per l'implementazione, gli enti responsabili, gli indicatori per valutarne lo

stato di avanzamento e l'efficacia e le macroregioni per le quali le azioni sono particolarmente rilevanti.

Il database riporta inoltre la valutazione di ogni azione sulla base di criteri di preferibilità, nonché informazioni sui documenti normativi di riferimento e quadri riassuntivi sulla classificazione delle azioni e sugli indicatori di monitoraggio.

Tale database, allegato al presente Piano, costituisce quindi un utile strumento di supporto che fornisce la base di partenza per la selezione delle azioni specifiche sulla scala territoriale locale. E' però cura del pianificatore locale declinare tali azioni in termini concreti di applicabilità implementazione nel suo specifico contesto di riferimento. In particolare, la selezione delle opzioni di adattamento preferite dovrebbe essere effettuata in stretta interazione con tutti gli attori coinvolti nel processo di adattamento. Il coinvolgimento degli stakeholder e dei portatori di interesse locali è essenziale per aggiungere gli elementi necessari alla specializzazione delle azioni, alla scelta dei criteri e dei pesi da utilizzare per la prioritizzazione e alla definizione di un percorso di adattamento condiviso e di successo. La definizione del portfolio di azioni prioritarie locali potrà quindi avvenire attraverso l'utilizzo dei criteri presentati discussi nel dettaglio nel par. 2.2 del Piano Nazionale e qui di seguito elencati:

- Efficacia
- Efficienza economica
- Effetti di secondo ordine
- Performance in presenza di incertezza
- Considerazioni per l'implementazione politica.

I Piani locali possono utilizzare gli stessi criteri o sceglierne solo alcuni, tenendo conto delle loro diverse finalità. Ad esempio la valutazione degli effetti di secondo ordine (opzioni win-win e no-regret), è particolarmente importante in quanto individua opzioni pratiche e convenienti a prescindere dalla presenza di incertezza. Altrettanto importanti in questo senso sono criteri quali flessibilità e robustezza. Solo il pianificatore locale può valutare aspetti quali percorribilità istituzionale sociale, multidimensionalità e urgenza della misura e "pesarli" rispetto agli altri.

L'applicazione di questi criteri, può avvenire tramite diverse tecniche di coinvolgimento degli stakeholder per la definizione delle priorità, indicando quali azioni devono essere implementate immediatamente e quali possono essere rimandate.

Tra le tecniche disponibili, si riportano di seguito alcune fra le più utilizzate, per una loro descrizione e valutazione di applicabilità si rimanda a quelle evidenziate da Giordano et al. (2013):

- Giudizio esperto

- Focus groups
- Brainstorming
- Metodo Delphi
- Analisi Multi-criteria
- Alberi decisionali/alberi di probabilità
- Diagrammi di influenza/mappe mentali

Una volta definite le azioni prioritarie, per rendere operativa la loro implementazione è necessario identificare le tempistiche e i responsabili per l'implementazione delle stesse. Il PNACC suggerisce gli Enti e le Istituzioni di riferimento per l'implementazione delle azioni identificate, così come le tempistiche per la loro attuazione. Tuttavia, si pone come un documento di indirizzo generale e non impositivo per i territori che quindi dovranno identificare gli elementi necessari per rendere attuative le azioni.

Al fine di monitorare i progressi sia nell'implementazione delle azioni, sia nella valutazione della loro efficacia, in vista di una revisione e un aggiornamento periodico dei Piani locali, così come di quelli nazionali, è necessario identificare un set di indicatori per le azioni di adattamento individuate.

Il Piano avanza una prima proposta di indicatori di monitoraggio per le azioni individuate, rilevabile sia nelle schede azioni, sia nel database allegato. Inoltre nel capitolo 3.2 discute i criteri che devono essere seguiti nella scelta di questi indicatori.

4. Coerenza e compatibilità delle azioni individuate a scala locale con altre Pianificazioni locali e con quelle di regioni e territori contigui ricadenti nella stessa Macroregione climatica.

I territori devono valutare, attraverso una ricognizione interna e dei tavoli intersettoriali, la coerenza, compatibilità e complementarità fra il piano di adattamento locale e gli altri piani regionali al fine di inserire le necessarie disposizioni sia nel piano di adattamento locale sia nelle altre pianificazioni attive o in via di completamento.

Ulteriori integrazioni alla pianificazione di adattamento locale potranno arrivare dall'analisi delle sinergie tra le azioni individuate a scala locale e quelle dei territori adiacenti ricadenti in aree climatiche omogenee contigue, con l'obiettivo di assicurare pieno coordinamento fra gli enti e le autorità preposte alla loro implementazione e rendere comuni le attività di monitoraggio

5. Definizione di un programma di comunicazione e informazione.

Un aspetto non secondario riguarda infine la definizione di un programma di comunicazione e informazione, da sviluppare in linea e in accordo con il programma nazionale.



