

ecoscienza

Rivista di Arpae
Agenzia regionale
prevenzione, ambiente ed energia
dell'Emilia-Romagna
N° 6 Dicembre 2023, Anno XIV

SOSTENIBILITÀ E CONTROLLO AMBIENTALE

STUDIO E GESTIONE DEL CUNEO SALINO NEL DELTA DEL PO

LE MINACCE PER ECOSISTEMI,
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
E AGRICOLTURA

IL MONITORAGGIO NELLE ACQUE
SUPERFICIALI E SOTTERRANEE
E LA MODELLISTICA

NEUTRALITÀ CLIMATICA
I PROGETTI DI BERGAMO E
TORINO. UNA GEMELLA DIGITALE
PER L'EMILIA-ROMAGNA





Raccontare l'ambiente attraverso le parole più significative, spesso ritenute poco comprensibili e chiare. Termini scientifici che, invece di suscitare resistenze, prendono vita e costituiscono il punto di partenza per la narrazione di storie ambientali quotidiane e di attualità.

I podcast sono disponibili **gratuitamente sulle principali piattaforme audio** (Spotify, Spreaker, Apple Podcasts, Google Podcasts) e sul **canale YouTube di Arpae**.

Ogni puntata affronta un tema ambientale, nella convinzione che anche argomenti complessi possano essere spiegati in maniera semplice ma rigorosa.

Episodi già disponibili:



SE IL FIUME TORNA INDIETRO



Cristina Mazziotti • Struttura oceanografica Daphne, Arpae Emilia-Romagna

Si intitola “Il fiume e l’oceano” la poesia di Khalil Gibran che racconta come il fiume tremi di paura prima di entrare nell’oceano: *“... e vede di fronte a sé un oceano così grande che a entrare in lui può solo sparire per sempre. Ma non c’è altro modo. Il fiume non può tornare indietro. Nessuno può tornare indietro. Tornare indietro nell’esistenza. Il fiume deve accettare la sua natura e entrare nell’oceano. Solo entrando nell’oceano la paura diminuirà, perché solo allora il fiume saprà che non si tratta di scomparire nell’oceano ma di diventare oceano”*.

Così in questo bellissimo testo, la cui metafora ci insegna a non aver paura del cambiamento, viene ben rappresentato il lento fluire del fiume verso valle e l’incontro con il mare, due forze che, contrapponendo la direzione con cui procedono, si sfidano in un gioco di forze che vede l’uno dissolversi nell’altro. Purtroppo, da alcuni decenni, l’azione dell’uomo sull’ambiente ha fatto sì che venisse smentita l’affermazione secondo cui “il fiume non può tornare indietro”. Da sempre quando le acque del fiume incontrando il mare creano una zona di mescolamento che segna il passaggio tra i due ambienti, il primo che scorre entro un condotto limitato da argini più o meno paralleli con pendenze sempre più ridotte, l’altro teoricamente senza confini, illimitato con profondità importanti. È proprio in questo tratto conclusivo che l’acqua dolce incontra quella salata e con essa forma un ambiente salmastro. In condizioni normali, la portata fluviale andando verso la foce rallenta la sua

velocità e non essendo più in grado di contrastare la risalita del mare lascia a quest’ultimo la possibilità di risalire verso monte, insinuandosi nel corso d’acqua e nelle sue falde più profonde, formando una sorte di cuneo. La creazione del cuneo salino è quindi un fenomeno naturale ma che negli ultimi anni ha accentuato la sua profondità assumendo una dimensione difficile da gestire. Risalite di acque marine sempre più insistenti e sempre più profonde si sono registrate anche nel Po, il più grande fiume italiano, arrivando nel 2022 a 40 km e nel 2023 a 17 km dal mare. A determinare questa situazione sono diversi fattori. Da un lato le attività dirette dell’uomo quali l’enorme emungimento di acqua dolce per esigenze agricole, zootecniche e industriali e le attività lavorative che prelevano sedimenti dall’alveo fluviale, comportando così una diminuzione della portata di acqua dolce. Dall’altro troviamo cause antropiche indirette quali l’assenza di precipitazioni e le situazioni siccitose che stanno caratterizzando con sempre più frequenza anche le nostre latitudini. Potremmo scrivere pagine e pagine sugli episodi della storia umana che raccontano di periodi o annate particolarmente siccitose con fiumi ridotti a rigagnoli, tutte situazioni che nel tempo si sono risanate e che poi, ciclicamente, sono tornate a essere critiche. L’uomo da sempre ne è stato vittima e causa in maniera più o meno prolungata e più o meno consapevole. È indubbio che il cambiamento climatico sta intensificando la gravità di queste situazioni estreme.

Il problema dell’intrusione salina nelle falde freatiche del sottosuolo è il conseguente interessamento delle falde stesse che rende impraticabile il prelievo di acqua dolce dal sottosuolo. Tutto ciò determina effetti immediati come la sospensione dei prelievi di acqua dal sottosuolo per la potabilizzazione e per l’irrigazione e conseguenze di lungo periodo come l’alterazione delle condizioni ideali di vita nell’ambiente. La presenza di acque salate negli habitat terrestri dulciacquicoli li destabilizza danneggiando in primis la vegetazione (molto sensibile alla presenza dei sali minerali depositati) e a seguire la fauna animale (basti pensare al destino degli anfibi). L’importanza dell’acqua per l’uomo è una questione risaputa ma, al contrario di quello che la maggior parte delle persone pensa, non si tratta di una risorsa inesauribile: l’acqua deve rigenerarsi, come avviene nel suo ciclo complesso. È chiaro che se in un dato momento preleviamo più acqua di quella che naturalmente viene ricaricata, rischiamo di consumare le riserve e di andare in deficit idrico. La prima causa delle crisi idriche è spesso dovuta a una richiesta della risorsa maggiore rispetto alla quantità disponibile. Eccoci di nuovo di fronte a un altro esempio in cui gestiamo una risorsa in maniera poco accorta, non comprendendo fino in fondo la questione: pensiamo che essa sia disponibile all’infinito e finiamo così per sprecarla. Ancora una volta dobbiamo chiederci: se non ci prendiamo cura dell’ambiente, allora chi lo farà?





Rivista di Arpa
Agenzia regionale
prevenzione, ambiente ed
energia dell'Emilia-Romagna

Numero 6 • Anno XIV
Dicembre 2023



DIRETTORE
Giuseppe Bortone

DIRETTORE RESPONSABILE
Stefano Follì

Segreteria:
Ecosciienza, redazione
Via Po, 5 40139 - Bologna
Tel 051 6223887
ecosciienza@arpa.e.it

In redazione:
Daniela Merli
Barbara Galzigna

Progetto grafico
Miguel Sal & C.

Impaginazione,
grafica e copertina
Tempo Libro Srl

Stampa
Premiato stabilimento
tipografico dei comuni
Santa Sofia (FC)

Registrazione Trib. di Bologna
n. 7988 del 27-08-2009

COMITATO EDITORIALE

Coordinatore
Eriberto De' Munari
Paola Angelini
Raffaella Angelini
Giuseppe Battarino
Vito Belladonna
Francesco Bertolini
Gianfranco Bologna
Giuseppe Bortone
Roberto Coizet
Nicola Dall'Olio
Paolo Ferrecchi
Matteo Mascia
Michele Munafò
Giancarlo Naldi
Giorgio Pineschi
Attilio Raimondi
Karl Ludwig Schibel
Andrea Segrè
Stefano Tibaldi
Alessandra Vaccari



Tutti gli articoli, se non altrimenti specificato,
sono rilasciati con licenza Creative Commons
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Chiuso in redazione: 25/01/2024

Stampa su carta
Cocon Offset



RICICLATO
Carta prodotta da
materiale riciclato
FSC® C107186

SOMMARIO

3 **Editoriale**
Se il fiume torna indietro
Cristina Mazziotti

Cuneo salino

6 **Diminuisce la disponibilità
idrica nel distretto del Po**
Francesco Tornatore, Paolo Leoni, Federica Bonaiuti,
Marco Brian, Selena Ziccardi, Gaia Roati

10 **Interfaccia terra-mare
e pianificazione regionale**
Patrizia Ercoli, Sandra Monducci,
Immacolata Pellegrino, Olga Sedioli

12 **Approvvigionamento idrico
nelle aree vicine alla costa**
Aldo Bignami

15 **Il calcolo della portata
e della salinità del Po**
Elisa Comune, Mauro del Longo, Alessio Pugliese,
Giuseppe Ricciardi, Enrica Zenoni

18 **Una nuova modellistica
ad altissima risoluzione**
Luis Germano Biolchi, Silvia Unguendoli,
Andrea Valentini

20 **Il monitoraggio della risalita
del cuneo salino**
Saverio Turolla, Silvia Pigozzi

22 **Monitoraggio dell'acquifero
costiero superficiale**
Alessandra Aprea, Luciana Bonzi, Lorenzo Calabrese,
Maria Carla Centineo, Jessica Lelli, Marcello Nolè,
Pier Francesco Sciuto, Paolo Severi

26 **Cuneo salino e siccità
nell'acquifero ferrarese**
Marco Marcaccio, Manuela Mengoni

29 **Salinizzazione e minacce
per l'agricoltura**
Paolo Tarolli, Aurora Ghirardelli

32 **Attualità**
**Fiducia e speranza delle persone
nel delta del Po**
Giuseppe Ricciardi

34 **I canali artificiali come
infrastrutture verdi-blu**
Andrea Morsolin, Mauro Delogu,
Livia Vittori Antisari, Lidia Castagnoli

36 **Una gemella digitale
per il futuro dell'Emilia-Romagna**
Pier Paolo Alberoni, Cinzia Alessandrini,
Matteo Balboni, Michela De Biasio,
Gianluca Iannuzzi, Vanes Poluzzi,
Katia Raffaelli, Michele Stortini,
Dimitri Tartari, Marco Deserti

39 **La città di Bergamo
e la transizione climatica**
Michele Stefani, Ilaria Fumagalli, Ilaria Pezzotta

42 **La via di Torino, climate
neutral city entro il 2030**
Chiara Foglietta

44 **Il mainstream nella narrativa
ambientale**
Stefano Martello

46 **I principi di precauzione
e di proporzionalità**
Luciano Butti, Federico Peres

Rubriche

48 **Legislazione news**
49 **Osservatorio ecreati**
50 **Mediateca**



STUDIO E GESTIONE DEL CUNEO SALINO

Effetti sugli ecosistemi del delta del Po, monitoraggio e modellistica

La risalita dell'acqua marina dalla foce nei tratti del fiume Po è un fenomeno naturale che però negli ultimi anni ha accentuato la sua frequenza e profondità: l'ingressione del cuneo salino è arrivata a 40 km dal mare nel 2022 e a 17 nel 2023. Un rischio per i delicati ecosistemi lungo la costa, ma anche per le diverse attività agricole, zootecniche e industriali, oltre che per l'approvvigionamento acquedottistico.

I problemi connessi alla presenza di sali, sia nelle acque superficiali per l'irrigazione e nelle falde sia nei terreni, accompagnano da sempre la gestione delle aree deltizie, ma la diminuzione delle precipitazioni nell'ultimo trentennio, soprattutto tra marzo e settembre, e l'aumento della temperatura media rendono sempre più necessario e urgente conservare e ripartire con intelligenza la risorsa idrica, la cui richiesta è in costante aumento.

Nel servizio facciamo il punto su come sta cambiando il sistema lagunare del Po, sulle attività di gestione dell'acqua, sul monitoraggio della salinizzazione e sull'uso di strumenti di modellistica, innovativi e ad altissima risoluzione, alla base delle previsioni e delle soluzioni per fronteggiare i problemi che stanno emergendo. Tra cambiamenti climatici, nuove esigenze socio-economiche e modelli di *governance* si svilupperà anche il nuovo Piano di tutela delle acque della Regione Emilia-Romagna, la cui elaborazione ha preso avvio nel corso del 2023.

Diversi contributi sono il frutto del confronto che si è svolto nell'ottobre 2023 a Goro (FE) nella sede della Struttura oceanografica Daphne di Arpa, nel corso del seminario "Cuneo salino nel delta del Po, stato attuale e prospettive".
(BG)

DIMINUISCE LA DISPONIBILITÀ IDRICA NEL DISTRETTO DEL PO

LA DIMINUZIONE DELLE PRECIPITAZIONI NELL'ULTIMO TRENTENNIO, SOPRATTUTTO TRA MARZO E SETTEMBRE, E L'AUMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA COMPORTANO UN AUMENTO DELLA RICHIESTA D'ACQUA IN ALCUNI SETTORI, IN PARTICOLARE QUELLO AGRICOLO. SI DEVE CERCARE UNA SOLUZIONE CHE PREVEDA RIFORME STRUTTURALI E INVESTIMENTI.



CUNEO SALINO

Il distretto del fiume Po, estendendosi per circa 87.000 km², è l'area del territorio italiano con la maggiore eterogeneità climatica. In ragione delle sue nove fasce climatiche differenti (figura 2), il distretto presenta una pronunciata variabilità meteorologica dove l'intensità, la distribuzione, la frequenza e la durata degli eventi estremi hanno da sempre caratterizzato fortemente il territorio. L'ultima relazione di valutazione del Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (Ipc) include il Distretto del fiume Po nella fascia climatica compresa tra il Mediterraneo e il Nord Europa, una zona di transizione della variazione di piovosità, caratterizzata da un alto grado di indeterminazione previsionale che genera incertezza sugli sviluppi futuri del clima, in particolare sulla distribuzione delle precipitazioni, anche nevose, e sulla frequenza con cui potranno presentarsi periodi siccitosi e temperature superiori alla media storica

Non a caso, quindi, sebbene il distretto del fiume Po sia sempre stato caratterizzato da una marcata variabilità meteorologica e idrologica inter-annuale, nell'ultimo trentennio questa variabilità si è fortemente accentuata. A partire dal 2000, infatti, ci sono stati ben sette anni in cui il bilancio idroclimatico

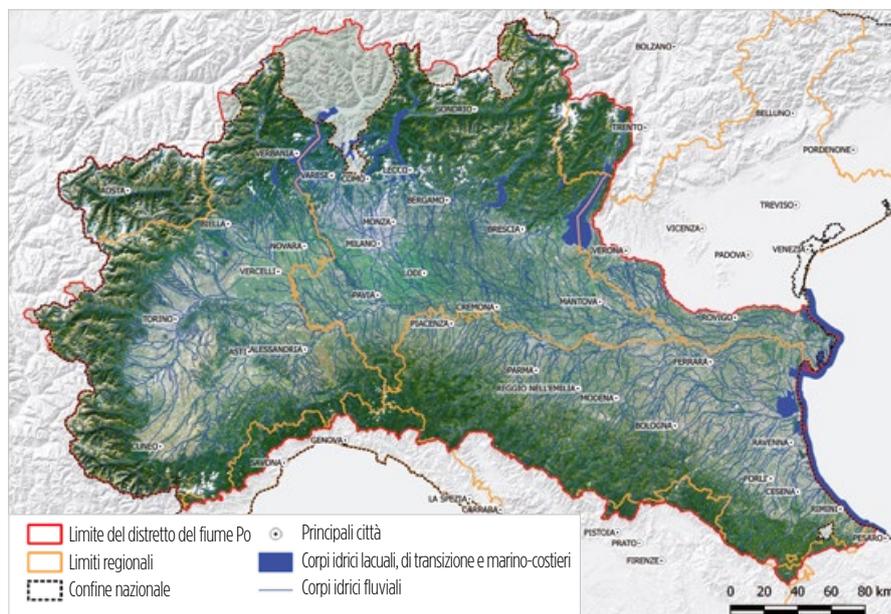


FIG. 1 DISTRETTO DEL FIUME PO
Il territorio del distretto del fiume Po da satellite. Mappa disponibile online su <https://bit.ly/distretto-Po-sat>

(ovvero la differenza tra precipitazioni ed evapotraspirazione) del distretto è risultato fortemente negativo con un aumento dell'intensità dei singoli eventi piovosi ma una riduzione complessiva del numero di eventi totali. Andando ad analizzare i dati disponibili, è possibile osservare che la precipitazione

media annuale nel distretto, riferita al periodo 1991-2020 (trentennio climatico di riferimento), ha raggiunto un valore medio di circa 995 millimetri, alla quale corrisponde un volume annuale medio di afflusso idrico pari a circa 86 miliardi di metri cubi di cui circa 47 miliardi si trasformano in deflussi superficiali mentre

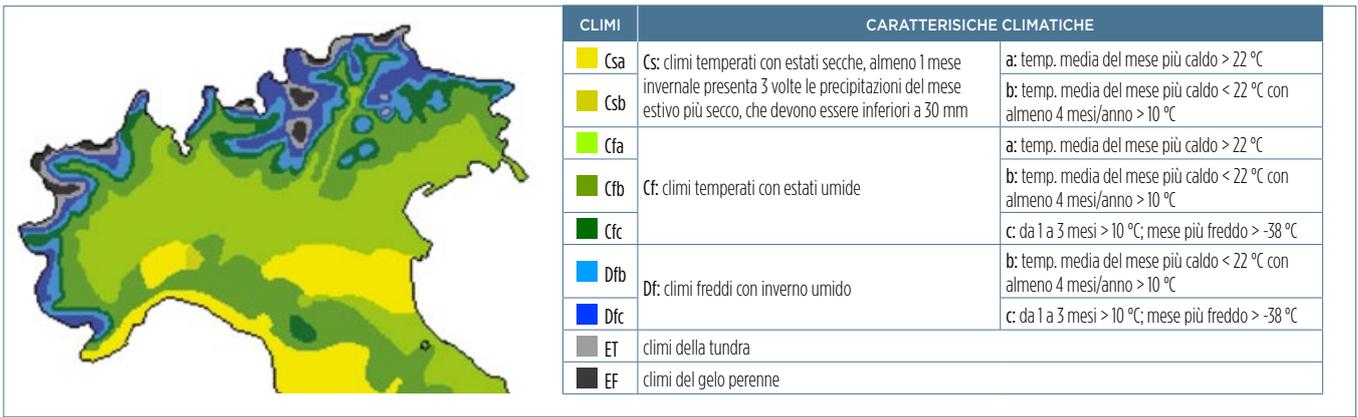


FIG. 2 FASCE CLIMATICHE
Carta del clima italiano secondo il sistema di Wladimir Köppen, che evidenzia le nove fasce climatiche del distretto del Po.

i restanti 39 miliardi sono ascrivibili a infiltrazione, evapotraspirazione e utilizzi. Sempre nel periodo di riferimento 1991-2020, l'anno più umido è risultato essere il 2014, con una precipitazione media annuale di circa 1.389 mm e un afflusso meteorico complessivo di circa 121 miliardi di m³, mentre l'anno più siccitoso è risultato essere il 2017, con una precipitazione media annuale di 735 mm e un afflusso meteorico complessivo di circa 64 miliardi di m³. Il record negativo detenuto dal 2017 è stato superato dal più recente 2022, che ha registrato una precipitazione media annuale di soli 644 mm con un afflusso meteorico complessivo di 56 miliardi di m³ (figura 3). Infatti, se al periodo di riferimento 1991-2020 si aggiungono anche gli anni 2021 e 2022 e si vanno ad analizzare nel dettaglio gli andamenti degli afflussi e dei deflussi, emerge chiaramente una leggera flessione degli afflussi (7%) e una flessione più consistente dei deflussi (28%) (figura 4). In valore assoluto, la riduzione dei deflussi annuali complessivi a scala di distretto ammonta a circa 280 milioni di m³ all'anno pari a circa 8,2 miliardi di m³ nel trentennio di riferimento. Restringendo l'analisi al solo periodo irriguo, quindi al periodo che va da marzo a settembre, oltre alla normale variabilità inter-annuale, si può osservare come l'ultimo trentennio sia stato caratterizzato da un ancor più marcata variabilità intra-annuale dei volumi di precipitazione osservati, sebbene nell'arco dello stesso anno non vi sia corrispondenza diretta tra i volumi di pioggia complessivi e quelli osservati nel periodo irriguo (anni particolarmente piovosi hanno registrato accumuli pluviometrici nel periodo irriguo poco significativi prossimi o anche inferiori a valori tipici del periodo mentre, anni particolarmente "asciutti", come il 2005, il 2006 e il 2007, hanno registrato accumuli di pioggia annuali prossimi ai

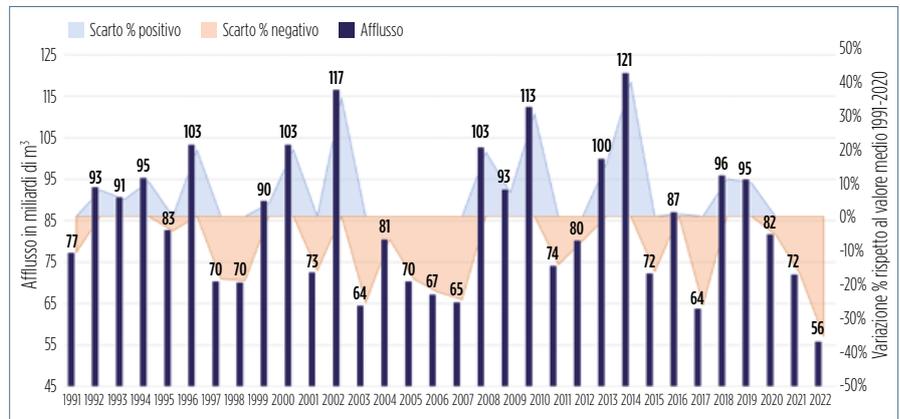


FIG. 3 AFFLUSSI METEORICI
Andamento degli afflussi meteorici nel distretto del fiume Po nel periodo 1991-2022. Il record negativo detenuto dal 2017 è stato superato dal più recente 2022.

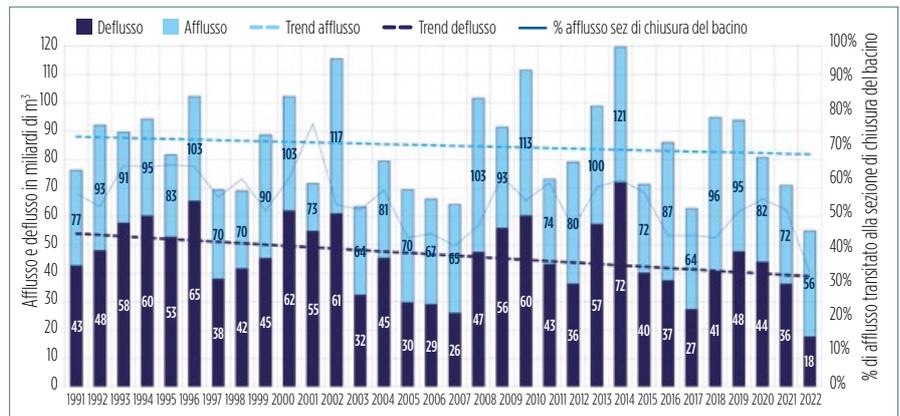


FIG. 4 AFFLUSSI E DEFLUSSI
Confronto afflussi e deflussi nel distretto del fiume Po nel periodo 1991-2022. In leggera flessione gli afflussi (7%), più consistente il calo dei deflussi (28%).

valori minimi, mentre per il periodo irriguo gli accumuli osservati sono stati prossimi al valore medio). In generale, l'analisi dei trend a scala distrettuale evidenzia una riduzione significativa delle precipitazioni osservate nel periodo irriguo con una perdita dei volumi di afflusso in 30 anni pari a circa 9 miliardi di m³ (figura 4). Per quanto attiene all'andamento delle temperature, analogamente a quanto sta accadendo a livello globale e a

scala nazionale, anche nel distretto del fiume Po, nell'ultimo trentennio, è stato registrato un aumento delle temperature su tutto il territorio (figura 6 e tabella 1). La tendenza al riscaldamento si evince anche dall'analisi dei valori estremi di temperatura nonché dall'aumento medio delle cosiddette "notti tropicali" rispetto alla media climatologica (tabella 2). La diminuzione progressiva delle

precipitazioni osservata nell'ultimo trentennio, ascrivibile come detto soprattutto al periodo marzo-settembre, sommata all'aumento della temperatura media, ha comportato un aumento della richiesta d'acqua in alcuni settori e in particolare nel settore agricolo. Ogni anno nel distretto vengono prelevati per i diversi usi circa 20 miliardi di metri cubi d'acqua, di cui quasi il 75% è destinato agli usi irrigui (15 miliardi di cui 4,4 miliardi destinati alla sola produzione risicola), mentre la restante parte è destinata a soddisfare gli usi industriali e civili. Gran parte dei volumi d'acqua prelevati provengono da fonti superficiali, ma un contributo importante è fornito anche dalle falde, soprattutto per soddisfare gli usi civili e industriali. Ovviamente, il fabbisogno irriguo risulta essere molto variabile di anno in anno in quanto strettamente dipendente dall'andamento meteo-climatico annuale nonché dagli andamenti colturali: a parità di colture praticate, questo risulta essere maggiore negli anni più caldi e asciutti il che determina di conseguenza un aumento della domanda di acqua a uso irriguo. Ma se il fabbisogno complessivo risulta essere sostenibile in condizioni di normalità e abbondanza, i periodi di siccità sempre più frequenti e duraturi, osservati negli ultimi anni, hanno fatto emergere importanti problemi di scarsità, soprattutto in questo settore. Se analizziamo, infatti, i dati riportati in *figura 7*, possiamo osservare come in

anni a piovosità prossima alla media di riferimento, quali il 2016, il 2018, il 2019 e il 2020, la domanda irrigua si attesti su valori inferiori mentre, in anni più siccitosi, quali il 2017 o il 2021, questa tenda ad aumentare. L'anomalia è rappresentata ovviamente dal 2022, in assoluto l'anno più siccitoso mai registrato, nel quale, a causa degli scarsi afflussi estivi (solo nell'anno

2003 gli afflussi estivi sono stati inferiori a quelli del 2022), non è stato comunque possibile soddisfare il fabbisogno irriguo. Va comunque evidenziato che nel corso della stagione irrigua 2022, nonostante la siccità conclamata, il volume cumulato delle derivazioni è sempre stato superiore alla portata di Po a Pontelagoscuro fino al 22 agosto, con un delta che ha superato

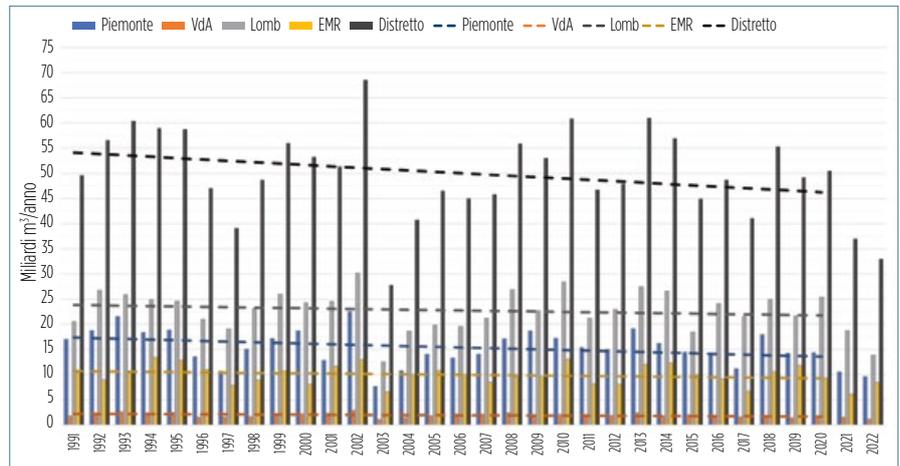


FIG. 5 PRECIPITAZIONI NEL DISTRETTO RELATIVE ALLA STAGIONE IRRIGUA
Afflusso meteorico annuo misurato in miliardi di metri cubi per il periodo di riferimento 1991-2022.

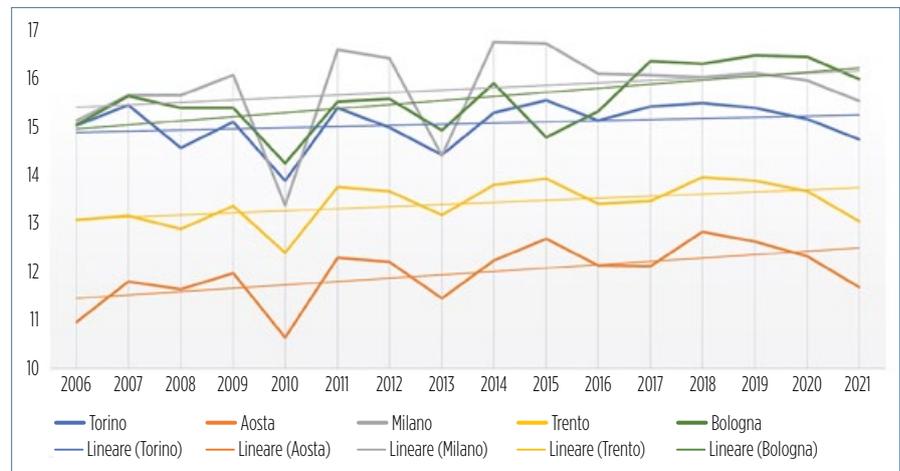


FIG. 6 TEMPERATURA MEDIA ANNUA
Andamento della temperatura media annua in alcune città capoluogo del distretto (°C). Nell'ultimo trentennio è stato registrato un aumento delle temperature su tutto il territorio.

Comune	Anomalia 2021 (dal valore climatico 1971-2000)	Valore climatico 1971-2000
Torino	+1,3 °C	13,4 °C
Aosta	+0,8 °C	10,9 °C
Milano	+1,5 °C	14,0 °C
Trento	+0,7 °C	12,3 °C
Bologna	+1,3 °C	14,6 °C

TAB. 1 VALORI CLIMATICI
Anomalie e valori climatici in alcuni capoluoghi del distretto del Po.

Comuni	Minimo delle temperature minime (°C)			Massimo delle temperature massime (°C)			Giorni estivi			Notti tropicali		
	2021	Differenza 2021 dal valore medio 2006-2015	Valore medio 2006-2015	2021	Differenza 2021 dal valore medio 2006-2015	Valore medio 2006-2015	2021	Differenza 2021 dal valore medio 2006-2015	Valore medio 2006-2015	2021	Differenza 2021 dal valore medio 2006-2015	Valore medio 2006-2015
Torino	-2,4	+2,1	-4,5	+34,3	-1,3	+35,6	112	-2,9	115	47	+6,2	41
Aosta	-14,6	-3,5	-11,1	+35,8	+1,3	+34,5	103	+10,8	92	0	-1,5	1
Milano	-1,3	+1,5	-2,8	+35,9	-0,7	+36,6	112	-2,7	115	78	+20,5	58
Trento	-8,3	-2,2	-6,1	+33,9	-1,7	+35,6	101	+4,3	97	12	+0,7	11
Bologna	-2,8	+1,8	-4,6	+38,3	+1,1	+37,2	126	+10,8	115	70	+21,8	48

TAB. 2 ESTREMI DI TEMPERATURA
Indici di estremi di temperatura calcolati su valori soglia per alcuni comuni capoluogo del distretto. La tendenza al riscaldamento emerge dall'analisi dei valori estremi di temperatura e dall'aumento medio sia dei "giorni estivi" sia delle "notti tropicali" rispetto alla media climatologica.

i 500 m³/s il giorno 7 luglio, quando, a fronte di una portata complessivamente derivata di poco superiore ai 730 m³/s, la portata misurata in alveo risultava di poco inferiore ai 200 m³/s. Il 24 luglio veniva rilevata la portata più bassa mai misurata a Pontelagoscuro pari a 114 m³/s (figura 9). Questa consistente riduzione dei deflussi transitanti alla sezione di chiusura di Pontelagoscuro ha comportato, nel luglio 2022, un'ingressione dell'intrusione salina a valori mai registrati prima. Il 22 luglio 2022, infatti, è stato stimato il massimo valore di risalita dell'intrusione salina in condizioni di alta marea nel ramo di Po di Goro: la stima dell'intrusione salina ha raggiunto circa 40 km (figura 8). Da quanto detto sin qui, risulta evidente che maggior domanda e minor disponibilità stanno rendendo sempre più difficile la gestione della risorsa idrica all'interno del distretto del Po. Per far fronte alle necessità e alle problematiche evidenziate, via via più frequenti e durature, bisognerà realizzare importanti riforme strutturali e non dell'intero sistema di utilizzo della risorsa che dovranno migliorare, innanzitutto, le modalità con cui la risorsa idrica viene conservata, distribuita e utilizzata. Questo richiederà importanti investimenti nel settore, per i quali sarà necessario individuare le opportune fonti di finanziamento (tariffa del servizio idrico integrato, Piano nazionale di interventi infrastrutturali e per la sicurezza del settore idrico ecc.).

