

ambiente rischio comunicazione

Quadrimestrale di analisi e monitoraggio ambientale

numero 19
febbraio 2024

L'ACQUA. È UN PROBLEMA?



In questo numero:

L'ACQUA. È UN PROBLEMA?

Editoriale

Ugo Leone

L'acqua ti cambia la vita

Ugo Leone

Cambiamenti climatici e ciclo dell'acqua

Antonello Pasini

Rischio idraulico e idrogeologico: l'isola di Ischia dall'emergenza a uno sviluppo sostenibile e sicuro

Ivana Navarra

Acque termali: una risorsa ancora da scoprire

Marco Guida

Sorgenti isolane: un possibile contributo al nostro fabbisogno idrico?

Federica Carraturo

Ambienti acquatici, inquinamento e biomonitoraggio

Ida Ferrandino

L'evoluzione delle macchine idrauliche nel XVII secolo e il contributo degli studi di Blaise Pascal

Agostino Mazzella

Letteratura termale e Bagni di Ischia. Un contributo per una storia delle terme dell'isola d'Ischia

Antonietta Iacono

L'acqua nell'immaginario dei poeti antichi

Rossana Valenti

Come l'acqua che scorre. Acqua, flussi e diluvi nel pensiero antico

Carlo Delle Donne

Inquinamento da plastiche e microplastiche

Mariacristina Cocca

Biospecificità del nostro mare

Maria Cristina Buia

L'adattamento climatico alla scala territoriale e urbana: acqua, suolo e vegetazione

Mario Losasso, Marina Rigillo

I numeri precedenti:

**RISCHIO SISMICO
GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI
DISSESTO IDROGEOLOGICO
DECIDERE NELL'INCERTEZZA
CHE SUCCEDERÀ AI CAMPI FLEGREI?
RIFIUTI SPECIALI
BONIFICA DI SITI CONTAMINATI
LA COMUNICAZIONE DEL RISCHIO
NO RISK NO ENERGY**

**ESTINGUERSI O EVOLVERE?
IL VULCANO ISCHIA
PER PAOLO
ACQUA E FUOCO
TERRA E ARIA
CRESCITA, DECRESCITA, SVILUPPO
CAMBIAMENTI DEL CLIMA E BEN-ESSERE
PER PIETRO
CHE CLIMA FARÀ?**

Tutti i numeri di *Ambiente Rischio Comunicazione* possono essere scaricati gratuitamente dal sito www.doppiavoce.it.

Sommario

**numero 19
febbraio 2024**

L'ACQUA. È UN PROBLEMA?

Editoriale <i>Ugo Leone</i>	2
L'acqua ti cambia la vita <i>Ugo Leone</i>	4
Cambiamenti climatici e ciclo dell'acqua <i>Antonello Pasini</i>	9
Rischio idraulico e idrogeologico: l'isola di Ischia dall'emergenza a uno sviluppo sostenibile e sicuro <i>Ivana Navarra</i>	16
Acque termali: una risorsa ancora da scoprire <i>Marco Guida</i>	21
Sorgenti isolane: un possibile contributo al nostro fabbisogno idrico? <i>Federica Carraturo</i>	23
Ambienti acquatici, inquinamento e biomonitoraggio <i>Ida Ferrandino</i>	26
L'evoluzione delle macchine idrauliche nel XVII secolo e il contributo degli studi di Blaise Pascal <i>Agostino Mazzella</i>	30
Letteratura termale e Bagni di Ischia. Un contributo per una storia delle terme dell'isola d'Ischia <i>Antonietta Iacono</i>	44
L'acqua nell'immaginario dei poeti antichi <i>Rossana Valenti</i>	54
Come l'acqua che scorre. Acqua, flussi e diluvi nel pensiero antico <i>Carlo Delle Donne</i>	59
Inquinamento da plastiche e microplastiche <i>Mariacristina Cocca</i>	66
Biospecificità del nostro mare <i>Maria Cristina Buia</i>	71
L'adattamento climatico alla scala territoriale e urbana: acqua, suolo e vegetazione <i>Mario Losasso, Marina Rigillo</i>	76
Gli autori	80

Editoriale

Ugo Leone

La scelta di individuare ancora una volta l'acqua come tema privilegiato per l'annuale incontro di "Scuola, scienza e società" è particolarmente importante. Perché sta a dimostrare che il Circolo Sadoul e il liceo statale Giorgio Buchner, nel ricordo di Pietro Greco, offrono agli studenti l'opportunità di una sempre più approfondita riflessione su un elemento di vitale importanza.

Tale, per esempio, che esiste anche un apposito nobel a chi se ne occupa con particolare attenzione.

È il Premio internazionale per l'acqua "Stockholm Water Prize" che il 23 agosto 2023, è stato assegnato a un italiano: l'ing. Andrea Rinaldo, Ordinario di Costruzioni idrauliche all'Università di Padova.

Bene. È proprio lui che mi aiuta ad introdurre questo numero di ARC scrivendo (*la Lettura*, 20 agosto 2023) che la questione climatica è anche una questione idraulica. Nel senso che «La questione idraulica (cioè il governo di piene, siccità e di una giusta distribuzione dell'acqua) è un potente filtro fra scienza e politica e un sicuro indicatore della cifra culturale del dibattito ambientale».

Ciò significa che esiste una chiara e forte connessione tra andamento climatico e questione idraulica dal momento che «ogni grado in più della temperatura dell'aria implica circa il 7 per cento in

più di vapore acqueo che localmente l'atmosfera può ritenere».

Dove va a finire quest'acqua in eccesso? La risposta è che «Ogni fronte freddo che incontrerà quelle masse d'aria più umida produrrà piogge più intense, bombe d'acqua talora, ed eventi meteorologici sempre più estremi».

Ed è così che in Italia, per esempio, si alternano siccità e alluvioni in breve tempo e nelle diverse regioni del Paese. Che fare?

La risposta più semplice, ma quella che implica soluzioni più difficili, è che non bisogna perdere altro tempo per arrestare l'avanzata del mutamento e ricondurlo il più possibile in termini accettabili (sostenibili, come si usa dire). C'è da fare perché l'acqua è sicuramente una ragione di vita tanto è vero che qualunque tentativo di "colonizzazione" di altro pianeti comincia proprio con l'accertarsi che vi sia acqua dal momento che senza non c'è vita.

Ma, come mi chiedevo nel mio intervento dello scorso anno, *L'acqua è vita?*, e ripassando mentalmente la storia degli anni che ci riferiscono storia e cronache del passato e del recentissimo presente, ricordo il Polesine, Firenze e Venezia, il Salernitano, Sarno, le Marche, il Pakistan, la Nigeria e oggi la Libia. Cioè le esondazioni dei fiumi, le alluvioni, le bombe d'acqua e mi vengono in mente i versi di Raffaele Viviani parafrasandoli alla rovescia "è vita chesta? Chesta è

malavita” (in realtà Viviani in *Tuledo 'e notte* riferendosi alla camorra e a quella che veniva definita malavita si chiede: è malavita chesta? Chesta è bona vita). Allora la risposta più giusta è che l'acqua non è solo vita perché oggi e ancor più domani, col mutamento climatico in atto, è sempre vero che la guerra dell'acqua si combatte su due fronti: è una battaglia *per* l'acqua e di migliore

qualità per tutti ed è una battaglia *contro* l'acqua in difesa dalla sua violenza. E il protagonista è sempre l'uomo inteso come genere umano che di questa ricchezza della natura ha fatto scempio continuo anche amplificando e aggravando le sue manifestazioni potenzialmente calamitose.



L'acqua ti cambia la vita

Ugo Leone

L'annuale convegno “Scuola, scienza e società” quest'anno comincia in un giorno, il 9 ottobre 2023, che richiama alla mente una tragedia. Perché non possiamo dimenticare che in questo stesso giorno sessanta anni fa fummo dolorosamente colpiti dalla notizia della Tragedia del Vajont.

Che cosa è il Vajont? Perché una tragedia? Che c'entra l'acqua?

Sinteticamente le cose andarono così: nella notte del 9 ottobre 1963, 270 milioni di metri cubi di roccia e detriti si staccarono dal Monte Toc, al confine tra le province di Udine e Belluno, e si riversarono nel bacino artificiale formato dalla diga costruita sul fiume Vajont, affluente del Piave, con una velocità di oltre 20 metri al secondo. La diga, alta 261 metri costruita tra il 1957 e il 1960 era allora la più alta della Terra e fu realizzata per produrre energia elettrica. Costruita in una zona di nota fragilità geologica, dopo aver ricevuto nel suo bacino il materiale provocato dalla frana, diede luogo ad un'onda imponente che in due minuti sommerse a valle i comuni di Longarone, Erto e Casso, uccidendo 1.910 persone. In seguito all'impatto della frana nel lago si formarono due onde: la prima andò in direzione di Erto spazzando via le frazioni più in basso (Le Spesse, San Martino, Pineda); la seconda s'innalzò sopra la diga, distrusse le abitazioni più basse di Casso e precipitò verso la Valle del Piave. Questa

ondata, scavalcando la diga e trovandosi imprigionata nella profonda e stretta valle del Vajont, acquistò ancora più energia e materiale e irruppe a Longarone facendo 1.450 vittime.

Questo disastro, nel 2008, durante l'Anno internazionale del pianeta Terra (International Year of Planet Earth) dichiarato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, fu citato come un caso esemplare di “disastro evitabile” causato dal «fallimento di ingegneri e geologi nel comprendere la natura del problema che stavano cercando di affrontare».

Oggi 60 anni dopo non v'è chi non riconosca queste gravissime responsabilità attribuendole soprattutto alla SADE proprietaria del complesso e esecutrice dei lavori e all'ENEL acquirente.

E l'acqua non c'entra niente: fu solo, suo malgrado, uno strumento di morte utilizzato dall'insipienza umana nell'aver costruito una diga riempendola di acqua sotto una montagna notoriamente franosa.

È quanto è accaduto in Libia dove una catastrofica alluvione si è abbattuta sulla città di Derna in seguito al crollo di due dighe che hanno riversato in città tanta acqua da provocare la totale distruzione di tutto quello che ha trovato sul suo corso con oltre 20mila morti. Ciò che è avvenuto a Derna è, secondo il giornalista italiano, Fausto Biloslavo, una sorta di “Vajont libico”. E la similitudine col Vajont sta nel fatto che quando la prima diga è crollata, le sue

macerie sono diventate proiettili che si sono abbattuti con la forza delle loro tonnellate sulla seconda diga, la quale a sua volta ha investito la città.

Allora le dighe sono un grosso pericolo? Lo sono certamente se costruite male, in gran numero e di elevata altezza. Queste due di Derna secondo la prima ricostruzione dei fatti, sono state costruite alla metà degli anni '70 da un'azienda della Jugoslavia, in base ai requisiti di sicurezza dell'epoca e alle possibili previsioni di portata massima dell'acqua. Poi, come ammette il sindaco di Derna la manutenzione non è stata effettuata correttamente dal 2002. E negli ultimi anni, diversi scienziati avevano espresso forti preoccupazioni in relazione agli invasi, chiedendo un intervento urgente. Secondo le Nazioni Unite, in questo caso come per il Vajont, se la Libia avesse avuto un adeguato sistema di allerta meteo, la tragedia avrebbe potuto essere evitata, o per lo meno si sarebbe potuto lanciare un ordine di evacuazione efficace.

Dopo tutto quanto ho detto sino ad ora sembra difficile spiegare perché ho dato al mio intervento un titolo come *L'acqua ti cambia la vita*.

Certo i tragici eventi del Vajont e della Libia e tante altre tragedie assimilabili come alluvioni, bombe d'acqua che hanno sempre più evidentemente alla loro base gli effetti del mutamento climatico; questi eventi, dicevo, lascerebbero intendere che la vita (per non parlare delle vittime) la cambia e molto negativamente per i superstiti. Ma attenzione a mettere semplicisticamente l'acqua sul banco degli accusati.

Comunque il "cambio" può avvenire in due modi: in meglio e in peggio.

Per cominciare è opportuno rispondere ad una domanda apparentemente banale: l'acqua è vita?

La risposta è chiaramente retorica: certamente è vita. Tanto è vero che si usa generalmente dire che non c'è vita sen-

za acqua. E nessuno si azzarderebbe a tentare la colonizzazione di pianeti privi di acqua considerando che in essi "non c'è vita".

Bene. Ma che cosa è? Quanta ce n'è? Dove sta? A che serve? Come la si usa? Che cosa è l'acqua? La risposta più semplice è che è la "cosa" più presente sulla Terra e nel corpo umano ed è un composto costituito da due atomi di idrogeno (H) e uno di ossigeno (O) = H₂O. Quando, e dove, a questo composto si trova aggiunto un 35% circa di cloruro di sodio (NaCl) quell'acqua diventa salata e costituisce i mari e gli oceani. E sono, questi che costituiscono la maggiore presenza dell'acqua sulla Terra. Dal momento che nei quasi tre quarti della superficie terrestre costituiti da acqua il 97% è contenuta in mari e oceani. Il restante 3% è racchiusa nelle calotte polari, nelle acque sotterranee e superficiali, nel terreno e nell'acqua atmosferica.

Ma tutto comincia da una goccia e «Tutti sanno che la goccia diventa una cosa sola con l'oceano, ma non tutti sanno che l'oceano diventa una cosa sola con la goccia». Lo ha scritto la scrittrice statunitense Elizabeth Gilbert, famosa soprattutto per *Mangia, prega, ama – Una donna cerca la felicità* (Rizzoli, 2010) aggiungendo questo suo "ciclo dell'acqua": «Una goccia cade sugli alberi. Accarezzando la foglia, si ferma sul bordo spinta dalla brezza. Altre gocce le si fermano accanto e danzando insieme, si fondono cadendo a terra. Ora le gocce diventano pioggia che si trasforma in rivolo e nel gioco senza fine della vita, si fonde con altri rivoli, diventa ruscello, diventa fiume. Ora il fiume si è gettato nell'oceano, vi si fonde con lui anche se non potrà mai fondersi con la totalità di esso. Non potrà mai conoscerne la sua vastità perché egli ne è solo una parte. La goccia si guarda attorno e si chiede "dove sarà mai l'oceano, io sono solo una piccolissima goccia"».

E, come ha scritto il teologo persiano al-Ghazali (1058-1111): «La felicità della goccia è morire nel fiume». Che, come è noto, finisce nel mare (a volte nel lago).

Insomma se ben il 97% della tanta acqua presente sulla Terra (1.410 milioni di miliardi di metri cubi) è salata molto poca ne resta per gli usi potabili.

Invece no: contrariamente a quanto si creda e si dica, acqua ce n'è; in abbondanza. Ed è tanta da poter soddisfare i bisogni di una popolazione planetaria numerosa come quella attuale e che cresce a ritmi ancora rapidi tendendo a stabilizzarsi, nel secolo, intorno a 10 miliardi di persone.

Le cose stanno così: una piccolissima percentuale della enorme massa d'acqua esistente sulla Terra è costituita da acqua dolce. Si tratta di 40 milioni di miliardi di metri cubi. Questa, però, per 30 milioni di miliardi di metri cubi è “ingabbiata” nei ghiacciai polari. Nel complesso, perciò, l'acqua più o meno immediatamente disponibile per le esigenze umane, animali e vegetali (quella cioè rinvenibile nelle falde sotterranee sino a 750 metri di profondità, nei fiumi e nei laghi) è di circa 4,5 milioni di miliardi di metri cubi. Una quantità che è una percentuale irrisoria del totale dell'acqua esistente sulla Terra, ma che, in termini assoluti costituisce una disponibilità immensa. Si tratta, infatti, di 4.500.000.000.000.000.000 (4.500 seguito da 15 zeri) di litri (4,5 miliardi di miliardi di litri) teoricamente disponibili ogni anno. Poiché si calcola che gli abitanti della Terra sono oggi circa 8 miliardi, una semplice serie di divisioni ci dice che ciascuno di noi dispone quotidianamente di poco meno di 18.000 litri di acqua.