Tali azioni sono fondamentali al fine di sensibilizzare e coinvolgere le parti interessate locali e creare un substrato fertile per le iniziative di adattamento. Il tema del cambiamento climatico non è infatti percepito spesso come un'urgenza o una priorità rispetto ad altre problematiche a livello locale, spesso per carenza di informazione e conoscenza su come il clima sta cambiando e su quali conseguenze questo cambiamento potrà determinare.

A livello nazionale, con la creazione del forum e dell'osservatorio, sarà istituito un sistema di raccordo tra le azioni nazionali e quelle locali, al fine di creare un sistema organico e funzionale per l'attuazione dei programmi di adattamento.

Gli strumenti locali saranno comunque differenti da quelli nazionali e dovranno prevedere l'utilizzo di strumenti comunicativi più appropriati alla realtà locale e studiati specificatamente per essa.

## 9. Progetti attuativi del PNACC

Le risorse idriche hanno da sempre una stretta correlazione ai temi territoriali, tuttavia i cambiamenti ambientali e climatici degli ultimi decenni hanno reso ancora più evidente la necessità di elaborare un approccio integrato tra la gestione del suolo e quella dell'acqua.

La Conferenza sui cambiamenti climatici di Parigi (COP21) ha ulteriormente evidenziato il ruolo decisivo che le risorse idriche possono svolgere nell'elaborare un modello di sviluppo sostenibile che sia in grado di contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle città.

Per fare questo però occorre un approccio multidisciplinare e di coordinamento tra i diversi soggetti coinvolti nei processi di pianificazione territoriale, ambientale e idrica.

La gestione idrica rappresenta uno dei settori paradigmatici nel nostro Paese per sperimentare politiche di scala vasta in grado di superare la frammentarietà generata da confini amministrativi che rendono difficile l'elaborazione di una visione sovracomunale anche per quelle risorse, come l'acqua, che per loro stessa natura interessano ambiti territoriali ampi.

L'Unione Europea ha affrontato questi temi in diverse direttive, con le quali viene proposto agli stati membri di elaborare un approccio integrato per superare il problema della settorialità e della frammentazione decisionale. È infatti necessario coordinare gli strumenti di pianificazione urbanistica con le politiche per l'efficienza energetica, per l'agricoltura, per l'ambiente e per la gestione delle risorse idriche, al fine di elaborare progetti in grado di indirizzare lo sviluppo locale verso l'obiettivo della sostenibilità.

In particolare il tema della gestione delle acque piovane in ambito urbano rappresenta una dei principali problemi legati alla risorsa idrica. L'Unione Europea, su questo specifico tema, promuove la ricerca di soluzioni integrate in grado di introdurre sistemi di innovazione tecnologica e misure di tutela ambientale. Nelle aree più densamente popolate, del resto, solo un approccio olistico può contribuire alla definizione di efficaci strategie che sappiano affrontare il tema della sicurezza idraulica all'interno di una strategia di tutela ambientale complessiva.

Nella pianificazione delle azioni di adattamento al cambiamento climatico occorre valutare con attenzione il fattore "tempo": il tempo di ritorno di progetto delle opere, il tempo di funzionamento efficiente dell'opera, il tempo di risposta dei sistemi naturali e antropici ai cambiamenti globali.

La velocità alla quale il clima e il territorio stanno cambiando sembra non avere precedenti ad opera di uno sviluppo sociale che, seppur positivo, ha un impatto sempre più significativo sull'ambiente e sulla società stessa. Sebbene i sistemi ambientali siano per loro natura in grado di compensare perturbazioni esogene, la velocità alla quale i cambiamenti, sia di uso del suolo sia delle

caratteristiche delle forzanti naturali, si stanno verificando può limitare, o addirittura inibire i processi di compensazione. Oggi più che mai, quindi, le azioni di adattamento devono svilupparsi con rapidità e con cognizione di causa sin dal momento originario della progettazione degli interventi.

La progettazione veloce ed efficiente delle azioni di adattamento deve essere condotta con un approccio finalizzato all'incremento della resilienza e alla valutazione e gestione delle incertezze nell'evoluzione futura delle condizioni climatiche e antropiche. Inoltre, un presupposto indispensabile per assicurare la necessaria resilienza in ambito geologico, idrologico ed idraulico è un approccio no-regret rispetto alle incertezze, necessariamente elevate, come propriamente evidenziato nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017). Infatti, l'adattamento deve essere raggiunto mediante l'integrazione ottimale di interventi strutturali (green e grey) e non strutturali (soft), sulla base di una pianificazione coordinata a diverse scale geografiche, temporali e operative, supportata da analisi quantitative in un contesto probabilistico che permettano la valutazione dei costi e dei benefici.

Un esempio di progetto attuativo nell'ambito delle misure di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC 2017) previste per le Risorse Idriche, è fornito dal "MARRIAGE SUPER", a cui ha il MATTM ha dato avvio attraverso un recente bando.

Il progetto si pone come obiettivo quello di elaborare un approccio integrato e multidisciplinare nella gestione efficiente e sostenibile del ciclo delle acque in ambiente urbano.