Francesco Tornatore, Paolo Leoni, Federica Bonaiuti, Marco Brian, Selena Ziccardi, Gaia Roati

Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, Settore Pianificazione e gestione degli usi della risorsa

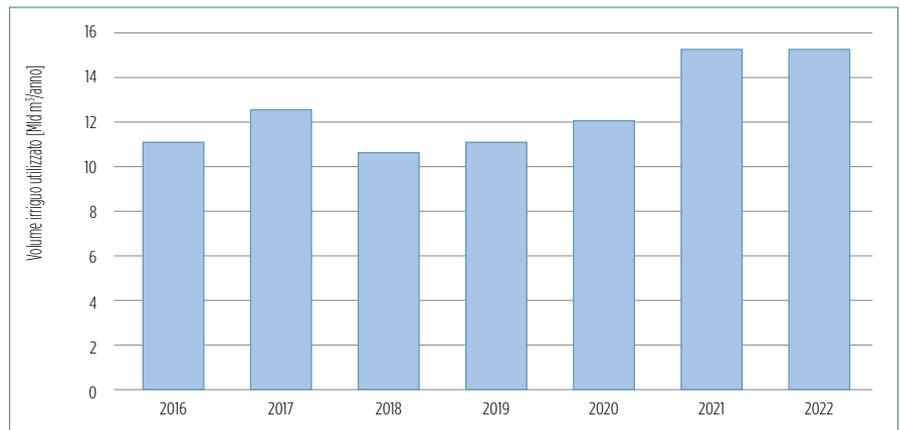


FIG 7 VOLUME IRRIGUO UTILIZZATO

Volume irriguo utilizzato nel distretto del fiume Po dal 2016 al 2022. In anni a piovosità prossima alla media (2016, 2018, 2019 e 2020) la domanda irrigua si attesta su valori inferiori, in anni più siccitosi (2017 o 2021) questa tenda ad aumentare.

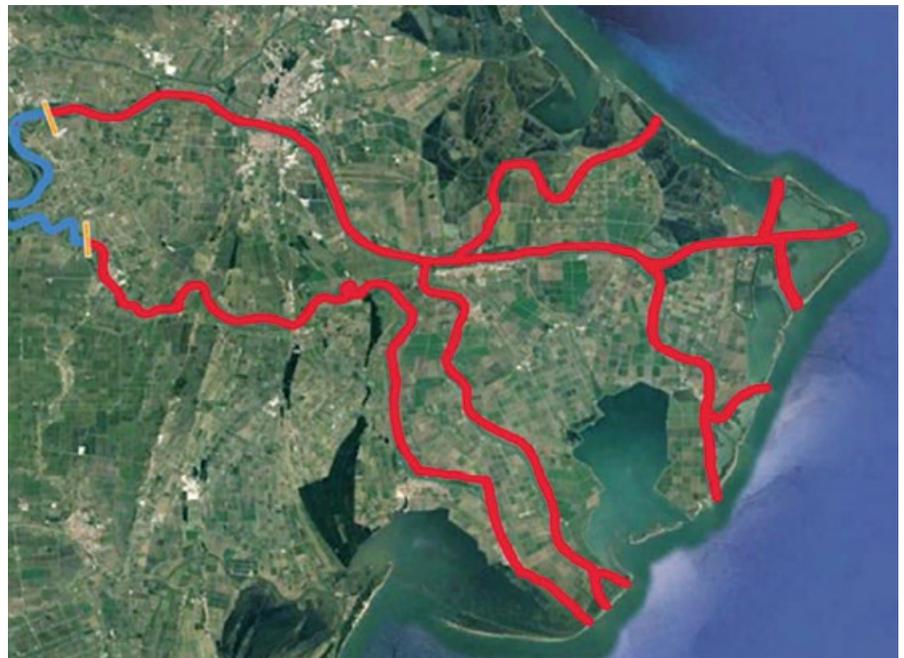


FIG. 8 CUNEO SALINO

Risalita del cuneo salino nel delta del fiume Po, a luglio 2022, in condizioni di alta marea. Nel ramo di Po di Goro la stima massima dell'intrusione salina ha raggiunto circa 40 km.

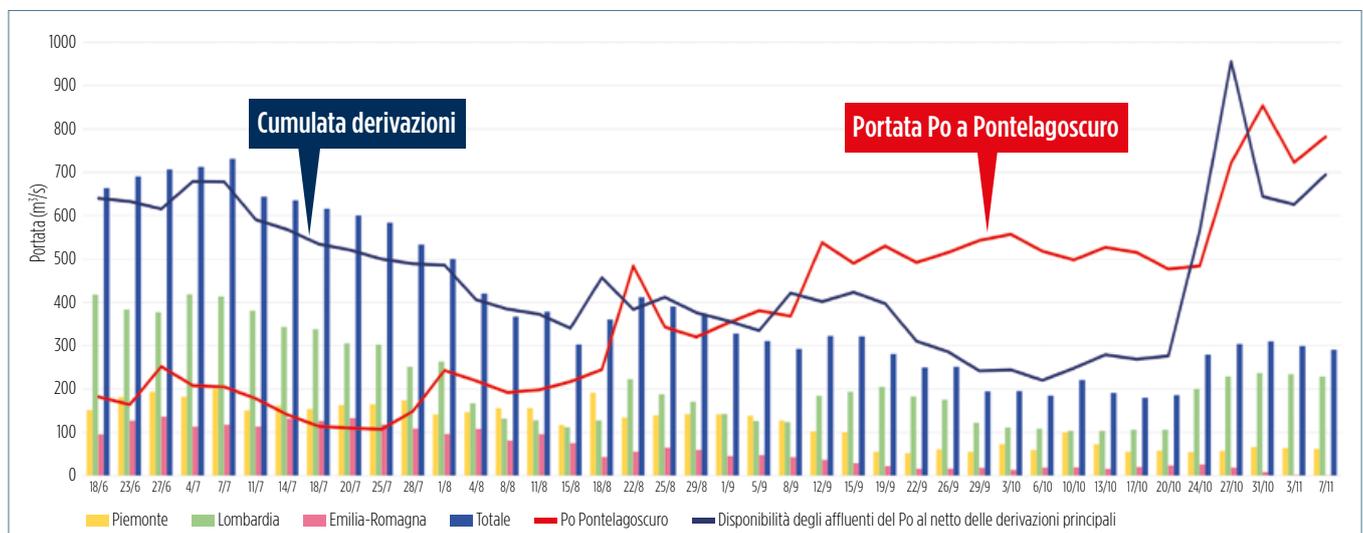


FIG. 9 PORTATE DERIVATE E PORTATA TRANSITANTE

Confronto tra portate derivate a scala distrettuale e portata transitante alla sezione di chiusura di Pontelagoscuro nel periodo giugno-ottobre 2022.

INTERFACCIA TERRA-MARE E PIANIFICAZIONE REGIONALE

HA PRESO AVVIO NEL 2023 L'ELABORAZIONE DEL NUOVO PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELL'EMILIA-ROMAGNA. QUATTRO I MACRO-OBIETTIVI (DISPONIBILITÀ DELL'ACQUA OGGI E DOMANI, ACQUA PULITA E SICURA, ACQUA E BIOSFERA - RINATURAZIONE, LUOGHI DELL'ACQUA) TRA LORO SINERGICI PER RAGGIUNGERE IL BUONO STATO AMBIENTALE DELLE RISORSE IDRICHE.

Ha preso avvio, nel corso del 2023, l'elaborazione del nuovo Piano di tutela delle acque (Pta) regionale, dopo un lungo periodo, dal 2005 a oggi, nel quale la Regione Emilia-Romagna è stata impegnata, da un lato, nell'attuazione del piano vigente, dall'altro, nel collaborare con le autorità di bacino distrettuali alla predisposizione dei Piani di gestione delle acque, ai sensi della direttiva quadro Acque (Dqa) 2000/60/CE, giunta ora al suo terzo ciclo di pianificazione.

Per rispondere alle sfide poste dal cambiamento climatico il nuovo piano si pone obiettivi ambiziosi, da perseguire attraverso linee strategiche di azione proiettate su orizzonti temporali che vanno dal medio al lungo periodo, sviluppate secondo una strategia pienamente integrata con il Patto per il lavoro e per il clima e con la Strategia regionale Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile.

Il nuovo Pta 2030, interpretando necessariamente i tempi in cui nasce e si svilupperà, tra cambiamenti climatici, nuove esigenze socioeconomiche e modelli di *governance*, declina e concretizza l'obiettivo del raggiungimento del buono stato ambientale delle acque in quattro macro-obiettivi, tra loro strettamente legati e concorrenti (figura 1):

- disponibilità dell'acqua oggi e domani
- acqua pulita e sicura
- acqua e biosfera, rinaturazione
- luoghi dell'acqua.

Il Piano sviluppa 10 linee strategiche e 50 azioni a essa concorrenti.

L'articolazione delle linee strategiche e delle relative azioni discende dagli obiettivi della Dqa opportunamente declinati a livello regionale secondo una logica funzionale.

In particolare, il piano legge azioni e strategie rispetto alla loro capacità di rispondere alle questioni aperte che



FIG. 1 MACRO-OBIETTIVI PTA 2030 EMILIA-ROMAGNA

interessano i contesti territoriali regionali di maggiore rilevanza, caratterizzati in funzione delle loro peculiarità, criticità e prestazioni attese:

- fiume Po
- collina e montagna
- pianura
- costa
- territorio urbanizzato.

Nel quadro del nuovo Pta, l'interfaccia terra-mare assume particolare rilevanza, anche alla luce della sua complessità e diversificazione. Lungo gli oltre 110 km di costa, coesistono un articolato sistema di aree protette (16 Zsc-zone speciali di conservazione e Zps-zone di protezione speciali costiere, 2 Zsc marini, il Parco regionale Delta del Po, 13 riserve, 1 paesaggio protetto), 7 corpi idrici di transizione, 2 marino costieri, 30 fluviali e 6 corpi idrici sotterranei.

I corpi idrici superficiali interessati non sempre godono di un buono stato ecologico e chimico, a causa delle pressioni antropiche che su di essi insistono, di tipo puntuale e diffuso, e delle loro caratteristiche morfologiche e idrodinamiche, fortemente condizionate da elementi artificiali.

Tra le criticità che si riscontrano in ambito costiero, la risalita del cuneo salino, cioè l'ingressione di acque salate sia nelle acque sotterranee sia in quelle superficiali, sta assumendo sempre più rilevanza, anche a causa dei fenomeni di crisi idrica e di scarsità di risorsa che in questi ultimi anni si sono presentati con maggiore frequenza e intensità, come spesso analizzato in sede di Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici nel distretto idrografico del fiume Po, al quale la Regione partecipa attivamente, in collaborazione con Arpa. Scarsità di portate nei corpi idrici superficiali regionali recapitanti a mare determinata dalle loro intrinseche caratteristiche torrentizie e acuita dai cambiamenti climatici in corso, pressioni antropiche, diminuzione delle precipitazioni e innalzamento del livello del medio mare mettono a rischio il delicato equilibrio dei sistemi acquatici superficiali e sotterranei e il bilanciamento tra acque dolci e salate.

Proprio per rispondere a tale criticità, il Pta inserisce, nel suo quadro di azioni, una misura specifica "Ricerca soluzioni sostenibili per contrastare la risalita del cuneo salino", facente

parte della linea strategica “Investire in ricerca e innovazione”. Essa prevede attività conoscitive finalizzate a ricercare soluzioni gestionali innovative adatte al contesto regionale, individuare tipologie di opere strutturali che contrastino l’ingresso delle acque marine nei corpi idrici superficiali recapitanti a mare, nonché definire ambiti prioritari d’intervento. Tali ambiti potranno essere individuati anche mediante la realizzazione di cartografie volte a caratterizzare, sulla base dei dati esistenti, le aree maggiormente a rischio di ingresso del cuneo salino nelle acque sotterranee e superficiali.

Il redigendo Piano di tutela definirà modalità gestionali integrate che tengano conto non solo della regolamentazione e controllo dei prelievi, ma anche di metodi e tecnologie già esistenti, quali la realizzazione di opere strutturali (dighe e chiuse) a salvaguardia delle acque dolci superficiali, interventi di ricarica artificiale delle falde e di aumento della capacità drenante dei suoli.

In generale, infatti, occorre considerare che anche le misure finalizzate al miglioramento dello stato quantitativo dei corpi idrici superficiali e sotterranei individuate nel Pta 2030 contribuiscono a contrastare l’ingresso del cuneo

salino (misure delle linee strategiche “Aumentare e diversificare l’offerta”, “Rafforzare la resilienza del territorio alla siccità” e “Ridurre la domanda”).

Numerose sono, inoltre, le linee strategiche e azioni del Pta 2030 dedicate all’interfaccia terra-mare (figura 2).

Tra queste, “Individuare pratiche di gestione sostenibile delle acque di transizione” si propone, anche attraverso la promozione di contratti di area umida/laguna/costa, di:

- favorire interventi di riqualificazione morfologica
- aumentare gli apporti di acqua dolce e migliorare l'idrodinamica interna ai corpi idrici
- indirizzare verso soluzioni *nature-based* per ridurre gli apporti di nutrienti (fitodepurazione)
- ricostruire dune costiere per la difesa da mareggiate.

In considerazione del fatto che la qualità delle acque marine e di transizione dipende sostanzialmente da quella delle acque superficiali che in esse recapitano, risultano rilevanti in questo ambito anche le misure del Pta legate alla riduzione dei carichi di nutrienti apportati dai corsi d’acqua e quelle finalizzate alla riduzione del rischio di contaminazione biologica.

Il Pta si propone, pertanto, di:

- definire un metodo per individuare i corpi idrici maggiormente compromessi e gli scarichi potenzialmente responsabili dell’inquinamento, stimare la relazione fra limiti più restrittivi e miglioramento della qualità corpi idrici e definire un programma di adeguamento progressivo delle autorizzazioni allo scarico nei corpi idrici
- individuare misure sulla gestione degli effluenti di allevamento, per ridurre l’apporto di azoto e fosforo che eccede la capacità di carico del bacino padano
- intervenire direttamente sulla contaminazione delle acque di balneazione in occasione di eventi di piena, attraverso misure sulla gestione degli scaricatori di piena e delle interferenze fra rete fognaria e rete scolante, nonché potenziare l’efficacia dei depuratori nella fascia costiera
- contribuire a indirizzare verso la riduzione dell’impermeabilizzazione del suolo e verso interventi legati alla captazione delle acque piovane, che riducono l’apporto di acque di dilavamento potenzialmente inquinanti.

Patrizia Ercoli, Sandra Monducci, Immacolata Pellegrino, Olga Sedioli

Area Tutela e gestione dell’acqua, Regione Emilia-Romagna

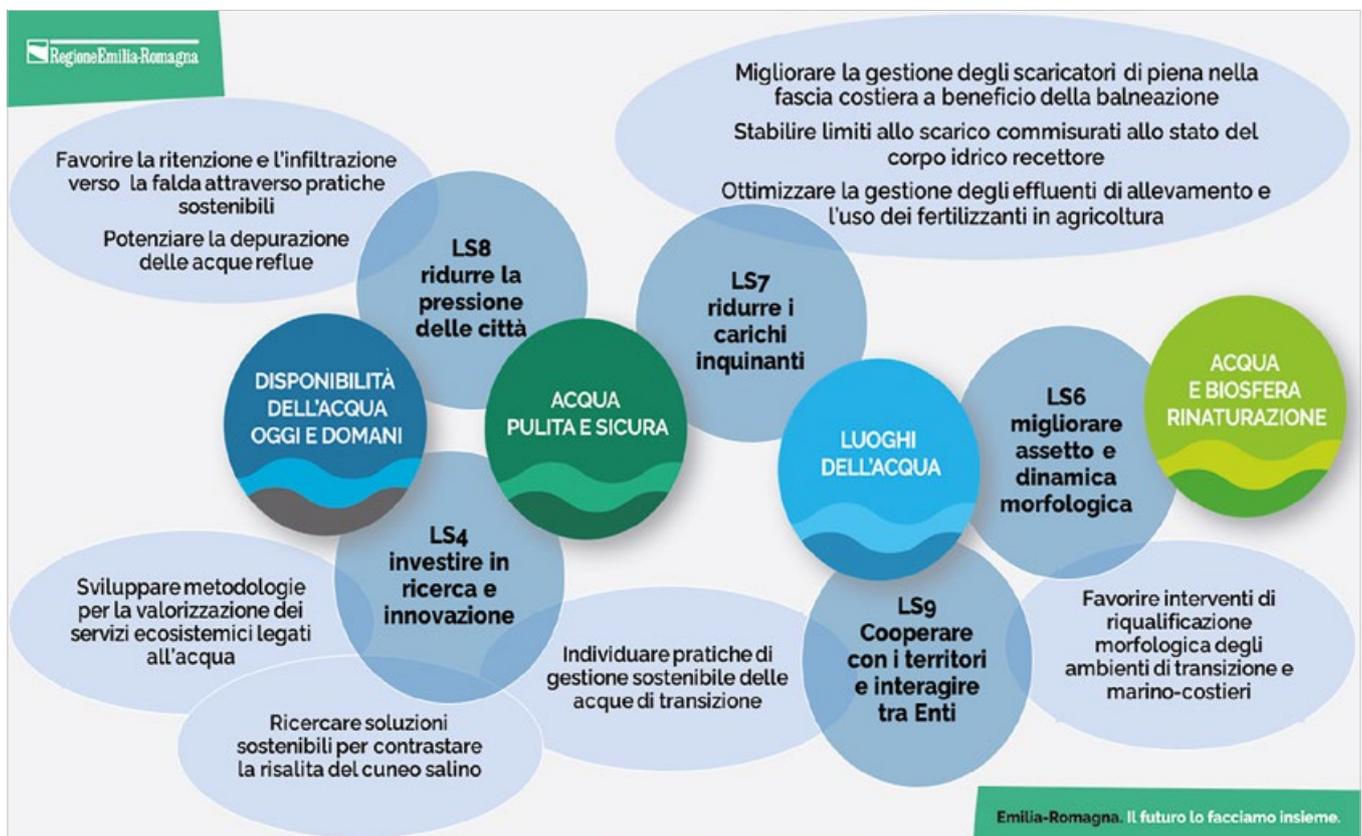


FIG. 2 LINEE STRATEGICHE E AZIONI DEL PTA 2030 EMILIA-ROMAGNA CONNESSE CON L'INTERFACCIA TERRA-MARE

APPROVVIGIONAMENTO IDRICO NELLE AREE VICINE ALLA COSTA

I PROBLEMI CONNESSI ALLA PRESENZA DI SALI SIA NELLE ACQUE SUPERFICIALI PER L'IRRIGAZIONE SIA NEI TERRENI ACCOMPAGNANO DA SEMPRE LA GESTIONE DELLE AREE DELTIZIE. LA SFIDA, CHE IL CAMBIAMENTO CLIMATICO HA ACCELERATO, È LA RICERCA DI UN NUOVO EQUILIBRIO DINAMICO CAPACE DI NON DISPERDERE UN PATRIMONIO INESTIMABILE.

Il comprensorio del Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara si estende per 250.000 ettari e ha caratteristiche peculiari che lo rendono un unicum in Italia e in Europa: per il 40% si trova sotto il livello del mare, è circondato da fiumi pensili (Po, Reno e Panaro) e a est lambisce il mare Adriatico. I terreni centro-orientali ebbero origine dal prosciugamento di valli, anche salmastre: ancora oggi queste terre mantengono particolari valori di salinità.

Le problematiche connesse alla presenza di sali sia nelle acque superficiali per l'irrigazione sia nei terreni accompagnano da sempre la gestione delle aree deltizie. Portare acqua dolce, garantire un buon drenaggio dei terreni, deprimere la falda salata superficiale favorendo la percolazione di acque dolci sono solo alcuni degli accorgimenti adottati dai Consorzi di bonifica che gestiscono da oltre un secolo le infrastrutture idrauliche del territorio.

Le acque utilizzabili per l'irrigazione debbono necessariamente presentare un ridotto contenuto di sali, pena il danneggiamento diretto delle colture o la perdita totale dei raccolti, ma anche danni molto rilevanti e semi-permanenti ai terreni: l'infiltrazione di sali ne modifica le caratteristiche chimico-fisiche e può renderli inadatti a qualsiasi tipo di coltivazione.

Per praticità, la concentrazione di sali nelle acque è spesso misurata indirettamente, rilevandone la conducibilità elettrica (mS/cm). La sensibilità delle colture alle acque salate varia dipendentemente dalle specie, dalle fasi fenologiche, dai metodi irrigui e dalle caratteristiche dei terreni.

Sulla base dell'esperienza e per il solo comprensorio ferrarese, si ritiene che l'utilizzo di acque con valori inferiori a 1,5/2,0 mS/cm non determini problemi particolari; acque con valori tra 2,0 e 3,0 mS/cm, pur con attenzione, possono essere utilizzate; nel caso di valori superiori a 3,0 mS/cm è invece



FOTO: R. BRANCOLINI - REGIONE ER



FIG. 1
ALTITUDINE

Territorio del Consorzio di bonifica della pianura di Ferrara, altitudine sul livello del mare.

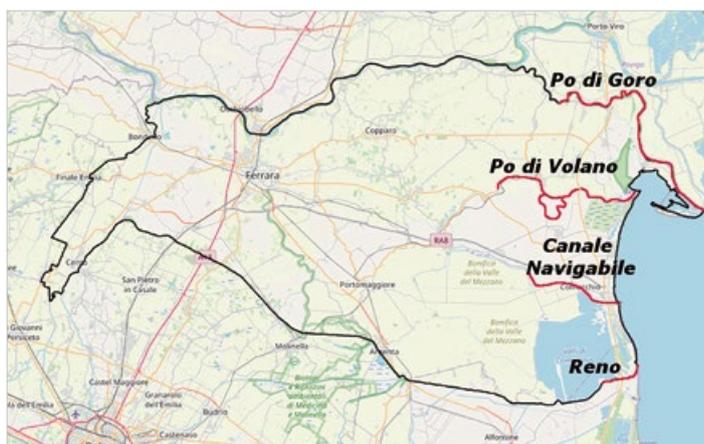


FIG. 2
CORSI D'ACQUA

Principali corsi d'acqua che sfociano nel mare Adriatico nel territorio del Consorzio di bonifica della pianura di Ferrara.

sconsigliato procedere con l'irrigazione. Per disporre di parametri di riferimento, è utile sapere che l'acqua del fiume Po ha conducibilità dell'ordine di 0,5 mS/cm, l'acqua di mare >30-35 mS/cm.

Per l'approvvigionamento idrico agricolo, che per il ferrarese avviene quasi esclusivamente dal fiume Po, l'avanzamento del cuneo salino è un problema: può infatti limitare o annullare le possibilità di attingimento, a seconda della posizione dei prelievi e dalla distanza dalla foce.

I principali corsi d'acqua che sfociano nel mare sono, da nord a sud, il Po di Goro, il Po di Volano, il canale navigabile Migliarino-Ostellato-Porto Garibaldi e il fiume Reno (figura 2).

Po di Goro

Il Po di Goro è direttamente interessato dal fenomeno della risalita del cuneo salino. Non essendo presente alcun manufatto di regimazione o sbarramento, l'avanzamento o l'arretramento delle acque salate dipende unicamente dalla portata del fiume e dalla marea marina. Per quanto riguarda la sponda ferrarese del Po di Goro, sono presenti due punti di derivazione (figura 3):

- Sifoni Goro: si tratta di cinque sifoni di modesta portata, molto vicini al mare. Normalmente è possibile derivare acqua fino a primavera inoltrata, successivamente, al raggiungimento di valori non compatibili con l'uso irriguo si sospende il prelievo dai sifoni e si alimenta l'area attraverso un impianto che trasferisce acque provenienti da altri distretti

- impianto Garbina: è posto a circa 36 km dal mare, può derivare fino a 4,4 m³/s. Prima del 2022, nelle annate peggiori (2003-2006), si era rilevata una risalita di acque salate di 27 km circa. Pur non sottovalutando il fenomeno, l'impianto sembrava in posizione abbastanza sicura. Nel 2022 si è prudenzialmente sospesa la derivazione per alcuni giorni, anche se dalle misurazioni effettuate l'avanzata del sale è arrivata a pochi chilometri dall'impianto (figura 4).

Po di Volano

Spostandosi più a sud, al centro della provincia di Ferrara, vi è il Po di Volano (figura 5). Qui, in località Tieni, è presente un manufatto di sbarramento realizzato a fini di navigazione del fiume, che separa il corso d'acqua in due tronchi: il tratto a monte è caratterizzato da quote artificialmente mantenute a livelli prossimi a 1,5 m slm, mentre il

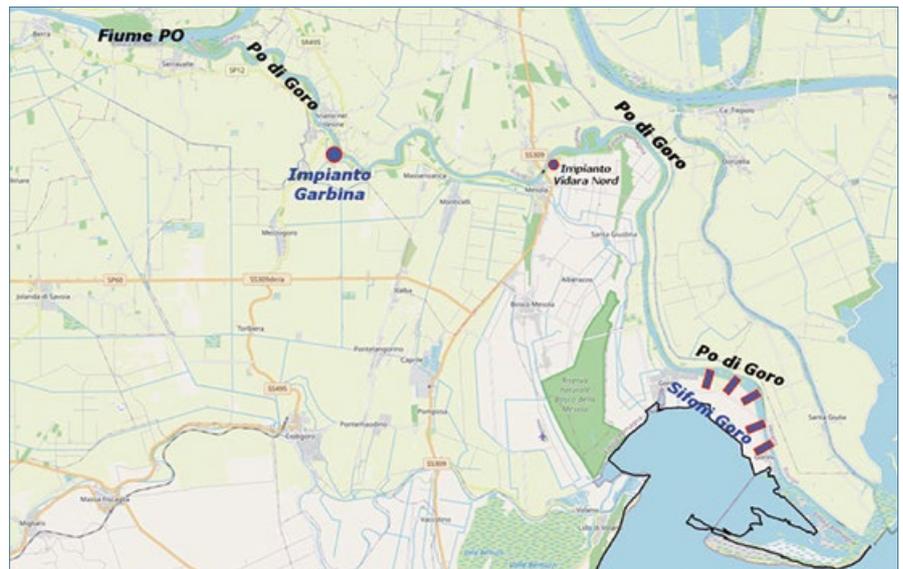


FIG. 3 PO DI GORO
Punti di derivazione sulla sponda ferrarese del Po di Goro.

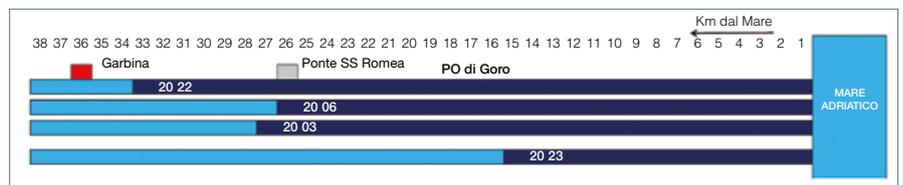


FIG. 4 CUNEO SALINO
Risalita dell'acqua di mare nel ramo del Po di Goro negli anni più siccitosi.



FIG. 5 PO DI VOLANO
Manufatti significativi sul ramo del Po di Volano.

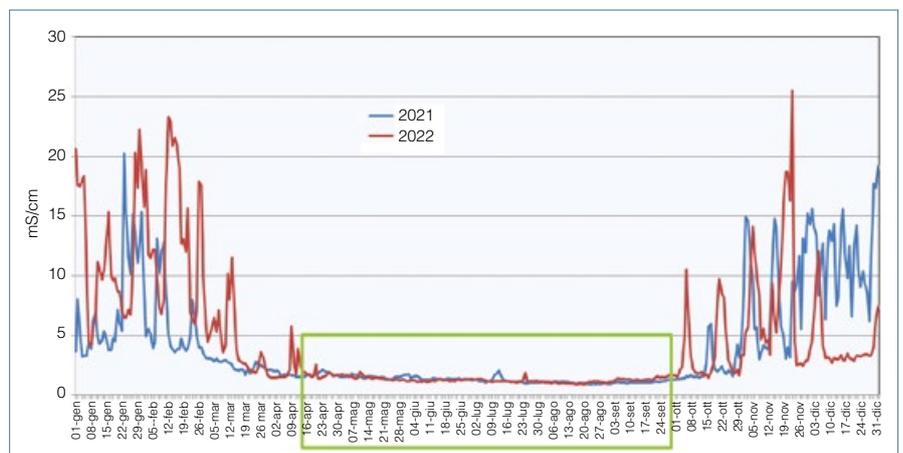


FIG. 6 CONDUCEVITÀ ELETTRICA
Valori di conducibilità rilevati nel Po di Volano presso la presa Pomposa negli anni 2021 e 2022.

tratto a valle è in collegamento diretto con il mare e presenta livelli idrometrici dipendenti dalla marea (+/-0,30 m slm). Lo sbarramento, dalla metà degli anni Ottanta, è normalmente chiuso. Nel tratto a monte di Tieni è presente acqua dolce, immessa nel periodo estivo dalle derivazioni poste sul Po a Pilastresi e Pontelagoscuro. Nel tratto a valle sono scaricate le acque di alcuni impianti idrovori del Consorzio. Gli impianti idrovori di Codigoro, in particolare, durante il periodo irriguo ricevono e scaricano nel Volano "colatizie irrigue" da una vasta area di terreni particolarmente esigenti, tra cui anche le risaie, soggette a rilasci di consistenti volumi d'acqua nella rete di scolo o promiscua. La prolungata e costante immissione di quest'acqua dolce nel Volano ne rende possibile un secondo l'utilizzo per l'agricoltura delle aree più a valle: come mostrato in figura 6 che indica i valori di conducibilità rilevati nel Po di Volano presso la presa Pomposa, da aprile a settembre la conducibilità delle acque in Po di Volano è costante e compatibile con l'uso irriguo (1,0/1,5 mS/cm).

Canale navigabile Migliarino-Ostellato-Porto Garibaldi

Nel canale navigabile, in località Valle Lepri, è presente un manufatto di sbarramento posto a 14 km dal mare (figura 7). Analogo a quello presente sul Volano a Tieni, separa il corso d'acqua in due tronchi: il tratto a valle è in collegamento diretto con il mare. A differenza di Tieni, in caso di precipitazioni lo sbarramento viene aperto, consentendo alle acque di giungere al mare.

Le opere di presa consorziali sono poste tutte a monte dello sbarramento Valle Lepri: tutta l'area, compresi i terreni posti a est dello sbarramento stesso, è servita dalle prese irrigue collocate prima dello sbarramento, ragione per cui non presenta particolare vulnerabilità all'ingressione salina via fiume.

Fiume Reno

Per ciò che riguarda il Reno (figura 8), lo sbarramento Volta Scirocco si trova sul fiume a circa 6 km dal mare ed è gestito dal Consorzio di bonifica di secondo grado per il Canale emiliano-romagnolo (Cer), al quale il Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara è associato. Nel tratto terminale del Reno (da Volta Scirocco al mare), interessato dalla risalita del cuneo salino, non sono presenti opere di presa: non si rilevano pertanto problemi connessi alla salinità delle acque disponibili. Come tutti i fiumi



FIG. 7 CANALE NAVIGABILE MIGLIARINO-OSTELLATO-PORTO GARIBALDI
Manufatti significativi sul tratto terminale del canale navigabile.



FIG. 8 FIUME RENO
Manufatti significativi sul tratto terminale del fiume Reno.

appenninici, i principali problemi sono riferibili prevalentemente alla quantità d'acqua prelevabile. I regimi torrentizi, tipici di questi corsi d'acqua, presentano l'alternarsi di rapidi e relativamente brevi innalzamenti dei livelli in caso di pioggia, ai quali seguono lunghi periodi di magra con portate modeste.

Il governo idraulico dell'area è da sempre caratterizzato da equilibri dinamici. La gestione attuale, consorziale e privata, unitamente ad altri fattori (caratteristiche dei terreni, capacità imprenditoriali e mercato) ha reso possibile, in un contesto ambientale di assoluto pregio, lo sviluppo di un'agricoltura fortemente dedicata all'orticoltura e al vivaismo con conseguenti elevate ricadute economiche e occupazionali.