Se si pensa che nelle società più sprecone – l'Italia fra queste – si consumano 400 litri al giorno per abitante, si comprende meglio quali sono le reali dimensioni della questione.

Ma, se le cose stanno così, perché tanta gente muore di sete?

La tradizionale risposta è che ciò avviene perché l'acqua non è equamente distribuita sulla Terra. Quindi la colpa sarebbe della cosiddetta “natura matrigna” che ha dato acqua abbondante ad alcuni e poco o nulla ad altri.

Anche questa risposta non è totalmente esatta. Se si osserva un planisfero e si cerca la distribuzione delle acque superficiali nei vari continenti si vede facilmente che fiumi e laghi di grandi dimensioni e portata esistono dovunque: a Nord come a Sud; nei paesi ricchi e in quelli poveri.

La maggior parte, circa l'80%, è concentrata in alcuni grandi laghi: il Baikal in Siberia, i Grandi Laghi nel Nord America e, in Africa, i laghi Tanganika, Vittoria e Malawi e nei maggiori fiumi: il Rio delle Amazzoni, il Congo, il Mississippi-Missouri.

Se è così perché c'è da sempre una anche bellica contesa per la disponibilità di acqua? E come si usa dire «se le guerre del ventesimo secolo sono state combattute per il petrolio, quelle del ventunesimo avranno come oggetto del contendere l'acqua»?

Perché come risulta dall'annuale rapporto *Progress on drinking water* di Unicef e OMS che al 2019 un terzo degli abitanti della Terra (oltre 2 miliardi di persone) non ha accesso all'acqua potabile buona (*safe drinking water*); e più della metà (oltre 4 miliardi) non ha accesso ai servizi sanitari ed igienici.

Ma se in tutte le occasioni offerte da incontri internazionali nel 1977, nel 1984, nel 2002 e via datando nelle quali si è discusso e si discute del “problema acqua” si sottolinea sempre l'impegno a portarne a chi non ce l'ha, vuol dire proprio che l'acqua c'è e il problema è portarla dovunque.

Se è così il problema non è di ordine naturale, ma umano. E sta nella mancata adduzione dell'acqua. Cioè nel-

la mancanza delle infrastrutture che captano l'acqua, la raccolgono, la potabilizzano e la portano nelle città, nei villaggi, nelle case. Queste infrastrutture le costruiscono gli uomini, non la natura.

Quindi siamo in presenza di un problema di ordine tecnico ed economico e, in quanto tale, più agevolmente risolvibile di quanto lo sarebbe se l'acqua mancasse del tutto. Ma poiché per costruire le infrastrutture occorrono soldi e le infrastrutture mancano prevalentemente nei paesi poveri, il problema si può risolvere solo con interventi dall'esterno. Interventi che alimentano quello che si chiama "affare dell'acqua".

E, dunque, l'acqua ha un costo e si vende. Molte multinazionali – Monsanto, Danone, Pepsi Cola, Coca Cola, Nestlé – avendo fiutato subito l'affare si sono impegnate nell'impresa per realizzare la quale contano tutte sulla privatizzazione della gestione dell'acqua. E lo fanno con il sostegno della Banca Mondiale che pone la privatizzazione a garanzia dei suoi finanziamenti ai paesi nei quali si propone di intervenire.

Tuttavia quanto ho sostenuto sino ad ora circa l'esistenza di acqua abbondante per tutti sulla Terra e che si ricicla anno per anno attraverso quello che si chiama ciclo dell'acqua, ha bisogno di una correzione.

Mi devo correggere perché è vero quanto ho appena ripetuto, ma da qualche anno è soprattutto vero che i dannosi comportamenti che hanno rotto l'equilibrio climatico che la Terra aveva raggiunto e portato abbastanza regolarmente avanti da dodicimila anni, hanno anche compromesso la regolare continuità di questo ciclo.

Lo diceva già il 22 marzo del 2006, sempre in occasione della giornata mondiale dell'acqua, un allarmato e allarmante rapporto delle Nazioni Unite sul progressivo assottigliamento della portata dei maggiori fiumi della Terra.

Proprio con riguardo a quanto prima dicevo circa la grande quantità di acqua esistente dovunque e l'invito ad osservare un planisfero per rendersene conto, un passaggio mi sembra estremamente significativo, dove si dice che: «le cartine dell'atlante non corrispondono più alla realtà. Le vecchie lezioni di geografia, secondo cui i fiumi sgorgavano dalle montagne, ricevevano acqua dagli affluenti e finalmente sfociavano gonfi negli oceani sono ora una finzione».

Dunque quello che mi sembrava un realistico ottimismo circa la disponibilità di acqua dovunque va ridimensionato: acqua ce n'è dovunque, ma dovunque ce n'è sempre meno. E ce n'è sempre meno perché su tutta la Terra è stato enormemente modificato "l'ordine naturale dei fiumi". L'umanità, si legge ancora in quel rapporto dell'ONU che ha immutata validità e ne avrà per molto tempo malgrado gli accordi di Parigi del dicembre 2015 sulla riduzione delle emissioni in atmosfera causa del mutamento climatico, «ha intrapreso un immenso progetto di ingegneria ecologica senza pensare alle conseguenze e al momento senza conoscerle».

Di conseguenza anche il ciclo dell'acqua potrà risentirne.

In poche parole la conclusione può essere che: l'acqua è vita, ma per la sua disponibilità si possono combattere guerre che sono il contrario della vita. Allora torniamo alla domanda: l'acqua è vita?

La risposta non può essere altra che sì. È vita. E sì. Ti cambia la vita.

In peggio perché l'umanità nella sua componente più dissennata ne ha contrastato il suo naturale essere e scorrere provocando alluvioni, frane smottamenti, in una parola amplificando gli effetti del dissesto idrogeologico.

In meglio se si riesce a vincere per tutti la battaglia "per" l'acqua.

Proprio questo aspetto mi ha indotto a titolare così questo intervento.

In realtà, non l'ho dato io ma mi è stato suggerito da uno di quei dolenti e dolorosi messaggi che quasi quotidianamente mi arrivano sulla posta da Save the Children, Medici senza frontiere e molti altri. Quello al quale mi sto riferendo è di Action Aid e comincia così: «Ciao Ugo, hai mai pensato a come cambia la vita di tutti i giorni quando in un paese manca l'acqua? Sono da poco tornato dal Kenya, dall'area di Kajiado, dove ho incontrato famiglie e bambini che ogni giorno vivono affrontando la mancanza d'acqua. Insieme ai colleghi ho visitato alcuni progetti in aree colpite dalla siccità, per vedere come stiamo supportando le comunità ad affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici. Abbiamo trascorso una giornata con le famiglie di un villaggio Masai, pastori nomadi la cui vita dipende dai loro animali. Ci hanno raccontato che la scarsità d'acqua ha effetti particolarmente gravi per loro; i Masai ogni anno perdono molto bestiame che purtroppo non riesce a sopravvivere ai mesi di siccità. Devono spostarsi frequentemente alla ricerca di acqua, con un impatto sui bambini che spesso sono costretti a non frequentare la scuola. Nei villaggi più isolati del Kenya sono le donne ad occuparsi tradizionalmente della raccolta dell'acqua. Mi ha molto colpito vederle percorrere numerosi chilometri sotto il sole per raggiungere pozze di acqua piovana scavate nella terra. Lo fanno più volte a settimana, trasportando in taniche che pesano oltre 10 chili, l'acqua che verrà usata da tutto il villaggio per bere, mangiare, lavarsi. È un'acqua contaminata dagli animali e questo causa gravi rischi per la salute di tutti, soprattutto dei bambini. In Kenya piove generalmente due mesi all'anno, ad aprile e novembre. In questo periodo le pozze da cui molte famiglie attingono l'acqua si stanno prosciugando. Si dovranno aspettare circa tre mesi per avere nuove piogge.

Che fare? La situazione è molto diversa nell'area di Kajiado, nella comunità di Ilooshon, dove abbiamo finalizzato un progetto idrico che sta cambiando la vita di oltre 2000 famiglie! La prima cosa che mi ha colpito arrivando qui è stata vedere lunghe file di donne in attesa di raccogliere l'acqua e, più distante, centinaia di capi di bestiame che si stavano abbeverando. L'acqua arriva qui dalle montagne attraverso un sistema di tubature lungo circa 200 chilometri. Noi di ActionAid abbiamo costruito due cisterne e l'impianto di erogazione. Una cisterna collegata ad un abbeveratoio dà acqua agli animali importantissimi per la sopravvivenza delle famiglie; l'altra, attraverso una pompa e dei rubinetti, fornisce l'acqua a migliaia di persone. Questo progetto idrico è l'unica fonte di acqua non contaminata presente in un territorio vastissimo! Due punti di accesso all'acqua per persone e animali lontani tra loro e vasche in muratura e rubinetti, permettono alle famiglie di avere acqua pulita e garantiscono una maggiore disponibilità idrica rispetto alle pozze di acqua piovana. Il progetto idrico di Ilooshon è un esempio di quello che realizziamo attraverso il sostegno a distanza per rispondere ai problemi più urgenti delle comunità dove lavoriamo, come i cambiamenti climatici e la mancanza di acqua».

Questo mi hanno scritto e seguono ringraziamenti.

Ecco perché ho dato questo titolo. Perché questa realizzazione non è l'unica. Certo è, come dire?, una goccia d'acqua in un pianeta ricco di acqua, ma patrimonio di pochi. Tuttavia ci dimostra come l'acqua può cambiare la vita e come noi che ne abbiamo tanta, la sprechiamo e la inquiniamo potremmo cambiarla a sempre più altri che non ne hanno.

Cambiamenti climatici e ciclo dell'acqua

Antonello Pasini

Alcuni ancora pensano che il riscaldamento globale che stiamo sperimentando negli ultimi decenni significhi che dobbiamo abituarci ad un clima più caldo e che rischiamo giusto di sudare un po' di più. Ma è ovvio che questa è una sensazione molto semplicistica e non supportata dai fatti, perché nella realtà il clima non è definito da una sola variabile (la temperatura), ma anche da altre altrettanto importanti, prima tra tutte la precipitazione nelle sue varie forme (pioggia, neve, grandine, ...). E vedremo diffusamente come il riscaldamento influisca anche sul ciclo dell'acqua nell'intero pianeta, ma in particolare in singole zone di interesse. Inoltre, come impattano sui territori, gli ecosistemi e l'uomo questi cambiamenti di temperatura e di altre variabili? C'è ben altro che non solo sudare un po' di più! Ma andiamo per ordine e iniziamo con alcuni dati di osservazioni e misure che evidenziano lo stato del clima sul pianeta, nel Mediterraneo e in Italia.

Il riscaldamento globale e regionale

Esistono vari centri nel mondo che possiedono un archivio delle temperature su tutte le zone della Terra e ci forniscono stime delle temperature medie globali dalla seconda metà dell'800. Tutte queste serie storiche ci mostrano una leggera ascesa delle temperature

dall'inizio del '900 e una "impennata" più decisa a partire dagli anni '60. Ci riferiamo proprio a quest'ultimo periodo quando parliamo di riscaldamento globale recente.

Negli ultimi cento anni la temperatura media globale alla superficie del pianeta è aumentata di circa 1,1 °C. Ma cosa è accaduto in Italia? Ebbene, qui nello stesso periodo la temperatura è aumentata di circa il doppio. Perché?

Da un punto di vista fisico qualcosa del genere ce lo si poteva aspettare e la ragione risiede proprio in una proprietà fisica. Infatti, quando si fa una media globale, sappiamo che circa i due terzi della superficie del pianeta è formata dall'acqua di oceani e mari, mentre l'Italia è una terra emersa. Questo è importante da considerare, perché l'acqua ha una capacità termica maggiore dei suoli, cioè a parità di energia incidente l'acqua si riscalda di meno, e quindi al passare del tempo si riscalda più lentamente. Ci si può aspettare, dunque, che l'ascesa della temperatura dell'aria (che, ricordo, viene riscaldata dal basso) sui suoli emersi sia più rapida che non sulle acque. Ciò spiega qualitativamente perché le temperature recenti sull'Italia siano aumentate più rapidamente rispetto alla media globale, ma non spiega quantitativamente perché lo siano state addirittura del doppio. Per comprendere questo fatto occorre considerare un altro effetto. Il riscaldamento globale recente non ha portato solo ad un aumento di tempera-

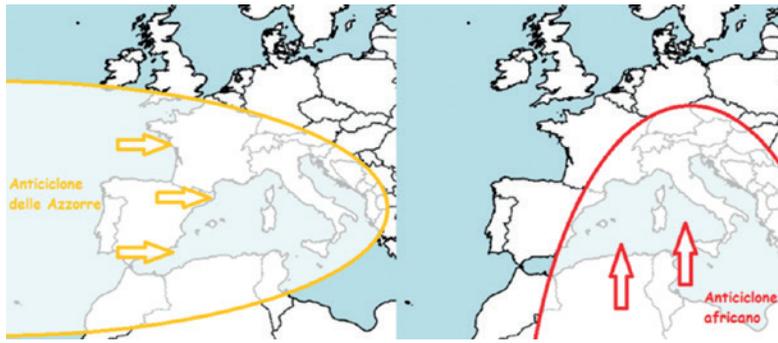


Figura 1. Dall'anticiclone delle Azzorre a quello africano: il cambiamento di circolazione nel Mediterraneo in tempi di riscaldamento globale.

tura media, ma anche della variabilità di questa temperatura, spesso con ondate di calore e cambiamenti nella circolazione dell'aria. Questo fatto è stato particolarmente accentuato nel Mediterraneo, che è considerato un *hot spot*, (un punto caldo, un punto critico) per il riscaldamento. Qui sempre più spesso la circolazione atmosferica da ovest a est, con onde corte e veloci, viene sostituita da una circolazione nella direttrice sud-nord, con onde atmosferiche lunghe e lente. L'effetto più noto di questo cambiamento è la sostituzione dell'anticiclone delle Azzorre con gli anticicloni africani (Figura 1), che sono caratterizzati ovviamente da aria più calda, e che sempre più spesso si inoltrano dall'Africa nel Mediterraneo ed in Italia. Ecco quindi che, una volta considerati questi cambiamenti di circolazione, il dato del riscaldamento doppio dell'Italia rispetto alla media globale viene giustificato quantitativamente.

Gli effetti del riscaldamento globale sul ciclo dell'acqua

Una legge fisica della termodinamica classica (quella di Clausius-Clapeyron) ci dice che aria più calda può contenere più vapore acqueo. Ma le molecole di vapore acqueo sono i "mattoni" con cui si "costruiscono" le nubi, perché queste ultime sono formate da vapore acqueo condensato in acqua liquida o diventato addirittura ghiaccio. In un mondo più caldo, dunque, c'è più materiale per

formare le nubi e quindi per avere anche quantità maggiore di precipitazioni (dalle nubi prima o poi cade la pioggia, o la neve, o la grandine).

Ovviamente questa è una considerazione assolutamente generale, ma la si deve declinare nella specificità delle varie zone del mondo, perché, a causa della circolazione atmosferica e dei suoi cambiamenti sotto la spinta del riscaldamento globale, ci saranno zone in cui poverà di più e altre in cui le precipitazioni saranno meno frequenti: se ad esempio siamo in preda ad un anticiclone africano, possiamo essere certi che in quel periodo non poverà.