Ad oggi è necessario un vero e proprio "super matrimonio" tra i diversi approcci scientifici, le idee e le competenze, propri di differenti discipline (i.e.: l'ingegneria delle acque, le infrastrutture stradali, la geomatica, l'architettura tecnica e la pianificazione urbanistica), per riuscire domani ad affrontare in un'ottica di resilienza e di partecipazione, gli inevitabili processi di adattamento ai cambiamenti globali, climatici, naturali e antropici che la "governance" istituzionale e la cittadinanza dovranno porre in essere.

Considerata l'inadeguatezza e la vulnerabilità idraulica delle Aree Urbane italiane nei confronti degli effetti generati dai Cambiamenti Climatici (CC), il progetto MARRIAGE SUPER si pone dunque come Obiettivo Generale quello di contribuire a rendere le aree urbane italiane più resilienti ai CC promuovendo l'adozione di Buone Pratiche di Adattamento (Good Adaptation Practices: GAP) così da prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori, accrescere la conoscenza e la partecipazione dei cittadini e della Governance locale, promuovere responsabilità sociale ed ambientale nelle imprese e nelle amministrazioni.

Gli Obiettivi Specifici che si intende perseguire sono:

- individuare innovative procedure progettuali integrate delle opere connesse al ciclo delle acque che tengano conto dei CC

- aumentare la consapevolezza di autorità locali, attori socio-economici e cittadini sui rischi legati ai CC nel territorio, motivandoli verso l'adozione di comportamenti più attenti all'ambiente e alla gestione responsabile delle risorse
- orientare ed adeguare la normativa e la pianificazione territoriale - regionale e locale - mediante una più efficace ricezione delle normative ue e nazionali in materia di adattamento e mitigazione ai CC
- definire piani di azione per l'adattamento ai CC, delle città grazie a un processo partecipativo che coinvolge istituzioni, cittadini e alcune imprese locali;
- sostenere la partecipazione attiva della comunità attraverso la predisposizione di sistemi di incentivazione
- accrescere la partecipazione e sensibilizzazione in materia di lotta ai CC mediante azioni informative e divulgative
- aggiornare i professionisti di settore, sfruttando il know-how tecnico-scientifico esistente e mediante il trasferimento di buone pratiche (GAP), tra cui soluzioni basate sull'utilizzo di green-blue solutions (GBS)
- offrire un supporto tecnico-formativo agli stakeholders individuati, per attuare alcune delle azioni definite nei piano di azione
- condividere i risultati del progetto, promuovendone la diffusione e lo scambio del know-how generato, per permettere ad altre comunità locali di utilizzare i modelli sviluppati
- comunicare i risultati del progetto a livello locale, nazionale ed europeo.

## CONCLUSIONI

Dagli studi condotti emerge che la gestione delle risorse ambientali richiede non solo osservazioni accurate dei fenomeni naturali, ma richiede anche lo sviluppo di modelli per aiutare a rispondere alle domande politiche.

In generale l'osservazione ed i modelli devono indirizzare l'approccio alle soluzioni in funzione della dinamicità evolutiva sia dei fenomeni che della risposta alle misure adottate.

Indagare sulla natura complessa dei problemi ambientali, che includono aspetti ecologici, sociali ed economici, richiede l'integrazione di approcci scientifici con quelli dei decisori e dei responsabili politici. La crescente insoddisfazione derivante da approcci di gestione ambientale disgiunti e strettamente focalizzati ha recentemente incoraggiato l'impiego di approcci integrati di modellizzazione ambientale.

La modellizzazione ambientale integrata tenta di fornire soluzioni a problemi complessi che affrontano i sistemi umani e naturali integrando le conoscenze della comunità scientifica multidisciplinare e le competenze delle parti interessate e dei responsabili delle decisioni per esplorare e prevedere la risposta dei sistemi ambientali alle interazioni uomo-natura.

La natura integrata di tale modello è motivata dall'idea che nessun singolo modello è in grado di rappresentare la complessità dei problemi su larga scala e nessun singolo gruppo possiede le competenze complete per prendere decisioni al riguardo. Piuttosto, tali problemi devono essere affrontati in modo collaborativo e integrato. La gestione delle risorse idriche è una buona illustrazione di un sistema umano e naturale in cui numerose parti interessate come attori sociali interagiscono con un paesaggio naturale. È un buon esempio di un sistema che riflette preesistenti fattori biofisici come la copertura del suolo, la geomorfologia, l'idrologia, il clima e altri elementi naturali e allo stesso tempo rispecchia le decisioni prese da agenti umani che interagiscono nei mercati economici e nelle istituzioni pubbliche. La complessità di tali interazioni dovute alle relazioni non lineari tra le componenti del sistema, insieme all'influenza delle decisioni umane, richiede l'integrazione di più discipline e la comprensione delle integrazioni della natura umana utilizzando un quadro di modellazione integrato appropriato.