Il prelievo di acque dolci sempre più lontano dal mare, oppure a monte di appositi sbarramenti, l'immissione di

elevati volumi d'acqua per allontanare falde salate dallo strato coltivato, l'aumento dei volumi distribuiti alle colture (*leaching*) sono accorgimenti tecnici attualmente utilizzati: queste tecniche possono essere migliorate e affinate, disponendo di adeguate risorse economiche per la ricerca e per gli investimenti; il tutto, però, rimane ovviamente strettamente dipendente dalla disponibilità della risorsa acqua. Si sta affrontando, come sistema territoriale, una sfida che il cambiamento climatico ha solo accelerato. Una sfida complessa e "in rincorsa", alla ricerca di un nuovo equilibrio capace di non disperdere un patrimonio d'inestimabile valore.

Aldo Bignami

Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara

IL CALCOLO DELLA PORTATA E DELLA SALINITÀ DEL PO

L'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO, CONTROLLO E L'USO DI STRUMENTI DI MODELLISTICA OPERATIVA RISULTANO INDISPENSABILI PER INFORMARE GLI ATTORI INTERESSATI E INDIVIDUARE LE AZIONI PIÙ OPPORTUNE, DA IMPLEMENTARE NEL BREVE E NEL MEDIO-LUNGO TERMINE, PER GARANTIRE GLI USI DELL'ACQUA E I SERVIZI ECOSISTEMICI CONNESSI.

Nel delta del Po, un ecosistema con caratteristiche idrauliche, morfologiche e biologiche proprie, si concretizza la transizione tra fiume e mare; in un contesto particolarmente delicato, l'acqua dolce è utilizzata per scopi potabili, agricoli, industriali e risulta fondamentale per equilibrare la salinità dell'habitat; la presenza di acqua dolce è influenzata dalla risalita del cuneo salino, particolarmente estesa in caso di magra fluviale, come nell'estate del 2022. La conoscenza e il presidio del territorio, basati su attività di monitoraggio, controllo e strumenti di modellistica operativa, risulta indispensabile per informare gli attori interessati e individuare le azioni più opportune da implementare nel breve e nel medio-lungo termine per garantire gli usi dell'acqua e i servizi ecosistemici connessi.

Il delta del Po è costituito da cinque rami principali: Goro, Gnocca, Maistra, Tolle e Po Grande-Pila, nei quali si può osservare la risalita dell'acqua salata che dipende principalmente dall'entità della portata in arrivo da monte, ripartita nei diversi rami, e dal livello del mare. In situazioni di magra fluviale, quando le portate del Po sono molto basse, e di alta marea, si osservano valori più elevati della lunghezza di intrusione del cuneo salino che possono turbare le condizioni ambientali del territorio e gli utilizzi della risorsa idrica.

La Struttura IdroMeteoClima di Arpa (Simc) ha predisposto strumenti modellistici speditivi per il calcolo della ripartizione delle portate nei rami del delta del Po e per la stima della lunghezza di intrusione del cuneo salino. Nel seguito vengono descritti tali strumenti, in particolare la metodologia sviluppata dal Servizio idrografia e idrologia regionale e le modalità in cui sono utilizzati attualmente, con un accenno a possibili sviluppi futuri.

Previsione delle portate defluenti nell'asta principale del Po

Con riferimento alla stazione idrometrica di Pontelagoscuro (FE) posta a 91 km dalla foce in mare, inserita nel sistema Dews (*Drought early warning system*), la previsione delle portate è possibile attraverso un modello idrologico (Topkapi), che simula i deflussi provenienti dai sottobacini idrografici del fiume Po, e un modello (Ribasim) che simula le portate defluenti nell'asta principale del Po a partire dal bilancio idrico, comprensivo delle falde sotterranee, dei prelievi e dei rilasci idrici. Il sistema è alimentato da previsioni e osservazioni meteorologiche in termini di temperature e precipitazioni, e consente di prevedere le portate medie giornaliere con un orizzonte di 10 giorni.

Ripartizione delle portate nei rami del delta

La ripartizione delle portate è influenzata principalmente dal ramo considerato, la cui morfologia varia nel tempo, dalle sue caratteristiche idrauliche, dall'entità del deflusso a monte del delta e dall'andamento della marea. Per conoscere l'entità della ripartizione delle portate provenienti da Pontelagoscuro nei singoli rami del delta, indispensabile per stimare la lunghezza del cuneo salino, è stato utilizzato un modello numerico (Sobek), che simula il moto idraulico a partire dalla sezione di Pontelagoscuro fino al mare Adriatico. La geometria del modello è stata costruita nel 2007 sulla base dei rilievi topografici all'epoca disponibili; sono state inoltre considerate le barriere mobili installate al fine di limitare l'intrusione marina nei rami di Tolle e Gnocca. Le condizioni al contorno del modello sono, a monte, le portate di

Pontelagoscuro e a valle, l'elevazione e il campo di moto del mare forniti dal modello oceanografico Adria Roms. La taratura del modello di ripartizione è stata effettuata utilizzando i dati sperimentali raccolti nella campagna di monitoraggio dedicata (maggio 2007) e nell'ambito della campagna sulla salinità (luglio 2017), anche sulla base dei risultati di un modello speditivo idraulico di moto permanente. La campagna di monitoraggio ha previsto la raccolta di osservazioni idrometriche alle stazioni di Ariano (Ramo di Goro), Porto Tolle (Gnocca), Ca' Venier (Maistra), Ca' Dolfin (Tolle) e Pila (Pila), e corrispondenti misure di portata effettuate contemporaneamente su tutti i rami, in continuo, durante un emiciclo di marea (circa 12 ore).

Con la successiva post-elaborazione sono state definite le equazioni (una per ciascun ramo) in base alle quali determinare, nota la portata a Pontelagoscuro, la ripartizione di portata in termini percentuali per ciascun ramo. Nel 2022 sono state eseguite misure in condizioni di magra spinta per aggiornare le scale di deflusso per il calcolo delle portate a Pontelagoscuro a partire dai livelli idrometrici rilevati dalle rete in telemisura.

Nel 2023 è stata condotta una nuova campagna di misura, con modalità analoghe a quelle della campagna dedicata del 2007 al fine di aggiornare gli studi per la conoscenza della ripartizione.

Intrusione del cuneo salino nel delta

Il fenomeno dell'intrusione salina consiste nella risalita dell'acqua marina dalla foce di un fiume, che si incunea sul fondo dell'alveo fluviale, poiché ha concentrazione salina più elevata ed è quindi più densa rispetto all'acqua dolce del fiume stesso. La salinità che si riscontra in colonna d'acqua diminuisce quindi dal fondo verso la superficie

e procedendo da valle verso a monte fino a una sezione nella quale risulta trascurabile.

Per conoscere l'andamento della salinità lungo i rami del delta, è stato utilizzato il modulo Delwaq del modello numerico Sobek che, considerando i flussi di densità, consente di risalire al profilo salino medio nelle diverse sezioni idrometriche prese in considerazione. Le condizioni al contorno del modulo Delwaq sono, a monte, la salinità dell'acqua dolce e, a valle, le condizioni di salinità fornite dal modello oceanografico Adria Roms.

È stato poi implementato un modello speditivo di moto permanente, basato sul metodo semplificato di Savenije (2005) che consente di stimare l'estensione dell'intrusione salina in condizioni di alta e bassa marea a partire dalle portate liquide defluenti nei rami del delta, nell'ipotesi che la lunghezza di intrusione massima si verifichi nella sezione con salinità media della colonna d'acqua pari a 0.5 psu (indicazioni Icram ai fini dell'applicazione della direttiva 2000/60/CE).

La calibrazione della modellistica speditiva è stata eseguita sulla base dei risultati di due campagne di misura della salinità nel delta, effettuate nell'agosto 2007 e nel luglio 2017. Entrambe hanno previsto il rilevamento da natante del profilo verticale di salinità, in sezioni successive lungo ciascun ramo con passo 3 km, muovendosi da valle a monte alla velocità dell'onda di marea contemporaneamente sui 5 rami, in condizioni di bassa e di alta marea. La risalita lungo ciascun ramo è stata interrotta in corrispondenza di valori di salinità rilevati trascurabili.

In occasione della magra del 2022, con il supporto delle misurazioni eseguite dalla Struttura oceanografica Daphne di Arpae, si è provveduto all'aggiornamento della modellistica speditiva di Savenije a partire dai rami di Goro e Po Grande-Pila.

Utilizzo della modellistica

Attualmente la modellistica speditiva sviluppata dal Simc è utilizzata, in assenza di strumenti più dettagliati, per fornire agli attori interessati le stime aggiornate delle lunghezze di intrusione nei rami del delta.

In particolare, con riferimento alle attività dell'Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici nel distretto idrografico del fiume Po, coordinato dall'Autorità di bacino, il Servizio Idrologia e idrografia, nel contesto delle attività svolte dal Simc a supporto della Regione Emilia-Romagna (ente sottoscrittore



del protocollo d'intesa istitutivo dell'Osservatorio) e della Cabina di regia regionale sulla criticità idrica, fornisce i valori delle lunghezze di intrusione nei rami di Goro e Po Grande-Pila stimate su un orizzonte di 10 giorni.

È possibile così verificare se tali lunghezze di intrusione stimate risultino inferiori ai valori soglia individuati in corrispondenza di una portata definita a Pontelagoscuro pari a $450 \text{ m}^3/\text{s}$ come portata minima ammissibile per cui, in base agli studi condotti sulla risalita salina nell'alveo del Po, non si registrano impatti maggiori nel corpo idrico tra Pontelagoscuro e il delta del Po (Piano di bilancio idrico, Adbpo 2016).

La necessità di fissare una soglia di portata minima, sotto la quale non scendere operando principalmente sui prelievi e sui rilasci dei grandi laghi, nacque per scongiurare impatti particolarmente gravosi, come quelli patiti nell'evento siccitoso del 2003, quando il basso livello del fiume Po nel tratto interessato dalle opere di presa comportò il blocco della centrale termoelettrica di Porto Tolle causa di un colossale black-out in gran parte del Veneto.

La modellistica speditiva, pur essendo stata verificata e ricalibrata sulla base dei risultati dei campionamenti eseguiti durante le ultime campagne estive (2022 e 2023) e pur essendo ulteriormente "migliorabile" nel breve periodo, non consente il supporto della gestione operativa di situazioni di criticità alla scala locale, quali ad esempio quelle legate a un eccesso di salinità

in corrispondenza delle prese a uso idropotabile o agricolo; infatti il modello non fornisce attualmente la previsione dell'andamento della salinità lungo la verticale e, nelle sezioni in prossimità della confluenza di più rami del delta, l'incertezza previsionale risulta maggiore.

Prospettive

La modellistica gioca un ruolo fondamentale per la stima dell'intrusione salina. La metodologia di calcolo speditiva sviluppata dal Servizio Idrografia e idrologia regionale e distretto Po ha previsto: l'effettuazione di campagne di monitoraggio (misure di portata e campionamento del cuneo salino) per la taratura dei modelli; l'applicazione di un modello numerico idrodinamico per la definizione della ripartizione della portata tra i rami del delta; l'applicazione di un modello a stati permanenti per la stima della massima risalita del cuneo salino nelle diverse condizioni di marea.

In prospettiva sarà possibile avviare uno studio specifico orientato a una nuova modellazione del delta del fiume Po, nell'ambito delle attività del Gcu-m (Gruppo di coordinamento unificato magre), istituito con accordo interistituzionale al fine di gestire il sistema di modellistica per la gestione delle magre e delle risorse idriche nel distretto padano, coordinato dall'Autorità di bacino, e al quale partecipano le regioni ricadenti nel distretto. Tale studio potrebbe prevedere la

realizzazione di un modello idrodinamico aggiornato, sulla base di nuovi rilievi topografici particolarmente utile per approfondire la ripartizione delle portate nei rami del delta quando i deflussi a Pontelagoscuro scendono al di sotto di 1.000 m³/s (condizioni di “acque basse”), che potrà includere le condizioni dell’andamento di marea e anche ulteriori forzanti (vento, orientamento delle bocche di confluenza a mare, correnti costiere ecc), attualmente non considerate, qualora possano avere un effetto impattante.

Gli obiettivi di questo studio porterebbero inoltre a integrare un modulo aggiornato per la simulazione dell’intrusione salina in grado di restituire il profilo di salinità verticale nelle sezioni di interesse, anche

in considerazione delle strutture idrauliche presenti (barriere anti intrusione salina) e un nuovo modulo che tenga conto degli scambi tra acque sotterranee e acque superficiali, nonché con i terreni circostanti che consideri gli aspetti quali-quantitativi dello stato ambientale dei corpi idrici (temperatura ecc.).

Lo stesso studio potrebbe anche estendersi a ulteriori approfondimenti in merito ai valori di soglia della portata e delle corrispondenti lunghezze di intrusione salina.

Particolarmente interessante potrebbe essere lo studio della capacità di recupero, in riferimento al parametro della salinità, sia dei corpi idrici, che dei terreni interferenti, a seguito di episodi di magra significativi e ravvicinati.

Questo sistema di modelli, per il quale sarebbe fondamentale la ricerca di ulteriori informazioni a disposizione di vari enti e portatori di interessi, potrebbe essere implementato nella piattaforma Dews e integrato con i modelli previsionali disponibili (ad esempio un modello idrologico idraulico connesso a un modello di gestione della risorsa idrica) al fine di fornire informazioni operative.

Elisa Comune, Mauro del Longo, Alessio Pugliese, Giuseppe Ricciardi, Enrica Zenoni

Struttura IdroMeteoClima, Arpa Emilia-Romagna

CUNEO SALINO, L'EVENTO DI GORO

Il 26 ottobre 2023 si è tenuto a Goro (FE), nella sede della Struttura oceanografica Daphne di Arpae, il seminario “Cuneo salino nel delta del Po, stato attuale e prospettive”, con l’obiettivo di presentare gli studi tecnico-scientifici fin qui svolti in Emilia-Romagna e riflettere sulle prospettive. Molti articoli del servizio presentato nelle pagine precedenti riportano quanto presentato in quell’occasione. In questa pagina pubblichiamo alcune foto dell’evento. Tutte le foto sono di Katia Zaghini.



UNA NUOVA MODELLISTICA AD ALTISSIMA RISOLUZIONE

ALLO SCOPO DI MIGLIORARE IL MONITORAGGIO DEL SISTEMA LAGUNARE E DI TRANSIZIONE, LA STRUTTURA IDROMETEOCLIMA DI ARPAE HA SVILUPPATO SHYFER, UN MODELLO NUMERICO IDRODINAMICO CHE RAPPRESENTA IN MODO PIÙ DETTAGLIATO E ACCURATO LA GEOMETRIA DEI DIVERSI RAMI DEL FIUME PO CHE CONFLUISCONO IN MARE. I RISULTATI SONO PROMETTENTI.

I modelli idrodinamici comunemente utilizzati per le previsioni operative marino-costiere devono garantire affidabilità e tempestività per rendere disponibili prodotti previsionali in tempo utile a consentire l'adozione di azioni preventive o risolutive durante gli eventi estremi. La Struttura IdroMeteoClima di Arpae (Simc) ha implementato e gestisce operativamente (una corsa al giorno) un modello per le previsioni del livello del mare e delle variabili oceanografiche (temperatura, salinità e correnti) a scala Adriatica (denominato Adriac), con una risoluzione costante di 1 km. Sebbene il modello sia in grado di risolvere i fenomeni oceanografici a grande scala, esso presenta limitazioni nel riprodurre alcune dinamiche a livello di sottobacino. Il delta del Po, ad esempio, rappresenta un'area di transizione molto complessa caratterizzata da batimetrie del fondale e geometrie morfologiche molto variabili e da particolari e delicati processi di interazione tra le caratteristiche idrologiche dei rami fluviali e le

dinamiche marine, come l'ingressione del cuneo salino.

Allo scopo di risolvere in modo accurato tali processi, nell'ambito di tre progetti europei strategici Interreg Italia-Croazia (AdriaClim, Stream e Cascade), Arpae ha collaborato con l'Istituto di scienze marine del Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr-Ismar) e con l'Università di Bologna (Unibo) per lo sviluppo e l'implementazione di un modello agli elementi finiti ad altissima risoluzione della costa dell'Emilia-Romagna che include la parte terminale del fiume Po e il suo sistema deltizio.

Sviluppo di un'implementazione locale agli elementi finiti

I modelli idrodinamici, nonostante siano oggi molto affidabili, presentano ancora diverse limitazioni che rendono la loro implementazione operativa una sfida, soprattutto per piccole scale e domini con

dinamiche particolari. Aree geografiche come il delta del Po, con le sue lagune e i suoi rami fluviali, rappresentano sistemi di transizione molto complessi, fortemente influenzati dagli aspetti locali di interazione *river-sea*.

In questo contesto, è necessario disporre di un modello ad alta risoluzione in grado di rappresentare adeguatamente i processi idrodinamici anche alle scale più piccole. Allo scopo di migliorare la rappresentazione del sistema lagunare e di transizione, è stato scelto di sviluppare una nuova modellistica numerica ad altissima risoluzione basata sul modello agli elementi finiti Shyfer (Umgiesser et al., 2004; <https://github.com/SHYFEM-model/shyfer>). Diverse collaborazioni tecnico-scientifiche nell'ambito di progetti nazionali e internazionali hanno permesso, negli ultimi tre anni, lo sviluppo e l'implementazione operativa di Shyfer, un modello idrodinamico della costa emiliano-romagnola che include il complesso sistema del delta del Po. L'utilizzo di un modello a elementi finiti



FOTO: R. BRANCQUINI - REGIONE ER

permette l'utilizzo di risoluzioni variabili degli elementi all'interno del dominio di calcolo, consentendo così di aumentare la risoluzione della griglia ove necessario, adattandosi al meglio alla morfologia locale e consentendo di rappresentare in modo più dettagliato e accurato la geometria dei diversi rami del fiume Po che confluiscono a mare. A differenza del modello Adriac, dove la portata nei diversi rami viene imposta tramite percentuali predefinite di ripartizione, in Shyfer è possibile imporre in ingresso la portata osservata (o prevista dai sistemi modellistici idrologici) del fiume Po presso la stazione di misura di Pontelagoscuro e lasciare che il modello propaghi e suddivida le portate nei diversi rami in maniera dinamica, fino a raggiungere il mare. È importante sottolineare l'importanza della corretta rappresentazione della portata del fiume Po, in quanto essa influenza direttamente la dinamica delle lagune e delle aree di transizione in generale, nonché la circolazione del mare Adriatico, principalmente nella sua porzione settentrionale.

Come visibile nella *figura 1*, Shyfer rappresenta le particolari caratteristiche topo-batimetriche dell'area in modo dettagliato, arrivando a una risoluzione di alcune decine di metri. L'obiettivo principale è quello di migliorare le previsioni idrodinamiche con particolare attenzione al livello del mare, ma anche quello di sviluppare diverse applicazioni del modello come ad esempio la previsione dell'ingressione del cuneo salino all'interno dei diversi rami del Po. Prima di renderlo operativo, sono stati condotti test di sensibilità e di calibrazione dei parametri allo scopo di raggiungere un set di parametri ottimizzato che rappresentasse in maniera più fedele i dati acquisiti dalle stazioni di misura presenti in Emilia-Romagna (nelle *figure 1b e 1c* alcune delle stazioni utilizzate nei test di sensibilità). Operativamente il modello viene forzato dai campi atmosferici previsionali del modello Cosmo, mentre gli output del modello Adriac vengono utilizzati come condizioni oceanografiche al contorno del dominio di calcolo. Per quanto riguarda i fiumi, attualmente l'impostazione operativa utilizza gli ultimi dati misurati nella stazione di Pontelagoscuro in termini di temperatura e portata per il Po, mentre per gli altri fiumi regionali vengono utilizzati valori climatologici. Inoltre, tre idrovore permettono l'ingresso di ulteriore acqua dolce all'interno della Sacca di Goro (Romanina, Giralda e Bonello, come visibile in *figura 1c*). Il modello è attualmente inserito

all'interno delle catene operative del Simc per le previsioni meteo-marine, ma è stato utilizzato anche per alcune applicazioni di dispersione di inquinanti microbiologici in mare e per la modellazione bio-geochimica della Sacca di Goro (accoppiandolo offline con il modello Bfm, Vichi et. al 2007; <https://bit.ly/bfm-model>). Si stanno infine approfondendo le capacità del modello di prevedere in maniera accurata e in specifiche condizioni ambientali, l'instaurarsi del cuneo salino, la sua struttura e la sua propagazione all'interno

dei diversi rami del fiume Po. I risultati sono promettenti e Shyfer potrebbe quindi rappresentare un utile strumento operativo di supporto alle decisioni nei periodi di magra, sempre più frequenti e severi negli ultimi anni, e le cui proiezioni climatologiche, purtroppo, indicano ulteriori intensificazioni in futuro.

Luis Germano Biolchi, Silvia Unguendoli, Andrea Valentini

Struttura IdroMeteoClima, Arpa Emilia-Romagna

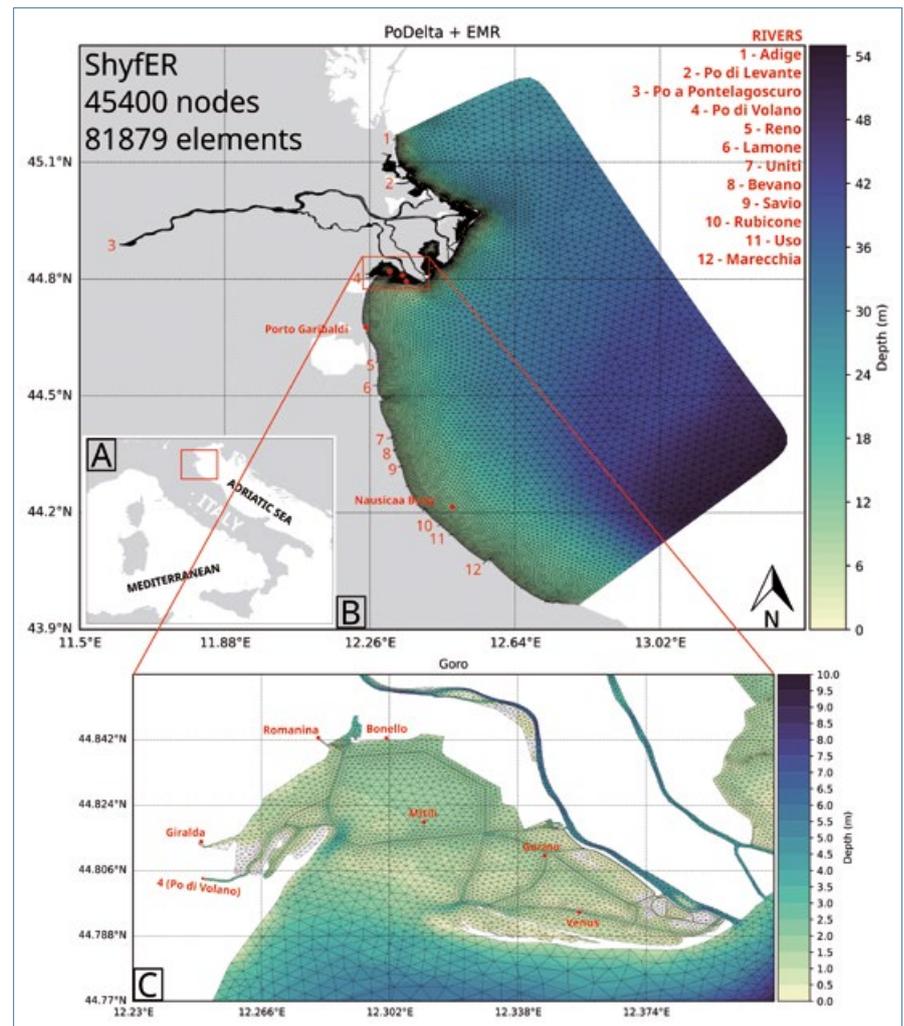


FIG. 1 MODELLO SHYFER

A) Posizione del dominio di calcolo di Shyfer.

B e C) batimetria e griglia di calcolo agli elementi finiti del dominio utilizzato per l'implementazione di Shyfer che mostra i 12 fiumi e le tre idrovore (Giralda, Romanina e Bonello) utilizzati ai confini idrologici e le diverse tipologie di stazioni utilizzate per i test di sensibilità: tre stazioni multiparametriche (Mitili, Gorino e Venus); un mareografo (Porto Garibaldi); e una boa ondometrica (Nausicaa).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Umgiesser G., Canu D.M., Cucco A., Solidoro C., 2004, "A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation", *Journal of Marine Systems*, 51(1-4), pp. 123-145, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.05.009>.

Vichi M., Pinardi N., Masina S., 2007, "A generalized model of pelagic biogeochemistry for the global ocean ecosystem. Part I: Theory", *Journal of Marine Systems*, 64(1-4), pp. 89-109, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.03.006>.

IL MONITORAGGIO DELLA RISALITA DEL CUNEO SALINO

NEGLI ULTIMI ANNI PREOCCUPA L'INTRUSIONE DI ACQUA MARINA NEL DELTA DEL PO. I RISCHI MAGGIORI SONO PER L'AGRICOLTURA E L'APPROVVIGIONAMENTO ACQUEDOTTISTICO. MONITORARE E STABILIRE DEI LIMITI DI CONCENTRAZIONE DI SALINITÀ DEI RAMI DEL DELTA PERMETTE DI STABILIRE IN QUALI AREE POSSONO SORGERE DEI PROBLEMI.

Il fenomeno del cuneo salino è idraulicamente inquadrato nell'ambito delle cosiddette correnti di densità e consiste nell'intrusione di acqua salata marina, più densa rispetto all'acqua dolce, sia nella falda acquifera sia sul fondo dell'alveo fluviale in prossimità della foce di un fiume. In quest'ultimo caso la risalita dell'acqua marina verso monte è dovuta alla scarsa portata del fiume che non è in grado di contrastare la forza della marea. Si viene così a generare un cuneo di acqua salata che si insinua sul fondo del letto del fiume sotto l'acqua dolce più leggera che defluisce verso mare.

Tra i vari fattori che influenzano la risalita del cuneo salino ritroviamo: la subsidenza, l'eustatismo, la variazione del regime delle piogge, l'aumento delle derivazioni irrigue, il minor rilascio di

acqua dai bacini montani, l'abbassamento del fondo dell'alveo a causa del prelievo di inerti e il minore apporto di sedimenti dagli affluenti.

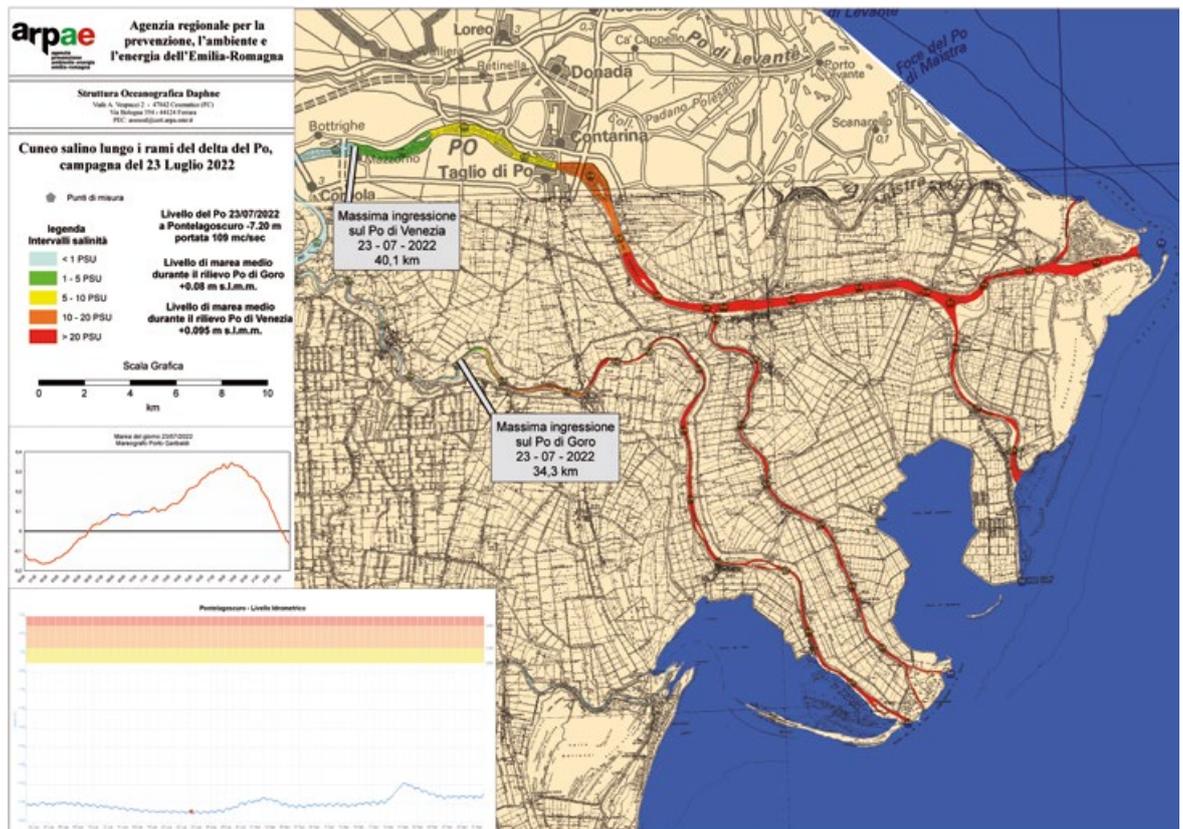
Le conseguenze si possono concretizzare nell'interruzione delle derivazioni irrigue e degli approvvigionamenti acquedottistici, con gravi inconvenienti per l'attività agricola e forte disagio per la popolazione, nell'inaridimento delle zone litoranee e nella salinizzazione delle falde superficiali.

assumendo negli ultimi decenni proporzioni sempre più preoccupanti: la problematica del cuneo salino che negli anni '30 si avvertiva solo per due o tre chilometri dalla foce si è progressivamente estesa a vari chilometri, soprattutto nei periodi caratterizzati da intense anomalie climatiche e da conseguenti apporti d'acqua dolce particolarmente scarsi.

Nel 2003 l'Europa fu colpita da una memorabile ed eccezionale, per intensità e durata, ondata di calore. La siccità che ne derivò impose al settore ambiente della Provincia di Ferrara di iniziare, anche con una certa lungimiranza, il monitoraggio del cuneo salino nei rami del delta che confluiscono nella Sacca di Goro, ambiente di notevole rilevanza naturalistica e rinomato per la produzione di vongole che qui

Le attività di monitoraggio dal 2003 a oggi

Nel caso del Po questo fenomeno è quasi sempre presente ed è più o meno pronunciato nei vari periodi dell'anno,



trovano condizioni ottimali per il loro accrescimento. Tale attività nei rami del Po di Volano e del Po di Goro si è svolta successivamente ogni anno. Alla luce dei primi risultati, nel 2006 è stato abbandonato il monitoraggio sul Po di Volano in quanto regimato e utilizzato per scopi irrigui, con variazioni del cuneo salino non particolarmente influenzate dalle portate del Po a Pontelagoscuro (FE), per dare spazio alle campagne di monitoraggio sui restanti rami del delta (Po di Gnocca o della Donzella, Po di Tolle, Po di Pila e Po di Venezia).

Con la legge regionale dell'Emilia-Romagna n. 13/2015 tali funzioni sono passate in carico ad Arpae, che ha svolto rilievi nel 2016, 2017 e 2022, quest'ultimo anno caratterizzato ancora una volta da grave crisi idrica che ha colpito il bacino del Po. Nel periodo 2023-2025, infine, la rete di misura è stata e sarà mantenuta operativa grazie ai finanziamenti derivanti dall'accordo di collaborazione ex art. 15 L. 241/1990 stipulato con l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po per il monitoraggio a supporto dell'attuazione della direttiva 2000/60/Ce: Rete ambientale strategica del distretto del fiume Po (RasPo).

Dal 2022 i punti di monitoraggio sono individuati a partire dalle foci fluviali e sono equidistanti fra loro di circa 3 km risalendo i vari rami del delta. Le misure sono eseguite lungo tutta la colonna d'acqua per mezzo di una sonda multiparametrica (figura 2) con registrazione dei parametri di profondità, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, conducibilità e clorofilla. Per l'elaborazione dei dati finalizzata a stabilire la sezione di asta fluviale dove non c'è presenza di cuneo salino si è inizialmente considerato l'intervallo di salinità tra 0,5 e 2 psu riportato in letteratura e infine si è assunto come limite tra acqua dolce e acqua salmastra il valore di 1 psu, in quanto questa concentrazione salina costituisce un limite sopra il quale si possono verificare problemi per l'irrigazione. In altre parole si è fatta coincidere la fine del cuneo salino con la sezione dell'asta fluviale dove su tutta la colonna d'acqua il valore di salinità è inferiore a 1 psu.