Concentrandoci su quanto avviene nella nostra Italia, dobbiamo dire che gli effetti del riscaldamento globale sul ciclo dell'acqua stanno diventando evidenti. Dal punto di vista osservativo, in Italia si riscontra una tendenza ad avere un cambiamento non tanto nella quantità totale di precipitazione annuale, quanto nella distribuzione di queste precipitazioni, con meno giorni di pioggia (o neve, o grandine) ma talvolta maggiore quantità nei singoli giorni. (Caporali et al., 2021, e riferimenti bibliografici ivi citati). Ciò, in sostanza, significa riscontrare meno eventi di precipitazione, ma più intensi. E da quanto scritto in precedenza sui cambiamenti recenti della circolazione nel Mediterraneo si comprende perché ciò possa avvenire. L'ingresso sempre più frequente degli anticicloni africani conduce ad estremizzare il clima in Italia. Da un lato, essi portano caldo e siccità più forti e per più tempo, ma quando si ritirano sull'Africa lasciano la porta aperta a correnti fresche dal nord Atlantico o addirittura fredde dal nord Europa e dall'Artico. In queste ultime condizioni si crea un contrasto termico molto forte tra l'aria più fredda che arriva e quella calda e umida preesistente in loco, con l'ulteriore influenza di suoli e soprattutto mari surriscaldati. Questi ultimi infatti evaporano di più

e forniscono più vapore acqueo all'atmosfera (il "materiale" per formare le nubi); inoltre rilasciano molto calore all'atmosfera, cioè grandi quantità di energia che l'atmosfera stessa non è in grado di trattenere a lungo e che quindi ben presto scarica sui territori con precipitazioni violente e venti forti.

Insomma, nel Mediterraneo ed in Italia grandi ondate di caldo e precipitazioni estreme sono le due facce della stessa medaglia, il riscaldamento globale. In Italia siamo in una sorta di "pungiball climatico": siamo presi a pugni una volta da sud con le ondate di calore e una volta da nord con le precipitazioni estreme. Il fatto, poi, che la circolazione sia sempre più caratterizzata da flussi lungo la direttrice sud-nord e da onde atmosferiche lunghe e lente, porta a far durare di più tutti questi eventi, con un "accumulo" di caldo o di precipitazioni. Entrambe queste condizioni sono molto impattanti per i territori, gli ecosistemi e l'uomo.

Prima di passare a descrivere questi impatti, vorrei sottolineare che è ormai assodato come il riscaldamento globale (e dunque il cambiamento climatico ad esso associato) sia causato dalle azioni umane, in primo luogo per le emissioni di anidride carbonica ed altri gas serra per via delle nostre combustioni fossili, e poi (in misura minore) per il cattivo uso del suolo, soprattutto con la deforestazione e un'agricoltura non sostenibile. Non ho qui modo di approfondire questo tema, che per altro ho già affrontato, introducendo anche il tema dei modelli climatici, e dunque prego di fare riferimento alla bibliografia (Pasini, 2020; IPCC, 2021). Inoltre, i modelli climatici sono in grado anche di darci proiezioni future del riscaldamento globale e dei cambiamenti climatici ad esso associati, a seconda degli scenari socioeconomici e di emissioni che saranno possibili nella prospettiva di azioni umane più o meno orientate alla riduzione delle emissioni stesse.

Impatti climatici sull'Italia

Questi cambiamenti nel ciclo dell'acqua che si riscontrano in Italia portano ad impatti di vario tipo, la cui gravità dipende anche dalla vulnerabilità dei territori, delle attività o delle persone su cui agiscono.

Consideriamo quindi separatamente i diversi eventi estremi cui assistiamo – ondate di caldo e siccità da un lato, eventi di precipitazioni violente dall'altro – e analizziamoli brevemente alla luce di alcune vulnerabilità tipicamente italiane.

Le ondate di calore, associate a temperature molto elevate e assenza di precipitazioni, si sentono particolarmente nelle città medio-grandi, specie in quelle costruite in maniera un po' caotica, cementificando molto e con poca presenza di verde urbano, come è spesso successo in Italia, soprattutto in alcune periferie. Infatti, in queste città si risente del fenomeno dell'isola di calore, per cui la temperatura dell'aria è sempre 3-4 °C più elevata rispetto alle campagne circostanti, a causa della presenza massiccia di asfalto e cemento, che assorbono e riemettono calore in grandi quantità.

In queste città ovviamente si suda di più, ma spesso le ondate di calore sono accompagnate anche da un aumento dell'umidità e in tali condizioni alcuni settori della popolazione, per esempio gli anziani che non hanno un sistema termoregolatore perfettamente efficiente, possono raggiungere la soglia di tolleranza fisiologica a temperatura e umidità, con gravi danni alla salute, danni talvolta fatali. A questo proposito voglio ricordare che la percentuale di popolazione anziana in Italia è tra le più alte del mondo.

Ma è importante sottolineare che non si tratta solo di superare soglie in certi parametri fisici, ma anche la chimica svolge un ruolo importante. Infatti, in condizioni di altissima temperatura e

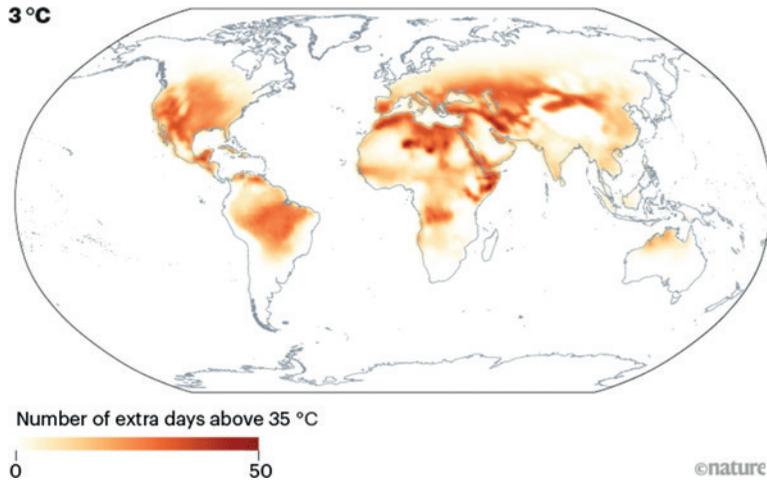


Figura 2. L'aumento del numero di giorni all'anno con temperature massime superiori ai 35 °C in uno scenario con incremento della temperatura media globale di 3 °C rispetto all'epoca preindustriale, che è quello più probabile considerati gli attuali impegni di riduzione a livello internazionale. In questo scenario si avrà un aumento di circa 20 giorni in Italia (© Nature su dati IPCC).

grande soleggiamento, gli inquinanti primari, che vengono emessi ad esempio dai motori a scoppio degli autoveicoli, sono sottoposti a reazioni chimiche con la luce solare e nascono inquinanti che chiamiamo secondari o, appunto, fotochimici. Uno di questi è l'ozono, un inquinante estremamente pericoloso per le vie aeree. In alcune città del mondo, penso a Città del Messico o Los Angeles, i sindaci costringono a dei veri e propri "coprifuochi diurni", imponendo che anziani, bambini, asmatici e cardiopatici non escano di casa nelle ore più calde della giornata, per non respirare l'ozono. Chi fa statistica medica sa infatti che in queste condizioni aumentano le morti premature. In Italia ci stiamo purtroppo avvicinando a queste condizioni di pericolo, soprattutto se le ondate di calore continueranno ad aumentare (una quantificazione di questo aumento in Figura 2).

Negli ultimi anni gli anticiclone africani hanno interessato sempre più non solo la parte centro-meridionale dell'Italia, ma anche il nord. Questo ha creato spesso situazioni di siccità, dovute a poche precipitazioni, sia piovose che nevose. E molti settori ne hanno sofferto.

Il comparto agricolo è stato forse quello più colpito, anche in zone che in precedenza avevano avuto solo problemi più

limitati. Penso alla Pianura Padana, in cui vi sono coltivazioni particolarmente esigenti dal punto di vista idrico, come il mais. Qui abbiamo riscontrato in alcuni anni recenti una produzione diminuita quantitativamente, ma anche qualitativamente, con il mais "attaccato" da aflatoossine che lo hanno reso inutilizzabile per il mercato alimentare umano ed animale: una parte del raccolto risultava tossico e dunque gli agricoltori lo hanno dovuto svendere per produrre *biofuel*, con un'ulteriore perdita di denaro.

Ma dal punto di vista climatico è interessante capire a cosa sia dovuta questa situazione in una zona in cui l'acqua non era una criticità tra le più evidenti. Ebbene, bisogna considerare che le risorse idriche della Pianura Padana dipendono più dalla neve stoccata sulle montagne, da cui partono gli affluenti del Po, che dalla pioggia caduta. Il fatto che oggi nevichi meno, e se nevicca lo fa a quote più alte, influisce sulle risorse. Ma perché avviene tutto ciò?

Sul versante italiano delle Alpi nevica quando le correnti vengono dai quadranti meridionali, l'aria impatta sulle montagne e sale forzatamente sui loro versanti. Ma ora quest'aria è più calda e quindi si alza la cosiddetta quota-neve. Se oggi, in una data situazione meteorologica, rispetto al passato nevica 300 metri più su, è chiaro che quei 300 metri di neve, che ora saranno di pioggia, ce li siamo persi per le risorse idriche. Infatti, la pioggia, soprattutto se è molto intensa, viene assorbita poco dal terreno, e se non viene captata artificialmente in un paio di giorni arriva nel Mar Adriatico. Se fosse stata neve, questa si sarebbe stoccata sulle montagne e con la sua lenta fusione avrebbe dato alla Pianura Padana le risorse idriche per la primavera e per l'estate.

Sull'altra faccia della medaglia vi sono le precipitazioni violente, che spesso si estrinsecano in alluvioni lampo rese gravi anche dalla vulnerabilità del ter-

500 hPa geopotential height and 850 hPa temperature

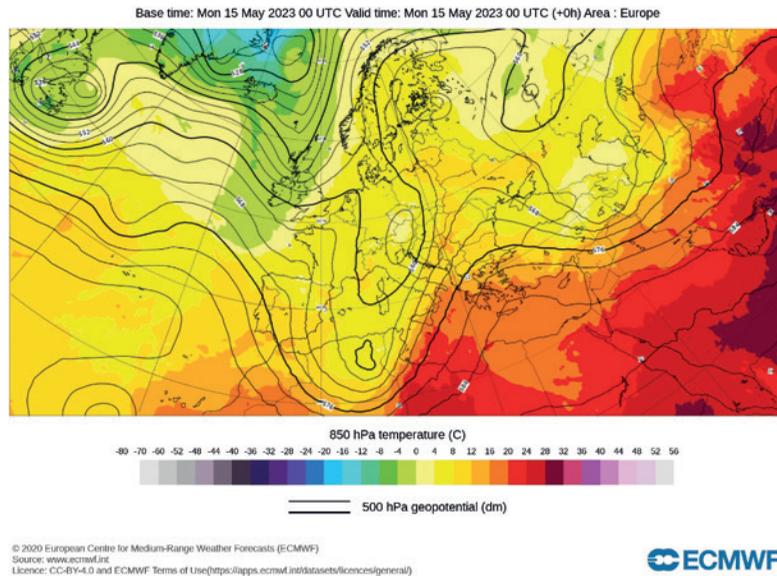


Figura 3. La situazione del 15 maggio 2023 (seconda e più forte ondata dell'alluvione in Romagna). Si nota un afflusso freddo e un'onda atmosferica estremamente elongata nella direzione nord-sud. Ciò ha portato precipitazioni estremamente intense, per il forte contrasto termico, e di lunga durata, perché l'onda era quasi stazionaria e dunque questa situazione si è protratta a lungo sullo stesso territorio (© ECMWF).

ritorio, sia in campagna che in città. Le nostre valli strette con piccoli corsi d'acqua a regime torrentizio portano a piene in tempi rapidissimi, piene che spesso trascinano dal letto dei torrenti e trasportano a valle detriti, alberi e tutto quanto trovano sulla loro strada. Inoltre, le nostre colline sono spesso soggette a frane, che possono ostruire completamente il deflusso dell'acqua con gravi conseguenze. Ancora, l'abbandono delle campagne da un lato e l'antropizzazione dall'altro, magari con una cementificazione-rettificazione dei corsi d'acqua e la loro costrizione entro argini stretti, oppure con l'eccessiva asfaltatura e cementificazione delle città, rendono il territorio più vulnerabile. Ad esempio, in città la quantità di acqua assorbita del terreno è molto bassa e il deflusso in superficie elevatissimo, cosicché le strade diventano spesso dei fiumi in piena che travolgono ogni cosa. In tutto questo ovviamente il fattore di cambiamento climatico conta, eccome. In particolare, ribadisco, contano il surriscaldamento del Mar Mediterraneo, che fornisce vapore acqueo ed energia

all'atmosfera rendendo i fenomeni più intensi, e l'allungamento e il rallentamento (fino al fermarsi per vari giorni sulla stessa zona) delle onde atmosferiche, dovuto al disporsi sempre più frequente della circolazione lungo la direttrice sud-nord, che rendono i fenomeni più prolungati. L'esempio dell'enorme alluvione avvenuta in Romagna del maggio 2023 ricade in questa casistica (si veda la Figura 3).

Ma in Italia avvengono sovente anche fenomeni molto più localizzati, come i temporali violenti con grandine e i tornado. Questi ultimi, in particolare, sono grandi trombe d'aria o trombe marine di cui non esistono statistiche climatologiche molto accurate e quindi non sappiamo se stiano diventando più o meno frequenti. Alcuni studi, però, ne stanno analizzando l'intensità, legandola ai parametri che cambiano in un regime di riscaldamento globale.