Il quadro generale deve affrontare l'incertezza implicita e la complessità coinvolte nelle interazioni di questi sistemi. Dovrebbe funzionare come un "framework AI (Artificial Intelligence)" utilizzando una combinazione di modelli distribuiti spazialmente, collegati tramite un'interfaccia. Questo potrebbe essere il modo giusto per capire gli scenari necessari per affrontare complessi problemi di gestione delle risorse idriche. Un aspetto che è stato raramente considerato è il fatto che gli esseri umani utilizzano varie strategie nel processo decisionale che vanno oltre l'obiettivo di

ottimizzazione, massimizzazione dei profitti o minimizzazione del rischio [29]. I responsabili politici e decisionali devono negoziare costantemente con le diverse parti interessate e prendere in considerazione un'ampia gamma di prospettive che spesso non sono incluse nel quadro del processo decisionale per giungere a una decisione che non influenzi negativamente l'ambiente e soddisfi un'ampia gamma di parti interessate. Tuttavia, la complessità dei sistemi umani e naturali, e le interazioni non lineari dei loro elementi rendono difficile stimare l'esito delle decisioni.

Bisogna andare oltre gli approcci di modellazione tradizionali per catturare le interazioni tra i processi di società-idrologia-terra-clima per affrontare meglio le questioni legate all'acqua associate ai cambiamenti climatici e all'utilizzo del suolo. Il framework deve includere un modello distribuito e un modello basato su base fisica. Il primo fornisce una descrizione dettagliata dei processi che avvengono nell'intera fase terrestre del ciclo idrologico, comprese le interazioni tra la superficie e la falda acquifera, e il secondo cattura i modelli di evoluzione che emergono dall'influenza dei fattori di guida esterni a diversi intervalli di tempo.

Il quadro deve incorporare la negoziazione e le decisioni umane e l'esplorazione dell'impatto potenziale di tali decisioni, al fine di garantire flessibilità su una vasta gamma di scenari relativi alle problematiche di gestione delle risorse idriche, considerando la reciproca influenza dei sistemi umani e naturali.

Inoltre, a lungo termine, è necessario valutare l'efficacia delle scelte fatte in un'ottica di ottimizzazione dei modelli, creando un archivio che raccolga tutti i Big Data, dalla scala locale a quella universale. Ciò consentirebbe di superare sia la mancanza di dati sia di lavorare sull'eterogeneità dei dati, perfezionando il database con esperienza e tempo. Nella valutazione ex post dovrebbe essere considerato necessario rivalutare le ipotesi errate, gli aspetti non ancora considerati o non ancora conosciuti/interpretati, per penetrare le dinamiche dei sistemi uomo-acqua che ci mettono imprevedibilmente alla prova nella sua gestione e controllo.

La legislazione europea (DQA) sulle acque, dai primi anni 2000 ha dato impulso ad una serie di attività che sono state regolamentate ed avviate in Italia (es. Piani di Bacino), con l'obiettivo di realizzare uno screening delle condizioni del territorio ed individuare le misure da adottare per metterlo in sicurezza. Inizialmente la legislazione ha privilegiato l'aspetto pianificatorio, ma dal 2016 con la revisione dei Piani di Bacino, ha introdotto la valutazione dell'impatto del cambiamento climatico in termini di pressioni, e l'individuazione delle misure di adattamento (PNACC 2017).

Nell'ambito delle misure di adattamento ai cambiamenti climatici delle risorse idriche, i Contratti di Fiume (CdF) ad oggi rappresentano un'attività abbastanza diffusa specialmente nel Nord Italia, controllata e monitorata per ora a livello di processo.

E' auspicabile che nell'ambito delle politiche attuative di adattamento, si consolidi sempre di più l'adozione di modelli interpretativi innovativi come i CdF: il Contratto ha più obiettivi, rappresenta

uno strumento di condivisione, di coordinamento dei sottoscrittori, di selezione delle priorità, di riduzione delle incertezze per i decisori istituzionali. Può essere uno strumento di compromesso attraverso cui trovare un equilibrio efficiente tra obiettivi e profitti in conflitto. E' una valida opportunità per la ricerca e la sperimentazione di "soluzioni originali" per la tutela e lo sviluppo del territorio.

La differente interpretazione dello strumento richiama diversi modelli di gestione, da una rigorosamente tecnocratica, ad una più adattiva, finalizzata a riadeguare continuamente le azioni e gli interventi al variare delle condizioni del contesto.

L'originalità e quindi la peculiarità del modello è rappresentata proprio dall'opportunità di ricercare e adattare soluzioni in modo sistemico e integrato, realizzando così un meccanismo risolutivo complesso, versatile e replicabile in funzione delle circostanze e degli obiettivi, da adottare come standard.

Attraverso un tale meccanismo, si rende possibile raggiungere l'adattamento mediante l'integrazione ottimale di interventi strutturali e non strutturali sia a breve che a lungo termine, e la pianificazione coordinata a diverse scale geografiche, temporali e operative, supportata da analisi quantitative che, in un contesto probabilistico, permettano la valutazione dei costi e dei benefici.