Dai dati raccolti su ogni punto di monitoraggio è stato ricostruito il profilo verticale di salinità (figura 3), mentre per la successiva elaborazione planimetrica del cuneo salino nei rami del delta si

sono considerati i valori di salinità sul fondo alveo distinguendo tratti di fiume caratterizzati da salinità omogenea (intervalli di salinità riportati nella legenda alla figura 1). L'elaborazione dei dati raccolti fino a oggi mostra, come ci si attendeva, un'intrusione massima del cuneo salino raggiunta durante l'estate 2022 quando, nel mese di luglio, essa ha toccato picchi di 34,3 km nel Po di Goro e 40,1 km nel Po di Venezia in corrispondenza di una portata media giornaliera a

Pontelagoscuro (FE) prossima ai 110 m³/s, valore di molto inferiore al minimo storico di 156 m³/s del luglio 2006, a conferma che il 2022 è stato complessivamente un anno caratterizzato da un andamento meteorologico fuori dalla norma e con notevole persistenza di condizioni estreme.

Saverio Turolla, Silvia Pigozzi

Arpae Emilia-Romagna



FIG. 2 MISURAZIONE

Attività di misura dei parametri chimico-fisici sui rami del delta tramite sonda multiparametrica.

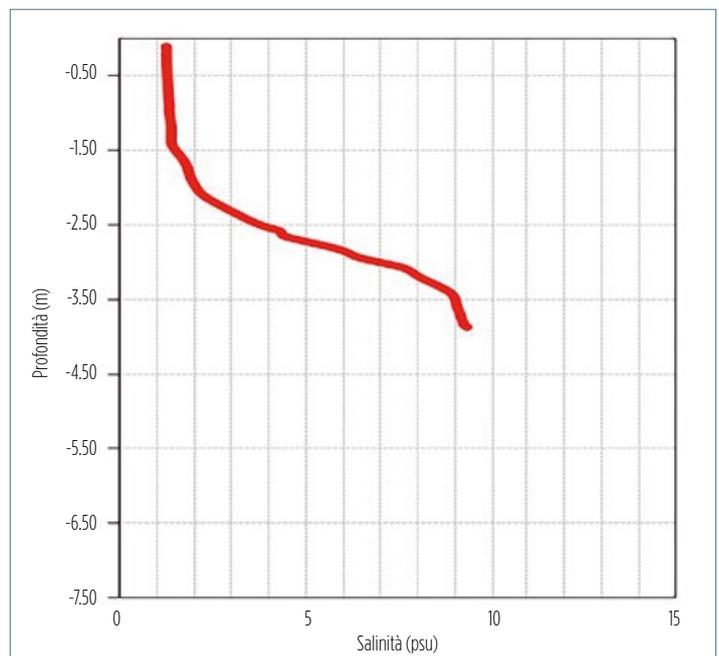


FIG. 3 SALINITÀ

Profilo verticale di salinità registrato in data 5 luglio 2023 sul Po di Goro a 6 km dalla foce.

MONITORAGGIO DELL'ACQUIFERO COSTIERO SUPERFICIALE

L'ACQUIFERO COSTIERO DELL'EMILIA-ROMAGNA È NATURALMENTE SOGGETTO A UNA CONTAMINAZIONE DI ACQUE SALATE MARINE CHE RISCHIA DI COMPROMETTERE LA RISORSA IDRICA E DI METTERE A RISCHIO I DELICATI ECOSISTEMI PRESENTI LUNGO LA COSTA. DAL 2009 È ATTIVA UNA RETE PER IL MONITORAGGIO DELLO STATO DELLE ACQUE DI FALDA.

L'acquifero costiero superficiale (Acs) si sviluppa per 120 km da Goro (FE) sino a Cattolica (RN) e si estende nell'entroterra per una decina di chilometri nel ferrarese e ravennate, dove lo spessore è intorno ai 30 m, e per circa 1 km da Cesenatico al confine con le Marche, dove si assottiglia fino a 5-6 m (Bonzi et al., 2010). È costituito da depositi sabbiosi di ambiente marino, costiero e deltizio sedimentati durante il ciclo trasgressivo-regressivo olocenico. I depositi di piana alluvionale sottostanti ne costituiscono l'acquitarso basale, mentre verso l'entroterra i depositi fini alluvionali e deltizi recenti sigillano lateralmente e superiormente l'acquifero (figura 1). Stante questa successione stratigrafica l'acquifero è freatico dove le sabbie sono affioranti e confinato o semi-confinato



FOTO: PARCO DEL DELTA DEL PO

CUNEO SALINO

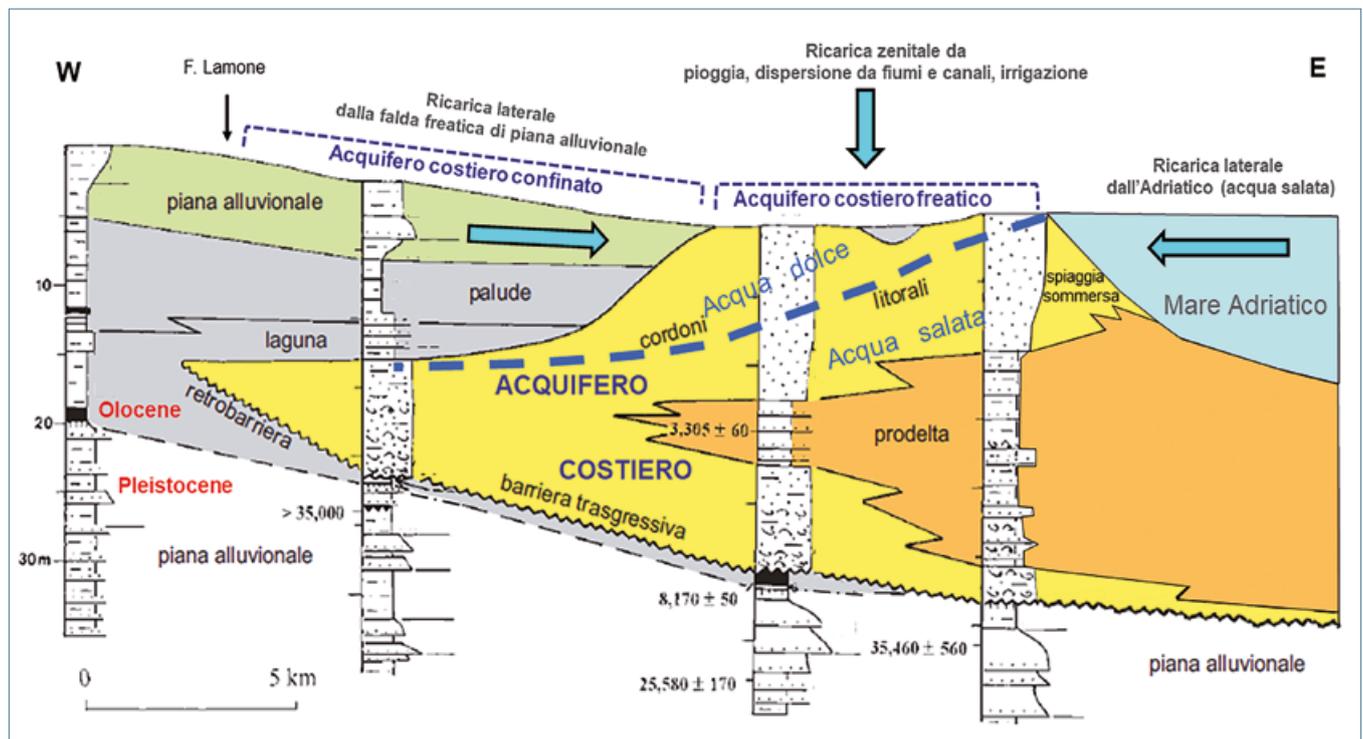


FIG. 1 ACQUIFERO
Sezione geologica schematica nella costa ravennate; l'acquifero costiero è in giallo, le frecce indicano i principali termini della ricarica.
Fonte: modificato da Ispra, 2002.

dove le sabbie sono sepolte sotto i sedimenti fini.
 La ricarica avviene attraverso le precipitazioni, la dispersione da corpi idrici superficiali (fiumi e canali) e dalle falde della pianura alluvionale e deltizia. Verso mare, l'acquifero è direttamente a contatto con le acque dell'Adriatico, che filtrano naturalmente verso terra dove, essendo più pesanti delle acque dolci, si insinuano alla base dell'acquifero.

Dal 2009 la Regione Emilia-Romagna si è dotata di una rete di monitoraggio dedicata a questo acquifero, che attualmente consta di 24 piezometri (figura 2).

In ciascun piezometro sono rilevati il livello della falda e, per ogni metro di profondità, la conducibilità elettrica specifica (Ce in mS/cm) e la temperatura (T in °C).

I rilievi avvengono due volte all'anno, generalmente in primavera quando il livello di falda è massimo e in estate o autunno e quando il livello è minimo. Le misurazioni evidenziano le seguenti casistiche:

- acqua di falda dolce lungo tutto il piezometro
- nella parte superiore acqua di falda dolce e nella parte inferiore salata e salmastra
- acqua di falda prevalentemente salata e salmastra con esiguo, o assente, "cappello" di acqua dolce.

Il limite tra le acque dolci e salate-salmaestre avviene in un intervallo di 1-3 m in cui la conducibilità varia bruscamente (figura 1).

I dati acquisiti dal 2009 al 2021 sono stati oggetto di un'analisi statistica con lo scopo di determinare lo stato e l'evoluzione delle acque di falda nel tempo, evidenziando l'eventuale presenza di tendenze dei valori misurati.

Il dataset disponibile, costituito da 17.362 misure, è stato analizzato suddividendo i dati in ogni punto di campionamento (Pc), ovvero per ogni metro di profondità a partire dalla quota della falda. Ogni Pc è stato descritto dal punto di vista statistico attraverso gli indicatori principali (valore minimo, massimo, media, mediana, deviazione standard). È stato ricostruito l'andamento della Ce e della T in profondità e nel tempo, sia per individuare eventuali variazioni stagionali sia per identificare trend annuali. Il test *Shapiro* ha permesso di verificare la "non normalità" dei dati, e di utilizzare test non parametrici per le elaborazioni successive, ovvero:

- *Kruskall Wallis e Wilcox test*, per confrontare e determinare la

FIG. 2
RETE DI
MONITORAGGIO

Punti della rete di monitoraggio dell'acquifero costiero. In blu il limite nell'entroterra dell'acquifero costiero, in giallo le aree dove l'acquifero è freatico (sabbie costiere affioranti).

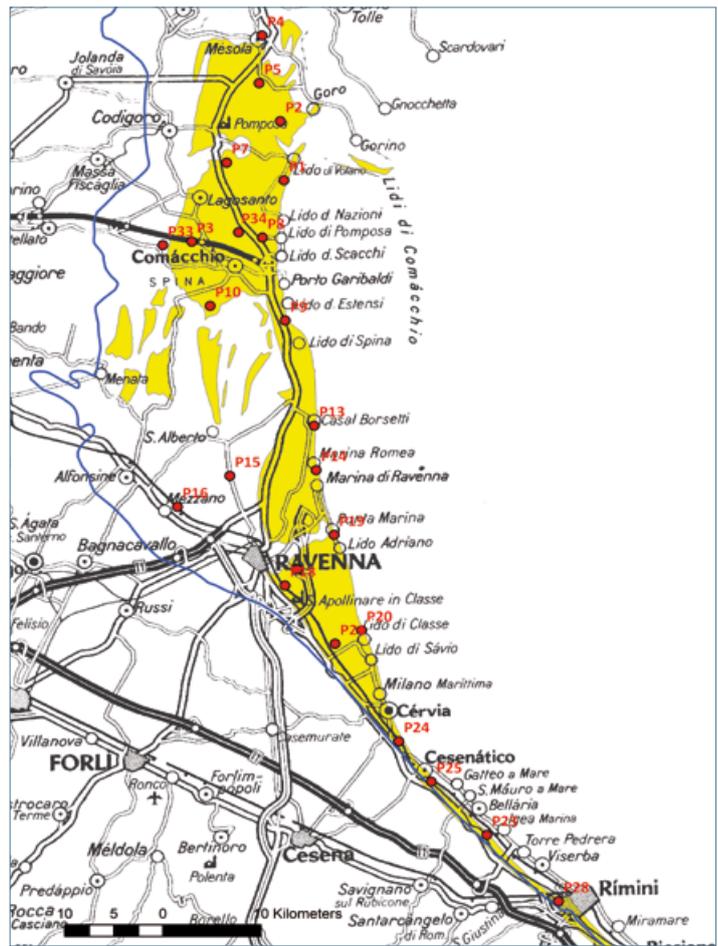
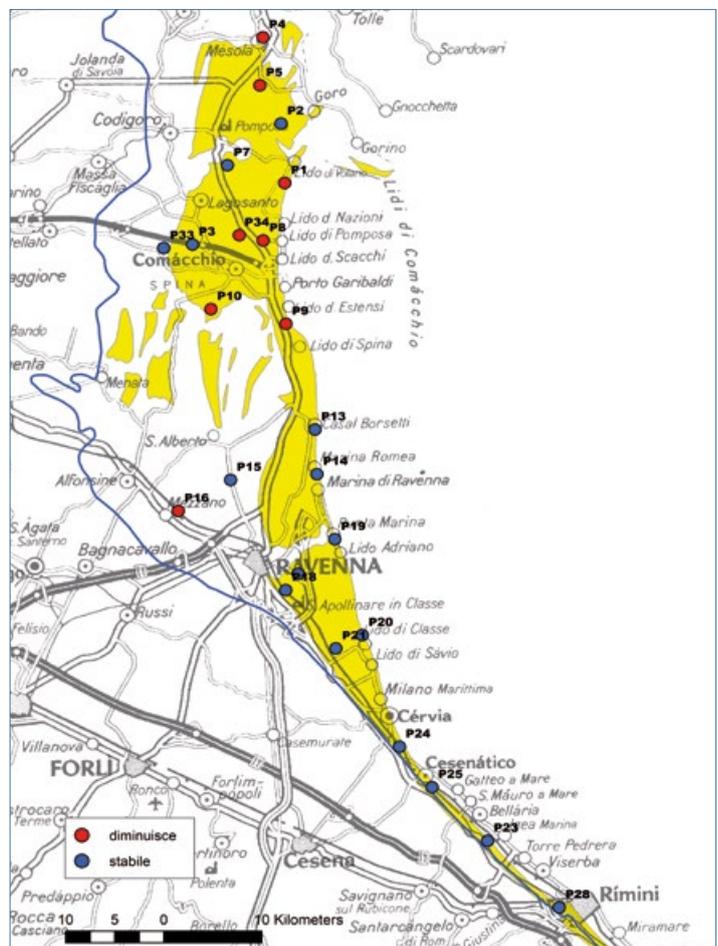


FIG. 3
VARIAZIONE
DEL LIVELLO

Variazione nel tempo del livello di falda.



significatività di eventuali scostamenti nelle distribuzioni dei dati, individuare la presenza di misure anomale, identificare il momento dal quale i dati si discostano in maniera significativa dai precedenti - *Mann-Kendall trend test* e il test della pendenza *Sen test*, per determinare se la Ce e la T su ogni piezometro e su ogni Pc sono cambiate nel tempo e in che modo - *Change point test* di Pettitt per ricercare il punto di flesso, corrispondente al momento in cui è avvenuto il cambio del valore medio per una data serie temporale.

Infine, la *cluster analysis* ha permesso di individuare raggruppamenti omogenei di piezometri, aventi valori di Ce simili nel tempo.

L'applicazione delle analisi sopra elencate ha restituito i seguenti risultati, sintetizzati anche in *tabella 1*.

Livello di falda (figura 3)

Nel periodo 2009-2021 il livello di falda è rimasto invariato in tutti i piezometri, tranne in sette, posizionati nella parte nord della costa e nell'interno del ravennate, dove il livello di falda è diminuito. Il maggiore abbassamento è avvenuto in P4 e P34 (rispettivamente del 68 e 61%).

Spessore dell'acqua dolce (figura 4)

Lo spessore dell'acqua dolce in ogni piezometro individua la profondità al di sopra della quale la Ce dell'acqua di falda è sempre uguale o minore di 2,5 mS/cm (corrispondente al valore limite delle acque utilizzabili per il consumo umano). Nel periodo 2009-2021 questo valore è pressoché costante in quasi tutti i piezometri, ed è massimo da Cervia verso Rimini, nell'entroterra ravennate e nella parte nord ovest del ferrarese. È minimo nei piezometri della costa sud del ravennate.

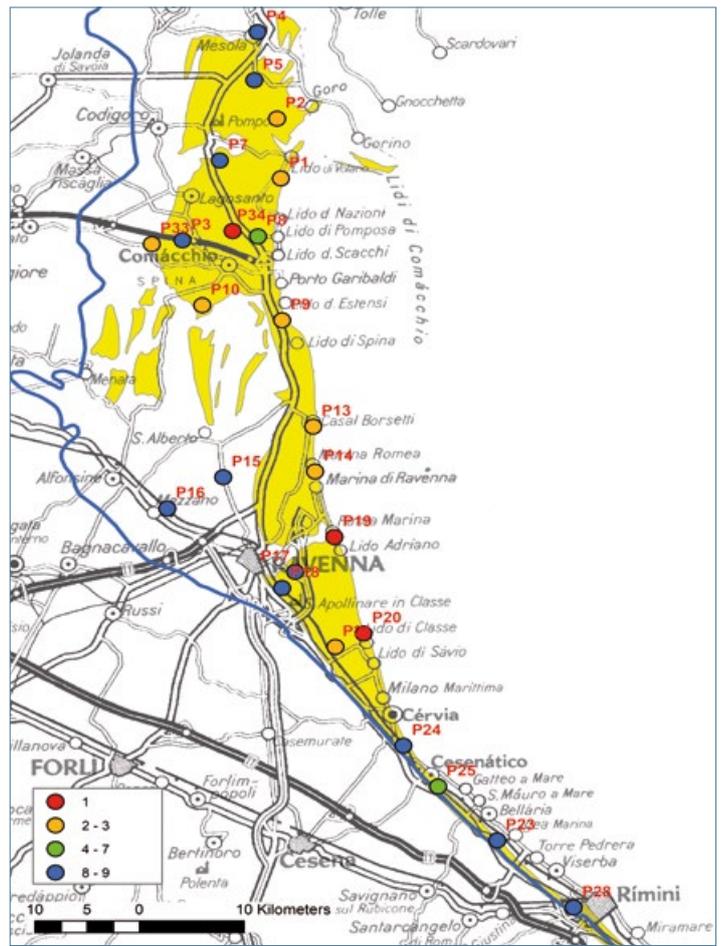
Variazione si osservano in: P9, da circa a 6 m di profondità a circa 2 m; P15, da circa a 2 m di profondità a circa 8 m; P18, da circa a 7 m di profondità a circa 8 m.

Variazione della Ce nel periodo 2009-2021 (figura 5)

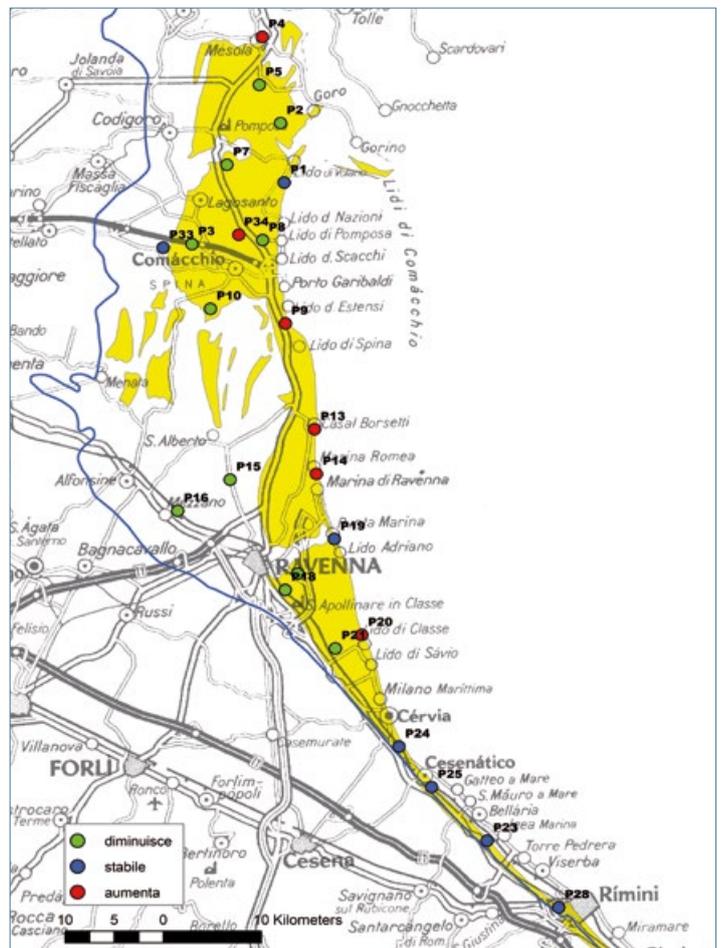
In 7 punti la Ce è aumentata (maggiormente in P9 e P14, rispettivamente del 93 e 46%), in 11 punti la Ce è diminuita (maggiormente in P16 e P8, rispettivamente del 120 e 101%), in 6 la Ce non ha subito variazioni.

Variazione della T nel periodo 2009-2021

La temperatura delle acque di falda risente, fino a 5-6 metri nel sottosuolo, delle variazioni stagionali; al di sotto



Spessore dell'acqua dolce (m da piano campagna).



Variazione della conducibilità elettrica (Ce).

rimane costante e vicina alla media della temperatura annua del luogo. In 8 punti, localizzati nella parte sud del ravennate sino al confine con le Marche, la T non ha mostrato variazioni di rilievo. In 16 punti nel ferrarese e nella parte nord del ravennate la T è sempre aumentata nei primi 5-6 metri di sottosuolo, il P8, P10, P33 e P34 hanno registrato un aumento in tutto lo spessore dell'acquifero. La T non è diminuita in nessun piezometro nel 2009 - 2021.

Correlazioni tra variazioni di livello di falda, Ce e T

Le variazioni nel periodo 2009-2021 delle 3 variabili analizzate non sono in genere correlate tra loro. Solamente in P4, P9 e P34 l'aumento della Ce si accompagna a una diminuzione del livello, e solo nel P34 ciò è anche accompagnato da un aumento della T. Nei piezometri vicini alla costa della zona centrale e settentrionale, l'aumento della Ce potrebbe indicare una maggiore ingressione di acqua marina, per riduzione della "ricarica dolce". La diminuzione della Ce in aree agricole potrebbe essere dovuta all'intensificazione dell'irrigazione, necessaria per far fronte all'aumento delle temperature e alla riduzione delle piogge degli ultimi anni. L'abbassamento del livello di falda è collegabile a una riduzione degli apporti meteorici utili alla ricarica e al generale riscaldamento, dovuti al cambiamento climatico in atto, così come l'aumento della T. È inoltre probabile che le variazioni osservate dipendano anche da condizioni di sito, legate al diverso uso del suolo e della gestione delle acque superficiali. La *tabella 1* sintetizza l'analisi statistica effettuata.

Alessandra Aprea, Luciana Bonzi, Lorenzo Calabrese, Maria Carla Centineo, Jessica Lelli, Marcello Nolè, Pier Francesco Sciuto, Paolo Severi

Regione Emilia-Romagna

	sigla	P1	P2	P3	P4	P5	P7	P8	P9	P10	P13	P14	P15
	prof	12	17	10	15	14	12	16	9	15	9	10	14
Conducibilità	gruppi	1	2	2	3	3	3	4	3	5	5	2	6
	☀	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
	M	✗	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓
	📄	✗	'11	'11	'10	'11	'11	'13	'15	'11	'10	'13	'12
	%	0	31,6	25,2	8,7	28,3	32,7	101	93,6	21,8	5,3	45,8	3,3
	▼	≈2	≈2	≈8	≈9	≈8	≈9	2→6	8→2	≈3	≈2	≈2	2→8
	%	17	12	80	60	57	75	38	22	20	22	20	57
Temp	☀	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓*	✓	✓*	✓	✓	✓
	M	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	✗
	📄	'15	'14	'15	'12	'12	'14	'15	'15	'11	'13	'13	✗
Livello	M	↓	✗	✗	↓	↓	✗	↓	↓	↓	✗	✗	✗
	📄	'13	✗	✗	'13	'13	✗	'13	'12	'13	✗	✗	✗
	%	29	✗	✗	68	27	✗	50	23	23	✗	✗	✗

	sigla	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P23	P24	P25	P28	P33	P34
	prof	18	15	18	8	10	21	10	11	9	10	22	14
Conducibilità	gruppi	6	6	3	1	1	6	3	3	3	3	1	4
	☀	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	M	↓	↓	↓	✗	↑	↓	✗	✗	✗	✗	✗	↑
	📄	'14	'12	'11	✗	'13	'11	✗	✗	✗	✗	✗	'13
	%	120	31,5	18,4	0	16,6	29,6	✗	✗	✗	✗	✗	15
	▼	7→8	7→8	7→8	≈1	≈1	≈2	≈9	≈8	≈7	≈9	≈2	≈1
	%	44	53	44	13	10	10	90	73	78	90	9	7
Temp	☀	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓*	✓*
	M	↑	↑	↑	✗	✗	✗	↑	✗	✗	✗	↑	↑
	📄	'13	'13	'14	✗	✗	✗	'13	✗	✗	✗	'19	'14
Livello	M	↓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	↓
	📄	'12	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	'14
	%	14	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	61

TAB. 1 ANALISI STATISTICA
Sintesi dell'analisi statistica effettuata

LEGENDA

- prof = profondità del piezometro in metri
- gruppi = numeri da 1 a 6, raggruppamenti di punti con valori omogenei di Ce, individuati con la cluster analysis (1 indica valori di Ce più bassi, 6 valori di Ce più alti)
- ☀ = stagionalità (eventuale differenza tra letture periodo secco e piovoso)
- ✓ = presenza di stagionalità; ✗ = assenza di stagionalità
- M = variazione nel tempo di Ce, T e livello
- ↓ = diminuzione nel tempo; ↑ = aumento nel tempo; ✗ = assenza di variazione
- 📄 = data in cui è avvenuta la variazione di Ce, T e livello; ✗ = assenza di variazione
- % = differenza in percentuale tra i valori medi di Ce e il livello prima e dopo la variazione; ✗ = assenza di variazione
- ▼ = spessore in m di acqua dolce (Ce≤2,5)
- ≈2 = circa 2 metri; 2→6 = lo spessore di acqua dolce passa mediamente da 2 a 6 m dopo la data della variazione
- % = percentuale dello spessore di acquifero saturo in acqua dolce
- ✓* = variazioni stagionali della T anche a profondità maggiori di 5-6 m (in tutti gli altri casi la variazione avviene sempre, ma solo fino a 5-6 m)

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bonzi L., Calabrese L., Severi P., Vincenzi V., 2010, "L'acquifero freatico costiero della regione Emilia-Romagna: modello geologico e stato di salinizzazione", *Il Geologo dell'Emilia-Romagna*, 39, 21-34.

Ispra, 2002, *Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio 223 - Ravenna - Servizio geologico d'Italia - Regione Emilia-Romagna.*

CUNEO SALINO E SICCIÀ NELL'ACQUIFERO FERRARESE

IL MONITORAGGIO DELL'INGRESSIONE DEL CUNEO SALINO, SVOLTO DA ARPAE A PARTIRE DAL 2018 NELL'ACQUIFERO FREATICO COSTIERO DEL FERRARESE ATTRAVERSO MISURE STAGIONALI DEI LIVELLI DI FALDA, HA EVIDENZIATO CHE DURANTE LA SICCIÀ DEL 2022 IL FENOMENO HA INTERESSATO MAGGIORMENTE L'AREA PIÙ PROSSIMA AL DELTA DEL PO.

Uno dei principali aspetti che caratterizza gli acquiferi freatici costieri e i relativi ecosistemi acquatici e terrestri associati è l'equilibrio tra le acque dolci e quelle marine, dove queste ultime assumono con la profondità una geometria a forma di cuneo, che si approfondisce procedendo verso terra. La formazione del cuneo salino è pertanto un fenomeno naturale, dovuto alla diversa densità dell'acqua dolce continentale, più leggera, che sovrasta l'acqua salata marina, più pesante per il contenuto di sali disciolti. Si tratta dello stesso fenomeno che si osserva nei corsi d'acqua con sbocco sul mare e in generale nei corpi idrici superficiali di transizione. La profondità e l'inclinazione dell'interfaccia acqua dolce-salata all'interno dell'acquifero sono governati principalmente da fattori naturali, come ad esempio il regime delle precipitazioni e la ricarica degli acquiferi, che governano il livello delle falde rispetto al livello del mare e che tendono a impedire l'ingressione del cuneo salino, al contrario quando i livelli di falda sono bassi, non riescono a contrastare l'ingressione del cuneo salino verso terra. Anche alcuni fattori antropici possono influire sulle dinamiche di ingressione del cuneo salino, ad esempio i prelievi di acque negli acquiferi superficiali in grado di ridurre significativamente il livello delle falde, oppure attività di impermeabilizzazione del suolo che riducono la capacità di ricarica naturale degli acquiferi (Werner et al, 2013).

Per tale ragione, la valutazione dei potenziali effetti di ingressione del cuneo salino in falda determinato da cause antropiche è espressamente prevista dalla direttiva Acque (2000/60/CE) e dalla direttiva Acque sotterranee (2006/118/CE) nell'ambito della valutazione dello stato dei corpi idrici sotterranei. In Emilia-Romagna questo fenomeno è presente nel corpo idrico freatico di pianura costiero, che si sviluppa dal delta del Po per l'intera fascia



FOTO: ARCHIVIO FOTOGRAFICO REGIONE ER

costiera fino a Cattolica (Arpae, 2021; figura 1). Nella zona costiera ferrarese il corpo idrico sotterraneo ha la massima estensione terra-mare in corrispondenza delle valli di Comacchio, dove raggiunge 18 km circa dalla costa, e si assottiglia poco a sud di Ravenna fino al confine regionale, mantenendosi entro una fascia di ampiezza di 1 km circa. È costituito da sedimenti sabbiosi aventi spessori variabili che possono raggiungere anche i 20-25 m e che mediamente si attestano sui 10-15 m circa.

Monitoraggio del cuneo salino in falda

Il monitoraggio del cuneo salino in falda è stato avviato in modo strutturato da Arpae a partire dall'anno 2018, come integrazione del monitoraggio regionale delle acque sotterranee, al fine di quantificare la variabilità naturale dell'ingressione del cuneo salino in relazione alle condizioni climatiche e alla presenza di fattori antropici. I principali obiettivi del monitoraggio sono:

- caratterizzare le variazioni stagionali della profondità dell'interfaccia acqua dolce e acqua salata anche in relazione alle condizioni climatiche e ai prelievi che insistono nell'acquifero freatico, al fine di discriminare condizioni naturali

da situazioni potenzialmente alterate da impatti antropici

- caratterizzare nel medio-lungo periodo le variazioni di profondità dell'interfaccia acqua dolce e acqua salata evidenziando l'instaurarsi di tendenze statisticamente significative di riduzione della profondità dell'interfaccia stessa.

Il monitoraggio del cuneo salino viene svolto attraverso misure stagionali dei livelli di falda, del profilo della conducibilità elettrica e della temperatura dell'acqua alle diverse profondità della falda costiera e si affianca al monitoraggio quantitativo e chimico dei corpi idrici sotterranei che avviene su un numero più consistente di stazioni di monitoraggio, tramite misure e campionamenti semestrali di acque sotterranee e determinazione analitica di contaminanti. La misura della conducibilità elettrica dell'acqua – riferita a 25 °C ed espressa in mS/cm – e della temperatura viene rilevata generalmente ogni 0,50 m di profondità e anche alle profondità dove si osservano variazioni repentine dei valori di conducibilità.