Voglio solo citare una ricerca molto significativa cui ho partecipato (Miglietta et al., 2017), in cui si mostra come le caratteristiche di violenza di un tornado che ha colpito Taranto nel novembre 2012 siano dipese criticamente dalla temperatura superficiale del mare, che purtroppo sta continuamente crescendo per via del riscaldamento globale di origine antropica. L'applicazione di un modello ad altissima risoluzione ci ha fatto ricostruire con accuratezza la traiettoria e la virulenza del tornado, in una situazione in cui la temperatura superficiale del Mar Ionio era di almeno 1 °C superiore alla media degli ultimi 20 anni. La sperimentazione modellistica ha mostrato chiaramente come se questa temperatura fosse stata nella media il tornado non si sarebbe formato, mentre con un ulteriore grado di aumento della temperatura superficiale del mare si sarebbe formato e sarebbe stato molto più violento di quello osservato nella realtà. Un chiaro segnale che il riscaldamento globale, se non lo fermiamo,

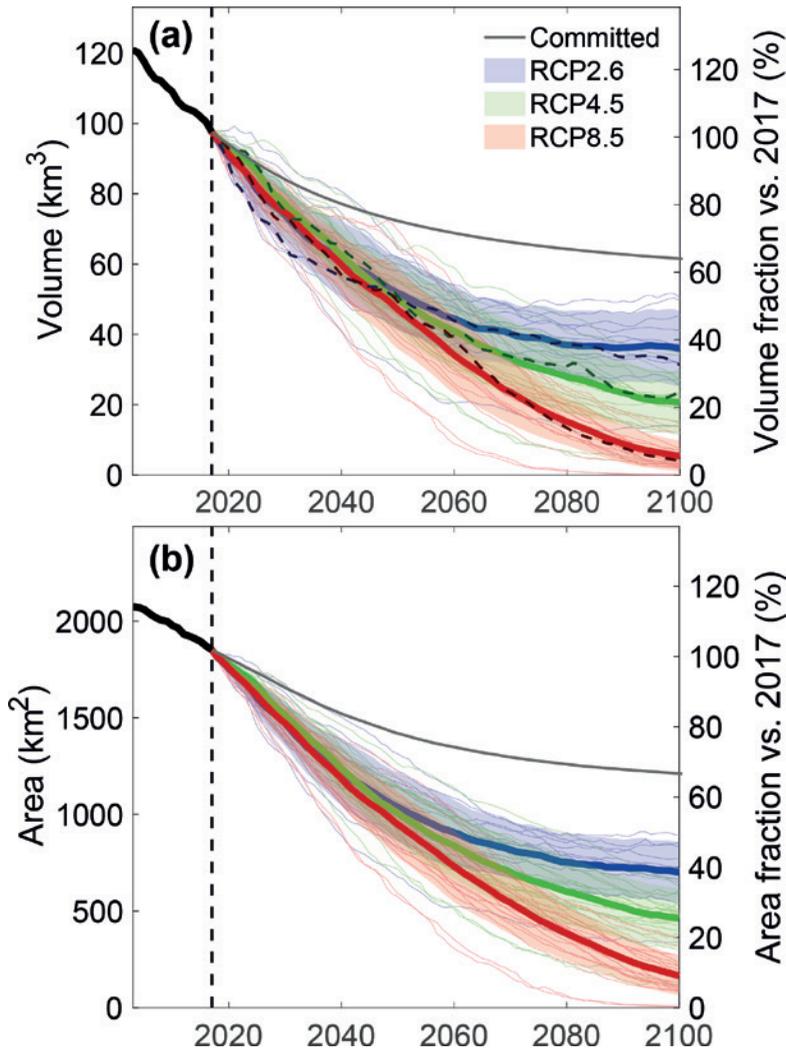


Figura 4. Proiezioni di diminuzione di volume (a) e superficie (b) dei ghiacciai alpini in vari scenari futuri (da Zekollari et al., 2019).

potrà portare a tornado più violenti, almeno in alcune zone costiere italiane. Infine, non si deve credere che gli impatti sul nostro Paese derivino solo dai cambiamenti climatici che si vedono sul nostro territorio. Il cambiamento nel ciclo dell'acqua in zone come la fascia del Sahel – quei dieci Paesi incastonati tra il deserto del Sahara a nord e la foresta pluviale a sud – contribuisce a migrazioni forzate verso l'Italia, migrazioni che potranno aumentare in futuro se le condizioni climatiche saheliene peggiorassero. Per approfondimenti su questo tema si vedano Mastrojeni e Pasini (2020), Pasini e Amendola (2019).

Che fare?

In questa situazione, che fare? Dato che il riscaldamento globale è causato preminentemente dalle nostre azioni, possiamo sicuramente agire su queste cause (ad esempio, riducendo drasticamente emissioni di gas serra e deforestazione) per limitare gli effetti indesiderati: è ciò che chiamiamo “mitigazione”. Ma basta? E i risultati si vedranno subito? A queste domande possiamo rispondere solo considerando una caratteristica della dinamica climatica, la sua “inerzia”.

Per illustrare questo tema voglio fare riferimento come esempio lampante alla dinamica dei ghiacciai alpini, commentando la figura 4, tratta da Zekollari et al. (2019). Nello specifico, questa figura mostra il declino osservato dei ghiacciai alpini dal 2000 al 2017 (linee nere spesse). Dopo il 2017 iniziano le proiezioni dell'andamento di volume ed area in diversi scenari futuri, tra cui quello rosso è il cosiddetto *business as usual*, cioè la situazione in cui non dovessimo fare nulla per ridurre le emissioni di CO₂ ed altri gas serra.

La figura 4 mostra chiaramente una delle caratteristiche delle dinamiche naturali rispetto a quelle umane, cioè la loro relativa lentezza nella risposta alle nostre azioni che porta all'inerzia futura di certi fenomeni. Il fatto è che i nostri ghiacciai stanno rispondendo lentamente al riscaldamento degli ultimi decenni e non sono in equilibrio con la temperatura media che c'è attualmente sulle Alpi: in sostanza, all'equilibrio con la temperatura attuale di ghiaccio ce ne dovrebbe essere di meno. Questo fatto si riverbera su quanto accadrà in futuro: anche se non ci fosse più aumento della temperatura i ghiacciai dovrebbero perdere ulteriore volume e superficie per raggiungere questo equilibrio. È quanto mostrano le linee grigie delle proiezioni, che ci indicano che, se anche la tempe-

ratura media sulle Alpi rimanesse quella di oggi, i nostri ghiacciai perderebbero comunque il 30% circa di volume e superficie nel 2100. Ecco quindi l'inerzia nel fenomeno di fusione dei ghiacciai! E tutto ciò è inevitabile: non pensiamo mai di tornare indietro con la temperatura, ma solo di stabilizzarla. Dunque, a questa situazione dobbiamo adattarci, sia per quanto riguarda le risorse idriche disponibili in futuro e gli impatti sull'agricoltura, sia per il turismo sciistico, ma anche per altri settori. E attenzione! Dobbiamo assolutamente evitare di giungere alla situazione mostrata dalla linea rossa (*business as usual*), perché a quel punto sarebbe difficilissimo adattarsi per tutti quei settori. L'idea, quindi, è quella di gestire l'inevitabile con l'adattamento, ma di evitare l'ingestibile con la mitigazione. E poi effettuare subito sia adattamento che mitigazione, perché anche il riscaldamento globale ha un'inerzia, dovuta al lungo tempo di permanenza della CO₂ che si accumula nel sistema e al surriscaldamento degli oceani. Per fermare il riscaldamento globale si dovranno ridurre fortemente le emissioni, fino ad azzerarle in pochi decenni, per poi vedere i risultati di questa mitigazione. Sulle azioni di adattamento e mitigazione ci sono lavori di negoziato internazionale, importanti ma con risultati di compromesso. Occorre allora agire a tutti i livelli, da quello personale a quello di gruppi che consumino responsabilmente, risparmiando energia e la produca-

no in maniera "pulita", ad esempio con le comunità energetiche e solidali. Infine – ma non è la cosa meno importante – bisogna spingere dal basso sui nostri politici affinché affrontino seriamente questo problema climatico e gestiscano con responsabilità ed efficacia una transizione ecologica ed energetica che oggi è assolutamente necessaria e non più procrastinabile.

Bibliografia

- Caporali E., Lompi M., Pacetti T., Chiarello V., Faticchi S. (2021), A review of studies on observed precipitation trends in Italy, *International Journal of Climatology* 41 (Suppl. 1), E1-E25.
- IPCC (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (V. Masson-Delmotte et al. eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Mastrojeni G., Pasini A. (2020), *Effetto serra, effetto guerra* (nuova edizione), Chiarelettere editore, Milano.
- Miglietta M.M., Mazon J., Motola V., Pasini A. (2017), Effect of a positive sea surface temperature anomaly on a Mediterranean tornadic supercell, *Scientific Reports* 7, 12828.
- Pasini A. (2020), *L'equazione dei disastri. Cambiamenti climatici su territori fragili*, Codice edizioni, Torino.
- Pasini A., Amendola S. (2019), Linear and nonlinear influences of climatic changes on migration flows: A case study for the 'Mediterranean bridge', *Environmental Research Communications* 1, 011005.
- Zekollari H., Huss M., Farinotti D. (2019), Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble, *The Cryosphere*, 13, 1125-1146.

Rischio idraulico e idrogeologico: l'isola di Ischia dall'emergenza a uno sviluppo sostenibile e sicuro

Ivana Navarra

Se l'acqua è un'indiscutibile fonte di vita, allo stesso tempo può diventare causa di distruzione e morte. Inondazioni, piogge torrenziali e, all'estremo opposto, siccità stanno mettendo a dura prova il pianeta. All'origine di questi scenari apocalittici sempre più frequenti non c'è l'acqua in sé ovviamente, ma la furia dei cambiamenti climatici. E, quindi, la distruttiva azione umana sull'ecosistema. Legambiente per la quinta edizione del "Forum Acqua" ha creato un'occasione di incontro e confronto tesa a pianificare politiche per una gestione idrica sostenibile¹. In Italia dal 2010 ad agosto 2023 il 67% degli eventi meteorologici estremi che hanno causato danni ha visto come protagonista l'acqua tra allagamenti, esondazioni, grandinate, siccità prolungata, piogge intense. Sicilia, Lombardia ed Emilia-Romagna le regioni più colpite. Ultimamente nel 2022 l'isola di Ischia. Tra le città spiccano Roma, Milano, Agrigento, Bari e Genova. È necessario investire in tecnologie e impianti innovativi ed efficaci mentre nelle città bisogna attuare una migliore gestione delle acque meteoriche. Serve una *strategia integrata* basata su conoscenza, qualità e integrazione per accelerare la transizione ecologica del-

¹ *Quando l'acqua provoca dei disastri: dalle inondazioni alla siccità*. Voci Globali, associazione di promozione sociale.

la risorsa idrica, rendendo sempre più sostenibile la nostra impronta idrica sulla Terra e per assicurare un corretto adattamento alla crisi climatica".

La pianificazione strategica integrata emerge come elemento determinante nell'Agenda ONU 2030. In questo complesso documento, la pianificazione viene letta in una nuova prospettiva, quella della sostenibilità, vera e propria parola d'ordine del documento e obiettivo per poter garantire uno sviluppo equo e alla portata di tutti, riducendo le diseguaglianze. Sono in particolare due gli obiettivi dell'Agenda che hanno una relazione con la pianificazione: l'11.5 ed il 13.1. L'obiettivo 11.5 richiama anche alla necessità di porre cura nell'evitare per quanto possibile l'impatto delle calamità che possono derivare dall'acqua. Essi legano il concetto di sostenibilità ad un "consumo" moderato del territorio e delle risorse naturali. Questo obiettivo richiama quindi la necessità di gestire i territori preservandoli, in occasione di eventi naturali che, per quanto talvolta violenti ed imprevedibili, amplificano il loro potenziale distruttivo a causa dell'incuria posta dall'uomo nella conservazione del territorio.

Importante è la pianificazione strategica: Processo attraverso il quale i cittadini risolvono collettivamente i loro problemi e affrontano le necessità della società usando il governo come strumento. Attraverso la costruzione di una rete, il coinvolgimento delle comunità.

La pianificazione strategica è quel processo di pianificazione con il quale si fissano gli obiettivi di un sistema. Una pianificazione che guardi al futuro e pensi al territorio in una prospettiva di sviluppo sostenibile da realizzarsi in un periodo di tempo dato e con risorse e tempi definiti è, quasi per definizione, integrata nella misura in cui tutti gli attori coinvolti (siano essi pubblici o privati) portano la propria specifica visione per definirne una collettiva frutto della sintesi di diversi orientamenti e sensibilità.

La riduzione del rischio riveste un ruolo centrale anche nella programmazione 2021-2027 della politica di coesione. L'obiettivo è quello di ridurre l'esposizione della popolazione, delle infrastrutture e delle imprese al rischio promuovendo l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione di tutte le tipologie di rischio e l'aumento della resilienza alle catastrofi, adottando al contempo livelli essenziali di sicurezza in coerenza con l'assetto organizzativo del territorio previsto dal Codice della Protezione Civile. In che modo possiamo ridurre il rischio? Attraverso l'attuazione di misure economiche, strutturali, legali, sociali, sanitarie, culturali, educative, ambientali, tecnologiche, politiche e istituzionali. Mediante la RESILIENZA.

La pianificazione integrata ha trovato nell'ambito dei meccanismi di protezione civile uno dei settori nei quali ha potuto dimostrare al meglio le proprie possibilità. Già la definizione mette in atto che la PROTEZIONE CIVILE è un sistema che per ottenere i suoi obiettivi (la tutela dell'integrità della vita, dei beni degli insediamenti e dell'ambiente dai danni ambientali e dalle calamità) ha necessità di una collaborazione tra una molteplicità di soggetti. Gli obiettivi del meccanismo sono due; migliorare la capacità di risposta rapida ed efficace in occasione di eventi calamitosi è senza dubbio ciò che ci si aspetta da un

sistema di protezione civile ed in molte occasioni questo obiettivo ha dimostrato tutte le sue potenzialità. Tuttavia, connesso a questo, c'è anche quello di creare una cultura della prevenzione che significa anche poter operare in un ambito di tutela del territorio, in particolare quello esposto a particolari fragilità ambientali. Così, anche il sistema di pianificazione della protezione civile si orienta, per raggiungere questo obiettivo, nel sostegno ad uno sviluppo che sia sostenibile anche rispetto all'ambiente, nella consapevolezza che se alcune catastrofi sono imprevedibili e inevitabili, altre sono in qualche modo causate dall'azione dell'uomo, che se non contribuisce a crearle direttamente, certamente ne amplifica la forza distruttiva. Il meccanismo di protezione civile opera in un'ottica di sostenibilità: a livello europeo, tale meccanismo orienta l'attività in emergenza a sostegno degli stati nazionali che non dovessero essere in grado di fronteggiare da soli l'emergenza o nella partecipazione a missioni fuori dai confini UE in occasione di catastrofi. Nel nostro Paese, il sistema di protezione civile ha trovato una sua sistematizzazione prima nel 1992 e poi recentemente con due documenti normativi importanti. Il primo è il Codice di protezione civile, introdotto con il decreto legislativo n. 1 del 2018 che attualizza la precedente norma e la rende più aderente al quadro internazionale e strutturalmente più efficace nel proporre una risposta alle emergenze. Il secondo documento è rappresentato dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 30 aprile 2021, la cosiddetta "Direttiva piani", che dà indicazioni sulle modalità con le quali il Dipartimento della protezione civile e gli enti locali devono impostare la pianificazione, definendo una struttura di piano omogenea, in grado di rispondere ai criteri di integrazione in una prospettiva di sussidiarietà. Quello che emerge è che il sistema di

protezione civile ha caratteristiche di complessità che derivano dalla necessità – non solo nelle emergenze – di integrare le capacità e le competenze di tutti. Le strutture centrali e periferiche dello stato (a partire dai sindaci, primi responsabili delle attività di soccorso in caso di calamità), le forze armate e i vigili del fuoco, gli enti di ricerca – importantissimi, perché l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia o gli altri hub di ricerca nazionali e internazionali possono offrire know-how scientifico e tecnologico non solo per rispondere alle emergenze, ma anche per strutturare una pianificazione sostenibile sui territori e sempre più efficace nella sua applicazione – ed infine (ma non meno importanti) le strutture di volontariato: tutti questi enti sono messi in condizione dalla normativa di sviluppare una forte integrazione per l'intervento sul territorio.

È possibile approfondire queste tematiche analizzando l'isola di Ischia per le sue caratteristiche: è un'isola abitata da circa 62.000 persone, che però in alcuni periodi dell'anno arriva a ricevere oltre 200.000 persone tra residenti e turisti. Si tratta di un carico endemico enorme per un ecosistema delicato come quello dell'isola e che quindi comporta una serie di conseguenze importanti. L'isola vulcanica di Ischia rappresenta una sfida per quanto riguarda l'analisi dei rischi e la pianificazione della gestione dei rischi. Su soli 46 kmq. in superficie sono presenti tutti i pericoli naturali immaginabili, quindi la gestione dei rischi e la protezione civile sono di per sé incubi logistici; Anche dal punto di vista politico le cose non vanno meglio: i sei comuni dell'isola sono molto gelosi della loro autonomia (un referendum per creare un comune unico non ha raggiunto il quorum) e da soli non sembrano in grado di offrire soluzioni ad alcuni dei problemi che affliggono Ischia: l'abusivismo cronico e profondo, un consumo

del suolo a tratti indiscriminato, la difficoltà ad affrontare i temi più sensibili dell'inquinamento e soprattutto della crisi energetica, particolarmente forti nell'isola.