Il monitoraggio dell'efficacia degli stessi CdF consentirebbe di ricevere un feedback costante sia per indirizzare le eventuali azioni correttive in ambito contrattuale, sia per migliorare le tecniche di progettazione ingegneristica.

In particolare sui CdF, ma in generale trasversalmente a tutte le misure di adattamento previste dalle RI (Risorse Idriche), si rende opportuno implementare un sistema di monitoraggio che restituisca un feedback sull'efficacia delle misure stesse non solo a livello di processo, ma anche per capire se e come gli eventuali impatti siano emersi in conseguenza dell'applicazione della misura. Il monitoraggio consentirebbe di costruire un trend di breve e lungo periodo che possa restituire un ritorno sulla qualità degli interventi posti in atto in termini di progettazione e/o manutenzione. La ricerca deve ripartire da tali feedback per migliorare le tecniche progettuali e manutentive, nonché implementare progetti di ampio respiro, basati sull'integrazione e la condivisione del know how di varie discipline, per costruire un quadro sistemico e garantire efficienza ed assicurare capacità di adattamento e resilienza, imprescindibile obiettivo per la sicurezza idraulica, e per salvaguardia della vita umana.

Spesso nelle strategie e nei piani di adattamento predisposti a livello nazionale sono omessi gli Obiettivi Specifici (Hammill et al. 2014a; OECD 2015). Pertanto il ruolo degli schemi di monitoraggio (MRV - Measuring Reporting Verifying) diventa di estrema importanza. I dati e le informazioni prodotte possono aiutare a stabilire le priorità da assegnare alle politiche e alle azioni, in modo che gli obiettivi di adattamento siano raggiunti in maniera economicamente efficace (OECD

2015). Inoltre, questi aiutano ad identificare e indirizzare tempestivamente eventuali lacune conoscitive, a migliorare l'apprendimento, e a definire chiaramente i ruoli e le responsabilità dei decisori politici coinvolti, evitando un duplice sforzo (EEA 2016c ; UNFCCC 2010). Incorporare le attività di monitoraggio nel ciclo di politica di adattamento nazionale e nei processi connessi è di grande importanza e di beneficio nel lungo periodo. In particolare, un sistema di monitoraggio costituisce un elemento essenziale del processo di attuazione di un Piano. Pertanto risulta di grande vantaggio la considerazione di sistemi di MRV nel PNACC italiano. Il sistema di monitoraggio nazionale dovrebbe adeguarsi ai tempi previsti dagli accordi internazionali e prevedere un sistema di osservazione continuo nonché un reporting almeno quinquennale dei progressi effettuati, degli obiettivi raggiunti e di quelli nuovi adottati o da adottare. A titolo di esempio, è importante ricordare l'Accordo di Parigi che prevede per i sottoscrittori, precisi obblighi di trasparenza e di valutazione. In particolare i Governi si impegnano a riunirsi ogni cinque anni per stabilire obiettivi più ambiziosi supportati dalle conoscenze scientifiche, riferire agli altri Stati membri e all'opinione pubblica quali sono le iniziative introdotte volte a raggiungere gli obiettivi fissati e a segnalare i progressi compiuti secondo l'obiettivo a lungo termine attraverso un solido sistema basato sulla trasparenza e la responsabilità. I sistemi nazionali di MRV delle azioni di adattamento, tuttavia, richiedono una progettazione molto dettagliata, attenta e ponderata. Pertanto, se i requisiti sopra-elencati sono ritenuti appropriati è auspicabile che si proceda tempestivamente verso lo sviluppo di un sistema di MRV per l'Italia.

Il MATTM, considerata l'inadeguatezza e la vulnerabilità idraulica delle Aree Urbane italiane nei confronti degli effetti generati dai Cambiamenti Climatici (CC), ha recepito in generale l'esigenza di individuare Obiettivi Specifici, come ad esempio nell'attuazione del progetto MARRIAGE SUPER. Il progetto si pone l'obiettivo generale di contribuire a rendere le aree urbane italiane più resilienti ai CC promuovendo l'adozione di Buone Pratiche di Adattamento (Good Adaptation Practices: GAP) così da prevenire i rischi naturali e antropici e rafforzare le capacità di resilienza di comunità e territori, accrescere la conoscenza e la partecipazione dei cittadini e della Governance locale, promuovere responsabilità sociale ed ambientale nelle imprese e nelle amministrazioni.

Tutte le azioni devono essere corredate da un piano di monitoraggio a breve e lungo termine che ne garantisca l'efficacia e l'efficienza e restituisca come già detto, spunti di riflessione ed attuazione della ricerca nell'ambito della progettazione, manutenzione ed innovazione delle opere.

Nei piani di monitoraggio occorre valutare con attenzione il fattore "tempo": il tempo di ritorno di progetto delle opere, il tempo di funzionamento efficiente dell'opera, il tempo di risposta dei sistemi naturali e antropici ai cambiamenti globali.