Il monitoraggio del cuneo salino lungo la costa ferrarese viene svolto in 6 stazioni di monitoraggio, che sono state individuate tra quelle più significative, utilizzate nelle precedenti attività di caratterizzazione svolte dalla Regione Emilia-Romagna (v. articolo di Severi et al. a p. 22), che permettono

di ricostruire l'andamento nel tempo del cuneo salino in falda in 3 transetti perpendicolari alla linea di costa (figura 1):

- transetto A, Bosco della Mesola
- transetto B, Spiaggia Romea
- transetto C, S. Giuseppe-Comacchio.

I principali risultati ottenuti

I dati di monitoraggio del cuneo salino in falda possono essere rappresentati in diversi modi, in genere si riporta l'andamento della conducibilità elettrica con la profondità nei diversi periodi di monitoraggio, attraverso il quale è possibile confrontare la profondità alla quale si trova l'interfaccia acqua dolce-salata. In figura 2 si riporta un esempio della stazione di Bosco Mesola nella quale si può osservare il repentino incremento della conducibilità elettrica nel tratto di profondità da 7 a 9 m circa nei diversi periodi di monitoraggio, oltre questa profondità la conducibilità è tipica delle acque marine. Nel corso del 2022 e 2023 si osserva inoltre un incremento della conducibilità anche nella parte più superficiale della falda. Per verificare l'evoluzione nel tempo dell'interfaccia acqua dolce-salata, è preferibile rappresentare per ogni stazione la variazione nel tempo della profondità dell'interfaccia stessa in modo da caratterizzare l'ingressione stagionale del cuneo salino e valutare nel medio-lungo periodo se è presente una tendenza significativa all'ingressione del cuneo oppure se si tratta di un fenomeno ciclico stazionario.

Il monitoraggio svolto nelle stazioni del transetto A (Bosco della Mesola) evidenzia un'omogeneizzazione dei valori di conducibilità dalla superficie della falda fino a profondità variabili nel tempo da 7 a 11 metri con valori tendenzialmente crescenti di conducibilità elettrica dal 2018 al 2023 fino a raggiungere i

16 mS/cm (figura 3a). Nell'estate 2022 l'interfaccia acqua dolce-salmastra con l'acqua salata è stata individuata a 7,5 m di profondità vicino la costa (FE-F28-00), dove si assiste a una brusca variazione dei valori di conducibilità,

mentre nella stazione più interna rispetto alla costa (FE-F29-00) questa profondità si è ridotta a 4 m, in concomitanza con la registrazione del minimo storico del livello di falda. L'intrusione salina registrata in quest'area è derivante da

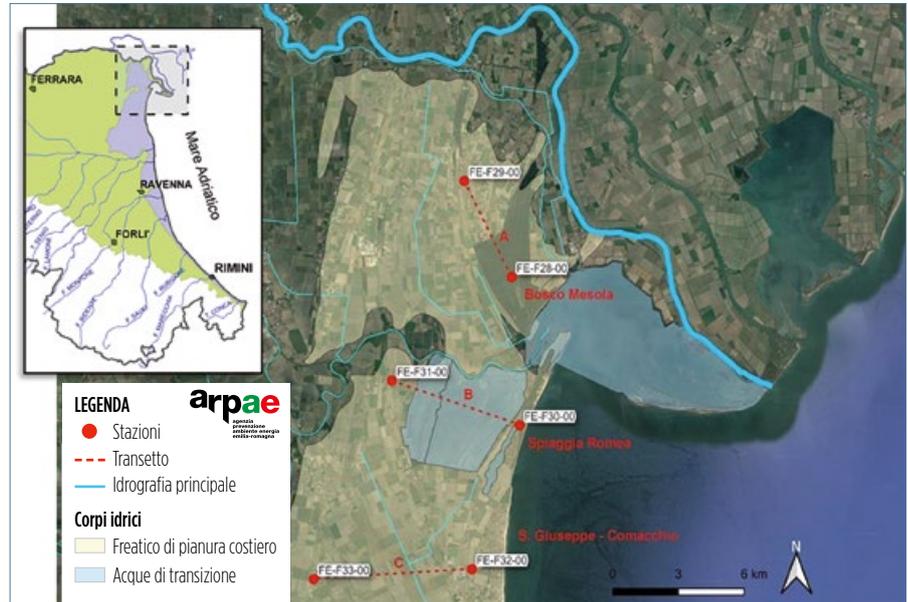


FIG. 1 MONITORAGGIO CUNEO SALINO
Corpo idrico freatico costiero lungo la costa ferrarese e i 6 punti del monitoraggio del cuneo salino in falda.

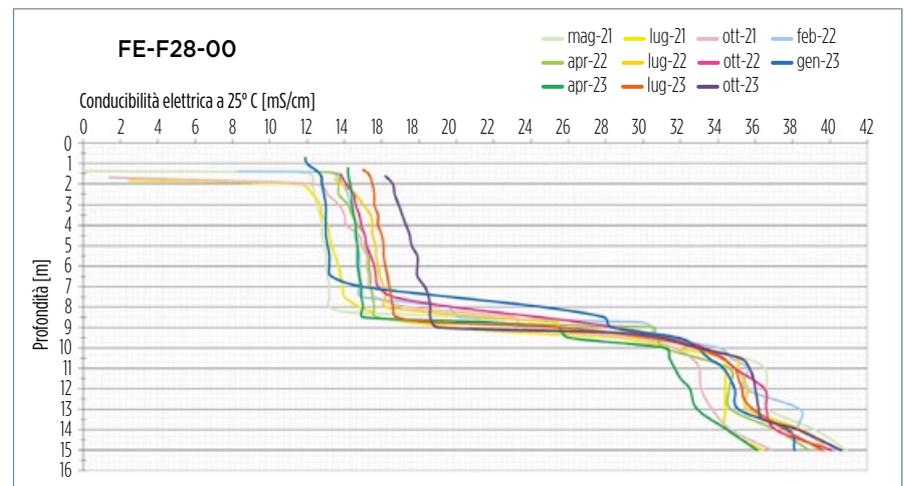


FIG. 2 STAZIONE DI BOSCO MESOLA
Esempio di variazione della conducibilità elettrica in falda con la profondità nel periodo 2021-2023 (Stazione FE-F28-00).

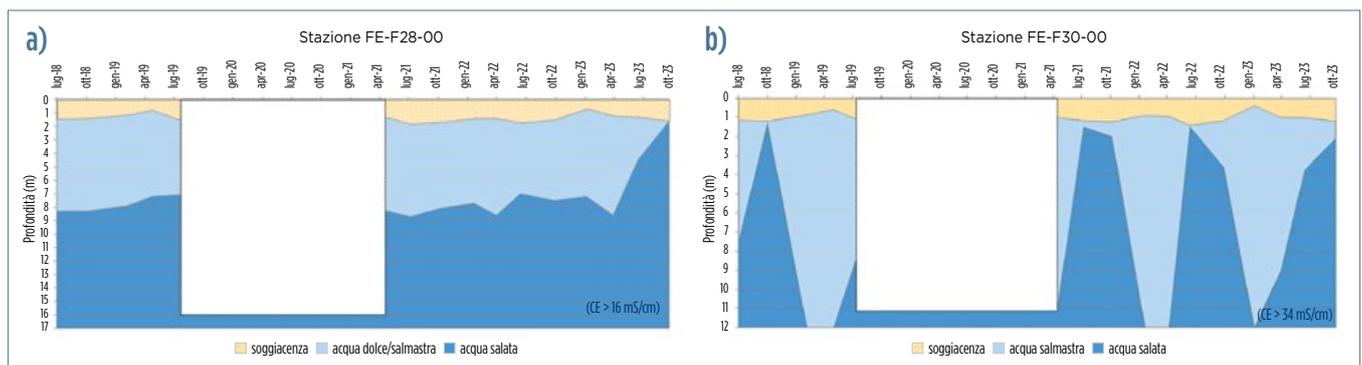


FIG. 3 TRANSETTI A E B
Andamento nel tempo della profondità della falda e dell'interfaccia acqua dolce, salmastra e salata nella stazione lato mare del transetto A a sinistra e del transetto B a destra (2018-2023).

una serie di fattori, tra cui l'avanzamento del cuneo salino riscontrato nel 2022 nelle acque del fiume Po che ricarica l'acquifero lateralmente, il minore apporto di acqua dolce dovuto alle scarse precipitazioni nel 2022 e lo sfruttamento locale della falda a scopi irrigui o per attività antropiche.

Nel 2023 il fenomeno di salinizzazione è rientrato per la stazione più interna, mentre ciò non è avvenuto per la stazione prossima alla costa, dove si registra un trend statisticamente significativo dell'interfaccia acqua salmastra e salata (16 mS/cm) in incremento di 0,44 m/anno dal 2018 al 2023 (0,21 m/anno escludendo il 2023).

Nel transetto B (Spiaggia Romea)

l'intrusione del cuneo salino proveniente dal mare è fortemente condizionato dalla presenza delle valli, e in parte dal regime dei canali di irrigazione (figura 3b). In corrispondenza della stazione interna rispetto alla costa (FE-F31-00) l'interfaccia acqua dolce e acqua salmastra è stata individuata a circa 8 m di profondità, dove si ha una brusca variazione di conducibilità elettrica rispetto ai 2,5 mS/cm, dopo la quale si osserva l'interferenza delle acque marine. In questo punto di monitoraggio i livelli di conducibilità elettrica sono influenzati dalle acque di transizione di valle Cantone e valle Nuova e dalle acque superficiali provenienti dal bacino del fiume Po di Volano che alimentano la falda, diluendo e attenuando i valori di conducibilità elettrica e contribuendo a rendere omogeneo il valore di tale parametro per i periodi estivi, così come avvenuto durante il periodo di siccità del 2022. In corrispondenza della stazione lungo costa (FE-F30-00), in cui risulta assente la colonna di acqua dolce, si assiste a un'omogeneizzazione ciclica dei valori di conducibilità elettrica pari a 34 mS/cm, valore in questo punto interpretato come l'interfaccia acqua salmastra-salata che, nel luglio 2022, ha raggiunto il minimo storico di profondità di 1,5 m da piano campagna. Si osserva pertanto che il volume di acqua salmastra qui disponibile viene fortemente ridotto durante l'estate, sia a causa dell'ingressione del cuneo salino proveniente da mare sia a causa di un probabile aumento, nei mesi estivi, dell'evaporazione delle acque di transizione del lago delle Nazioni, valle Cantone e valle Nuova che conseguentemente risultano più salate e concorrono, seppure in misura minore, all'aumento dei valori di conducibilità elettrica nel punto monitorato.

Nel transetto C (San Giuseppe – Comacchio) l'interfaccia acqua dolce/salmastra e acqua salata si colloca dove la conducibilità elettrica varia bruscamente rispetto ai 2,5 mS/cm per entrambi i punti di monitoraggio, e ciò avviene a circa 6,5 m di profondità nel punto più distante dalla costa e tra la superficie della falda e i 7 m da piano campagna nel punto lungo la costa (figura 4). Tuttavia, per queste stazioni di monitoraggio, in particolare per la stazione prossima all'abitato di San Giuseppe (FE-F32-00), risulta difficile rilevare l'intrusione del cuneo salino nei mesi estivi, in quanto il carico idraulico dei canali di irrigazione vicini ne contrasta l'ingressione.

Le prospettive

Il monitoraggio del cuneo salino in falda, svolto a partire dal 2018 nell'acquifero freatico costiero ferrarese, risponde alle richieste delle direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE in merito alla salinizzazione degli acquiferi e in particolare è funzionale a valutare la variabilità naturale dell'ingressione del cuneo salino marino in relazione alle condizioni climatiche. L'ingressione del cuneo salino marino interessa maggiormente l'area del Bosco della Mesola (transetto A), dove un aumento della conducibilità è determinato

periodicamente sia dal deflusso sotterraneo delle acque di ricarica provenienti dal fiume Po, esso stesso già interessato dalla risalita del cuneo salino marino, sia dall'ingressione del cuneo salino in falda proveniente direttamente dal mare. Nella stazione lato mare si osserva una tendenza persistente di medio periodo all'ingressione del cuneo salino in falda.

Situazione diversa si osserva più a sud, nella spiaggia Romea (transetto B), dove l'intrusione del cuneo salino proveniente dal mare è condizionato dalla presenza delle valli di Cantone-Nuova e del lago delle Nazioni, mentre in località San Giuseppe-Comacchio (transetto C) si riscontrano gli effetti legati alla presenza di acqua dolce all'interno dei canali di irrigazione, che contrasta efficacemente l'aumento della salinità nelle acque della falda superficiale.

Queste prime evidenze dell'ingressione del cuneo salino marino nella prima falda freatica costiera del ferrarese evidenziano che il fenomeno in generale è stagionale e non persistente nel tempo. Solo in una limitata zona del Bosco della Mesola il fenomeno è caratterizzato da una ingressione significativa e persistente del cuneo salino marino negli ultimi anni.

Marco Marcaccio, Manuela Mengoni

Arpa Emilia-Romagna

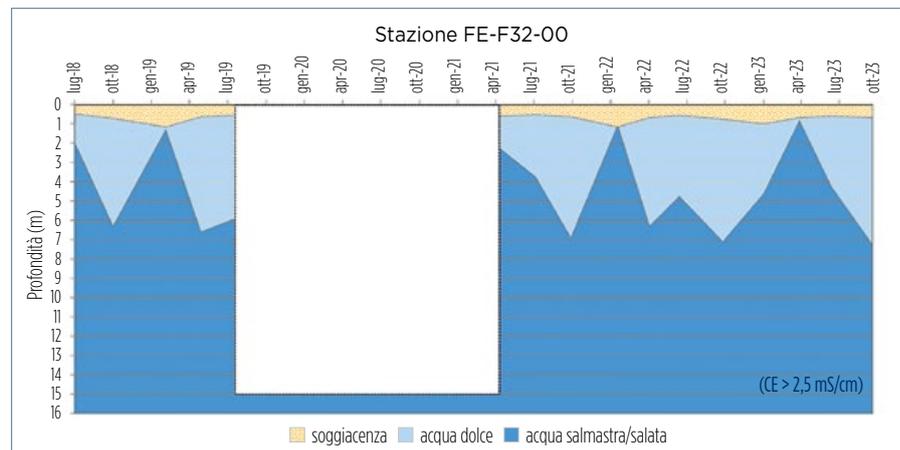


FIG. 4 TRANSETTO C

Andamento nel tempo della profondità della falda (soggiacenza) e dell'interfaccia acqua dolce/salmastra e salata nella stazione lato mare del transetto C (2018-2023).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Arpa Emilia-Romagna, 2021. "Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019", a cura di M. Marcaccio e D. Lucchini, Bologna, 114 pp., <https://bit.ly/arpa-acque-sott-2014-2019>

Werner A.D., Bakker M., Post V.E., Vandenbohede A., Lu C., Ataie-Ashtiani B., Craig T.S., Barry D.A., 2013, "Seawater intrusion processes, investigation and management: recent advances and future challenges", *Adv Water Resour*, 51: 3-26.

SALINIZZAZIONE E MINACCE PER L'AGRICOLTURA

L'UNIVERSITÀ DI PADOVA HA AVVIATO NEL 2022 UNA RICERCA, FINANZIATA CON IL PNRR, PER MONITORARE L'IMPATTO DI SICCIÀ E RISALITA DEL CUNEO SALINO SULLE COLTURE DEL DELTA. IL PROGETTO, IN COLLABORAZIONE CON IL CONSORZIO DI BONIFICA DELTA DEL PO, PROPONE PER LA PRIMA VOLTA UN APPROCCIO INTEGRATO DI RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI.

L'area del comprensorio del Consorzio di bonifica Delta del Po, delimitata da un reticolo di canali e isole, si estende per 62.780 ettari e rappresenta una delle aree a maggiore vocazione agricola della pianura Padana. Secondo le stime più recenti, circa il 70% del territorio del delta è costituito da superfici agricole, prevalentemente rappresentate da seminativi. A questi si aggiungono le valli da pesca, che trovano un ambiente ideale nelle acque salmastre marginali, dove il mare si mescola all'acqua dolce del Po. Proprio la vocazione agricola di questo territorio costituisce anche un elemento di enorme vulnerabilità nell'attuale contesto dei cambiamenti climatici e del verificarsi di fenomeni di intrusione del cuneo salino fino a 40 km nell'entroterra.

Gli effetti della risalita del cuneo salino nel comparto agricolo

La conseguenza primaria dell'intrusione del cuneo salino nelle aree agricole costiere è la salinizzazione dei suoli, che si manifesta con un accumulo di sali nella soluzione circolante. Tale processo può avvenire sia a causa della diretta irrigazione con acqua salmastra, sia a causa di fenomeni di risalita capillare e infiltrazione laterale che, nel caso del delta del Po, è facilitata da un piano campagna al di sotto del livello del mare e da una tessitura con elevate percentuali di argilla e limo.

La salinizzazione ha un notevole impatto negativo sulla produzione agricola, in quanto la maggioranza delle specie coltivate risulta sensibile allo stress salino, che può danneggiare irreversibilmente i processi metabolici e compromettere lo sviluppo vegetativo. In aggiunta, la salinizzazione può alterare la struttura dei suoli e l'attività dei microorganismi che li popolano, portando nei casi più estremi



FOTO: A. GHIRARDELLI

1 a una drastica riduzione del contenuto di sostanza organica e a veri e propri fenomeni di micro-desertificazione (foto 1). Inoltre, lo stress salino, che spesso si presenta in concomitanza con le temperature elevate e i periodi prolungati di siccità estivi, può indebolire le colture anche in modo indiretto, favorendo la proliferazione di microorganismi e insetti nocivi e di piante infestanti, più adattabili agli stress abiotici e più competitive rispetto alle specie vegetali coltivate [1].

Malgrado i fenomeni di intrusione del cuneo salino in periodi estivi siano noti e testimoniati nell'area del delta almeno dai primi anni Duemila, grazie alle campagne di monitoraggio effettuate dalle Agenzie regionali per la protezione ambientale del Veneto e dell'Emilia-Romagna, nonché a quelle del Consorzio di bonifica Delta del Po, lo studio metodico si è concentrato sulle acque, e non direttamente sul comparto agricolo, nonostante esso sia il principale settore produttivo danneggiato [2]. Tuttavia, l'intensificazione dei fenomeni di siccità estiva, culminata con l'episodio estremo della primavera-estate 2022, ha gettato luce sulla necessità di indagare in maniera più approfondita l'impatto del cuneo salino sull'agricoltura del delta [3,4].

Monitoraggio dell'impatto, la ricerca dell'Università di Padova

In questo contesto, nascono le ricerche del dipartimento Territorio e sistemi agro-forestali (Tesaf) dell'Università degli studi di Padova. Nel 2022 è stato avviato un progetto di ricerca finanziato dai fondi del Piano nazionale di ripresa e resilienza Agritech (*spoke 4, work package 4.2, task 4.2.2*), con l'obiettivo di monitorare l'impatto della siccità e dell'intrusione del cuneo salino sulle colture del delta, in collaborazione con il Consorzio di bonifica Delta del Po. Il progetto, di durata quadriennale, si propone per la prima volta un approccio integrato di raccolta ed elaborazione di dati su più livelli: l'impiego di tecniche di *remote sensing* per stimare lo stato generale di salute della vegetazione, sia a scala regionale sia aziendale, la ricostruzione storica dei cambiamenti d'uso suolo e dell'ordinamento culturale, il prelievo e l'analisi periodica di campioni di suolo, con la contestuale

1 Superficie coltivata a mais nella località di Scardovari (Porto Tolle, RO), dove sono evidenti tracce di micro-desertificazione in prossimità del canale irriguo.

misura in situ della conducibilità elettrica (Ec) e dell'umidità tramite la tecnica della *time domain reflectometry* (Tdr) e, infine, l'installazione di sensori a terra per il monitoraggio in continuo della Ec, della temperatura e dell'umidità dei suoli a profondità multiple. Mentre le indagini su scala regionale sono riferite all'intero comprensorio del Consorzio di bonifica Delta del Po, per i campionamenti e le misure puntuali sono state individuate otto aree studio nel comune di Porto Tolle (figura 1), il più esteso del delta e fortemente colpito dalle problematiche di intrusione del cuneo salino. Nel 2023 è iniziata la prima raccolta di campioni, effettuata da giugno a settembre ogni due settimane, che sarà ripetuta nei prossimi anni. I suoli raccolti saranno analizzati per determinare la tessitura, la Ec degli estratti acquosi, il contenuto di ioni sodio e cloruro, e il rapporto di adsorbimento del sodio (Sar).

Una delle principali tecniche di monitoraggio a larga scala dello stress salino sulla vegetazione si avvale di immagini satellitari ad alta risoluzione

acquisite tramite sensori multispettrali, dalle quali è possibile calcolare il *Normalized difference vegetation index* (Ndvi), un indice di vigoria della vegetazione che permette di identificare le aree maggiormente impattate dal cuneo salino. Una recente pubblicazione [5] ha messo in relazione i valori interpolati di salinità nell'acqua del delta, ricavati dalle misure puntuali effettuate nell'estate 2006 dal Consorzio di bonifica Delta del Po, con i valori di Ndvi calcolati a partire dalle immagini multispettrali relative allo stesso periodo. I risultati, filtrati selezionando i valori di Ndvi solo nei campi coltivati, hanno dimostrato che la vigoria vegetale nelle aree prossime ai tratti fluviali è statisticamente inferiore (Ndvi più basso) rispetto alle aree lontane, meno affette dalla salinità dell'acqua (figura 2). Analogamente, le indagini condotte nella stagione primaverile-estiva 2022 e 2023 hanno mostrato una tendenza delle colture a presentare valori bassi di Ndvi, corrispondenti a una scarsa vigoria vegetale, in prossimità dei tratti fluviali (figura 3). È da notare che questo gradiente risulta più facilmente

osservabile nei periodi in cui a parità di salinità non c'è eccessiva carenza idrica, mentre è meno apprezzabile nei periodi con temperature elevate e prolungata siccità. Questo perché la carenza idrica e le alte temperature sono ulteriori elementi di stress per le colture, e possono tradursi in valori più bassi di Ndvi anche lontano dalle sponde del fiume. L'elaborazione di dati in serie temporali ampie è quindi fondamentale per l'individuazione delle aree più critiche, la cui vegetazione presenterà un minore vigore anche in periodi non siccitosi.

Le colture primaverili-estive, il cui apice vegetativo coincide generalmente con l'avanzata del cuneo salino, sono le più esposte alle problematiche di salinità e di carenza di acqua irrigua. Ciò ha almeno in parte influito sulle scelte colturali delle aziende del Consorzio, che dal 2015 hanno visto un incremento delle superfici a grano, la coltura autunno-vernina più diffusa nel comprensorio e una netta riduzione delle superfici a riso, una coltura estiva distintiva della zona ma con un fabbisogno idrico estremamente

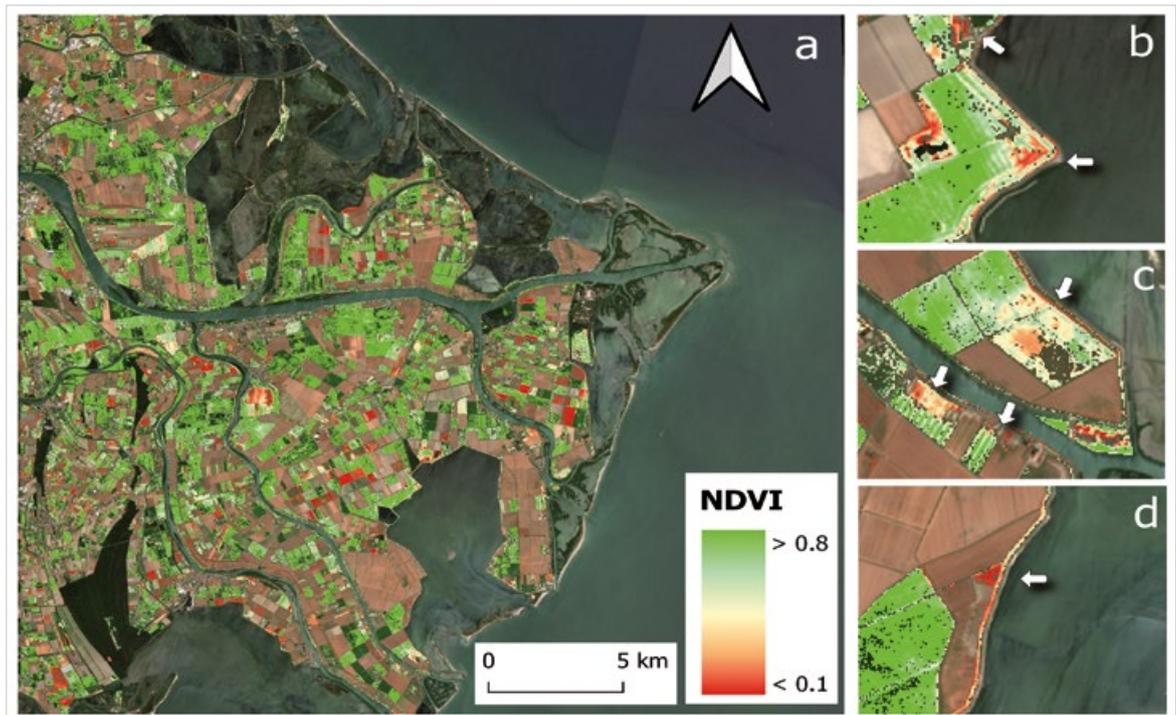


FIG. 1 MONITORAGGIO IMPATTO SALINIZZAZIONE
 (a) Posizione geografica dei siti di campionamento all'interno del territorio del Consorzio di bonifica Delta del Po.
 (b) (c) Campagna di rilievi dell'estate 2023.

FOTO: V. BALDANI E A. GHIRARDELLI

FIG. 2
INDICE NDVI

Luglio 2023, aree coltivate dell'intero comprensorio del delta del Po (a) e in aree ingrandite (b), (c), (d), dove è possibile osservare un gradiente di Ndvi (Normalized difference vegetation index) in funzione della distanza dall'acqua.



elevato [6]. Il futuro del settore agricolo del delta è quindi strettamente vincolato all'evoluzione dei cambiamenti climatici.

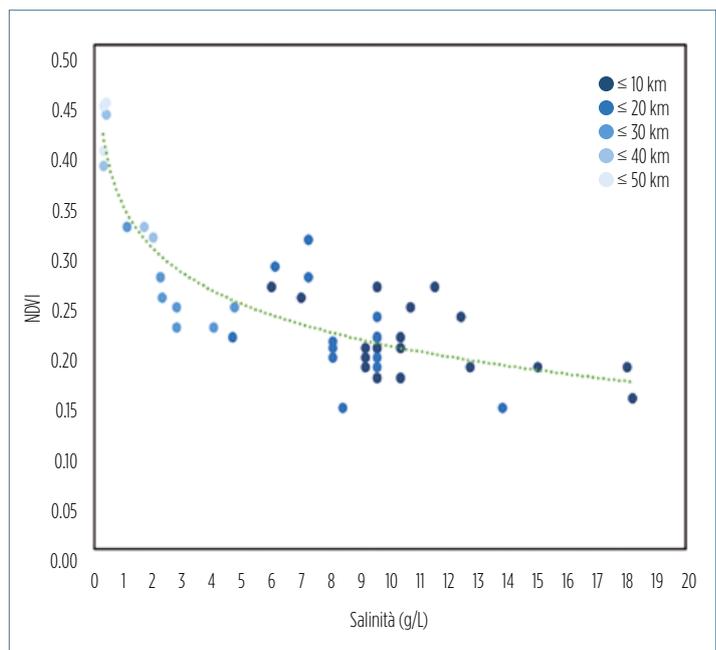
L'elaborazione dei dati relativi alle campagne di rilievi 2023, 2024 e 2025 punta quindi a raggiungere tre principali obiettivi: l'individuazione degli *hotspot* di salinizzazione nelle aree agricole del delta con l'elaborazione di mappe di rischio; la pubblicazione di indicazioni operative di supporto agli agricoltori per la gestione e mitigazione del rischio anche con soluzioni basate sulla natura (*nature-based solutions*) [7]; la raccolta di linee-guida per i decisori politici responsabili della gestione territoriale.

Paolo Tarolli, Aurora Ghirardelli

Dipartimento Territorio e sistemi agro-forestali, Università degli studi di Padova

FIG. 3
NDVI E SALINITÀ

Relazione tra Ndvi medio e salinità dell'acqua del Po nell'estate 2006. All'aumentare della salinità, l'Ndv risulta inferiore, mostrando un peggioramento delle condizioni vegetative. I valori di Ndv sono anche raggruppati in funzione della distanza dall'acqua, come mostrato dal gradiente di colori dei cerchi. La curva tratteggiata rappresenta una linea di tendenza logaritmica. Elaborazione da: Luo et al. 2023 [5].



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Cirillo V., Masin R., Maggio A., Zanin G., "Crop-weed interactions in saline environments", *Eur. J. Agron.*, 2018, 99, 51-61, doi:10.1016/J.EJA.2018.06.009.

[2] Bellafiore D., Ferrarin C., Maicu F., Manfè G., Lorenzetti G., Umgiesser G., Zaggia L., Levinson A.V., "Saltwater intrusion in a Mediterranean Delta under a changing climate", *J. Geophys. Res. Ocean*, 2021, 126, e2020JC016437, doi:10.1029/2020JC016437.

[3] Tarolli P., Luo J., Straffellini E., Liou Y.-A., Nguyen K.-A., Laurenti, R., Masin R., D'Agostino V., "Saltwater intrusion and climate change impact on coastal agriculture", *Plos Water*, 2023, 2, e0000121, doi:10.1371/journal.pwat.0000121.

[4] Montanari A., Nguyen H., Rubineti S., Ceola S., Galelli S., Rubino A., Zanchettin D., "Why the 2022 Po river drought is

the worst in the past two centuries", *Sci. Adv.*, 2023, 9, 1-9, doi:10.1126/sciadv.adg8304.

[5] Luo J., Straffellini E., Bozzolan M., Zheng Z., Tarolli P., "Saltwater intrusion in the Po River Delta (Italy) during drought conditions: Analyzing its Spatio-temporal evolution and potential impact on agriculture", *Int. Soil Water Conserv. Res.*, 2023, In press, doi:10.1016/j.iswcr.2023.09.009.

[6] Avepa, "Piano d'azione per l'energia sostenibile ed il clima", www.avepa.it/paesc.

[7] Tarolli P., Luo J., Park E., Barcaccia G., Masin R., "Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering", *iScience*, 2024, 27, 108830, doi:10.1016/j.isci.2024.108830.

FIDUCIA E SPERANZA DELLE PERSONE NEL DELTA DEL PO

LA PRECARIETÀ E L'ISPIRAZIONE DEI PAESAGGI DEL DELTA DEL PO COSTITUISCONO L'ESSENZA DI UN TERRITORIO NON FACILE, DOVE LA NATURA SI FA MINACCIOSA E CHE NON SEMPRE L'UOMO HA SAPUTO GESTIRE. LA PIANIFICAZIONE PREFIGURATIVA PUÒ ISPIRARE LE MODALITÀ DI PARTECIPAZIONE, INNESCANDO UNA PROGETTUALITÀ CONDIVISA PER IL FUTURO.

Il delta del Po è costituito da isole indipendenti a scolo meccanico, contornate da arginature di difesa idraulica. È un territorio esteso, morfologicamente e geologicamente giovane, storicamente soggetto a forti trasformazioni, a partire da quando fu eseguito l'importante intervento idraulico noto come "il taglio di Porto Viro", realizzato dai Veneziani a inizio '600, grazie al quale divenne una riserva di caccia e pesca, oasi di evasione dei signori dell'epoca.

Mentre l'intero territorio nazionale era proiettato nella ricostruzione post bellica, a causa della rovinosa alluvione del 1951 nell'area si è manifestato un significativo fenomeno di emigrazione, che ha ridotto la popolazione residente nel delta e accentuato la difficoltà locale di giovare del grande sviluppo collettivo del periodo. La marginalità territoriale è accentuata dalla notevole estensione dell'areale, dalla discontinuità delle linee di comunicazione, dallo scarso coordinamento dell'iniziativa pubblica, i cui poteri decisionali

risiedono soprattutto nelle zone "a monte", e dalla scarsa cooperazione del tessuto imprenditoriale privato, scarsamente diversificato seppure in forte trasformazione, e principalmente concentrato su pesca, acquacoltura, agricoltura, e più recentemente su cultura, ambiente e turismo (Snai, 2018).

Oggi il persistere del calo demografico e la bassissima densità abitativa rispetto alle aree confinanti rende difficoltosa l'offerta dei servizi pubblici di base di trasporto, socio-sanitari, scolastici e più in generale della formazione.