Le crisi ambientali non possono essere previste; tuttavia i loro effetti dipendono non solo dalla loro violenza intrinseca, ma anche dall'azione dell'uomo. Questi elementi sono stati molto evidenti per quanto riguarda Ischia: i due gravi disastri ambientali degli ultimi anni (il devastante terremoto dell'agosto del 2017 e la frana del novembre 2022) hanno dimostrato come l'azione dell'uomo possa aggravare i danni della forza della natura. I danni sono stati enormi (si stima che la ricostruzione dell'isola comporterà costi per oltre un miliardo di euro): anche a causa di un patrimonio edilizio reso fragile dall'abusivismo e per un consumo di suolo che ha reso il territorio particolarmente esposto al rischio idrogeologico.

Eppure, il sistema di intervento ha funzionato: la risposta sinergica degli attori ha effettivamente funzionato. Ora però si tratta di pianificare, coordinarsi e agire in maniera consapevole – FARE UNA VALUTAZIONE MULTIRISCHIO. Considerando l'isola un unicum geomorfologico. Attraverso la redazione di un piano coordinato di protezione civile.

Ma cos'è un piano di protezione civile? Il Piano di Protezione Civile, secondo quanto previsto dall'articolo 18 del D.lg. n. 1/2018 e dalla recente Direttiva PCM del 30 aprile 2021 (Direttiva Piani), è l'attività di prevenzione non strutturale, svolta congiuntamente da tutte le amministrazioni ai diversi livelli territoriali, basata sull'insieme delle procedure operative di intervento finalizzate a fronteggiare una qualsiasi calamità attesa in un determinato territorio e a coordinare gli interventi di soccorso a tutela della popolazione e dei beni in un'area a rischio.

La Direttiva Piani definisce i principali

contenuti attraverso una struttura di riferimento per la redazione del Piano, che comprende:

- l'introduzione;
- l'inquadramento del territorio, nella quale vengono riportate le principali informazioni sugli elementi caratterizzanti l'assetto fisico del territorio, il regime meteo climatico, l'insediamento antropico e la dotazione infrastrutturale;
- l'individuazione dei rischi e definizione dei relativi scenari, accompagnata da cartografia esplicativa, e un'attività valutativa relativamente agli effetti che possono essere determinati sull'uomo, sui beni, sugli insediamenti, sugli animali e sull'ambiente;
- il modello di intervento, contenente l'organizzazione della struttura di protezione civile, gli elementi strategici operativi della pianificazione di protezione civile e le procedure operative;
- l'informazione e la comunicazione alla popolazione, riguardanti i rischi presenti sul territorio, i comportamenti da seguire prima, durante e dopo un evento, i punti di informazione, le aree di attesa e i centri di assistenza, le modalità di allerta, di allarme e di allontanamento, le indicazioni sulla viabilità e i numeri utili. Per l'applicazione del modello

di intervento, la Direttiva individua una serie di elementi strategici operativi, che rappresentano gli aspetti organizzativi e le componenti fisiche necessarie. È un documento in continuo aggiornamento, che deve tener conto dell'evoluzione dell'assetto territoriale e delle variazioni negli scenari attesi. Anche le esercitazioni contribuiscono all'aggiornamento del piano perché ne convalidano i contenuti e valutano le capacità operative e gestionali del personale. La formazione aiuta, infatti, il personale che sarà impiegato in emergenza a familiarizzare con le responsabilità e le mansioni che deve svolgere in emergenza.

Un piano deve essere sufficientemente flessibile per essere utilizzato in tutte le emergenze, incluse quelle impreviste, e semplice in modo da divenire rapidamente operativo.

Riguardo ai rischi legati all'acqua, essi stanno aumentando di frequenza e intensità a causa dell'alterazione del clima. Il bilancio umano ed economico è stato evidenziato con tragici effetti dalle piogge torrenziali, dalle inondazioni devastanti e dalla perdita di vite umane. L'alluvione è l'allagamento di un'area dove normalmente non c'è acqua. Ha origine prevalentemente da piogge abbondanti o prolungate che possono avere effetti significativi sulla portata di fiumi, torrenti, canali e reti fognarie. Il rischio alluvione è molto diffuso in Italia, con conseguenze più gravi nei centri urbani. In questi luoghi non solo è maggiore la concentrazione di persone, strutture e infrastrutture, ma spesso l'attività umana modifica il territorio aumentando la pericolosità.

Conoscere un fenomeno è il primo passo per imparare ad affrontarlo nel modo più corretto e a difendersi da eventuali pericoli.

Sapere se la zona in cui si vive e si lavora è a rischio alluvione aiuta a prevenire e



affrontare meglio le situazioni di emergenza. Grazie al sito <https://www.iononrischio.gov.it/> utilissimo per informarsi sui rischi e sapere cosa fare in caso di pericolo, possiamo avere conoscenze più approfondite e sapere cosa fare in caso di pericolo.

La lezione appresa durante l'emergenza potrebbe avere importanti effetti nella costruzione di un sistema di pianificazione strategica integrata non solo lega-

tamento delle acque reflue e la scarsa valorizzazione del patrimonio culturale lasciano intravedere grandi possibilità di crescita. Per farlo, tuttavia, è importante rafforzare la governance, decisiva per lo sviluppo di una progettualità partecipata e integrata in grado di migliorare l'offerta di servizi e la qualità della vita dei cittadini. Sapendo che i problemi cronici di Ischia (il localismo portato all'eccesso, una certa resistenza alla modernizzazione, il dissesto idrogeologico, l'abusivismo sono minacce pesanti al concreto sviluppo dell'isola. Eppure, e siamo alle conclusioni, i tempi possono essere maturi. L'importanza della pianificazione come approccio al governo del territorio sembra entrata nella comprensione degli amministratori locali, così come la consapevolezza che la salvaguardia dell'isola passa anche attraverso un suo sviluppo sostenibile rispetto al territorio. Le tragiche esperienze delle due catastrofi sembrano aver prodotto una nuova linea di riflessione tra gli amministratori locali (3 dei quali hanno rinnovato o realizzato i loro piani all'indomani del terremoto del 2017). I piani di protezione civile sono quindi diventati uno strumento con il quale essi hanno familiarità. Tuttavia, manca ancora qualcosa: manca l'integrazione. Il sistema (ma ad onor del vero non è solo un problema di Ischia) non sembra aver ancora raggiunto la maturità per procedere verso una leadership istituzionale in grado non solo di superare il localismo, ma soprattutto di far fare il salto di qualità alla governance dell'isola.

Questa è la nuova sfida.

Diagramma SWOT



ta all'emergenza, ma anche allo sviluppo del territorio. Il diagramma SWOT consente di apprezzare i tanti punti di forza di Ischia (un grande senso identitario, la presenza di un'agricoltura di qualità, di un settore idrico di grande spessore, di un patrimonio artistico di primo livello e distribuito su tutto il territorio), ma anche di dover fronteggiare le debolezze intrinseche dell'isola: il tessuto politico frammentato, la difficoltà per le piccole e medie imprese di lavorare in modo coordinato, la cronica carenza di infrastrutture e di servizi (a cominciare dalla mancanza di strutture per il trat-

Acque termali: una risorsa ancora da scoprire

Marco Guida

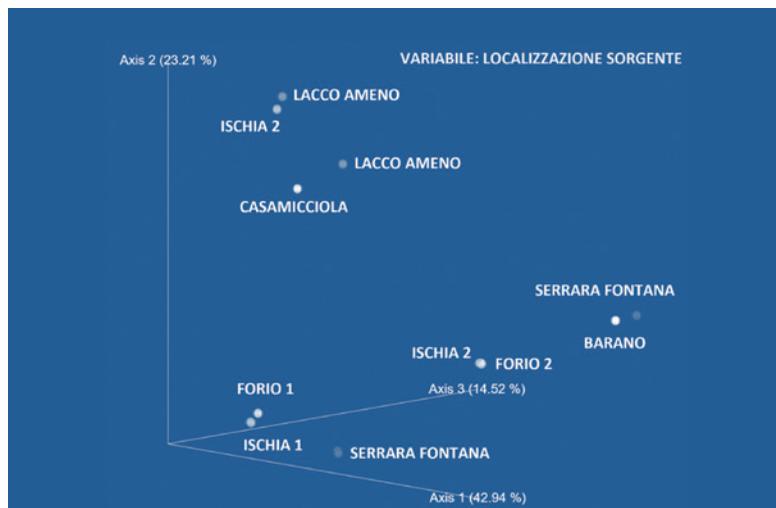
All'acqua termale è riconosciuta per legge efficacia terapeutica, rafforzata negli ultimi anni dal rinnovato interesse scientifico volto all'utilizzo delle terapie termali quale metodo di cura naturale e non invasivo. Era il 1828 quando sono iniziate le ricerche analitiche sulle acque del sottosuolo in virtù degli scritti che, nei secoli, hanno messo in risalto i benefici curativi delle acque termominerali sull'uomo, sebbene gli effetti benefici empiricamente hanno origine da civiltà ancora più antiche (ad esempio, il concetto di *Salus Per Aquam* degli antichi Romani). Le cure termali, anche grazie a studi clinici osservazionali, sono state dimostrate efficaci su molteplici malattie, tanto che il Servizio Sanitario Nazionale ha stilato una lista di quelle che possono trarne beneficio. La pandemia da COVID-19 ha inoltre evidenziato l'importanza della medicina personalizzata nella prevenzione delle patologie, puntando anche alle terapie idrotermali, mirando a rafforzare il sistema immunitario. Ciononostante, non sono disponibili studi volti a dimostrare l'efficacia terapeutica dell'acqua termali, attraverso l'analisi dei meccanismi d'azione delle sue componenti biologiche, e fisico-chimiche. L'isola d'Ischia raccoglie circa il 70% di tutte le strutture termali della Regione Campania. Si tratta nella maggior parte dei casi di microstrutture, pertinenza di strutture alberghiere. Analizzando i dati su arrivi e presenze nei comuni

termali, al primo posto c'è Napoli (51% degli arrivi e 35% delle presenze), seguito dall'isola d'Ischia (28% arrivi e 49% presenze). L'isola vulcanica d'Ischia rappresenta uno dei pochi casi al mondo in cui vi è un'altissima concentrazione di prelievi di acque sotterranee utilizzate per la salute, il benessere e il turismo ricreativo. Ciò è dovuto alla presenza di un sistema idrotermale attivo che dà origine a un'ampia varietà di acque sotterranee, molto diverse per composizione chimica (dalle acque bicarbonatate di calcio alle acque alcali-clorurate), salinità (da 1 a 42 g/L) e temperatura (da 13 a 90 °C). Sono presenti circa 264 punti di prelievo delle acque sotterranee (244 pozzi e 20 sorgenti), distribuiti su un'area di circa 20 km², principalmente in prossimità della costa, che forniscono terme e strutture turistiche. In condizioni naturali, il sistema idrogeologico dell'isola è principalmente ricaricato dalle precipitazioni e dai fluidi profondi. I Laboratori di Igiene del Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II, hanno realizzato uno studio mirato alla caratterizzazione del microbiota di un campione di sorgenti site nel bacino idrotermale dell'isola d'Ischia. La ricerca, condotta tra settembre ed ottobre 2021, ha coinvolto 8 strutture, localizzate nei 6 comuni dell'isola: sono state analizzate 15 sorgenti termali con differenti caratteristiche in termini di profondità, temperatura, geolocalizzazione. Il microbiota è stato caratte-

Figura 1. Campionamento di acqua termale da uno dei punti identificati per il monitoraggio del microbiota.



Figura 2. Valutazione dell'associazione tra i dati del microbiota delle sorgenti termali, mediante l'analisi delle componenti principali, considerando come metadato la localizzazione.



con proprietà antiossidanti. Altri studi associano a tali microorganismi proprietà antinfiammatorie e antimicrobiche. *Halomonas* sp., tra i principali produttori di polisaccaridi extracellulari (EPS), hanno proprietà antimicrobiche e antinfiammatorie, e attività antiossidante dose-dipendente. Tale genere è abbondante nelle sorgenti termali di Lacco Ameno. *Sphingobium* sp., isolato dalle sorgenti di Forio, producono composti antimicrobici che inibiscono la crescita di alcuni microbi patogeni comuni; altri ceppi sono in grado di produrre carotenoidi, come la zeaxantina, che possono fungere da antiossidanti integrati nella membrana, proteggendo le cellule dallo stress ossidativo, e mostrano anche proprietà antinfiammatorie.

L'analisi metagenomica dei dati, mediante l'associazione di dati chimici, fisici e microbiologici, ha permesso di generare fingerprint del microbiota delle differenti fonti. Disponendo delle differenti composizioni di ogni sorgente a livello di specie batterica è stato possibile, attraverso il confronto con studi simili, associare a ciascuna fonte specifiche proprietà benefiche nei confronti della salute umana. Il metaboloma batterico, ossia il prodotto dei batteri delle acque termali, è infatti il principale responsabile dell'azione antibatterica, antiinfiammatoria, immunomodulatrice di tali sorgenti.

L'importanza di tale studio risiede nella possibilità di stabilire, con successivi studi clinici, i benefici specifici delle singole fonti sulle differenti patologie in base alla composizione biomolecolare, e potrebbe permettere di indirizzare i pazienti, impiegando approcci di personalized medicine, verso una specifica struttura termale le cui caratteristiche a livello di microbiota e metaboloma possano essere in grado di avere un'azione preventiva e curativa nei confronti di specifiche malattie.

Sorgenti isolane: un possibile contributo al nostro fabbisogno idrico?

Federica Carraturo

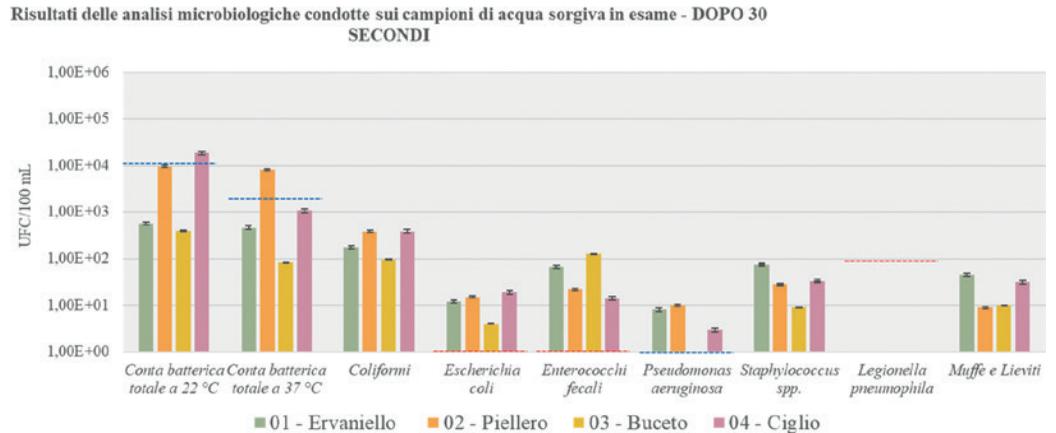
Il territorio italiano è ricco di sorgenti idro-potabili, ed a livello mondiale la sua peculiare morfologia porta a considerarlo patrimonio delle acque sorgive tra i più significativi in termini di numerosità di sorgenti e di diversità e qualità di tali risorse.

Lo scopo dello studio è stato quello di valutare i requisiti di potabilità delle principali sorgenti d'acqua sorgiva, non termale, localizzate sull'isola d'Ischia (Napoli, Regione Campania). L'intera isola è caratterizzata da un corso di acqua potabile ed è ricca di sorgenti naturali. Ciononostante, la letteratura più aggiornata in merito risale alla fine del 1800: lo studio più completo riporta che le sorgenti perenni presenti sull'isola sarebbero in grado di soddisfare i bisogni di una popolazione di 28 mila abitanti, fornendo non meno di 1800 metri cubi di acqua al giorno. La verifica della potabilità delle sorgenti idriche isolane aprirebbe pertanto alla possibilità di disporre di fonti di approvvigionamento interne, complementari a quelle erogate dalla terraferma.