La velocità alla quale il clima e il territorio stanno cambiando sembra non avere precedenti ad opera di uno sviluppo sociale che ha un impatto sempre più significativo sull'ambiente e sulla società stessa. Sebbene i sistemi ambientali siano per loro natura in grado di compensare perturbazioni



esogene, la velocità alla quale i cambiamenti, sia di uso del suolo sia delle caratteristiche delle forzanti naturali, si stanno verificando, può limitare o addirittura inibire i processi di compensazione. Oggi più che mai, quindi, le azioni di adattamento devono svilupparsi con rapidità e con cognizione di causa sin dal momento originario della progettazione degli interventi.

La progettazione veloce ed efficiente delle azioni di adattamento deve essere condotta con un approccio finalizzato all'incremento della resilienza e alla valutazione e gestione delle incertezze nell'evoluzione futura delle condizioni climatiche e antropiche. Inoltre, un presupposto indispensabile per assicurare la necessaria resilienza in ambito geologico, idrologico ed idraulico è un approccio no-regret rispetto alle incertezze, necessariamente elevate, come propriamente evidenziato nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC, 2017).

Elemento imprescindibile è rappresentato anche dalla capacità di negoziazione tra le parti interessate e la capacità di interazione con i cittadini attraverso un'informazione costante ed una reciproca condivisione del know how. Si tratta di un percorso di lungo termine, ormai già avviato, grazie anche alle nuove tecnologie che hanno velocizzato la comunicazione, la sensibilizzazione ed i feedback in real time. Un percorso certamente arduo, che rappresenta però una sfida nella misura in cui non si cada nell'errore di strumentalizzare le politiche di adattamento, avendo sempre come obiettivo, la salvaguardia della vita umana.

In generale, la ricerca deve continuare a supportare il processo decisionale, definendo strategie a breve e a lungo termine, che tengano conto delle informazioni probabilistiche del rischio alluvionale e bilancino i bisogni attuali e la sostenibilità futura, privilegiando l'integrazione tra soluzioni di compromesso strutturali e non strutturali (soft), sfruttando nuove tecnologie, portando in conto il fattore tempo con cui i processi naturali si evolvono e con cui si è costretti al confronto, con l'obiettivo di minimizzare il rischio residuo per la salvaguardia della vita umana.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Sivapalan, M., Savenije, H. H. G., and Blöschl, G.: Socio- hydrology: A new science of people and water, *Hydrol. Process.*, 26, 1270–1276, doi:10.1002/hyp.8426, 2012.
- [2] Montanari, A., Young, G., Savenije, H. H. G., Hughes, D., Wagener, T., Ren, L. L., Koutsoyiannis, D., Cudennec, C., Toth, E., Grimaldi, S., Blöschl, G., Sivapalan, M., Beven, K., Gupta, H., Hipsey, M., Schaeffli, B., Arheimer, B., Boegh, E., Schymanski, S. J., Di Baldassarre, G., Yu, B., Hubert, P., Huang, Y., Schumann, A., Post, D. A., Srinivasan, V., Harman, C., Thompson, S., Rogger, M., Viglione, A., McMillan, H., Characklis, G., Pang, Z., and Belyaev, V.: “Panta Rhei– Everything Flows: Change in hydrology and society–The IAHS Scientific Decade 2013–2022, *Hydrol. Sci. J.*, 58, 1256–1275, doi:10.1080/02626667.2013.809088, 2013.
- [3] Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Yan, K., Brandimarte, L., and Blöschl, G.: Debates-Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes, *Water Resour. Res.*, 51, 4770–4781, doi:10.1002/2014WR016416, 2015b.
- [4] Kelly (Letcher), R. A., Jakeman, A. J., Barreteau, O., Borsuk, M. E., ElSawah, S., Hamilton, S. H., Henriksen, H. J., Kuikka, S., Maier, H. R., Rizzoli, A. E., van Delden, H., and Voinov, A. A.: Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management, *Environ. Model. Softw.*, 47, 159–181, doi:10.1016/j.envsoft.2013.05.005, 2013
- [5] Hurford, A. P., Huskova, I., and Harou, J. J.: Using many-objective trade-off analysis to help dams promote economic development, protect the poor and enhance ecological health, *Environ. Sci. Pol.*, 38, 72–86, doi:10.1016/j.envsci.2013.10.003, 2014.
- [6] Pechlivanidis, I. G. and Jackson, B. M.: Catchment Scale hydrolog- ical modelling: a review of model types, calibration approaches and uncertainty analysis methods in the context of recent developments in technology, *Global NEST J.*, 13, 193–214, 2011.
- [7] Wheater, H. S.: Progress in and prospects for fluvial flood modelling., *Philos. Transactions A*, 360, 1409–1431, doi:10.1098/rsta.2002.1007, 2002.
- [8] Beven, K.: Changing Ideas in Hydrology – the Case of Physically- Based Models, *J. Hydrol.*, 105, 157–172, 1989.
- [9] An, L.: Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models, *Ecol. Model.*, 229, 25– 36, doi:10.1016/j.ecolmodel.2011.07.010, 2012.
- [10] Sivapalan, M., Blöschl, G., Zhang, L., and Vertessy, R.: Downward approach to hydrological

prediction, *Hydrol. Process.*, 17, 2101–2111, doi:10.1002/hyp.1425, 2003.