Difficile da valutare è anche l'incisività sul rilancio del territorio degli investimenti, sia pubblici sia privati, quali ad esempio quelli legati alla trasformazione urbanistica dell'area dell'ex centrale termoelettrica di Porto Tolle e alle installazioni che sfruttano le energie rinnovabili.

In questo territorio caratterizzato da linee e orizzonti d'acqua e idrogeologicamente fragile, i rischi legati alle piene, ma anche alle siccità, ai fenomeni di intrusione salina, erosione costiera, subsidenza,

inquinamento e perdita di biodiversità, esacerbati dal consumo di suolo e dai cambiamenti climatici (Allodi, 2022), possono tramutarsi in pericoli esistenziali e mettere addirittura in gioco la sua sopravvivenza.

La piena del 2000 e le magre del 2003, 2006 hanno richiamato fortemente l'attenzione pubblica sul delta, e la recente magra del 2022 ha fatto suonare forte il campanello d'allarme.

All'interno di queste criticità esistono tuttavia potenzialità uniche di rigenerazione del territorio deltizio, e della comunità locale a esso fortemente connessa, che si basano sulle opportunità offerte dal grande valore del luogo e in particolare dalla sua unicità storico testimoniale, paesaggistica e naturale. Ad esempio la sicurezza idraulica risulta la principale problematica dell'area e, allo stesso tempo, sulla capacità e modalità di risposta alla medesima si sono costruiti saperi e identità locali.

Una costante nel tempo è infatti rappresentata dalla forte interdipendenza



tra presenza umana e capitale naturale, il dato di un territorio tanto fortemente voluto e sostenuto dall'opera dell'uomo: senza l'uno non sopravvive l'altro e viceversa.

Il connubio uomo-ambiente ha trovato la sua consacrazione nel 2015, quando il delta del Po è stato inserito nella rete mondiale delle riserve di biosfera del programma *Man and the biosphere* dell'Unesco.

L'azione pubblica esercitata in quest'area dai diversi livelli istituzionali per la mitigazione dei rischi e per creare opportunità di crescita deve procedere su più fronti e, oltre agli aspetti di pianificazione, regolamentazione, programmazione e investimento e intervento di breve, medio e lungo termine, deve anche prevedere l'orientamento e l'incentivazione dell'iniziativa privata avendo riguardo della sostenibilità.

Risulta anche fondamentale la conoscenza del territorio, basata sull'analisi storica, sul monitoraggio socio-ambientale integrato nel presente e sulla predisposizione di scenari futuri, sia per orientare le politiche territoriali (*policy relevant science*, Di Baldassarre, 2021), sia per fornire la base di analisi e valutazioni tecniche; conoscenza che, se spogliata di un linguaggio e di modalità prettamente tecnici, può rivelarsi utile anche per informare la popolazione locale.

Un approccio di condivisione dell'informazione con i cittadini e uno stile trasparente evitano conflitti e incomprensioni anche quando si tratta di affrontare casi complessi sia sanitari sia ambientali (grandi opere, grandi impianti, sicurezza alimentare, balneazione) orientando il rapporto verso la sensibilizzazione prima, la consapevolezza poi e, da ultimo, verso la predisposizione alla fiducia sull'agito. La promozione dell'attenzione, della sensibilizzazione e della consapevolezza dei cittadini, non solo verso i rischi presenti ma anche verso le opportunità offerte dal territorio, risulta importante per generare, oltre alla sinergia, anche la fiducia nell'impegno delle istituzioni e delle imprese, e soprattutto per alimentare un atteggiamento di speranza nel futuro, senza il quale risulterebbe velleitario attivare percorsi significativi diretti alla sopravvivenza e al rilancio armonico del territorio.

La fiducia dei cittadini, in particolare, può innescare comportamenti sinergici favorevoli all'ambiente (i *pro-environmental behaviours* di Hong

Tian et al., 2022), non solo in termini di accettazione e rispetto dell'azione pubblica, ma anche come orientamento dell'impresa privata (produzione, servizi, ricerca) verso soluzioni aziendali soddisfacenti, concrete, specifiche, consapevoli, eque e sostenibili rivolte al territorio.

Le condizioni favorevoli per generare fiducia e speranza nelle comunità possono essere create attraverso dialoghi anticipanti (*anticipation dialogues*), basati sulla visione del futuro e alimentati dalla policromia delle opinioni (Arnkil, 2019), mentre la motivazione e l'ispirazione possono essere rinforzate dalle possibilità offerte dalla pianificazione prefigurativa (*prefigurative planning*) che consente di mettere in atto processi personali e collettivi verso le utopie concrete, nel qui e ora (Davoudi, 2023).

La comunicazione stessa dei rischi naturali, sanitari e ambientali diviene un processo più complesso se mancano consapevolezza, informazione e fiducia dei cittadini verso le istituzioni. Ad esempio, in caso di emergenze civili e ambientali anche le allerte potrebbero cadere nel vuoto, e addirittura generare conseguenze indesiderate e comportamenti inappropriati.

In tema di criticità ambientali bisognerebbe riuscire a immaginare scenari futuri comprensivi degli effetti del cambiamento climatico costruiti assieme da esperti e popolazione locale, nei quali portare anche conoscenze nuove derivanti da altre aree deliziate per vedere se, con speculazioni eticamente orientate, sia possibile trovare nuovi modi di vivere in

contesti più salinizzati come saranno a breve quelli del delta del Po. Non si tratta di costruire sulle nuvole, ma di non rinunciare all'opportunità di vivere in territori migliori, combinando e valorizzando insieme l'azione pubblica, basata sulla conoscenza, le speranze personali e le energie imprenditoriali, trasformando le capacità critiche in progettualità condivisa e dando concretezza all'ispirazione e all'immaginazione delle comunità locali. Un nuovo paradigma di pianificazione e cura del territorio, su cui basare anche il ripensamento e il ripristino delle condizioni di vita dopo le catastrofi e un nuovo e più evoluto rapporto uomo-ambiente, apre le porte alla speranza, quale condizione preliminare per lo stesso sviluppo sociale ed economico. "Quando la dignità dell'uomo viene rispettata e i suoi diritti vengono riconosciuti e garantiti, fioriscono anche la creatività e l'intraprendenza e la personalità umana può dispiegare le sue molteplici iniziative a favore del bene comune" (papa Francesco, 2020).

Giuseppe Ricciardi

Arpa Emilia-Romagna
Centro etica ambientale di Parma (Cea)

Per la rilettura della bozza, i commenti e i suggerimenti si ringraziano Giorgio Osti (Dipartimento di Filosofia, sociologia, pedagogia e psicologia applicata - Fisppa, Università di Padova) e Renzo Valloni (Università di Parma, coordinatore scientifico Centro etica ambientale di Parma)

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Snai (Strategia nazionale aree interne), Regione Veneto, "Area interna contratto di foce delta del Po", 2018.

Allodi A. et al., 2022, "Hydrology across disciplines: organization and application experiences of a public hydrological service in Italy", *Climate*, special issue "Climate change and responses for water and environmental security, 10(3), 32; <https://doi.org/10.3390/cli10030032>.

Di Baldassarre G., Cloke H., Lindersson S., Mazzoleni M., Mondino E., Mård J. et al., 2021, "Integrating multiple research methods to unravel the complexity of humanwater systems". *Agu Advances*, 2, e2021AV000473, <https://doi.org/10.1029/2021AV000473>.

Tian H., Liu X., 2022, "Pro-environmental behavior research: theoretical progress and future directions", *Int J Environ Res Public Health*, May 31;19(11):6721, <https://doi.org/10.3390/ijerph19116721>.

Arnkil T.E., 2019, "Anticipation dialogues", in Roberto Poli (ed.), *Handbook of anticipation. Theoretical and applied aspects of the use of future in decision making*, Springer Verlag, pp. 581-593.

Davoudi S., 2023, "Prefigurative planning: performing concrete utopias in the here and now", *European Planning Studies*, 31:11, 2277-2290, <https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2217853>.

Papa Francesco, 2020, *Fratelli tutti*, lettera enciclica del santo padre Francesco sulla fraternità e l'amicizia sociale, www.vatican.va/content/francesco/it/encyclicals/documents/papa-francesco_20201003_enciclica-fratelli-tutti.html

I CANALI ARTIFICIALI COME INFRASTRUTTURE VERDI-BLU

IL PROGETTO LIFE GREEN4BLUE PUNTA A REALIZZARE INTERVENTI PER FARE DEI CANALI UNO STRUMENTO STRATEGICO DI SUPPORTO AL RIPRISTINO DELLA BIODIVERSITÀ E DEGLI EQUILIBRI ECOLOGICI NELLA PIANURA PADANA. PROTAGONISTI DELL'ATTIVITÀ IL CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA, L'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA E LEGAMBIENTE EMILIA-ROMAGNA.

L'Italia è tra i Paesi europei più ricchi di biodiversità in termini di ecosistemi, habitat e specie ma, nonostante l'impegno dedicato alla sua tutela, il IV rapporto su *Il capitale naturale in Italia* del Mase ha rilevato che "lo stato della biodiversità in Italia risulta essere preoccupante e che la Strategia nazionale per la biodiversità 2020 non ha consentito di conseguire parte dei target indicati dalle strategie e direttive comunitarie, a partire dal raggiungimento dello stato di conservazione soddisfacente per gli habitat e le specie di interesse comunitario"¹.

Le cause sono molteplici ed evidenti all'intera comunità scientifica, e "sono legate in particolare a frammentazione del territorio e consumo di suolo, agricoltura intensiva, inquinamento delle matrici ambientali e degrado degli habitat, sovrasfruttamento delle risorse e delle specie, prelievo illegale di specie, competizione esercitata dalle specie esotiche invasive e cambiamenti climatici"².

Anche la regione Emilia-Romagna è ricca di habitat e di specie, ma è altresì "segnata da fenomeni che da un lato hanno caratterizzato in positivo il suo sviluppo economico e sociale, dall'altro hanno determinato un indebolimento della sua biodiversità, soprattutto nel territorio di pianura"³.

La pianura Padana, infatti, ha subito nel corso dei secoli profonde trasformazioni, *in primis* le opere di bonifica, che hanno reso i suoi territori abitabili dall'uomo, ma ne hanno tuttavia alterato l'equilibrio ambientale fino a renderla una delle aree più antropizzate del nostro Paese.

Nei territori caratterizzati dall'impovertimento delle componenti naturali perché destinati prevalentemente all'uso agricolo o pervasi da una diffusa urbanizzazione, i canali artificiali possono però contribuire in modo significativo alla conservazione della biodiversità, offrendo la possibilità di organizzare e gestire una molteplicità



di interventi finalizzati alla riduzione della frammentazione e dell'isolamento dei diversi nuclei di biodiversità, e al ripristino degli habitat locali, divenendo così un importante elemento di supporto alla rete dei corridoi ecologici.

Ed è per questo che il progetto Life Green4Blue (*Greening the blue canals infrastructure of Reno basin to enhance ecosystems connectivity and services*, Life 18 Nat/IT/000946) ha scelto di realizzare una serie di attività specifiche per fare dei canali uno strumento strategico di supporto al ripristino della biodiversità e degli equilibri ecologici nella pianura Padana.

Protagonisti dell'attività sono il Consorzio della bonifica renana, con ruolo di capofila di progetto, i dipartimenti Distal e Dimevet dell'Università di Bologna e Legambiente Emilia-Romagna, impegnati da ottobre 2019 in una serie di azioni integrate volte a dimostrare che il reticolo di canali artificiali di irrigazione può essere trasformato in un'infrastruttura verde-blu e contribuire a una serie di importanti obiettivi a supporto della Strategia europea per la biodiversità 2030:

- la rinaturalizzazione del territorio
- il contrasto della frammentazione degli habitat della Rete Natura 2000 di pianura
- l'incremento della biodiversità alla base dei servizi ecosistemici

- il controllo di due specie aliene invasive particolarmente impattanti per le aree interessate: la nutria (*Myocastor coypus*) e il gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*).

L'area di intervento di Life Green4Blue interessa una porzione di pianura sulla chiusura di bacino del sistema idrografico del fiume Reno che ricade parzialmente nel comune di Argenta (FE) e nei comuni di Baricella, Budrio, Medicina, Minerbio e Molinella (Città metropolitana di Bologna). In questa porzione di territorio – di cui il 21% è compreso in 5 siti della rete Natura 2000 – sono previste attività che interessano direttamente 6 canali, con lo sviluppo di corridoi ecologici e connessioni fra le aree umide della pianura su 60 chilometri di essi, e la realizzazione di 14 siti di intervento.

Le azioni del progetto prevedono in particolare:

- il cambio della metodologia di sfalcio delle sponde dei canali per la creazione e il mantenimento dell'infrastruttura verde-blu
- la realizzazione di un vivaio di piante acquatiche autoctone da usare per incrementare la biodiversità nei siti di intervento
- la realizzazione di *stepping stones* su 9 aree di intervento

- il controllo del *Myocastor coypus* e del *Procambarus clarkii*.

Mediante una corretta gestione della vegetazione ripariale e la ricerca di un equilibrio tra le esigenze antropiche e quelle naturali si possono infatti ottenere servizi ecosistemici di grande rilevanza per il territorio, come il miglioramento della qualità chimico-fisico-biologica delle acque dei canali, grazie alla funzione di fitodepurazione delle fasce tampone di vegetazione; la creazione di habitat (rifugio, riproduzione, alimentazione, fasi di sviluppo degli animali legati agli ambienti acquatici); la limitazione dell'erosione spondale; una connessione ecologica duratura con i siti della Rete Natura 2000.

Con lo stesso obiettivo, sono in corso di realizzazione 9 *stepping stones*, piccole aree umide con acqua bassa e stagnante lungo le sponde dei canali in cui le specie possono trovare temporaneamente ricovero e cibo per spostarsi tra i siti della Rete Natura 2000, senza mettere a rischio la loro sopravvivenza e la conservazione della biodiversità, e la gestione di un importante vivaio creato *ad hoc*, per la raccolta e la conservazione *ex situ* delle principali piante erbacee autoctone degli ambienti acquatici in declino nella pianura Padana.

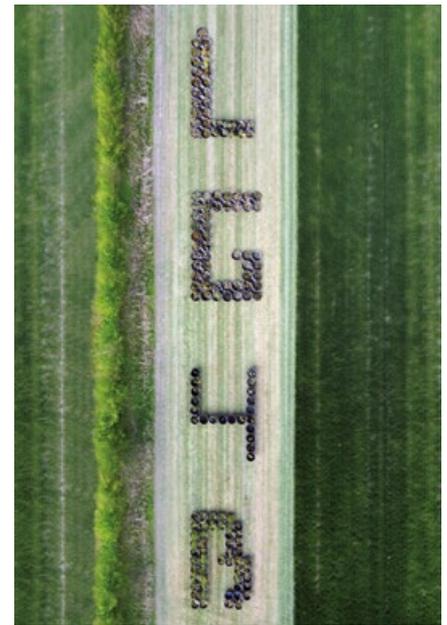
Ma al ripristino della biodiversità locale contribuiscono anche due importanti attività scientifiche di controllo di *Myocastor coypus* e *Procambarus clarkii*. Per il controllo di *Myocastor coypus*, considerata una delle 10 specie aliene

invasive con il maggiore impatto sui servizi ecosistemici, e segnalata in Emilia-Romagna non solo in pianura, ma anche in zone collinari e montane, Life Green4Blue sta combinando la tradizionale attività di trappolaggio intensivo mediante gabbie di cattura con la somministrazione sperimentale del vaccino immuno-contraccettivo (GonaCon™), al fine di contrastare il fenomeno di immigrazione dai siti limitrofi a più alta densità nelle aree lasciate libere a seguito dell'abbattimento tradizionale.

Al controllo di *Procambarus clarkii*, invece, specie invasiva densamente presente nei canali dove, tra gli altri effetti, ha causato la scomparsa dei gamberi d'acqua dolce indigeni veicolando la "peste dei gamberi", contribuiranno in particolare gli effetti legati alla creazione delle 9 *stepping stones*. La modifica strutturale delle sponde e il loro ripopolamento con specie vegetali autoctone, infatti, hanno l'obiettivo di attrarre alcuni uccelli della famiglia degli ardeidi – airone cenerino (*Ardea cinerea*), garzetta (*Egretta garzetta*), airone bianco maggiore (*Ardea alba*), airone rosso (*Ardea purpurea*) e nitticora (*Nycticorax nycticorax*) – che sono predatori autoctoni dei gamberi.

Andrea Morsolin¹, Mauro Delogu², Livia Vittori Antisari³, Lidia Castagnoli⁴

1. Consorzio della bonifica renana
2. Unibo-Dimevet
3. Unibo-Distal
4. Legambiente Emilia-Romagna



NOTE

¹ *Strategia nazionale per la biodiversità 2030*, Ministero della Transizione ecologica, Direzione generale per il patrimonio naturalistico, Divisione III – Biodiversità, flora e fauna, Cites, 14/04/2022.

² *Ibidem*.

³ *Biodiversità in Emilia-Romagna, tutela e gestione*, Regione Emilia-Romagna, Assessorato alla difesa del suolo e della costa, protezione civile e politiche ambientali e della montagna, Servizio Aree protette, foreste e sviluppo della montagna.



UNA GEMELLA DIGITALE PER IL FUTURO DELL'EMILIA-ROMAGNA

LA PIATTAFORMA VERA CONSENTIRÀ IL RILEVAMENTO E L'ACCESSO A INFORMAZIONI SU METEO E CLIMA, QUALITÀ DELL'ARIA, TRASPORTI E MOBILITÀ, NONCHÉ L'ELABORAZIONE DI BIG DATA NEL CLOUD, CON IL CONTRIBUTO DI ARPAE. FORNIRÀ STRUMENTI, APPLICAZIONI E SERVIZI BASATI SULLA NUOVA INFRASTRUTTURA INFORMATICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA.

Il 17 dicembre 2023 è stato presentato pubblicamente il progetto Vera. L'annuncio è avvenuto nell'ambito di una giornata seminariale sul tema "Vera. La gemella digitale dell'Emilia-Romagna: esperienze internazionali a confronto", durante la quale è stato presentato lo studio "Digital twins e smart cities. Sfide e opportunità per la mobilità, qualità dell'aria e riduzione delle emissioni" realizzato da Ifab (International foundation big data and artificial intelligence for human development), e sono state mostrate alcune esperienze internazionali in corso, quali quelle di Herrenberg (Germania) e Tallinn (Estonia), e quelle delle città di Bologna e Parma. All'incontro hanno partecipato Irene Priolo, vicepresidente della Regione Emilia-Romagna; Paola Salomoni, assessora regionale a Scuola, università, ricerca, agenda digitale e Francesco Ubertini, presidente Ifab.

L'incontro pubblico è stato preceduto al mattino da un seminario tecnico sul tema "Meteorologia, climatologia e qualità dell'aria: dalla modellistica ai gemelli digitali" nel corso del quale sono stati presentati e discussi i progetti di gemelli digitali a scala globale (DestinationEarth), europea (Glori), nazionale (Cyber Italy) e locale (Herrenberg e Tallinn). All'incontro hanno partecipato i rappresentanti di Ecmwf (il centro europeo per le previsioni meteorologiche), dell'Esa (l'Agenzia spaziale europea), del consorzio Germania-Italia-Svizzera per la modellistica meteorologica Cosmo e i rappresentanti nazionali nel comitato Copernicus, insieme al gruppo di esperti incaricato dello sviluppo del progetto. Il seminario ha permesso di individuare sinergie e collaborazioni tra questi progetti e Vera.

Il progetto Vera

Vera (Virtualizing Emilia-Romagna air quality) è un progetto della Regione Emilia-Romagna per la creazione di un digital twin, o gemella digitale. Si tratta dello sviluppo di uno strumento in grado di simulare e prevedere le risposte del sistema territoriale e ambientale alle politiche regionali, supportando così l'assunzione delle decisioni necessarie in particolare al miglioramento della qualità dell'aria, alla decarbonizzazione e al contrasto e mitigazione dei cambiamenti climatici. Il progetto, finanziato con 3 milioni del Fesr 2021-27, nasce su indirizzo del Digital innovation hub dell'Emilia-Romagna (Diher) ed è stato sviluppato in coerenza con i piani di miglioramento della qualità dell'aria (Pair 2030, Piano aria integrato regionale), con le azioni strategiche definite nel Patto per il



lavoro e clima, con l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile della Regione Emilia-Romagna e con la Sfida 1 "Dati per il territorio" dell'Agenda digitale dell'Emilia-Romagna (Ader) 2020-25 "Data valley bene comune".

Lo sviluppo e la realizzazione del progetto operativo sono affidati alla direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente che ha costituito un gruppo di lavoro al quale partecipano il Gabinetto del presidente della Giunta regionale, la direzione generale Risorse, Europa, innovazione e istituzioni, la direzione generale Economia della conoscenza, del lavoro e dell'impresa, Arpa, Lepida, Cineca e Art-Er. Il progetto operativo prevede di strutturare il sistema Vera in una piattaforma dei servizi, in una base di dati e in vari gemelli digitali, in particolare:

- *La piattaforma di servizi di base:* fornirà strumenti, applicazioni e servizi decisionali, basati sulla nuova infrastruttura informatica Margherita della Regione Emilia-Romagna. La piattaforma consentirà il rilevamento e l'accesso ai dati, nonché l'elaborazione dei *big data* nel *cloud*. Possederà funzioni di visualizzazione e rappresentazione dei dati e degli *output* dei modelli.

- *I dati di base:* comprendono i dati provenienti da diversi *database*. La base di dati del sistema attuale verrà ampliata con i dati forniti dai sistemi di osservazione della terra dal cielo e dallo spazio, dalla piattaforma *big data* regionale e da altre basi dati nella disponibilità presente o futura della Regione. Le informazioni non saranno duplicate ma rese accessibili mediante apposite Api di interrogazione e rappresentazione. La base di dati del sistema verrà utilizzata per migliorare i dati di ingresso ai sistemi modellistici e la relativa post elaborazione dell'*output*.

- *I gemelli digitali:* verranno create e interconnesse repliche digitali basate su simulazioni e osservazioni, che coprono le diverse componenti del "sistema Regione" quali: meteorologia e clima, qualità dell'aria, trasporti e mobilità. Come si vedrà in seguito, le repliche digitali sono costituite dai modelli attualmente operativi, come Ninfa di Arpa per la qualità dell'aria, o in fase di sviluppo, come Glori (*Global-to regional icon*) messo a disposizione da Arpa. Le prestazioni di questi modelli potranno essere migliorate utilizzando i dati di base raccolti dal sistema e resi disponibili ai modelli mediante apposite funzioni di interfaccia (Api). Il sistema regionale

sarà interconnesso con le componenti a larga scala per la meteorologia, il clima e la qualità dell'aria, sviluppate nell'ambito di iniziative nazionali e comunitarie quali *DestinE* (Ecmwf), e programmi Pnrr e Mirror di Copernicus, come il modello nazionale per la qualità dell'aria Kairos operato da Arpa.

Nella fase da giugno a dicembre 2023 è stata redatta una rassegna dei dati, dei modelli e dei servizi. Questa rassegna, assieme alla rassegna dei gemelli digitali a scala urbana, costituisce la base di informazioni sulla quale elaborare lo sviluppo di un caso di uso dimostrativo delle funzionalità del sistema (seconda fase 2024). La realizzazione del prodotto finale (visualizzatore con possibilità di *what-if analysis*) è prevista per il 2027.

Il contributo di Arpa

L'agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna (Arpa) contribuirà a Vera mettendo a disposizione del progetto le banche dati gestite dall'agenzia e le competenze presenti nella Struttura IdroMeteoClima e nel centro tematico regionale Qualità dell'aria, sui temi della modellistica meteorologica, del clima regionale, del monitoraggio e modellazione della qualità dell'aria e delle emissioni. In particolare entreranno a far parte del sistema Vera i dati di qualità dell'aria, i dati di emissione di sostanze inquinanti e climalteranti e i dati climatici.

I dati di qualità dell'aria sono rilevati dalle stazioni di monitoraggio della rete regionale, composta da 47 punti di misura in siti fissi disposti in tutta la regione, e i dati relativi alle osservazioni della rete ricerca – le cui stazioni di misura sono poste a Bologna, Rimini, Parma e San



Pietro Capofume (BO) – concernenti la composizione chimica dell'aerosol atmosferico (metalli, ioni, carbonio organico ed elementare, levoglucosano e *aerosol size distribution*).

Saranno messe a disposizione del progetto le stime emissive degli inquinanti primari prodotti dalle varie sorgenti e la loro distribuzione territoriale – PM₁₀, PM_{2,5}, Pts, NO_x, SO₂, CO, Voc, NH₃, B(a)P, As, Cd, Ni, Pb – fino al dettaglio comunale, raccolte nell'inventario delle emissioni compilato da Arpa secondo la metodologia Emep-Corinair. Le stime emissive dei gas climalteranti CO₂, CH₄ e N₂O, compilate secondo la metodologia Ipcc "Guidelines for national greenhouse gas inventories".

Oltre ai dati del clima attuale, sono fornite le proiezioni climatiche per la regione Emilia-Romagna prodotte dall'Osservatorio clima di Arpa. Le proiezioni si concentrano sugli indici minimi stagionali, sulle temperature massime e precipitazioni sugli indici medi ed estremi. Queste simulazioni sono state realizzate attraverso metodi di *downscaling* statistico, impostando il modello sull'Emilia-Romagna utilizzando il dataset Eraclito, alimentato



dai modelli di circolazione globale Cmp5-Gcm. Le elaborazioni sono state eseguite nel quadro degli scenari di emissione Rcp4.5 e Rcp8.5 per il periodo 2021-2050.

Uno dei gemelli digitali che potrà essere interconnesso col sistema Vera è costituito da Glori in corso di sviluppo nell'ambito di una cooperazione trilaterale tra istituzioni tedesche, italiane e svizzere. Glori è un gemello digitale ad alta risoluzione da globale a regionale in grado di fornire previsioni globali a corto raggio (~3 km orizzontali), previsioni su richiesta di polvere minerale per applicazioni energetiche e polline per applicazioni sanitarie, previsione delle precipitazioni ad alta risoluzione (~500 m) per regioni selezionate, come Glori-Alps, sulla regione alpina e Glori-Med sulla penisola italiana. Glori è basato sulla capacità di previsione del modello del sistema terrestre Icon. Il *Glori digital twin* è configurabile e su richiesta, con l'obiettivo di fornire informazioni tempestive necessarie per il processo decisionale. Arpae contribuisce a Vera anche con la sua esperienza ultradecennale sulla modellistica della qualità dell'aria, i principali modelli che potranno venire integrati nel sistema Vera sono rappresentati dal sistema modellistico Ninfa.

Ninfa comprende il modello fotochimico e di trasporto Chimere che utilizza i dati meteorologici elaborati dal modello Cosmo e i dati di emissioni inquinanti dell'inventario Inemar, per fornire analisi e previsioni della concentrazione in aria di decine di sostanze inquinanti. Il sistema è completato da Pesco, uno strumento geostatistico di *kriging*, per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti e da Ibis, uno strumento statistico bayesano per la previsione fino a tre giorni della probabilità di superamento dei valori limite di qualità dell'aria. Ninfa utilizza le condizioni al contorno fornite dal modello nazionale Kairos innestato nei modelli Cams di Copernicus.

Oltre al modello fotochimico, Arpae renderà disponibili Lapmod, un modello lagrangiano in grado di simulare la dispersione di inquinanti primari da varie tipologie di sorgenti e Riat+, un *tool* in grado di aiutare decisori e i tecnici nell'individuazione di misure e tecnologie ottimali per la riduzione delle emissioni inquinanti e di effettuare valutazione dell'impatto di variazioni emissive a scala regionale sulla qualità dell'aria usando tecniche di *machine learning*. Inizialmente l'attenzione sarà posta sulla

possibilità di raggiungere risoluzioni di qualche centinaio di metri usando in modo combinato Ninfa, modelli locali (Lapmod), modelli meteo come Glori e tecniche di intelligenza artificiale.

Pier Paolo Alberoni¹, Cinzia Alessandrini², Matteo Balboni³, Michela De Blasio⁴, Gianluca Iannuzzi⁵, Vanes Poluzzi⁶, Katia Raffaelli⁷, Michele Stortini⁸, Dimitri Tartari⁹, Marco Deserti¹⁰

1. Responsabile Staff modellistica meteorologica numerica e radarmeteorologia, Struttura IdroMeteoClima, Arpae Emilia-Romagna
2. Responsabile Osservatorio clima, Struttura IdroMeteoClima, Arpae Emilia Romagna
3. Area Qualità dell'aria e agenti fisici, Settore tutela dell'ambiente ed economia circolare, direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente, Regione Emilia-Romagna
4. Ph.D., Coordinamento Agenda digitale Emilia-Romagna, Gabinetto del presidente della Giunta

5. Area Qualità dell'aria e agenti fisici, settore Tutela dell'ambiente ed economia circolare, direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente, Regione Emilia-Romagna
6. Responsabile centro tematico regionale Qualità dell'aria, Arpae Emilia-Romagna
7. Responsabile area Qualità dell'aria e agenti fisici, Settore tutela dell'ambiente ed economia circolare, direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente, Regione Emilia-Romagna
8. I.F. Unità previsioni numeriche qualità dell'aria, Struttura IdroMeteoClima, Arpae Emilia-Romagna
9. Dirigente, Area di presidio delle politiche dell'Agenda digitale dell'Emilia-Romagna (Ader), Gabinetto del presidente della Giunta regionale
10. Collaboratore, direzione generale Cura del territorio e dell'ambiente, Regione Emilia-Romagna



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Cosmo e Icon, www.meteoam.it/it/modellistica-numerica-servizio-meteorologico-aeronautica, www.cosmo-model.org/
- Downscaling statistico di tipo *Perfect prog*, www.arpae.it/it/temi-ambientali/clima/scopri-di-piu/scopri-proiezioni-climatiche
- Cams-Kairos- Ninfa, www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/previsioni/il-modello- previsionale-kairos, www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/scopri-di-piu/ approfondimenti-su-previsioni-e-valutazioni-da-modello-qa/modello- previsionale-ninfa
- Riat+, www.riatplus.eu/html/ita/home.html
- Trasporti, <https://mobilita.regione.emilia-romagna.it/modellazione-dei-trasporti/ approfondimenti/modellazione-regionale-dei-trasporti-visualizzatore-dati-principali>
- Glori, www.cosmo-model.org/content/tasks/workGroups/wg3b/docs/GLORI-A-and-TEAMx_20220614.pdf
- Destination Earth*, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/destination-earth-destine>
- Proiezioni climatiche, www.arpae.it/it/temi-ambientali/clima/previsioni-e-proiezioni/proiezioni-climatiche/proiezioni-climatiche-in-emilia-romagna
- Osservatorio clima, <https://dati.arpae.it/dataset/>

LA CITTÀ DI BERGAMO E LA TRANSIZIONE CLIMATICA

L'AMMINISTRAZIONE, IMPEGNATA DA ANNI NELL'ATTUAZIONE DI POLITICHE AMBIENTALI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO, HA COLTO CON ENTUSIASMO LA SFIDA DELLA MISSIONE UE PER LE 100 CITTÀ SMART E A IMPATTO CLIMATICO ZERO ENTRO IL 2030, PROGRAMMANDO AZIONI SU ENERGIA, EDILIZIA, TRASPORTI E PIANIFICAZIONE URBANA.

Consapevoli che la transizione verso la neutralità climatica si possa perseguire solo attraverso politiche multisettoriali e multiattoriali, il Comune di Bergamo, nel corso degli anni, ha approvato vari piani e strategie coprendo numerosi settori e tematiche e coinvolgendo tutti gli attori della società civile. Di seguito alcuni dei principali strumenti elaborati in tale ambito.

La Strategia di transizione climatica Clic Bergamo!

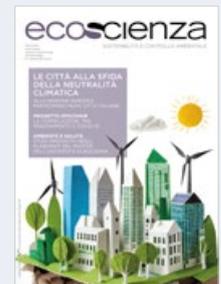
Approvata nel 2021 e co-finanziata da Fondazione Cariplo e Regione Lombardia, ha l'obiettivo di mettere in campo azioni pilota di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici in ambito locale. Punto di forza del progetto è la partecipazione di numerosi partner in un'ottica di collaborazione e di distribuzione delle risorse. In particolare è prevista la realizzazione di circa venti azioni tra cui opere di depavimentazione e forestazione urbana che potranno successivamente essere replicate

LA "MISSIONE" SU ECOSCIENZA

Sul numero 4/2023 di *Ecoscienza* abbiamo pubblicato il servizio "Città intelligenti e a impatto climatico zero" per presentare la missione europea che coinvolge 100 città, chiamate a essere le capofila di una transizione verde che dovrà essere affrontata dall'intera Unione europea.