L'approccio metodologico della ricerca ha coinvolto sia le analisi colturali richieste dalle linee guida internazionali, che metodi molecolari di vecchia e nuova generazione (sequenziamento Sanger e Next Generation Sequencing), le quali permettono di facilitare gli strumenti di caratterizzazione e gestione del rischio. Oltre ad analisi microbiologiche e molecolari, i campioni sono stati sottoposti

anche ad analisi chimiche e valutazioni ecotossicologiche (mediante saggi con *Daphnia magna* e *Aliivibrio fischeri*). La possibilità di affiancare alle metodologie richieste dal nuovo D. Lgs. 18/2023 anche tecnologie molecolari avanzate e studi metagenomici, ha permesso di approfondire l'analisi del rischio microbiologico al fine di applicare le più adeguate strategie di prevenzione del rischio per la salute legate al consumo di tali acque da parte della popolazione. Il monitoraggio ha permesso di evidenziare la presenza, poco oltre i limiti previsti dal D. Lgs. 18/2023 e dalla Direttiva (UE) 2184/2020, di *Escherichia coli* ed Enterococchi fecali in quasi tutte le fonti esaminate, come riportato nelle figure 1 e 2: il dato conferma le ipotesi iniziali dello studio, considerando l'assenza di sistemi di trattamento delle acque nella fase precedente alla distribuzione. Il basso riscontro di tali indicatori di contaminazione apre tuttavia alla possibilità di impiegare blandi trattamenti di potabilizzazione. Per quanto attiene ai parametri chimici, nonostante alcuni parametri risultino al di sopra dei limiti previsti dal D. Lgs. 18/2023, la deroga per determinati parametri chimici (in particolare, arsenico, cloruri, conducibilità elettrica, fluoruri e solfato) prevista dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania, consentirebbe di considerare tali sorgenti come potabili, considerando altresì che, essendo localizzate in un bacino idrotermale,

Figura 1.
Risultati analisi microbiologiche dell'acqua prelevata alla distribuzione dopo 30 secondi espressi in UFC/100 mL. In azzurro, Limiti D.Lgs.31/2001; in rosso: Limiti D.Lgs.18/2023.



il superamento dei limiti chimici per specifici parametri nelle fonti in esame potrebbe essere riconducibile ad eventuali collegamenti alle sorgenti termali sotterranee. Anche dal punto di vista ecotossicologico è confermato il giudizio di potabilità per le sorgenti oggetto dello studio.

Per quanto riguarda il superamento dei limiti microbiologici, l'articolo 80, Parte III, del D. Lgs. 152/2006, sancisce che nel caso in cui determinati parametri indicatori come “*Escherichia coli*” ed “*Enterococchi fecali*” non superino valori di 100 UFC/100 mL, sia consentita l'applicazione di blandi trattamenti di potabilizzazione previsti dalla prima categoria – A1 – anche sulla base delle necessità delle maestranze e di ciascun ente incaricato alla gestione di ciascuna fonte.

Le analisi di microbiologia molecolare hanno permesso la caratterizzazione del microbiota delle acque sorgive. I dati raccolti sono stati associati con i risultati microbiologici, chimici ed ecotossicologici mediante analisi di metagenomica. L'analisi molecolare di vecchia generazione ha permesso di stabilire che la composizione del microbiota alla distribuzione è dovuto principalmente a ceppi di *Acinetobacter* spp., *Enterococcus* spp. (a conferma del riscontro microbiologico degli Enterococchi fecali), *Micrococcus* spp., *Pseudomonas*

spp., *Escherichia coli*, *Aeromonas* spp. e *Citrobacter* spp. I risultati del sequenziamento Sanger sono stati in gran parte confermati dai riscontri del Next Generation Sequencing, i cui generi predominanti per la maggior parte delle sorgenti sono risultati *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Pseudomonas* spp. ed *Enterococcus* spp. È presumibile che la presenza di potenziali patogeni alla distribuzione e non alla fonte sia dovuto ad una contaminazione (ad esempio, formazione di biofilm), a livello delle tubature: trattamenti di manutenzione periodici ridurrebbero sostanzialmente tale rischio.

È essenziale rimarcare che molteplici target dell'Obiettivo 6 dell'Agenda 2030 dell'ONU sono finalizzati al miglioramento della qualità tramite una gestione integrata delle risorse idriche, consentendo a tutti i cittadini un accesso ad acque potabili e sicure.

Trattamenti di potabilizzazione di tali fonti sarebbero essenziali per migliorare le strategie di approvvigionamento idrico dell'isola d'Ischia che, recependo acque potabili dalla terraferma, è facilmente soggetta a frequenti guasti alla rete idrica, con conseguenti interruzioni dell'erogazione, e periodica carenza di acqua potabile. Questo può rappresentare un problema notevole soprattutto nelle stagioni estive, dove il massivo aumento dell'income turistico porta al rad-

Principal Component Analysis utile all'associazione dei risultati dell'NGS con i metadati microbiologici, chimico-fisici ed ecotossicologici ottenuti dalle sorgenti di acqua destinata al consumo umano presenti sull'isola d'Ischia (Biplot; Assi F1+F2: 76,9

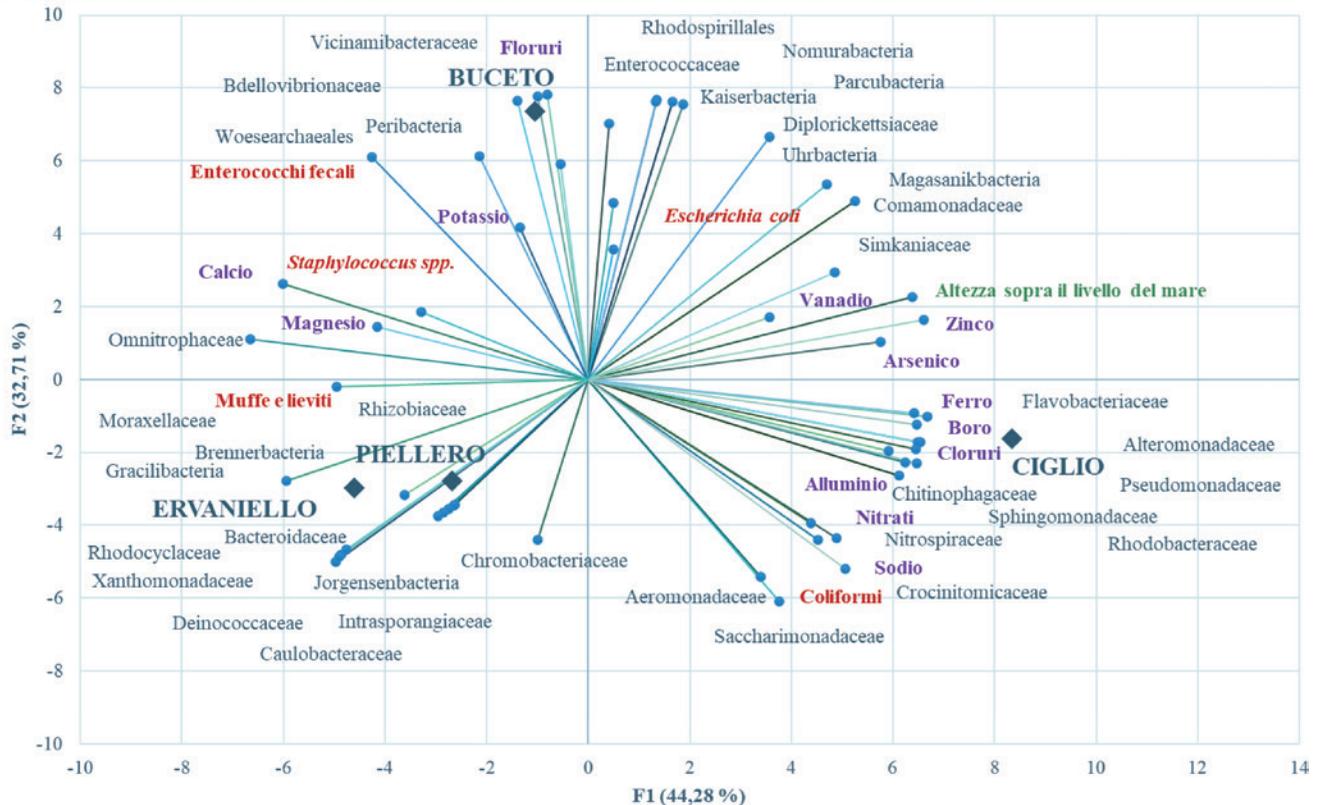


Figura 2. Principal component analysis (PCA) attraverso cui sono stati associati i risultati della Next Generation Sequencing con i metadati chimico-fisici e microbiologici. Per una migliore comprensione, i campioni sono indicati in blu, i dati chimici in viola, i dati microbiologici in rosso.

doppio della popolazione sull'isola. In un territorio come quello di Ischia, dunque, il concetto di economia circolare assume notevole importanza soprattutto nell'ottica di una più adeguata gestione delle risorse del territorio: le strategie di potabilizzazione delle sorgenti idropotabili interne, anche secondo quanto

previsto dai Water Safety Plan (WSP, o Piano di Sicurezza delle Acque) richiesti dalla Direttiva (UE) 2184/2020, ridurrebbe il rischio sanitario per i cittadini e aumenterebbe la disponibilità idrica a sostegno del territorio isolano.

Ambienti acquatici, inquinamento e biomonitoraggio

Ida Ferrandino

Gli ambienti acquatici costituiscono la parte più estesa della biosfera e rappresentano una risorsa essenziale per la vita caratterizzando una molteplicità di ecosistemi. Ogni ecosistema si distingue per una propria biodiversità, insieme delle specie animali e vegetali che lo popolano e che interagiscono anche con l'ambiente che li circonda e da cui dipendono. Per cogliere però il ruolo ecologico di queste "unità naturali" bisogna sottolineare che in un ecosistema non sono importanti solo gli elementi, biotici ed abiotici, che lo compongono ma anche i rapporti che li legano e per essere tutti, direttamente o indirettamente, tanto dipendenti dagli altri [1]. Dalle interazioni fra gli organismi e l'ambiente si realizza un sistema stabile in grado di fornire un'elevata quantità di benefici anche a favore dell'uomo, i cosiddetti servizi ecosistemici [2]. Gli ecosistemi si caratterizzano anche per essere interconnessi con altri ecosistemi. Si tratta di sistemi aperti caratterizzati da flussi di energia e tendono a raggiungere e a mantenere nel tempo un equilibrio dinamico [1, 2]. Maggiore è la ricchezza di biodiversità all'interno di un sistema, maggiore è la sua adattabilità alle variazioni. La perdita di biodiversità causa una sempre maggiore fragilità dell'ecosistema stesso e perdita delle sue funzioni. Tutti gli organismi, dalle forme più semplici a quelle più

complesse, dipendono dalle caratteristiche fisiche e chimiche dell'ambiente in cui si sviluppano, vivono e si riproducono. Alterazioni della componente abiotica possono indurre così serie ripercussioni sull'espressione di quella biotica e l'intero sistema diventa sempre più debole. Lo stress maggiore per questi sistemi è da ricondurre principalmente alle attività dell'uomo che continuano ad incidere sull'ambiente soprattutto attraverso l'immissione di numerose sostanze inquinanti nei suoli, come anche nelle acque e nell'aria. Il progresso ci ha posto di fronte a problematiche ambientali di non facile risoluzione. Per la tutela della biodiversità e salvaguardia dell'ambiente da tempo sono state già emanate una serie di normative internazionali così come l'UE ha proposto diverse strategie di intervento per il 2030 [3] a cui si rifà anche l'Italia come stato membro. A riguardo inoltre nel 2022 in Italia è stata introdotta una modifica all'articolo 9 della nostra Costituzione con l'integrazione a sostegno della tutela ambientale, della biodiversità e degli ecosistemi: «La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali».

Ecosistemi acquatici

L'acqua copre il 71% della crosta terrestre e caratterizza ecosistemi acquatici riconducibili a due principali raggruppamenti, marini e di acqua dolce [4]. Gli ecosistemi marini rappresentano la componente acquatica più diffusa, si differenziano in ecosistemi costieri, di mare aperto e degli oceani e rappresentano il 97% di tutta l'acqua, ricca di sali e non potabile. Solo il 3% dell'acqua rimanente è dolce. Di questa però i 2/3 si trova in forma solida nei ghiacciai e la restante quota è riconducibile ad ecosistemi "lotici", caratterizzati da acque in movimento come fiumi e ruscelli, ecosistemi "lenticci", costituiti da acque ferme quali laghi e stagni, ed ecosistemi delle "zone umide" o aree alluvionali quali acquitrini e torbiere [1, 4]. Il contenuto salino delle acque dolci è molto basso ma queste possono essere considerate potabili solo se rispecchiano tutti i parametri indicati nella normativa sulla qualità delle acque destinate al consumo umano (Decreto legislativo 23 febbraio 2023 n. 18). L'acqua è una risorsa fondamentale per ogni singolo organismo e per l'intero pianeta. Gli ecosistemi acquatici si caratterizzano per habitat variegati e popolati da numerose e diverse specie di animali e vegetali. Essi offrono servizi fondamentali sia a livello globale, come mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici o regolare fenomeni idrogeologici, che pubblico, offrendo agli abitanti di un determinato territorio benefici insostituibili, diretti o indiretti e spesso risultato di una co-evoluzione tra processi naturali ed attività socio-culturali [2]. Lo stato degli ambienti acquatici è purtroppo oggi in grave sofferenza, fortemente compromesso per le continue pressioni esercitate dall'incremento delle attività antropiche. La non corretta gestione delle risorse idriche, l'inquinamento dovuto alle attività industriali e per il riversa-

mento di scarichi urbani, i cambiamenti climatici e la diffusione di specie aliene stanno mettendo a dura prova tutti gli ecosistemi acquatici sia essi marini che di acque dolci [4, 5]. Diverse sono le normative nazionali e internazionali emanate ad oggi per proteggere e recuperare le risorse idriche, tra cui la direttiva quadro sulle acque dell'Unione europea (WFD, direttiva 2000/60/CE) e la direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD, direttiva 2008/56/CE). Rimane l'obiettivo di riuscire a conciliare l'uso dell'acqua senza comprometterne la biodiversità ed i processi annessi.

Inquinamento

L'inquinamento è tra le cause principali dello stato di sofferenza degli ecosistemi acquatici con gravi ripercussioni sulla biodiversità animale e vegetale e sulla salute umana. Sono tossiche, o inquinanti, tutte quelle sostanze in grado di modificare le caratteristiche originarie dell'acqua rendendola inadatta allo scopo a cui era destinata, rendendola pericolosa per la salute umana, per gli organismi esposti e per l'intero sistema ecologico. L'inquinamento degli ambienti acquatici è conseguenza dello sversamento, diretto o indiretto, di sostanze tossiche, inorganiche o organiche, o miscele di più sostanze [4]. L'inquinamento idrico è sostanzialmente riconducibile a sversamenti: agricoli, per l'uso di fertilizzanti e pesticidi, idrosolubili ed in grado di diffondere nel terreno e contaminare le falde acquifere; civili, quando deriva da scarichi urbani diretti e riversati, senza alcun trattamento di depurazione, nei fiumi, nei laghi o direttamente nel mare; industriali, se caratterizzato da prodotti di rifiuto industriale in cui sono rinvenibili anche più sostanze chimicamente diverse [6]. I principali inquinanti ambientali nelle acque sono rappresentati

soprattutto da pesticidi, medicinali, ormoni, metalli e micro/nano-plastiche, la cui determinazione diretta non sempre è possibile [4-6]. L'acqua ha infatti un ruolo importante nel determinare la mobilità delle sostanze inquinanti. Il dilavamento dei terreni inquinati a carico delle piogge o delle falde naturalmente presenti nel sottosuolo possono trasferire queste sostanze a diverse destinazioni fino a contaminare falde acquifere, fiumi e laghi anche a distanza. Il mare opera un'azione di dilavamento molto incisiva sulla linea di costa, e gli inquinanti possono così essere ripartiti in acqua e/o sedimenti. È evidente quindi la difficoltà da parte di biologi e naturalisti a condurre attività di monitoraggio sugli ambienti acquatici, ma è solo attraverso tali rilevamenti che si ottengono importanti informazioni sullo stato di salute di questi ecosistemi. I dati sulla biodiversità legata agli ecosistemi acquatici mostrano purtroppo che il tasso di declino/perdita di alcune popolazioni è quadruplicato negli ultimi anni [7]. Gli habitat acquatici costituiti dalle torbiere e associati alle acque dolci e marino-costiere, risultano fra quelli maggiormente minacciati in Europa (report EEA) e l'inquinamento diffuso sta minando fortemente la sopravvivenza di molte specie animali e vegetali [7, 8]. La lista rossa delle specie minacciate è in continuo aggiornamento e gli anfibi e le specie ittiche di acqua dolce sono tra quelle maggiormente esposte [9].