[11] Troy, T. J., Pavao-Zuckerman, M., and Evans, T. P.: Debates- Perspectives on socio-hydrology: Socio-hydrologic modeling: Tradeoffs, hypothesis testing, and validation, *Water Resour. Res.*, 51, 4806–4814, doi:10.1002/2015WR017046, 2015b.

[12] Cotter, M., Berkhoff, K., Gibreel, T., Ghorbani, A., Golbon, R., Nuppenau, E.-A., and Sauerborn, J.: Designing a sustainable land use scenario based on a combination of ecological assessments and economic optimization, *Ecol. Ind.*, 36, 779–787, doi:10.1016/j.ecolind.2013.01.017, 2014.

[13] Wagener, T. and Montanari, A.: Convergence of approaches toward reducing uncertainty in predictions in ungauged basins, *Water Resour. Res.*, 47, 1–8, doi:10.1029/2010WR009469, 2011.

[14] Pataki, D. E., Boone, C. G., Hogue, T. S., Jenerette, G. D., McFadden, J. P., and Pincetl, S.: Socio-ecohydrology and the urban water challenge, *Ecohydrology*, 4, 341–347, doi:10.1002/eco.209, 2011.

[15] Troy, T. J., Konar, M., Srinivasan, V., and Thompson, S.: Moving sociohydrology forward: a synthesis across studies, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 3667–3679, doi:10.5194/hess-19-3667-2015, 2015a.

[16] Di Baldassarre, G., Brandimarte, L., and Beven, K.: The seventh facet of uncertainty: wrong assumptions, unknowns and surprises in the dynamics of human-water systems, *Hydrol. Sci. J.*, doi:10.1080/02626667.2015.1091460, 2015a

[17] Welsh, W. D., Vaze, J., Dutta, D., Rassam, D., Rahman, J. M., Jolly, I. D., Wallbrink, P., Podger, G. M., Bethune, M., Hardy, M. J., Teng, J., and Lerat, J.: An integrated modelling framework for regulated river systems, *Environ. Model. Softw.*, 39, 81–102, doi:10.1016/j.envsoft.2012.02.022, 2013.

[18] Foster, J.: From simplistic to complex systems in economics, *Cambridge Journal of Economics*, 29, 873–892, doi:10.1093/cje/bei083, 2005.

[19] Levin, S., Xepapadeas, T., Crépin, A.-S., Norberg, J., de Zeeuw, A., Folke, C., Hughes, T., Arrow, K., Barrett, S., Daily, G., Ehrlich, P., Kautsky, N., Mäler, K.-G., Polasky, S., Troell, M., Vincent, J. R., and Walker, B.: Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications, *Environ. Develop. Econ.*, 18, 111–132, doi:10.1017/S1355770X12000460, 2012.

[20] Orth, R., Staudinger, M., Seneviratne, S. I., Seibert, J., and Zappa, M.: Does model performance improve with complexity? A case study with three hydrological models, *J. Hydrol.*, 523, 147–159,

doi:10.1016/j.jhydrol.2015.01.044, 2015.

[21] Liu, Y., Tian, F., Hu, H., and Sivapalan, M.: Socio-hydrologic perspectives of the co-evolution of humans and water in the Tarim River basin, Western China: the Taiji-Tire model, *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 18, 1289–1303, doi:10.5194/hess-18-1289-2014, 2014

[22] Falkenmark, M.: What's new in water, what's not, and what to do now, *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.*, 10, 107–109, doi:10.1007/s11157-011-9238-7, 2011.

[23] Archer, M. S.: *Realist Social Theory: The Morphogenetic Approach*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 184, 1995.

[24] Elshafei, Y., Sivapalan, M., Tonts, M., and Hipsey, M. R.: A prototype framework for models of socio-hydrology: identification of key feedback loops and parameterisation approach, *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 18, 2141–2166, doi:10.5194/hess-18-2141-2014, 2014.

[25] Montz, B., and G. Tobin (2008), *Living large with levees: Lessons learned and lost*, *Nat. Hazards Rev.*, 9(3), 150–157, doi:10.1061/(ASCE)1527-6988(2008)9:3(150).

[26] Di Baldassarre, G., A. Viglione, G. Carr, L. Kuil, K. Yan, L. Brandimarte, and G. Blöschl (2015), *Debates— Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes*, *Water Resour. Res.*, 51, 4770–4781, doi:10.1002/2014WR016416.

[27] Di Baldassarre, G., K. Yan, M. R. Ferdous, and L. Brandimarte (2014), *The interplay between human population dynamics and flooding in Bangladesh: A spatial analysis*, *Proc. IAHS*, 364, 188–191.

[28] Di Baldassarre, G., A. Viglione, G. Carr, L. Kuil, J. L. Salinas, and G. Blöschl (2013b), *Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions*, *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 17(8), 3295–3303, doi:10.5194/hess-17-3295-2013.