In questo numero terminiamo la presentazione dei percorsi delle 9 città italiane selezionate, con gli articoli relativi a Bergamo e Torino.

La rivista è disponibile all'indirizzo https://bit.ly/ecoscienza4_2023



attraverso una strategia di adattamento urbano consolidata.

Il Piano urbano per la mobilità sostenibile

Uno strumento di pianificazione strategica che, in un orizzonte temporale di medio-lungo periodo (10 anni), sviluppa una visione di sistema della mobilità urbana, proponendo il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale, sociale ed economica attraverso la definizione di

azioni orientate a migliorare l'efficacia e l'efficienza del sistema della mobilità e la sua integrazione con l'assetto e gli sviluppi urbanistici e territoriali. In particolare si punta alla riduzione delle emissioni atmosferiche e climalteranti, alla riduzione dei consumi energetici e più in generale al miglioramento della qualità urbana.

Il Piano d'azione per l'energia sostenibile (Paes)

Approvato nel 2011, con l'adesione all'iniziativa della Commissione europea denominata *Patto dei sindaci*, il Comune di Bergamo è riuscito a ridurre del 35% circa le emissioni di tCO₂ al 2021, rispetto a quelle emesse nell'anno 2005 attraverso una serie di azioni coordinate che hanno riguardato diversi settori e *stakeholder* (tabella 1).

Il Piano d'azione per l'energia sostenibile e il clima (Paesc)

In fase di approvazione, punta a una riduzione del 55% delle emissioni di tCO₂ al 2030, supportando in maniera decisiva, l'impegno della neutralità carbonica.

La Strategia di economia circolare

In fase di redazione, raccoglie una serie di buone pratiche a livello locale nel settore delle costruzioni, dei beni di consumo e nel settore alimentare con lo scopo di

Confronto emissioni Bei-Mei (t)

Settore	2005 (Bei)	2021 (Mei)	Variazione
Edifici, attrezzature/impianti comunali	16.673	7.352	-55,9%
Illuminazione pubblica	3.652	1.037	-71,6%
Edifici, attrezzature/impianti del terziario non comunale	229.896	128.282	-44,2%
Edifici residenziali	240.293	154.054	-35,9%
Industria non Ets	89.194	83.845	-6,0%
Parco veicoli comunale	248	103	-58,6%
Trasporto pubblico	0	n.d.	-
Trasporto commerciale e privato	81.142	78.121	-3,7%
Agricoltura, silvicoltura, pesca	712	1.027	44,3%
Totale	661.810	453.820	-31,4%
Totale senza produttivo	571.904	368.949	-35,5%

TAB. 1
EMISSIONI

Confronto tra le emissioni dell'anno 2005 e dell'anno 2021. La tabella mostra una riduzione di circa il 35%.

Fonte: Comune di Bergamo

creare un supporto alla replicabilità di tali pratiche.

Il nuovo Piano di governo del territorio

Recentemente adottato, principale strumento di pianificazione urbana prevede tre linee strategiche attraverso cui dare forma a una città che rigenera i suoi spazi, ripensa i suoi servizi per rispondere alle esigenze di tutti ed è attenta alla sostenibilità ambientale. L'attenzione a questo tema si realizza valorizzando l'ambiente, rafforzando il progetto della cintura verde, proteggendo il suolo agricolo e sviluppando un piano di adattamento ai cambiamenti climatici attraverso regolamenti e forme incentivanti (figura 1).

La sfida delle climate-neutral and smart cities

Come si può notare da questa breve carrellata, l'amministrazione è impegnata ormai da anni nell'attuazione di politiche ambientali per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico. Quando il 25 novembre 2021 la Commissione europea ha lanciato la *Climate-neutral and smart cities mission - Call for expression of interest*, il Comune ha colto con entusiasmo questa sfida, interpretandola come un'opportunità unica per innescare tutti quei processi di

riqualificazione ecologica e di sviluppo locale basato su un uso efficiente e oculato delle risorse, che determineranno il futuro della città e che avranno quindi ricadute positive sul benessere della comunità urbana.

Ad aprile 2022 è stata data comunicazione ufficiale che la città di Bergamo era tra le 112 città europee che avrebbero preso parte alla Missione dell'Ue per le *100 città smart e a impatto climatico zero entro il 2030*.

Entro marzo 2024, il Comune dovrà quindi presentare il proprio *Climate city contract (Ccc)*, un documento costituito da 3 parti: un piano di impegni (*Commitments plan*), un piano d'azione (*2030 Action plan*) e un piano di investimenti (*2030 Investments plan*).

Il Ccc sarà uno strumento dinamico e in continua evoluzione che il Comune sottoscriverà insieme agli attori del territorio che sosterranno e attueranno, in sinergia con l'amministrazione, delle azioni concrete che porteranno all'abbassamento delle emissioni di CO₂ equivalenti.

Proprio con l'obiettivo di coinvolgere il maggior numero di *stakeholder*, in agosto 2023 è stata pubblicata una manifestazione di interesse, a cui sono seguiti workshop e momenti di progettazione partecipata rivolta a grandi imprese, Pmi, startup, enti del terzo settore, università, centri di ricerca ecc. le cui azioni abbiano un impatto diretto o



FOTO: AZA CALORE&SERVIZI SPA

1

indiretto sulla riduzione delle emissioni a livello locale.

Anche internamente all'amministrazione si stanno svolgendo momenti di coinvolgimento di tutti i settori affinché ci si muova in maniera coordinata, ottimizzando le risorse, verso la neutralità climatica.

In tal modo l'auspicio è quello di creare un ecosistema urbano, inizialmente coordinato dal Comune, che sarà in grado di lavorare con lo scopo condiviso di raggiungere l'obiettivo entro il 2030.

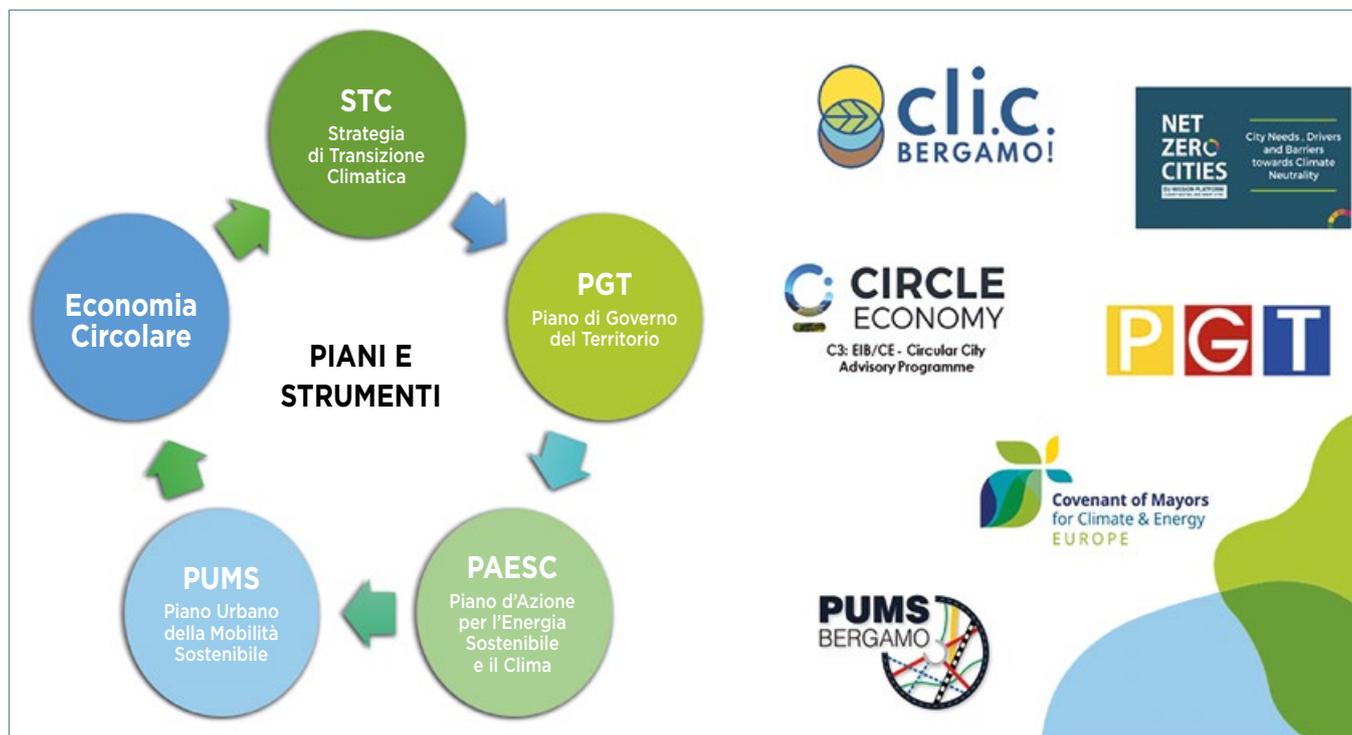


FIG. 1 VERSO LA NEUTRALITÀ CLIMATICA
Piani e strumenti per la neutralità climatica

Fonte: Comune di Bergamo.

Energia, edilizia, trasporti, pianificazione

Alcune delle azioni più impattanti riguardano i settori energia, edilizia, trasporti, pianificazione urbana.

Nel settore dei trasporti pubblici, Atb (l'azienda di trasporto pubblico locale partecipata al 100% dal Comune di Bergamo) sta sviluppando tre importanti progetti:

- l'elettrificazione del parco mezzi: la prospettiva per il 2025 è la sostituzione di tutti i veicoli fossili con nuovi alimentati con elettricità e gas, valutando al contempo gli investimenti sulle tecnologie dei combustibili a idrogeno
- una nuova tramvia elettrica (Teb) con la realizzazione della linea T2 Bergamo - Villa d'Almè il cui sviluppo sarà integrato con la linea T1 esistente, per un totale di 11,5 km e attraverserà 6 comuni
- *Bus rapid transit*: una linea ad alta frequenza (principalmente in un luogo protetto) che utilizza veicoli elettrici. La linea collegherà la stazione di Bergamo con Dalmine (Università di Bergamo), Verdellino (stazione ferroviaria) e il Polo scientifico del Kilometro Rosso (Stezzano), lungo un percorso di 29,2 km con 24 fermate all'andata e 21 al ritorno.

Nel settore energetico, un'azione essenziale riguarda il coinvolgimento della cittadinanza con la realizzazione delle prime Comunità di energia rinnovabile (Cer). L'amministrazione sta attivando con alcuni operatori del settore e con la collaborazione di Enea un tavolo di lavoro e di studio per la realizzazione di un modello di Cer replicabile che favorisca la partecipazione di cittadini e imprese e le opportunità di carattere economico, ambientale e sociale. Il tavolo affronterà in particolare questioni di carattere economico, finanziario e di governance delle Cer sulla base dell'evoluzione del quadro regolatorio e legislativo (*in primis* le possibili forme di incentivo e di finanziamento pubblici) a livello europeo e nazionale.

Ancora nel settore energetico, la società A2A spa sta implementando ed estendendo la rete di teleriscaldamento cittadina. La progettualità messa in atto dal gestore riguarda anche

1 Teleriscaldamento, esempio di posa della rete nel centro storico di Bergamo.

2-3 Trasporto pubblico a Bergamo: l'elettrificazione e il potenziamento del Tpl sono azioni fondamentali per la riduzione delle emissioni urbane.



FOTO: ATB MOBILITÀ SPA

2



FOTO: ATB MOBILITÀ SPA

3

l'alimentazione della rete mediante il recupero di calore da realtà industriali e produttive, consentendo un ulteriore riduzione dell'utilizzo di gas naturale (foto 1).

Nel settore della pianificazione urbana, la riqualificazione del quartiere Porta Sud, che comprende la stazione ferroviaria e l'ambito a Sud della stessa, costituisce un "laboratorio di efficienza energetica" e sarà una grande comunità energetica. L'intervento in corso di definizione, proposto dall'impresa Vitali spa con la collaborazione di Edison Next, nella progettualità attuale vedrà nascere un quartiere di circa 107 edifici per un totale di circa 2.500 unità abitative la cui progettazione mira all'azzeramento delle emissioni locali di CO₂, grazie a un'alimentazione completamente elettrica.

Infine, nel settore dell'edilizia pubblica, il Comune ha in programma

l'efficientamento energetico di edifici di proprietà, con interventi di recupero e edilizio e demolizione o ricostruzione. In particolare si stanno riqualificando gli edifici comunali (Erp, scuole, uffici) effettuando audit energetici e strutturali. I successivi interventi saranno finalizzati ad aumentare l'efficienza energetica attraverso la demolizione e la ricostruzione di edifici oggi ad alta intensità energetica o attraverso ristrutturazioni con rivestimenti, impianti solari o fotovoltaici, pompe a bassa entalpia. I nuovi edifici saranno progettati come edifici passivi.

Michele Stefini¹, Ilaria Fumagalli², Ilaria Pezzotta³

Comune di Bergamo

1. Responsabile Servizio Ecologia e ambiente

2. Alta specializzazione per la gestione dei procedimenti di rilevante interesse ambientale

3. Funzionaria Servizio Ecologia e ambiente

LA VIA DI TORINO, CLIMATE NEUTRAL CITY ENTRO IL 2030

LE CITTÀ ESERCITANO UN RUOLO FONDAMENTALE NELLA GESTIONE DELLE POLITICHE DI CONTRASTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI. PER RAGGIUNGERE GLI OBIETTIVI DELLA MISSIONE EUROPEA, TORINO HA PUNTATO SUL COINVOLGIMENTO DI CITTADINI, IMPRESE E UNIVERSITÀ E SU UNA TASK-FORCE INTERDIPARTIMENTALE CHE COINVOLGE TUTTI GLI UFFICI DEL COMUNE.

Il cambiamento climatico rappresenta una delle maggiori sfide che l'umanità deve affrontare in questi e nei prossimi anni perché i rischi per il pianeta e per le persone, soprattutto per le generazioni future, sono enormi e obbligano tutti a intervenire con urgenza. Le città esercitano un ruolo fondamentale nella gestione delle politiche di contrasto ai cambiamenti climatici, centralità che è stata riconosciuta dalla Commissione europea, prima con iniziative quali *Patto dei sindaci* e *Mayors adapt* e oggi con la Mission "100 climate-neutral and smart European cities by 2030".

"Le città sono all'avanguardia nell'azione per il clima, ma devono ancora affrontare notevoli barriere strutturali. Le sosteniamo identificando e superando le cause profonde che ostacolano l'azione climatica su larga scala, creando vite migliori per i cittadini, i loro figli e il pianeta" è l'intento della Commissione nell'ambito di *Net zero cities*.

La Città di Torino da diversi anni è impegnata nella sfida contro il cambiamento climatico, e considera le misure di adattamento del tessuto urbano e la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra quali elementi essenziali per lo sviluppo di una politica più sostenibile volta a migliorare la qualità della vita dei propri cittadini, promuovere il proprio sviluppo urbano, stimolare gli investimenti e l'innovazione. Sono testimonianza di questo orientamento attivo gli impegni assunti attraverso l'adesione al *Patto dei sindaci* nel 2009 e al *Mayors adapt* nel 2015. Il primo, ad adesione volontaria da parte delle amministrazioni, prevedeva l'impegno a ridurre di oltre il 20% al 2020 le proprie emissioni di CO₂, per il cui raggiungimento la Città si è dotata di un Piano d'azione per l'energia sostenibile (Tape) composto da un inventario base delle emissioni di anidride carbonica, prendendo come anno di riferimento il 1991, e da un insieme di azioni per



raggiungere l'obiettivo prefissato. In relazione ai diversi monitoraggi previsti, sono stati approvati diversi rapporti, l'ultimo dei quali nel 2022 evidenziava una riduzione complessiva delle emissioni al 2019 rispetto all'anno base pari al 47%, un risultato superiore al -20% richiesto per il 2020. Parallelamente, attraverso l'adesione al *Mayors adapt*, Torino si è impegnata a definire una strategia di adattamento ai cambiamenti climatici al fine di migliorare la capacità di risposta agli effetti delle mutate condizioni climatiche e a valutare, mediante un approccio integrato, intersettoriale e interdisciplinare, i rischi e le vulnerabilità potenziali connessi ai cambiamenti climatici come base per definire, individuare e valutare azioni di adattamento mediante lo sviluppo di una strategia locale a esso dedicata.

Nel gennaio 2022 Torino compie un importante passo in avanti e con una comunicazione di Giunta indica l'intenzione di candidare la città alla missione europea "100 climate-neutral cities by 2030 by and for the citizens" che prevede di anticipare al 2030 la sfida della neutralità climatica. La candidatura

viene coordinata dal dipartimento Ambiente e transizione ecologica della Città, coinvolgendo diversi servizi dell'amministrazione, fondi europei, *energy management*, mobilità, igiene urbana e con il supporto dell'*Energy center* del Politecnico di Torino, un centro nato nel 2016 per avviare azioni e progetti di supporto e consiglio strategico alle autorità locali, agli enti nazionali e transnazionali sulle politiche e tecnologie energetiche da adottare. Il 31 gennaio 2022 la Città ha ufficialmente trasmesso alla Commissione europea il modulo di candidatura che sintetizzava quanto già fatto dalla Città e i primi indirizzi su come raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica, con la descrizione della visione su come accelerare la transizione e colmare il divario per raggiungere le zero emissioni di gas serra entro il 2030. Il 28 aprile 2023 la Città riceveva la comunicazione ufficiale dell'inserimento nella missione, dove Torino è una delle 9 città italiane selezionate. Con Bergamo, Bologna, Firenze, Milano, Padova, Parma, Prato e Roma è iniziato un percorso comune per individuare insieme gli ostacoli normativi da sottoporre al governo e valutare

IL MAINSTREAM NELLA NARRATIVA AMBIENTALE

IL RACCONTO MAINSTREAM, PER DEFINIZIONE PIÙ POPOLARE E GENERALISTA, PUÒ RAPPRESENTARE UNA VALIDA RISORSA PER ACCREDITARE UNA CONSAPEVOLEZZA AMBIENTALE, A PATTO CHE LO STESSO SIA CORRETTAMENTE POSIZIONATO IN UNA CORNICE ATTUATIVA NATURALMENTE VOTATA SUL MEDIO-LUNGO PERIODO.

Una premessa inevitabile

Un passo indietro, per cercare di illuminare e perimetrare lo scenario di sfondo di questo stesso testo. Qualche anno fa, nella sua analisi sul processo di accreditamento, non ancora pienamente definito, della figura del comunicatore ambientale, Emilio Conti si soffermò sulla devoluzione dal “tecnico comunicatore” al “comunicatore semplificatore”¹. Un passaggio che a molti parve obbligato e indotto; il primo, infatti, per quanto scientificamente competente non possedeva quella sensibilità comunicativa necessaria per declinare efficacemente i contenuti di una materia che, oltre a essere naturalmente complessa, si stava rilevando progressivamente diffusa. Rivolgendosi a pubblici sempre più vari, nelle aspettative come nel livello di conoscenza pregressa. E nel contempo, un passaggio rischioso e poco metabolizzato che indusse nel secondo, fresco di nomina, un’ansia da prestazione, costringendolo a raggiungere tutti, e a tutti i costi, riportando risultati immediati, anche a rischio di una banalizzazione degli stessi contenuti. È forse in questo preciso momento che la narrativa *mainstream* ha iniziato a smarrire la propria posizione sul campo da gioco e, cosa ancora più importante, il proprio ruolo nella strategia del gioco. E che proprio questo disorientamento ne abbia depotenziato la forza in termini di impatto, bollandone la forma come troppo semplice e semplicistica rispetto alla complessità (meramente quantitativa oltre che qualitativa) delle sfide attuali.

A questo esito – che confidiamo transitorio – hanno poi contribuito, sia pure indirettamente, alcuni trend comunicativi; per esempio, una certa insofferenza per il concetto stesso di *medio-lungo periodo* e, più in generale, di *comunicazione lenta* che si riflette nella presenza di strategie spesso prive di obiettivi, sia intermedi che finali.



Una tendenza ancora più letale negli impatti rispetto a una materia che richiede certamente competenze formali e tecniche, a cui nel contempo affiancare anche un processo di sedimentazione culturale. Per consentire a quella stessa materia di essere decodificata in tutte le sue sfaccettature. Negli oneri che la sua applicazione comporta e negli onori e nelle possibilità che ne potrebbero derivare.

L’obiettivo, dunque, è quello di rivitalizzare il *mainstream* (nelle sue più diverse forme) riabilitandone il senso nella cornice di una narrazione continua, costante e faticosa. Nel tempo come nei contenuti.

Il mainstream front line

Un ricordo personale, utile per definire il perimetro e il risultato della riflessione. Il mio primo strumento di formazione culturale fu la *Storia dei popoli a fumetti* realizzata tra il 1983 e il 1985 da Enzo Biagi con la collaborazione di alcuni tra i più importanti fumettisti italiani, tra cui Carlo Ambrosini, Paolo Ongaro e Milo Manara.

Ero un avido lettore di fumetti e così i miei genitori pensarono di offrirmi delle letture certamente più alte, filtrate attraverso una modalità di lettura che già conoscevo e riconoscevo, al posto dei libri che percepivo come noiosi. Questa vera e propria scelta educativa favorì la possibilità di un successivo *engagement*, naturale e per nulla sofferto, funzionale a un approfondimento critico e contenutistico più complesso nel tempo. In fondo, nulla di particolarmente innovativo; tutti noi abbiamo riempito le pagine dei nostri quaderni di lettere dell’alfabeto prima ancora di confrontarci con i primi dettati o con i primi componimenti.

Nel contempo, e ancora di più rispetto alla materia ambientale, non si tratta solo di una questione di metodo e di acquisizione progressiva di conoscenze e competenze, ma anche di una potenziale via d’uscita da un immobilismo alimentato da posizioni sempre più polarizzate. Da una parte, la visione di un intervento radicale e deciso con cui recidere i legami con un passato (ambientale, sociale, industriale) insostenibile. Dall’altra, la visione altrettanto legittima di una virata più

dolce, che riesca a promuovere un cambiamento evitando nel contempo una tabula rasa che innescerebbe nuove potenziali crisi economiche e industriali. E dunque sociali.

Un bivio – generazionale oltre che di metodo – che proprio l'adozione correttamente posizionata del *mainstream* potrebbe annullare, disinnescando i limiti di una narrazione che non riesce, spesso, a passare dall'auspicio all'azione e, nel contempo, promuovendo un confronto sempre più serrato e progressivo. In tal senso, questo implica una rinnovata responsabilità comunicativa, con metriche narrative costanti nel tempo (e non, come accade, presenti solo nel momento dell'evento climatico conclamato) e con l'adozione di un sistema che deve essere necessariamente multicanale. Nell'identificazione strategica di condotte a medio lungo periodo come nella selezione degli strumenti più idonei. In fondo, disponiamo, oggi più che mai, di una cassetta degli attrezzi particolarmente generosa e nutrita anche se troppo spesso indugiata nella esclusiva competenza digitale, lasciando da parte dotazioni che, al contrario, potrebbero rivelarsi particolarmente efficaci.

Penso, per esempio, al caro vecchio *piano di comunicazione*, uno strumento che potremmo definire “senatoriale” e la cui sola evocazione sembra spaventare molti, forse consapevoli del fatto che lo stesso non esprima solo una raccolta di pubblici, obiettivi, momenti e condotte comunicative ma anche una assunzione di responsabilità da parte dell'organizzazione che lo costruisce e lo dispiega nel tempo.

Conclusioni

Qualcuno potrebbe sostenere che la questione del *mainstream* e del suo posizionamento sia piuttosto marginale rispetto alla portata delle sfide o ai ritardi già accumulati.

Rispondo a questa obiezione, realista e legittima, citando un episodio personale. Qualche tempo fa ho accompagnato i miei nipoti – a cui ho trasmesso la “passionaccia” per la fantascienza – a vedere un film. Dopo aver parlato per qualche minuto dei personaggi caratteristici e delle scene più emozionanti, mi hanno chiesto cosa fossero le guerre dell'acqua, che il regista

aveva preso a pretesto per giustificare il crollo della civiltà. Da quella semplice domanda è nato un vero e proprio viaggio tra film, libri, documentari e podcast, culminato nella redazione delle “regole di Andrea e Filippo per la protezione dell'acqua” che hanno presentato nelle loro rispettive classi e regalato a compagne e compagni.

Ne conservo una copia anche io, per ricordare a me stesso quali importanti risultati si possono ottenere con il costo di tre biglietti del cinema e un paio d'ore particolarmente gradevoli e fruttuose.

Stefano Martello

Componente tavolo “Ambiente e sostenibilità”, Pa Social

Il testo ha un debito di gratitudine nei confronti dell'incontro organizzato dal tavolo “Ambiente e sostenibilità” di Pa Social il 6 aprile 2023, con la partecipazione di Micol Burighel, Matteo Colle e Riccardo Parigi, moderati dall'autore.

NOTE

¹ Emilio Conti, “Il comunicatore ambientale: verso il riconoscimento di ruoli e mansioni”, in Stefano Martello, Sergio Vazzoler (a cura di), *Libro bianco sulla comunicazione ambientale*, Pacini, 2020.

RAPPORTO EEA

SODDISFARE GLI OBIETTIVI AMBIENTALI UE AL 2030 SARÀ IMPEGNATIVO

Il rapporto dell'Agenzia europea per l'ambiente (Eea) sul monitoraggio dell'avanzamento degli obiettivi verso l'8° Programma di azione ambientale europeo evidenzia come l'Unione europea possa non raggiungere la maggior parte degli obiettivi al 2030. La situazione appare particolarmente difficile per la riduzione delle pressioni sull'ambiente e sul clima legate a produzione e consumo, in particolare per consumi energetici, tasso di uso circolare dei materiali e percentuale di aree con agricoltura biologica. Tuttavia, il rapporto Eea mostra anche come molti altri obiettivi al 2030 possano essere raggiunti: è molto probabile che la percentuale di *green economy* rispetto all'economia complessiva continui a crescere e che le morti premature attribuibili all'esposizione a particolato atmosferico diminuiscano, in linea con quanto previsto dal piano di azione inquinamento zero.

Il rapporto esamina anche alcune condizioni che possono consentire il raggiungimento di alcuni obiettivi. In generale, la valutazione rispetto all'avvio di queste condizioni entro il 2030 è positiva, ma il superamento dei sussidi ai combustibili fossili senza ritardi sembra improbabile, dal momento che la maggior parte degli Stati membri dell'Ue non ha ancora piani concreti per l'attuazione.

L'Agenzia europea conclude che molti obiettivi riflettono le elevate ambizioni del *green deal* europeo e che gli Stati membri potrebbero aver bisogno di più tempo per adottare le misure per raggiungerli. Allo stesso tempo, molti dei target richiederebbero un'accelerazione molto consistente rispetto a quanto attuato negli ultimi 10 anni.

“La nostra analisi – afferma la direttrice esecutiva Eea, Leena Ylä-Mononen – mostra che gli Stati membri devono urgentemente rafforzare le azioni per soddisfare le ambizioni europee su ambiente e clima al 2030. Queste azioni includono l'implementazione delle leggi vigenti, l'aumento degli investimenti in tecnologie per il futuro e il mettere la sostenibilità al centro di tutte le politiche”.



I PRINCIPI DI PRECAUZIONE E DI PROPORZIONALITÀ

UNA SENTENZA RELATIVA A UN'AUTORIZZAZIONE AMBIENTALE OFFRE LO SPUNTO PER RIFLETTERE SULL'APPLICAZIONE DI DUE PRINCIPI FONDAMENTALI IN MATERIA DI TUTELA DELL'AMBIENTE. IL PRINCIPIO DI PRECAUZIONE, ALLA LUCE DELLA GIURISPRUDENZA EUROPEA E NAZIONALE, RICHIEDE BILANCIAMENTO E RISPETTO DEL PRINCIPIO DI PROPORZIONALITÀ.

Una recente vicenda giudiziaria

A seguito di visite ispettive la Provincia sospese l'autorizzazione integrata ambientale (Aia) di una società produttrice di compost da recupero di rifiuti agroalimentari, ordinò lo svuotamento delle vasche di stoccaggio e trattamento dei rifiuti liquidi/fangosi e ne impose il conferimento a impianti autorizzati. La società presentò ricorso al Tar che, con ordinanza, sospese l'efficacia dell'ordine. Risolta la questione sostanziale (l'azienda recepì le osservazioni degli enti e chiese una modifica dell'Aia), il Tar esaminò egualmente il merito in relazione ai potenziali profili risarcitori e concluse per l'illegittimità della prescrizione in quanto non supportata dalle necessarie evidenze scientifiche e/o tecniche. Secondo il tribunale, infatti, mancava *“l'elemento essenziale che avrebbe giustificato l'adozione del provvedimento censurato e cioè l'indicazione delle motivazioni, dei risultati di analisi e/o degli indizi che potevano giustificare l'affermazione della sussistenza di una situazione di pericolo di inquinamento ambientale in qualche modo riconducibile alla presenza nelle vasche in questione dei reflui”*.

La Provincia presentò appello al Consiglio di Stato il quale, dopo avere analizzato a fondo il principio di precauzione, rovesciò la sentenza di primo grado con una motivazione che può essere così sintetizzata: *“Nell'ambito dell'ordinamento dell'Unione europea, il principio di precauzione costituisce non solo un presupposto di legittimazione ma anche un vero e proprio parametro di validità per tutte le politiche e azioni europee in materia di ambiente, salute e sicurezza e, pertanto, anche in forza dell'efficacia trasversale del principio di integrazione delle esigenze di tutela dell'ambiente in tutte le politiche e azioni dell'Unione, si configura ormai come parametro generale di legittimità non solo della funzione normativa esercitata dalle istituzioni dell'Unione,*

ma anche di quella amministrativa” (Sez. IV 31 maggio 2023, n. 5377). Interessante è la parte di motivazione nella quale il giudice d'appello specifica che, mentre la *valutazione scientifica del rischio* deve necessariamente spettare a esperti scientifici, cioè agli scienziati, la fase di *gestione del rischio* si connota altrettanto prevalentemente (anche se non esclusivamente) per la sua *“politicità”*. La sentenza offre, inoltre, lo spunto per riflettere, alla luce della giurisprudenza comunitaria e nazionale, su due principi fondamentali in materia di gestione rifiuti e di tutela dell'ambiente in generale.