Biomonitoraggio

Monitorare lo stato di salute degli ecosistemi acquatici rientra tra le azioni fondamentali per il controllo e la tutela dell'ambiente, per limitare la perdita di biodiversità e tutelare anche la nostra salute. Gli approcci per monitorare la salubrità delle acque sono molteplici, complessi e devono tenere conto di una

serie di variabili. Generalmente le azioni di monitoraggio della qualità dell'acqua si concentrano sulle misurazioni di parametri chimico-fisici e batteriologici ripetuti nel tempo ma che non sono efficaci nel rilevare la presenza di inquinanti come quando questi sono al momento del prelievo espressi in concentrazioni basse e/o variabili nel tempo [10]. La Direttiva europea 2000/60, ha aggiunto a questi metodi di indagine altre metodiche di tipo biologico (biomonitoraggio), basate sull'utilizzo di organismi viventi "sensibili" come indicatori della qualità dell'ambiente acquatico. Il biomonitoraggio si basa sull'evidenza che gli organismi riflettono il proprio ambiente di vita. Un organismo in un buon stato di salute è indicativo di un habitat sano. Un organismo esposto ad ambiente inquinato, risente delle sostanze tossiche a cui è inevitabilmente esposto ed è soggetto ad alterazioni del proprio stato naturale di salute. Gli effetti riportati possono essere più o meno rilevabili e dipendono non solo dalla concentrazione dell'inquinante ma anche dal tempo di esposizione. L'impiego di un sistema biologico ha il vantaggio di valutare l'effettiva tossicità dell'inquinante su un organismo vivente e quindi fornire direttamente indicazioni sulla possibilità che quella sostanza presente in quelle acque diventi pericolosa anche per l'uomo. Rifiarsi alla presenza e/o all'abbondanza di specie selezionate fornisce utili informazioni per definire lo stato ecologico di un determinato ecosistema. Un organismo sentinella (o un sistema biologico sentinella) è indicato come bioindicatore e quando riesce anche ad accumulare i contaminanti è bioaccumulatore. Nei tessuti di un bioaccumulatore possono essere fatte valutazioni sulla presenza e concentrazione dell'inquinante. Un bioindicatore integra nel tempo ciò a cui è esposto nel proprio ambiente. Le variazioni o alterazioni che esso riporta possono riguardare diversi livelli di

organizzazione biologica come danno genetico, vitalità, alterazioni morfologiche e variazioni della popolazione [10]. I bioaccumulatori devono essere invece anche sufficientemente resistenti ai più comuni inquinanti e capaci di accumularli nel tempo in concentrazioni che riflettono quelle mediamente presenti nell'acqua. La specie selezionata come bioindicatore deve essere di facile identificazione e reperibile in tutte le stagioni, abbondantemente presente ma sessile o poco vagile e con una biomassa adeguata per le analisi di laboratorio. Quando le analisi utilizzano organismi naturalmente presenti nell'area di studio il biomonitoraggio è di tipo passivo; se le osservazioni vengono condotte su bioindicatori provenienti da acque salubri e trapiantati nelle acque da monitorare, il biomonitoraggio è di tipo attivo. I bioindicatori maggiormente utilizzati per la valutazione dell'ambiente acquatico sono macroinvertebrati, bivalvi, gasteropodi, pesci, zooplankton, fitoplancton e macrofiti [10]. Programmi di "Mussel Watch" sono da anni applicati su larga scala a livello delle aree marine costiere a forte impatto antropico grazie all'impiego dei mitili efficaci bioindicatori. Per le acque superficiali interne in Italia dal 2006 si seguono i criteri dettati dalla Direttiva europea 2000/60/CE (WFD) e successive integrazioni, che affiancano il biomonitoraggio all'analisi chimico-fisica della matrice acqua. Va ribadito che il monitoraggio ambientale è fondamentale e tutti gli ecosistemi devono essere controllati e mantenuti sani e funzionali dal momento che la perdita di biodiversità e la crisi climatica a cui

stiamo assistendo sono interdipendenti [5]. Misure di prevenzione e controllo sono da perseguire per migliorare la qualità degli ambienti acquatici e per ridurre gli interventi per il risanamento dei siti contaminati [4, 7] così come dettato dal piano strategico dell'UE sulla Biodiversità per il 2030 [3].

Bibliografia

1. *L'Ecologia degli ambienti acquatici. Sezione I*, in: *Manuale di formazione delle Guardie Giurate Italiche Volontarie*, a cura di ARSIAL – Area Sviluppo Territoriale e Rurale, Osservatorio Faunistico Regionale, Roma, 2020: 5-85.
2. R. Santolini, "Servizi Ecosistemici e Sostenibilità", *Ecoscienza*, 2010 (3): 20-23.
3. <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/biodiversity/>.
4. Bashir et al., *Concerns and Threats of Contamination on Aquatic Ecosystems*, in: *Bioremediation and Biotechnology. Sustainable Approaches to Pollution Degradation*, Springer 2020: 1-25. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35691-0>.
5. A.K. Priya et al., "Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem – A review", *Environmental Research*, 2023 (238):117233.
6. P. Amoatey, M.S. Baawain, "Effects of pollution on freshwater aquatic organisms", *Water Environment Federation*, 2019 (91): 1272-1287.
7. S. D'Antoni, "Obiettivo Tutela degli ecosistemi Acquatici", *Ecoscienza*, 2010 (3):52-53.
8. eea.europa.eu/en/topics/in-depth/biodiversity#:~:text=pollution.
9. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1*, <https://www.iucnredlist.org>.
10. R.G.I. Sumudumali, J.M.C.K. Jayawardana, "A Review of Biological Monitoring of Aquatic Ecosystems Approaches: with Special Reference to Macroinvertebrates and Pesticide Pollution", *Environmental Management*, 2021 (67):263-276.

L'evoluzione delle macchine idrauliche nel XVII secolo e il contributo degli studi di Blaise Pascal

Agostino Mazzella

L'acqua, questo prezioso composto, così abbondante sulla terra, presente per circa il 70% della sua superficie, tanto da conferirle il titolo di pianeta blu, costituisce da secoli anche una delle principali risorse energetiche.

Già nell'antichità l'acqua è stata usata per produrre energia: azionava le ruote dei mulini impiegati per macinare il grano oppure le ruote dei frantoi necessari alla produzione dell'olio. Nel tempo lungo i corsi d'acqua sono nati mulini utilizzati per l'industria tessile, conciaria, ed anche per il funzionamento delle cartiere, che si servivano dell'acqua sia come fonte energetica per azionare i vari dispositivi meccanici, come ad esempio le presse, sia come elemento indispensabile nel processo di produ-

zione della carta. Come è noto, dal XIX secolo, con la nascita dell'elettricità, si ha l'avvento delle centrali idroelettriche, che attualmente riescono a coprire circa il 15% dell'intera produzione nazionale, con un consistente 40% di quella cosiddetta "pulita".

Ma facciamo un passo indietro per vedere come già nel XVII secolo, nel nostro territorio campano, abbiamo avuto validi esempi di utilizzo dei corsi d'acqua per la nascita di primi modelli esempi di produzione industriale.

Le macchine idrauliche del XVII secolo in Campania

Partiamo, seguendo un ordine cronologico, dalla presenza delle cartiere ad Amalfi. In questa celebre città marinara il numero dei mulini tra il Quattrocento ed il Settecento, è andato via via crescendo, tanto da annoverare nel XVIII secolo ben dodici cartiere, che assicuravano una rendita netta di oltre 1450 ducati e tale da poter annoverare tra le principali fonti di ricchezza di Amalfi proprio la presenza di tale importante attività produttiva (Figura 1).

Nel corso del 1800, grazie alla diffusione di dispositivi meccanici più efficienti, nel territorio di Amalfi erano presenti ben 38 cartiere¹.

Figura 1. Cartiera Amatruda di Amalfi (fonte: sito <https://www.amatruda.it>).



¹ <https://www.amatruda.it>.

Figura 2. Valle dei mulini di Gragnano (fonte: sito <https://fondoambiente.it/luoghi/valle-dei-mulini-gragnano>).



Lungo un'antica mulattiera che congiunge Amalfi col porto di Castellammare è posta la cosiddetta *Valle dei Mulini* di Gragnano (Figura 2). Qui, grazie ad una serie di sorgenti collegate al torrente Vernotico, è stato possibile la realizzazione di canali per condurre acqua a vari mulini posti in successione. Con una opportuna pendenza, l'acqua in uscita dal precedente mulino era in grado di azionare il successivo, e così via a catena. Ma trattandosi di una piccola pendenza, appena dell'1%, e quindi con modeste portate, i mulini erano ad asse orizzontale, ove la spinta dell'acqua azionava una ruota posta in linea con il flusso, che a sua volta faceva ruotare la pietra della macina. Ben venticinque mulini per la molitura del grano, alcuni dei quali presenti già dal medioevo, hanno assicurato una notevole produzione di pasta e suoi derivati che, con la vicinanza dei porti, potevano facilmente essere commercializzati via mare. Questa an-

tica attività dell'industria della pasta ha reso celebre la vicina città di Gragnano². Per completezza, non si può far a meno di citare un ulteriore esempio storico di industria nostrana, alimentata dalla risorsa energetica idrica, seppure sorta un secolo dopo il periodo che stiamo analizzando, si tratta del famoso *Setificio di San Leucio*, nato nel 1778 grazie all'intervento del re Carlo di Borbone, che ha inteso dare avvio ad un processo di manifattura serica, trasformando un preesistente borgo in un complesso industriale di grande lungimiranza. Nel corpo centrale sono stati insediati la scuola normale, gli alloggi delle maestranze, i locali per la trattura, la filatura e la tintura della seta. È opera di maestranze fiorentine l'installazione di macchine idrauliche animate da un rotore, collocato nel seminterrato, azionato dall'acqua del *Condotto Carolino*, un acquedotto voluto da re Carlo per dare energia sia al complesso industriale che alla vicina Reggia di Caserta con il suo vasto parco con le sue numerose fontane e cascate. L'acqua consentiva una notevole forza motrice per i settanta telai (Figura 3) assicurando alla struttura una produzione su scala industriale di seta d'alta qualità³.

Pascal e la tecnologia del XVII secolo

Questa premessa mi è servita per mostrare come anche nel nostro territorio campano vi sia stata ancor prima del Seicento una particolare attenzione alla risorsa idrica come fonte di energia rinnovabile, seppur in un modesto contesto di primordiale sviluppo industriale del meridione. Ma lo scopo di questa rela-

Figura 3. Telai di San Leucio (CE) (fonte: sito <https://www.sanleucio.it>).



² <https://fondoambiente.it/luoghi/valle-dei-mulini-gragnano>.

³ <https://www.sanleucio.it/sanleucio>.



Figura 4. Pascalina (da Wikipedia alla voce Pascalina).

zione è anche quello di ricordare la figura del grande filosofo, fisico e matematico Blaise Pascal (1623-1662) nel suo quarto centenario dalla nascita, principalmente per i suoi studi di idraulica e di come egli abbia dato un notevole contributo a quella che è stata definita la rivoluzione scientifica del 1600, sia sul piano concettuale che tecnologico.

Proprio per la fecondità dei suoi studi fisici ancora oggi il suo nome è legato all'unità di misura della pressione dei fluidi, che infatti si esprime in Pascal (una atmosfera equivale a 101.300 Pascal). Inoltre, nel campo informatico il suo nome è legato al linguaggio di programmazione *Turbo Pascal*, molto diffuso negli anni Ottanta soprattutto per scopi didattici, seppure andato in disuso verso la fine degli anni Novanta. Il nome di questo compilatore è legato al grande scienziato che all'età di circa venti anni, per aiutare il padre intendente di finanza a Rouen, nel nord della Francia, ha elaborato uno dei primi modelli di calcolatrice meccanica, la cosiddetta *Pascalina* (Figura 4), in grado di eseguire somme e differenze fino a 12 cifre. La macchina funzionava grazie ad un sistema di ingranaggi metallici di alta precisione che il giovane scienziato si è fatto costruire da un abile orologiaio della città nel 1645. Nell'arco di pochi anni questo prototipo di calcolatrice ha fatto il giro dell'Europa anche

grazie alla promozione voluta dal re di Francia Luigi XIV, che già quattro anni dopo gli ha affidato la concessione per la produzione e la commercializzazione della *Pascalina*. In questo Pascal è stato un vero antesignano dell'attuale rivoluzione sociale, culturale ed economica connessa al mondo delle *Big Tech*.

La Rivoluzione scientifica e tecnologica del Seicento

Sempre restando nel contesto delle conquiste tecnologiche del Seicento, notiamo come nel corso di questo secolo sia andato affermandosi un significativo processo di sviluppo dell'industria meccanica che ha visto migliorare sensibilmente i propri dispositivi, rendendoli più efficienti e multifunzionali. Un primo esempio ci viene offerto dalla modifica della forma delle pale nelle ruote idrauliche per sfruttare al meglio l'energia del flusso. In questi anni una particolare attenzione è stata data alla trasmissione del moto, soprattutto nella trasformazione di un moto da rotatorio in traslatorio. Allo scopo un posto di primo piano va assegnato agli alberi di trasmissione a camme che hanno consentito di mutare agevolmente il moto rotatorio di una ruota idraulica in un moto alternato verticale, molto utile nella lavorazione del ferro e nell'industria tessile.

Nell'Italia settentrionale, grazie agli sviluppi dell'ingegneria meccanica, in questo periodo si sono sviluppati dispositivi idraulici in grado di svolgere più funzioni contemporaneamente e in modo seriale, esempi molto ingegnosi si possono ritrovare tra i diffusi mulini per la produzione della seta⁴.

A Milano, nel corso di questo secolo, per far fronte alla crescente richiesta

4 AA.VV. *La Storia della Scienza*, vol. V, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2002, p. 261.

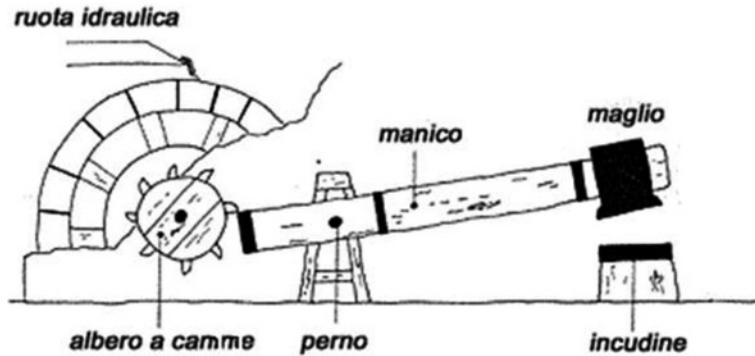


Figura 5. Maglio idraulico con albero a camme (fonte: <https://aiams.eu>).

di carta per la nascita della stampa, si diffonde tra le numerose cartiere l'uso del maglio idraulico. Il maglio (Figura 5) è una macchina a martello in grado di schiacciare o deformare oggetti posti su di un'incudine sottostante, sull'asse della ruota idraulica verticale erano collocate delle camme utili per battere uniformemente e con continuità sul ferro rovente per modellarlo.