[29] Parker, D.C.; Hessl, A.; Davis, S.C. *Complexity, land-use modeling, and the human dimension: Fundamental challenges for mapping unknown outcome spaces*. *Geoforum* 2008, 39, 789–804.

[30] Kreibich, H. et al (2017), *Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies*, *Earth's Future*, 5, 953–965, doi:10.1002/2017EF000606.

[31] Di Baldassarre, G., Castellarin, A., and Brath, A. (2009). *Analysis of the effects of levee heightening on flood propagation: example of the River Po, Italy*. *Hydrological Sciences Journal*, 54(6), 1007–1017.

- [32] Apel, H., G. T. Aronica, H. Kreibich, and A. H. Thielen (2008), Flood risk analyses—How detailed do we need to be?, *Nat. Hazards*, 49(1), 79–98, doi:10.1007/s11069-008-9277-8.
- [33] IPCC (2012), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, 582 pp., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.
- [34] Montz, B., and G. Tobin (2008), Livin' large with levees: Lessons learned and lost, *Nat. Hazards Rev.*, 9(3), 150–157, doi:10.1061/(ASCE)15276988(2008)9:3(150).
- [35] Di Baldassarre, G., M. Kooy, J. S. Kemerink, and L. Brandimarte (2013a), Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17(8), 3235–3244, doi:10.5194/hess-17-3235-2013.
- [36] Liu, J., et al. (2007), Complexity of coupled human and natural systems, *Science*, 317(5844), 1513–1516.
- [37] Werner, B. T., and D. E. McNamara (2007), Dynamics of coupled human-landscape systems, *Geomorphology*, 91 (3-4), 393–407.
- [38] Ostrom, E. (2009), A general framework for analysing sustainability of social-ecological systems, *Science*, 325, 419–422.
- [39] Srinivasan, V., E. F. Lambin, S. M. Gorelick, B. H. Thompson, and S. Rozelle (2012), The nature and causes of the global water crisis: Syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies, *Water Resour. Res.*, 48, W10516, doi:10.1029/2011WR011087.
- [40] Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C. J. H., Mechler, R., Botzen, W. J. W., et al. (2014). Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nature Climate Change*, 4(4), 264–268.
- [41] KULTURisk Third Policy-Briefs
- [42] F. Van Loon<sup>1</sup>, Kerstin Stahl<sup>2</sup>, Giuliano Di Baldassarre<sup>3</sup>, Julian Clark<sup>4</sup>, Sally Rangecroft<sup>1</sup>, Niko Wanders<sup>5</sup>, Tom Gleeson<sup>6</sup>, Albert I. J. M. Van Dijk<sup>7</sup>, Lena M. Tallaksen<sup>8</sup>, Jamie Hannaford<sup>9</sup>, Remko Uijlenhoet<sup>10</sup>, Adriaan J. Teuling<sup>10</sup>, David M. Hannah<sup>1</sup>, Justin Sheffield<sup>5</sup>, Mark Svoboda<sup>11</sup>, Boud Verbeiren<sup>12</sup>, Thorsten Wagener<sup>13,14</sup>, and Henny A. J. Van Lanen<sup>10</sup>: Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20, 3631–3650, 2016 [www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/3631/2016/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/3631/2016/) doi:10.5194/hess-20-3631-2016
- [43] [http://nuke.a21fiumi.eu/Cos%C3%A8un\\_Contrattodifume/tabid/56/Default.aspx](http://nuke.a21fiumi.eu/Cos%C3%A8un_Contrattodifume/tabid/56/Default.aspx) e [http://www.contrattidifume.it/it-it/home/contratti\\_di\\_fiume/cosa\\_sono](http://www.contrattidifume.it/it-it/home/contratti_di_fiume/cosa_sono)

- [44] Dati aggiornati aprile 2019, in occasione del X Tavolo Nazionale dei Contratti di Fiume.
- [45] <http://www.ecoazioni.it/public/File/Regioni%20e%20Ambiente.pdf>
- [46] Nel senso di Keeney, R. (1992), Value Focused Thinking (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts).
- [47] Creiamo PA, Giulio Conte et al., Checklist di autovalutazione del processo di Contratto di Fiume 2019
- [48] Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Pnacc: allegato tecnico-scientifico; impatti, vulnerabilit  e azioni di adattamento settoriali. Versione luglio 2017
- [49] Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Pnacc: prima stesura per la consultazione pubblica. Versione luglio 2017
- [50]  
[https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/convenzionalealpi/rapporto\\_Convenzione\\_Alpi\\_novembre2017.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/convenzionalealpi/rapporto_Convenzione_Alpi_novembre2017.pdf)
- [51] 2013\_FinalPwCUNISDRreport.pdf
- [52] <http://iononrischio.protezionecivile.it>
- [53] Eva Gabbaglio, Francesco Silvestri: I contratti di fiume in Lombardia: un modello di governance per le politiche territoriali. Agriregionieuropa anno 10 n 37, Giu 2014