Il principio di precauzione

Secondo la Corte di giustizia Ue l'applicazione corretta del principio di precauzione, contenuto nell'art. 174 del Trattato Ce, *“presuppone, in primo luogo, l'individuazione delle conseguenze potenzialmente negative per l'ambiente dei rifiuti in questione e, in secondo luogo, una valutazione complessiva del rischio per l'ambiente basata sui dati scientifici disponibili più affidabili e sui risultati più recenti della ricerca internazionale”* (28/03/2019, cause riunite da C-487/17 a C-489/17). In altre parole, questo principio *“implica che, quando sussistono incertezze riguardo all'esistenza o alla portata di rischi per la salute delle persone, possano essere adottate misure protettive senza dover attendere che siano esaurientemente dimostrate la realtà e la gravità di detti rischi. Qualora risulti impossibile determinare con certezza l'esistenza o la portata del rischio asserito, a causa della natura non concludente dei risultati degli studi condotti, ma persista la probabilità di un danno reale per la salute pubblica nell'ipotesi in cui il rischio si realizzasse, il principio di precauzione giustifica l'adozione di misure restrittive”* (Cgue, Sez. IV, 16.06.2022, causa C-65/21). Anche la Corte costituzionale ha ricordato che questo principio

“rappresenta un criterio direttivo che deve ispirare l'elaborazione, la definizione e l'attuazione delle politiche ambientali della Comunità europea sulla base di dati scientifici sufficienti e attendibili valutazioni scientifiche circa gli effetti che possono essere prodotti da una determinata attività” (n. 406/2005). Ma non solo; in un'ottica di bilanciamento e di motivazione delle scelte, la Consulta ha precisato che *“l'impostazione di limiti all'esercizio della libertà di iniziativa economica, sulla base dei principi di prevenzione e precauzione nell'interesse dell'ambiente e della salute umana, può essere giustificata costituzionalmente solo sulla base di indirizzi fondati sulla verifica dello stato delle conoscenze scientifiche e delle evidenze sperimentali acquisite, tramite istituzioni e organismi, di norma nazionali o sopranazionali, a ciò deputati, dato l'essenziale rilievo che, a questi fini, rivestano gli organi tecnico scientifici”* (n. 116/2006 e n. 282/2002). Da segnalare la giurisprudenza delle Sezioni unite civili della Corte di cassazione che lo hanno definito *“un principio cardine della normativa ambientale”* (04/02/2020 n. 2502 che rimanda alla sentenza n. 33663/2018) in applicazione del quale *“un rischio esiste qualora non possa escludersi, sulla base di elementi obiettivi, che detto piano o progetto pregiudichi significativamente il sito interessato, e ciò in considerazione delle caratteristiche e delle condizioni ambientali specifiche del sito interessato da tale piano o progetto”* (n. 15892/2022). La giurisprudenza amministrativa ha rimarcato che si tratta di un principio *“distinto e più esigente della prevenzione”* (Tar Napoli, n. 963/2023) idoneo ad assicurare una tutela anticipata rispetto alla fase dell'applicazione delle migliori tecniche proprie del principio di prevenzione (cfr. Tar Piemonte, n. 304/2022, nonché Tar Brescia n. 570/2019, Cons. St. IV, n. 2921/2016 e V, n. 2495/2015). È stato osservato che il principio si iscrive *“nel quadro dell'analisi del rischio e viene in rilievo nel momento*

in cui, in relazione a determinate sostanze o processi produttivi, pur mancando una legge scientifica, univocale o probabilistica, in ordine alla produzione di pregiudizi, reali o potenziali, per un determinato bene della vita, sussistono tuttavia delle evidenze in ordine alla possibile pericolosità della materia o dell'attività presa in considerazione; in ogni caso la sussistenza di possibili (non certi o probabili) rischi non impone, come scelta obbligata, quella di inibire l'uso della materia o l'espletamento dell'attività che viene in rilievo, spettando alla pubblica amministrazione una scelta, che deve uniformarsi a proporzionalità e ragionevolezza, sul se consentire (se del caso imponendo opportune cautele) o meno l'attività, alla luce di una serie di parametri tra i quali il tipo di rischio e l'importanza dell'attività per la collettività" (Tar Brescia, n. 146/2022 e n. 280/2022 e 171/2022). Rimarcando l'esigenza di proporzionalità e bilanciamento, esso non può, di per sé solo e in mancanza di un "pericolo attuale" per l'ambiente, giustificare, ad esempio, ordinanze eccezionali e urgenti del sindaco volte a "bloccare" la realizzazione di un impianto di gestione rifiuti (Cons. St. V, n. 344/2021). Allo stesso modo, in ambito Via, il Consiglio di Stato ha chiarito che questo principio "non rappresenta un limite sostanziale di carattere generale alla realizzazione di attività lato sensu produttive, ma costituisce un mero criterio metodologico per conformare nel quomodo lo svolgimento, affinché i rischi ragionevolmente prevedibili sulla base delle conoscenze tecniche del momento possano essere efficacemente prevenuti" (n. 625/2022). Infine, e sempre in coerenza con la giurisprudenza della Consulta sopra richiamata, si è precisato che la verifica circa l'esistenza di un rischio specifico deve essere compiuta "all'esito di una valutazione quanto più possibile completa, condotta alla luce dei dati disponibili che risultino maggiormente affidabili e che deve concludersi con un giudizio di stretta necessità della misura" (Cons. St. V, n. 6250/2013, richiamato da Tar Umbria n. 79/2019).

Il principio di proporzionalità

Come visto sopra, il principio di precauzione richiede comunque bilanciamento e il rispetto del principio di proporzionalità disciplinato all'articolo 5, c. 3 del Trattato Ce e da un protocollo a esso allegato. Al riguardo va ricordata la sentenza 28/03/2019 (cause C-487/17 e C-489/17) della Corte di giustizia dell'Unione europea sulla classificazione dei rifiuti aventi codice a specchio e

l'esplicito paragrafo 53 della recente sentenza, sempre della Corte di giustizia, 19/01/2023 (causa C-147/21) che si è espressa nei seguenti, testuali, termini: "Spetta alle autorità nazionali, in ciascun caso specifico, dimostrare che la normativa nazionale di cui trattasi soddisfa il principio di proporzionalità, vale a dire che essa è necessaria per realizzare l'obiettivo invocato, e che quest'ultimo non potrebbe essere raggiunto con divieti o limitazioni di minore portata o che incidano in misura minore sul commercio all'interno dell'Unione". La Corte costituzionale ha chiarito il rapporto che deve sussistere tra diritti fondamentali, quali salute e ambiente, e altri interessi, quali quelli economici, apparentemente di rango "secondario"; e invero, con la fondamentale sentenza 09/05/2013, n. 85, ha sottolineato che, in termini generali, "la qualificazione come primari dei valori dell'ambiente e della salute significa (...) che gli stessi non possono essere sacrificati ad altri interessi, ancorché costituzionalmente tutelati, non già che gli stessi siano posti alla sommità di un ordine gerarchico assoluto. Il punto di equilibrio, proprio perché dinamico e non prefissato in anticipo, deve essere valutato – dal legislatore nella statuizione delle norme e dal giudice delle leggi in sede di controllo – secondo criteri di proporzionalità e di ragionevolezza, tali da non consentire un sacrificio del loro nucleo essenziale". Infatti, aggiunge la Corte, "la tutela deve essere sempre sistemica e non frazionata in una serie di norme non coordinate ed in potenziale conflitto tra loro" (C. Cost., n. 264/2012). Se così non fosse si verificerebbe l'illimitata espansione di uno dei diritti, che diverrebbe tiranno nei confronti delle altre situazioni giuridiche costituzionalmente riconosciute e protette, che costituiscono, nel loro insieme, espressione della dignità della persona" (sul tema si veda anche la successiva C. Cost., n. 58/2018). Sul fronte della giustizia amministrativa il Consiglio di Stato ha ritenuto illegittima "per mancanza della sussistenza dei presupposti giuridici, l'adozione di un'ordinanza ex art. 8 del Dm 471/1999, emanata sulla base della mera esistenza di un sospetto di inquinamento, del tutto privo delle indefettibili connotazioni di concretezza e attualità richieste dal Dlgs 22/1997. Tale provvedimento si risolverebbe in un'eccessiva anticipazione della soglia di tutela, in radicale contrasto con il principio di proporzionalità e ancor prima, con la stessa lettera della norma primaria" (Cons. St. V, n. 3677/2005). Più di recente, in ambito Via, ha evidenziato che attraverso detta procedura "la Pa non è chiamata, in via notarile e passiva, a riscontrare la sussistenza di possibili

impatti ambientali dell'opera, bensì è tenuta a ricercare attivamente, nella ponderazione comparativa di istanze potenzialmente confliggenti, un complessivo bilanciamento fra gli interessi perseguiti con la realizzazione dell'opus, da un lato, e le contrapposte esigenze di preservazione (rectius, di contenuta o, comunque, non eccessiva e sproporzionata incisione) del contesto ambientale lato sensu inteso (Consiglio di Stato, Sezione IV, 14 dicembre 2021)" (Cons. St. n. 6190/2023). Ancora, in materia di bonifica è stato affermato che la pubblica amministrazione può imporre ulteriori prescrizioni rispetto alle misure proposte dall'istante col progetto di bonifica, purché "rispettose dei canoni della prevedibilità, dell'adeguatezza e della proporzionalità" (Tar Brescia, n. 156/2022). In tema di Aia il Consiglio di Stato ha ripreso l'insegnamento della Consulta ricordando che all'interno del provvedimento che rilascia l'autorizzazione "devono trovare simultanea applicazione i principi di prevenzione, precauzione, correzione alla fonte, informazione e partecipazione, che caratterizzano l'intero sistema normativo ambientale. Il procedimento che culmina nel rilascio dell'Aia [...] rappresenta lo strumento attraverso il quale si perviene, nella previsione del legislatore, all'individuazione del punto di equilibrio in ordine all'accettabilità e alla gestione dei rischi, che derivano dall'attività oggetto dell'autorizzazione" (Corte cost. n. 85 del 2013 come richiamata dal Tar Palermo, n. 1250/2023; sull'adeguato bilanciamento degli interessi in gioco si richiamano anche Tar Brescia, n. 833/2019 e n. 570/2019, Tar Roma n. 1386/2021, Tar Milano n. 60/2017). Per la sua concreta applicazione diventa utile l'applicazione del cd *test trifasico della proporzionalità*:

- 1) test della sostenibilità per intendere se la misura prescelta sia adatta al raggiungimento dello scopo che ci si è posti
- 2) test della necessità per verificare se esistano misure meno restrittive rispetto a quella che s'intenderebbe applicare
- 3) test di proporzionalità in senso stretto che considera una misura sproporzionata nel caso in cui quest'ultima, sebbene sostenibile e necessaria, imponga un costo eccessivo alla sua applicazione (test usato dalla Corte di giustizia, per la prima volta, nel cd *Danish Bottle case*, sentenza 20/09/1988, causa n. C-302/86).

Luciano Butti, Federico Peres

B&P Avvocati

LEGISLAZIONE NEWS

A cura del Servizio Affari istituzionali e avvocatura • Arpae Emilia-Romagna

LA CORTE COSTITUZIONALE SI PRONUNCIA SUL FINANZIAMENTO SANITARIO DI ARPA SICILIA

Sentenza Corte costituzionale n. 1 del 4 gennaio 2024 (www.cortecostituzionale.it)

Le Sezioni riunite della Corte dei conti per la Regione Sicilia, nell'ambito del giudizio di parifica del bilancio regionale per l'esercizio 2019, avevano sollevato obiezioni relativamente alle risorse provenienti dal fondo sanitario regionale (Fsr) assegnate ad Arpa Sicilia in attuazione di norme legislative regionali, sottolineando che "in assenza di una qualsivoglia precisa destinazione delle stesse per specifiche finalità afferenti all'erogazione dei livelli essenziali di assistenza (Lea), risultano irregolarmente assegnate ed erogate per finalità extra sanitarie".

Da qui la rimessione alla Corte costituzionale della questione di legittimità in merito all'art. 90, comma 10 (*Istituzione dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente*) della legge regionale 3 maggio 2001, n. 6, come modificato dall'art. 58, comma 2, della legge regionale 7 maggio 2015, n. 9.

La Corte costituzionale quindi, con la recente sentenza n. 1/2024, ha dichiarato l'illegittimità costituzionale delle norme siciliane in questione portando come motivazione la violazione della legislazione statale (in particolare l'art. 20 del Dlgs 118/2011) che fissa disposizioni in materia di armonizzazione dei sistemi contabili e degli schemi di bilancio delle Regioni e degli enti locali.

In particolare la Consulta con la pronuncia in esame evidenzia la necessità di un'esatta perimetrazione delle entrate e delle uscite relative al finanziamento del servizio sanitario regionale, al fine di consentire la confrontabilità immediata fra le entrate e le spese sanitarie iscritte nel bilancio regionale e le risorse indicate negli atti di programmazione finanziaria sanitaria. Inoltre la Corte evidenzia che l'assegnazione all'Arpa di funzioni non riferibili esclusivamente alla protezione dell'ambiente e riguardanti anche l'ambito sanitario non può giustificare il mancato rispetto della citata disciplina statale sul "perimetro sanitario", che impone di individuare puntualmente le risorse destinate a garantire i Lea, a pena di violazione dell'art. 117, secondo comma, lettera e) della Costituzione in materia di armonizzazione dei bilanci pubblici. Per completare il quadro giuridico è necessario precisare che il legislatore siciliano, dopo l'adozione dell'ordinanza di rimessione della Corte dei conti, aveva già modificato la disposizione censurata, innovando – con l'art. 4 della legge reg. Siciliana n. 2 del 2023 – la pregressa disciplina sul finanziamento dell'Arpa e prevedendo un contributo

ordinario di funzionamento di tale Agenzia che si aggiunge a quello gravante sul Fsr. In particolare la Regione Siciliana ha ora chiarito che la parte di risorse assegnate all'Agenzia a valere sul fondo sanitario regionale deve essere destinata al "perseguimento degli obiettivi di prevenzione primaria correlati ai determinanti ambientali e climatici associati direttamente e indirettamente alla prevenzione e al controllo dei rischi sanitari correlati all'erogazione dei Lea". Premesso che la norma della Regione Sicilia cassata dalla Corte costituzionale (la quale assegnava ad Arpa una quota fissa predefinita delle risorse annuali del Fsr) era per diversi aspetti diversa da quella contenuta in molte altre leggi regionali che disciplinano i finanziamenti delle Arpa, è tuttavia possibile che la recente pronuncia del giudice costituzionale promuova un approfondimento generale in merito alle modalità di trasferimento delle risorse finanziarie alle Agenzie ambientali e alla loro correlazione con le attività garantite dalle stesse. Diventa pertanto sempre più necessaria l'effettiva emanazione da parte del governo del Dpcm, che per inciso doveva essere adottato entro un anno dall'entrata in vigore della legge n. 132/2016, per l'individuazione dei Lepta (che costituiscono i "livelli essenziali di prestazioni tecniche ambientali", ovvero i livelli qualitativi e quantitativi di attività che devono essere garantiti in modo omogeneo sul piano nazionale) e dei relativi criteri di finanziamento.

L'ANNUNCIATA REVISIONE DEI PARAMETRI DI PROTEZIONE DALL'ELETTROSMOG

Legge 30 dicembre 2023 n. 214, "Legge annuale per il mercato e la concorrenza 2022" GU n. 303 del 30 dicembre 2023

L'art. 10 della legge n. 214/2023, rubricato "Adeguamento dei limiti dei campi elettromagnetici", al fine di potenziare la rete mobile e garantire a utenti e imprese l'offerta di servizi di connettività di elevata qualità, senza pregiudizio per la salute

pubblica, prevede l'adeguamento – entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore della legge (ovvero entro il 29 aprile 2024) – dei parametri attualmente vigenti (limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità) per la protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (Cem).

I parametri vigenti sono quelli definiti dall'art. 4, comma 2, della legge n. 36/2001 (legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici).

L'adeguamento deve avvenire seguendo il procedimento già seguito per la fissazione dei predetti parametri, secondo quanto descritto dal medesimo art. 4 della legge (commi 2 e 3): i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione sono stabiliti con decreto del presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del ministro dell'Ambiente, di concerto con il ministro della Sanità, sentito il Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico e le competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata. Per la protezione dei lavoratori e delle lavoratrici il procedimento è analogo, con la differenza che la proposta spetta al ministro della Sanità, sentiti i ministri dell'Ambiente e del Lavoro, oltre al Comitato interministeriale e alle competenti Commissioni parlamentari, previa intesa in sede di Conferenza unificata.

Nell'aggiornare i parametri occorre sempre rispettare le regole, le raccomandazioni e le linee guida dell'Unione europea.

Scaduto il termine di 120 giorni per la revisione dei predetti parametri, in assenza di specifiche previsioni regolamentari di adeguamento e sino alla loro definitiva adozione, la norma dispone in via provvisoria l'utilizzo di nuovi valori di attenzione e di obiettivi di qualità pari a più del doppio di quelli attualmente vigenti (con conseguente innalzamento dei precedenti limiti).



OSSERVATORIO ECOCREATI

A cura di Giuseppe Battarino (magistrato) e Silvia Massimi (avvocata)

Con l'osservatorio sulla casistica applicativa della legge 22 maggio 2015 n. 68, *Ecoscienza* mette a disposizione dei lettori provvedimenti giudiziari sia di legittimità che di merito, con sintetici commenti orientati alle applicazioni concrete della legge. Per arricchire l'osservatorio giurisprudenziale chiediamo ai lettori (operatori del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente e non solo) di trasmettere alla redazione tutti i provvedimenti che ritengono significativi (dovutamente anonimizzati): decreti e ordinanze, prescrizioni, sentenze ecc.

I contributi possono essere inviati a ecoscienza@arpae.it

QUANDO AL CONTRAVVENTORE NON VENGONO IMPARTITE LE PRESCRIZIONI DI CUI AGLI ARTICOLI 318-BIS E SEGUENTI DEL TESTO UNICO AMBIENTALE

Cassazione penale, Sezione III, sentenza n. 685 del 14 dicembre 2023 - 9 gennaio 2024

La Corte di cassazione ha preso posizione su una questione rilevante per i procedimenti penali riguardanti i reati "minori" per i quali è previsto il procedimento prescrizionale di cui agli articoli 318-bis e seguenti del decreto legislativo n. 152 del 2006.

L'imputato ricorrente era stato condannato per trasporto abusivo di rifiuti (articolo 256, comma 1, lettera a) a una pena pecuniaria e alla confisca del mezzo utilizzato per il trasporto.

Oltre a una serie di motivi di ricorso riguardanti l'asserita violazione di diverse norme sostanziali e processuali, il ricorrente ipotizzava il vizio di violazione di legge in relazione agli articoli 318-bis e seguenti del decreto legislativo n. 152 del 2006, per la mancata applicazione della disciplina che esclude la punibilità sussistendo la causa di cui al citato art. 318-bis, cioè quando sia stata espletata la procedura "prescrizionale". Viene in questo senso richiamata la disciplina introdotta dalla legge n. 68 del 2015 che prevede la procedura di estinzione per le contravvenzioni ambientali, modellata sulla falsariga di quanto già prevedeva in materia di lavoro il decreto legislativo n. 758 del 1994: secondo la difesa, da quanto emerso dalle dichiarazioni dell'agente operante sentito in dibattimento, sarebbero state interamente adempiute le prescrizioni idonee all'eliminazione del danno e del pericolo mediante condotte ripristinatorie; da cui l'applicabilità della predetta causa di esclusione.

La particolarità del caso risiede nel fatto che, come il ricorrente afferma, sarebbero state interamente adempiute prescrizioni che però non risultavano formalmente impartite; né vi era stato pagamento della somma prescritta dalla legge, ma non determinata insieme alle prescrizioni.

Non vi era quindi stato, a suo tempo, svolgimento ed esaurimento della procedura prevista dagli articoli 318-bis e seguenti del decreto legislativo n. 152 del 2006 al fine di poter ottenere la successiva estinzione del reato contravvenzionale.

La questione centrale che la Corte di cassazione affronta, a partire da questa vicenda, è quella delle modalità con cui la procedura prescrizionale si inserisce nel procedimento penale.

Già in precedenza (con la sentenza della Sezione III, n. 49718 del 25 settembre 2019) la Corte aveva affermato che la procedura di cui agli articoli 318-bis e seguenti del decreto legislativo n. 152 del 2006 non è obbligatoria, e che "l'omessa indicazione all'indagato, da parte dell'organo di vigilanza o della polizia giudiziaria [...] delle prescrizioni la cui ottemperanza è necessaria per l'estinzione delle contravvenzioni, non è causa di improcedibilità dell'azione penale".

In questa e in successive sentenze si era poi spiegato che l'obbligatorietà della speciale procedura in esame non poteva essere dedotta neppure

dall'uso dell'indicativo utilizzato dal legislatore nella disposizione di cui all'art. 318-ter ("impartisce al contravventore un'apposita prescrizione asseverata tecnicamente"), poiché si tratta di una mera scelta di stile espositivo, atteso che nei casi concreti si possono verificare situazioni – analoghe a quelle già esaminate nella disciplina della prevenzione degli infortuni sul lavoro – in cui l'organo di vigilanza decide di non impartire alcuna prescrizione, perché non vi è alcunché da regolarizzare o perché la regolarizzazione è già avvenuta ed è congrua.

Il tema che si pone, e che viene risolto negativamente – al momento – dalla Corte di Cassazione, è se la formale assenza della procedura estintiva può condizionare l'esercizio dell'azione penale: se cioè un procedimento penale non preceduto dalle prescrizioni non possa andare avanti (e se, nonostante questo, qualora venga instaurato si debba estinguere per improcedibilità).

Uno degli argomenti che, in più sentenze richiamate da quest'ultima articolata pronuncia, la Corte di Cassazione utilizza è che nei casi in cui legittimamente l'organo di vigilanza ritenga di non impartire alcuna prescrizione di regolarizzazione, l'imputato potrebbe comunque richiedere di essere ammesso all'oblazione sia in sede amministrativa sia successivamente in sede giudiziaria; principio affermato anche a fronte della possibilità che l'oblazione assolta in sede giudiziaria ai sensi dell'art. 318-septies, comma 3, comporti il pagamento di una somma maggiore di quella dovuta in caso di corretto e tempestivo adempimento della prescrizione impartita ai sensi dell'art. 318-ter. In caso di eventuale omessa attivazione della procedura di estinzione agevolata, l'imputato potrebbe attivare il meccanismo di cui all'articolo 162-bis del codice penale per definire il procedimento.

Il suggerimento concreto per chi opera nel campo dei controlli ambientali ed esercita funzioni di polizia giudiziaria, o per chi viene coinvolto dalla polizia giudiziaria nell'ambito di un procedimento per reati che consentono la procedura prescrizionale, è di motivare con precisione il perché si ritiene che al contravventore non debbano (o non possano) essere impartite prescrizioni.

Questo perché l'orientamento che la giurisprudenza di legittimità sta prevalentemente esprimendo non è generalizzato tra i giudici di merito, e anche perché, nella stessa sentenza qui esaminata, si parla di "legittimità" della mancata ammissione del contravventore alla procedura prescrizionale: dunque, in questi casi, la carente motivazione, da parte degli organi competenti sul perché sia stata omessa la procedura potrebbe portare all'improcedibilità di cui si è detto. Considerata poi la distanza di tempo in cui si potrebbe svolgere il processo rispetto all'accertamento della contravvenzione, si deve considerare la possibilità di un mutamento di giurisprudenza che, in questo specifico caso, potrebbe essere giustificato dalla natura deflattiva dell'istituto di cui agli articoli 318-bis e seguenti del decreto legislativo n. 152 del 2006, in potenziale contrasto con una ritenuta "facoltatività" delle prescrizioni.

MEDIATECA

Libri, video, podcast, rapporti e pubblicazioni di attualità • A cura della redazione di Ecoscienza



COME PARLARE CON CHI NEGA LA SCIENZA

Conversazioni con terapisti, negazionisti del clima, del Covid e con chiunque sfidi la ragione

Lee McIntyre
FrancoAngeli, 2023
300 pp., 33,00 euro

Negazionismo. Una parola antistorica, tornata alla ribalta con una forza che ha caratterizzato molte questioni calde, come ci dice il sottotitolo di questo volume utile e dolorosamente necessario. Lee McIntyre sostiene che il negazionismo è parte integrante

di molti dei dibattiti in corso e che, dunque, le sue tesi, per quanto prive di logica e di buon senso, non si possano derubricare a mera interferenza, priva di impatto, ma debbano essere fronteggiate e contrastate. Per non permettere al fenomeno generale di incardinarsi nei gangli vitali del processo di conoscenza, rallentandone e alterandone la resa.

Privilegiare la calma, il rispetto e il confronto, diventano così, prima che mere tecniche, attitudini per affermare il valore di una scienza che riesce sempre a dimostrare quanto afferma.

L'autore, ricercatore presso il Center for philosophy and history of science alla Boston University e docente di Etica alla Harvard Extension School, affronta il tema con un approccio molto concreto (il libro inizia con la descrizione della partecipazione a un convegno di terapisti) orientato a capire la strada migliore per convincere i negazionisti ad abbandonare le proprie idee. Sebbene il contesto americano in cui si colloca l'analisi si senta molto, le indicazioni (anche pratiche) e gli spunti di riflessione sono molto preziosi per elaborare e sperimentare azioni di comunicazione efficaci.

Stefano Martello e Stefano Folli



LA SCIENZA È UNA QUESTIONE DI METODO

MicroMega n. 5/2023
Rivista bimestrale, 2023
176 pp, 15,00 euro

Clima, vaccini, Ogm, nucleare: sono molti i temi in cui le acquisizioni della scienza devono confrontarsi con la traduzione in scelte politiche che hanno un riflesso importante sulla società e sull'economia.

Il ruolo della scienza in una società democratica è al centro delle riflessioni che Micromega ha raccolto in un numero curato da Telmo Pievani, con i contributi di scienziati

di diverse discipline e filosofi della scienza. Un focus è dedicato alla questione ambientale (si segnalano in particolare gli articoli di Paolo Vineis su ambiente e salute, quello di Sofia Belardinelli e Lorenzo Ciccarese sulla diplomazia internazionale in campo ambientale, quello di Elisa Palazzi sull'interpretazione dei dati del clima).

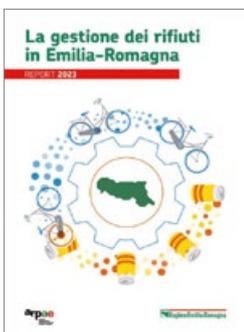


LA QUALITÀ DELL'AMBIENTE IN EMILIA-ROMAGNA

Dati ambientali 2022
Arpae Emilia-Romagna, 2023
168 pp, www.arpae.it

È disponibile la ventunesima edizione dell'annuario che raccoglie e riassume i principali dati relativi all'ambiente in Emilia-Romagna.

“Nel tempo - scrive nella prefazione della pubblicazione il direttore generale di Arpae, Giuseppe Bortone - è aumentata la consapevolezza dell'importanza della qualità ambientale e dello stretto legame con il benessere e con la salute umana. Studiare l'evoluzione dei vari aspetti che vanno a comporre quel complesso quadro in cui viviamo, lavoriamo, ci muoviamo è parte dei compiti delle agenzie ambientali come Arpae”.

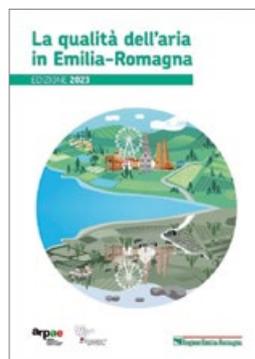


LA GESTIONE DEI RIFIUTI IN EMILIA-ROMAGNA

Report 2023
Arpae Emilia-Romagna, 2023
186 pp, www.arpae.it

Il rapporto elaborato da Arpae e Regione Emilia-Romagna offre il quadro della gestione dei rifiuti (urbani, speciali, sistema impiantistico) e consente di verificarne i risultati, valutandone i punti di forza e di debolezza.

I dati del rapporto confermano un sistema efficiente e lanciato verso il raggiungimento degli obiettivi posti dal nuovo Piano regionale di gestione dei rifiuti e per la bonifica delle aree inquinate, che consolida l'impegno per un'economia sempre più circolare e l'attenzione puntata soprattutto alla prevenzione e al recupero di materia.



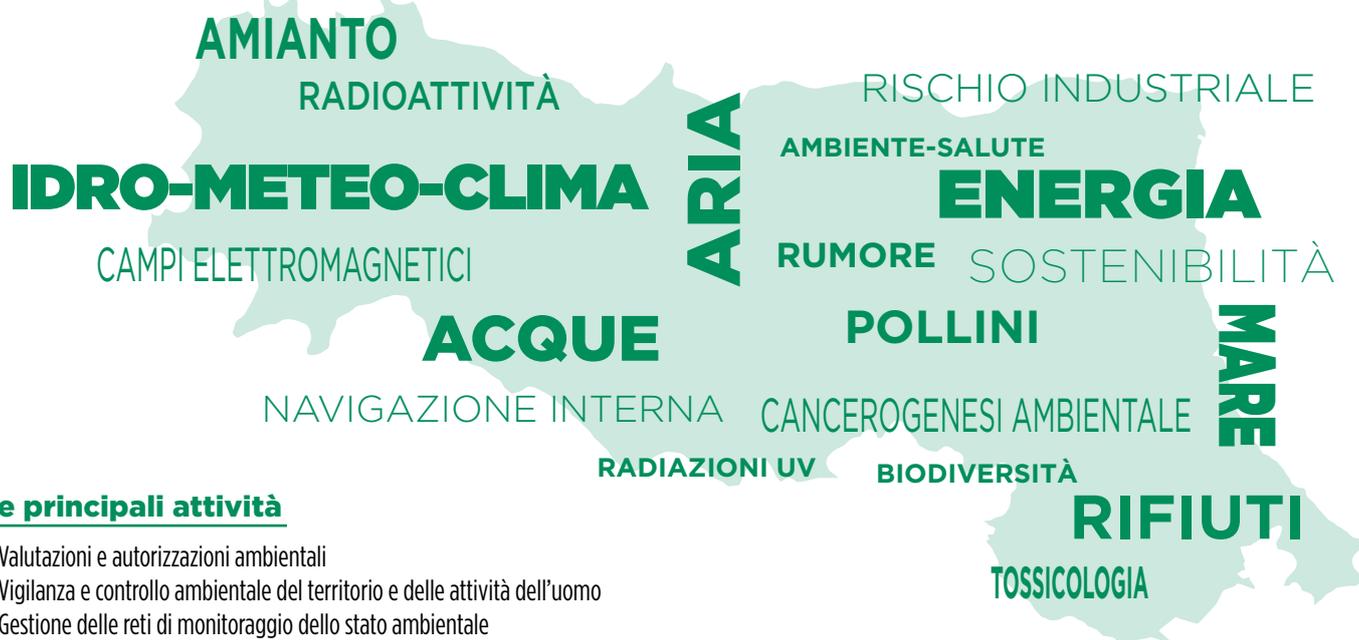
LA QUALITÀ DELL'ARIA IN EMILIA-ROMAGNA

Edizione 2023
Arpae Emilia-Romagna, 2023
208 pp, www.arpae.it

Il report quinquennale riporta i dati del periodo 2018-2022, ma prende in considerazione, in alcuni casi, anche periodi precedenti al fine di valutare le tendenze temporali. Il report si apre con una valutazione degli aspetti che legano l'inquinamento atmosferico al clima e alla meteorologia.

Il principale obiettivo del documento è presentare i risultati ottenuti negli ultimi cinque anni dai sistemi di monitoraggio ambientale, dalle previsioni e valutazioni della modellistica matematica, dalle stime delle emissioni in atmosfera, dallo studio dell'impatto sulla salute.

Arpae Emilia-Romagna è l'Agenzia della Regione che si occupa di ambiente ed energia sotto diversi aspetti. Obiettivo dell'Agenzia è favorire la sostenibilità delle attività umane che influiscono sull'ambiente, sulla salute, sulla sicurezza del territorio, sia attraverso i controlli, le valutazioni e gli atti autorizzativi previsti dalle norme, sia attraverso progetti, attività di prevenzione, comunicazione ambientale ed educazione alla sostenibilità. Arpae è impegnata anche nello sviluppo di sistemi e modelli di previsione per migliorare la qualità dei sistemi ambientali, affrontare il cambiamento climatico e le nuove forme di inquinamento e di degrado degli ecosistemi. L'Agenzia opera attraverso un'organizzazione di servizi a rete, articolata sul territorio. Quattro Aree prevenzione ambientale, organizzate in distretti, garantiscono l'attività di vigilanza e di controllo capillare; quattro Aree autorizzazioni e concessioni presidiano i processi di autorizzazione ambientale e di concessione per l'uso delle risorse idriche; una rete di Centri tematici, distribuita sul territorio, svolge attività operative e cura progetti e ricerche specialistici; il Laboratorio multisito garantisce le analisi sulle diverse matrici ambientali. Completano la rete Arpae due strutture dedicate rispettivamente all'analisi del mare e alla meteorologia e al clima, le cui attività operative e di ricerca sono strettamente correlate a quelle degli organismi territoriali e tematici. Il sito web www.arpae.it, quotidianamente aggiornato e arricchito, è il principale strumento di diffusione delle informazioni, dei dati e delle conoscenze ambientali.



Le principali attività

- › Valutazioni e autorizzazioni ambientali
- › Vigilanza e controllo ambientale del territorio e delle attività dell'uomo
- › Gestione delle reti di monitoraggio dello stato ambientale
- › Studio, ricerca e controllo in campo ambientale
- › Emissione di pareri tecnici ambientali
- › Concessioni per l'uso delle risorse idriche e demaniali
- › Previsioni e studi idrologici, meteorologici e climatici
- › Gestione delle emergenze ambientali
- › Centro funzionale e di competenza della Protezione civile
- › Campionamento e attività analitica di laboratorio
- › Diffusione di informazioni ambientali
- › Diffusione dei sistemi di gestione ambientale

Che buffo pianeta, è tutto
secco, pieno di punte e
tutto salato. E gli uomini
mancano di immaginazione.

Antoine de Saint-Exupéry,
Il piccolo principe