Per tale ragione sono state utilizzate molto nell'industria siderurgica per la lavorazione dei metalli e la produzione delle armi, molto richieste in un secolo sicuramente afflitto da continui e sanguinosi conflitti. In Liguria le cartiere artigianali acquistano la fisionomia di piccole industrie con una cospicua presenza media di 20 operai. Tra l'altro, maestranze genovesi hanno favorito la diffusione della stessa tipologia di impianti anche nel vicino Granducato di Toscana, sviluppando soprattutto una fiorente attività tessile, che renderà presto la regione tra le più avanzate in questo campo a livello europeo⁵.

Accanto ai tanti progressi tecnologici, certamente significativi per l'epoca, il Seicento resta un secolo straordinariamente fecondo soprattutto per le notevoli conquiste della scienza che hanno dato origine alla cosiddetta *Rivoluzione scientifica*. Bacone nel *Novum Organum*

(1620) elabora una teorizzazione del metodo scientifico, affidandosi all'uso del ragionamento induttivo, fondato sulla verifica del dato empirico, seppure ancora basata su elementi per così dire qualitativi, sarà invece compito del nostro Galilei darne un supporto quantitativo, esprimendo le relazioni tra gli osservabili sotto forma matematica. Di qualche anno successivo è il *Discours de la Methode* (1637) in cui Cartesio annuncia di aver scoperto una nuova filosofia naturale in grado «di procurare il bene generale di tutta l'umanità» e nello stesso tempo afferma con ottimismo, anche se con un pizzico di antropocentrismo, che «potremmo utilizzare nello stesso modo quei corpi a tutti gli usi cui sono adatti e divenir così padroni e possessori della Natura»⁶.

Sono molti i protagonisti di questa rivoluzione che presenta una netta discontinuità con la vecchia concezione aristotelica della Natura, offrendo un'interpretazione tutta nuova di essa, rappresentata in chiave matematica, che condurrà di lì a poco alla nascita della cosiddetta fisica classica.

Nel campo fisico vanno ricordati, accanto a Cartesio e Galileo, Torricelli, Pascal, Boyle, Mariotte, Huygens, fino a Newton, protagonista della grande sintesi della meccanica classica. In matematica vanno ricordati i contributi di Cartesio nel campo della geometria analitica, di D'Alembert e Mersenne, nella teoria delle equazioni e del calcolo delle probabilità, seguiti da Fermat, Leibniz e Newton che hanno dato vita all'analisi infinitesimale. Il Seicento è anche il secolo che ha generato il modello meccanicistico, dovuto essenzialmente al grande contributo del pensiero cartesiano, che ha consentito di esprimere correttamente le leggi della meccanica

5 R. Sabbatini, *La Manifattura della Carta in Età Moderna*, Angeli, 1990.

6 R. Descartes, *Opere Filosofiche*, a cura di E. Lojacono, vol. I, UTET, 1994, p. 541.

e della gravitazione. Nello stesso tempo questo modello è stato esteso anche alle scienze della vita, considerando i corpi viventi come delle macchine di una certa complessità, fra i fautori di tale approccio meccanicistico, vanno ricordati Harvey, con la sua accurata descrizione della circolazione sanguigna e van Helmont che ha dato i fondamenti alle nascenti chimica e fisiologia.

Ma accanto a concezioni così innovative, nel corso di questo secolo, persistono ancora forme di superstizione, la stessa alchimia è in parte contaminata dalla negromanzia e da credenze prive di supporto sperimentale; analogamente anche nella medicina, accanto a forme molto innovative che seguono la metodologia sperimentale galileiana, persistono concezioni metafisiche preconcepite, soprattutto per quanto attiene il campo dell'epidemiologia. Questi evidenti limiti, uniti al presupposto che molte scoperte scientifiche del XVII secolo sono connesse senza soluzione di continuità all'opera dei pensatori e studiosi del tardo rinascimento, hanno spinto alcuni studiosi, tra cui il filosofo della scienza Bernard Cohen in *Revolution in Science* (1985) a respingere l'idea che si possa parlare di una vera rivoluzione scientifica, se per tale si intende quella netta discontinuità col periodo antecedente che costituisce l'elemento di discriminazione voluto da Thomas Kuhn nella sua teoria delle rivoluzioni scientifiche esposta in *The Structure of Scientific Revolution* (1962)⁷.

Un fenomeno culturale caratteristico di questo secolo è la diffusione nelle principali capitali europee di accademie, centri in cui si svolge una intensa attività di ricerca scientifica, contrariamente alle università, che restano ancora dedite alla sola formazione. Queste nuove prestigio-

se istituzioni raccolgono studiosi, i più quotati e con le più diverse competenze, in grado di ritrovarsi con regolarità per discutere liberamente delle nuove idee che vanno via via sviluppandosi. La metodologia di ricerca che ispira questi cenacoli culturali è quella della piena autonomia della ricerca sperimentale rispetto ai dogmi e ai preconceppi metafisici. In tal senso potremmo affermare che matematici, fisici, chimici e biologi nell'Europa del Seicento abbiano costituito una sorta di "autonoma repubblica della scienza" con caratteristiche transnazionali e pluridisciplinari che, come è stato detto, hanno trovato posto non nelle università, ma tra le già sorte o nascenti accademie⁸.

Tra le più celebri accademie vanno ricordate: la Royal Society of London che nel 1687 ha finanziato la pubblicazione dei *Principia*, l'opera a dir poco rivoluzionaria di Newton; la fiorentina Accademia del Cimento, che raduna i discepoli di Galileo; le due celebri accademie parigine del College de France (inizialmente chiamato College Royal) e dell'Academia Parisiensis. Quest'ultima è stata fondata da M. Mersenne, matematico e fisico, fautore di una fitta rete di contatti tra studiosi di tutta Europa, che, grazie ad essa, ha potuto diffondere in tutto il continente opere rivoluzionarie come i *Discorsi sui Massimi Sistemi* di Galileo e dar vita ad un cenacolo con le migliori menti del tempo, tra questi R. Descartes, P. Gassendi, P. Fermat, Th. Hobbes, Ch. Huygens, E. Torricelli, Pascal padre e figlio.

Pascal matematico rivoluzionario

Già dall'età di quindici anni Blaise Pascal ha partecipato alle riunioni del ce-

7 AA.VV. *La Storia della Scienza*, vol. V, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2002, p. 12.

8 P. Greco, *La scienza e l'Europa. Dal Seicento all'Ottocento*, L'Asino d'oro, 2016, p. 245.

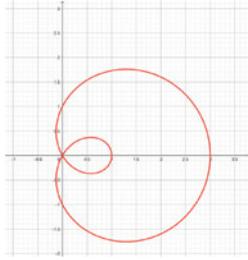


Figura 6. Costruzione della Lumaca di Pascal con soft. GeoGebra 6.0.

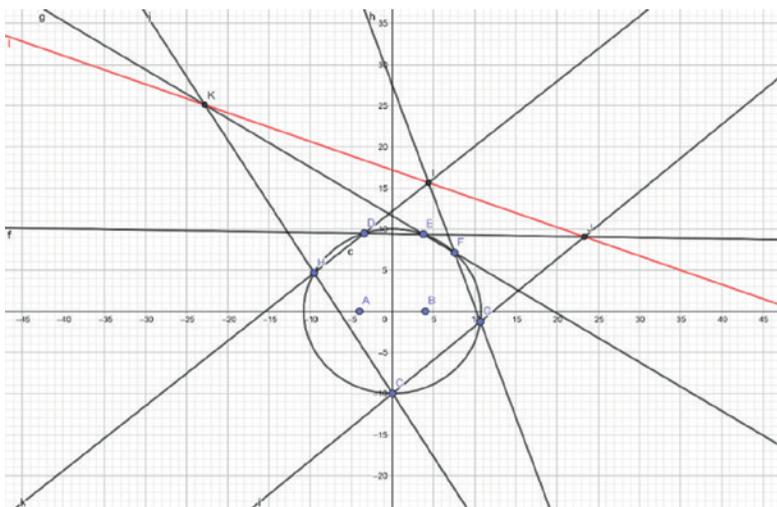
nacolo di Mersenne con il padre Etienne, magistrato con grandi interessi matematici, a lui si deve la cosiddetta *Lumaca di Pascal*, una curva piana del IV ordine⁹ (Figura 6).

Quindi, il giovane Pascal già in famiglia ha potuto subire tutto il fascino di un contesto culturale in cui le scienze matematiche sono tenute in grande considerazione e al tempo stesso assimilare una nuova visione della fisica in cui l'osservazione empirica e la sperimentazione acquistano un ruolo centrale, sottraendo terreno a speculazioni filosofiche aprioristiche.

A sedici anni il giovane Blaise è già in grado di pubblicare *Essay pour les coniques* (1640), un breve saggio sullo studio delle coniche.

Qualche anno prima, nel 1609, G. Keplero aveva dato alle stampe *Astronomia Nova* in cui enunciava le sue celebri leggi sul moto ellittico dei pianeti attorno al sole e, qualche decennio dopo, I. Newton avrebbe dimostrato come la traiettoria descritta nel campo gravitazionale da qualsiasi corpo celeste sia riconducibile ad una conica, ovvero ad una curva del tipo ellisse (cerchio), parabola o iperbole. In questo saggio

Figura 7. Rappresentazione del teorema di Pascal con soft. GeoGebra 6.0.



⁹ L. Cresci, *Le Curve Celebri*, Orme, 2013, p. 89.

giovane, Pascal, partendo da una caratteristica di un esagono inscritto in un cerchio e sfruttando le proprietà della geometria proiettiva, è riuscito a generalizzare il suo risultato a tutte le sezioni coniche, giungendo ad enunciare il noto teorema che porta il suo nome, il cui enunciato afferma che: *un esagono inscritto in una conica ha tre coppie di lati opposti che si incontrano lungo una linea retta* (retta di colore rosso in Figura 7). Il ragionamento condotto dal grande matematico è essenzialmente di tipo induttivo, utilizzando questo metodo riesce a scoprire una caratteristica peculiare di tutte le coniche, grazie alla quale è possibile tutt'ora verificare se una assegnata curva piana possa essere o meno una conica.

Una delle grandi novità introdotte dalla *Rivoluzione scientifica* è l'intensificarsi di rapporti epistolari tra studiosi della stessa disciplina, ed in tal senso possiamo parlare di un atteggiamento decisamente rivoluzionario di questa nuova generazione di scienziati che, abbandonando uno stile di ricerca solitario, si sente parte di una estesa comunità della conoscenza. Lo stesso Pascal è stato molto prolifico negli scambi epistolari con i più grandi matematici e fisici del tempo, tra questi sicuramente va ricordato Pierre de Fermat, col quale ha avuto un fruttuoso confronto sulla nascente teoria della probabilità.

In una lettera scritta a P. Fermat nell'agosto del 1654 Pascal gli sottopone un tipico problema della teoria dei giochi: due giocatori A e B scommettono somme uguali su chi vincerà il maggior numero di volte in un assegnato numero di tiri di un dado. Qualora i due giocatori non riescano a concludere la gara, supponendo che dopo tre lanci A abbia vinto due volte e B una sola, quale sarà la giusta ripartizione della posta in gioco? Sembrerebbe logico assegnare due terzi della somma ad A ed un terzo a B. Ma il ragionamento di Pascal è molto

quest'ultima viene fatta rotolare lungo una retta (Figura 9). Non soddisfatto dalle risposte pervenute, a fine anno, decide di pubblicare il *Traité des sinus du quart de cercle*, nel quale illustra il suo procedimento di risoluzione del problema assegnato, giungendo a risultati brillanti non solo per il problema specifico, quanto per aver aperto la strada ad una nuova metodologia nel nascente calcolo integrale, offrendo primi esempi di integrazione per parti e per sostituzione. Questi risultati Pascal li ha ottenuti applicando il cosiddetto *metodo degli indivisibili*, dovuto all'allievo di Galileo, B. Cavalieri, secondo il quale una qualsiasi area, delimitata da una curva, può essere vista come costituita da infinite corde intercettate da un fascio di rette parallele e ciascuna di queste corde si può approssimare ad un rettangoloide di spessore infinitesimo, detto appunto *indivisibile*.

Di questo metodo e della sua interpretazione geniale Pascal ne parla efficacemente nel corso di una lettera del 1659 a Madame de Carcavi, nella quale, descrive con un linguaggio sorprendentemente attuale, comprensibile anche ad un odierno studente liceale, quello che è il fondamento del calcolo integrale. Ma leggiamo con emozione dalle sue stesse parole quanto ha scoperto: «Io non avrò alcuna difficoltà di utilizzare l'espressione della somma delle ordinate che potrebbe sembrare non rigorosamente geometrica per quanti non capiscono il metodo degli indivisibili, ritenendo di peccare contro la geometria nell'e-

sprimere una superficie attraverso un numero infinito di segmenti... poiché non si capisce altro se non la somma di un numero indefinito di rettangoli delimitati da ogni ordinata con piccole porzioni uguali del diametro la cui somma è sicuramente una superficie che non differisce dall'area occupata dal semicerchio se non per una minima quantità trascurabile» (Figura 10)¹².

Leibniz, ritenuto tra i fondatori del calcolo infinitesimale, ha riconosciuto l'importanza dell'opera di Pascal in questo campo, ciò ci spinge quindi a poter accostare, senza alcun dubbio, questo grande geometra accanto ai nomi di Newton e Leibniz, considerati comunemente i fondatori dell'analisi matematica della seconda metà dei Seicento.

Pascal fisico innovatore

Facciamo adesso un passo indietro nel tempo per ritornare al 1646, durante la permanenza della famiglia Pascal a Rouen, dove è avvenuto l'incontro con Pierre Petit, un ingegnere militare con grandi interessi fisico-matematici, che porta con sé la notizia dell'invenzione di un barometro a cura dell'italiano Evangelista Torricelli, allievo di Galileo. La città di Rouen, ha abili maestri vetrai, quindi è il luogo giusto per disporre di una canna torricelliana lunga oltre un metro, necessaria per poter eseguire correttamente la celebre esperienza della misura della pressione atmosferica, non solo col mercurio, ma anche con altri liquidi di minor densità e vederne le conseguenze. D'altronde l'educazione ricevuta da Pascal lo ha reso interessato ad ogni cosa e le applicazioni pratiche della scienza lo attraggono non meno della pura teoria. Al contempo non deve

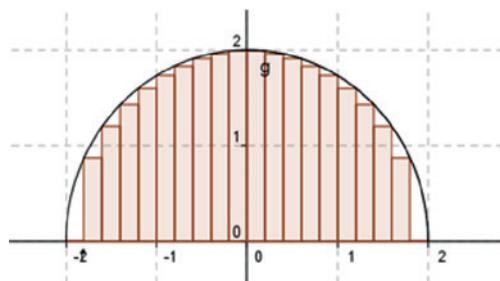


Figura 10.
Ricoprimento di
una curva con
plurirettangoli con
soft. GeoGebra 6.0.

¹² G. Castelnuovo, *Le Origini del Calcolo Infinitesimale nell'Era Moderna*, Feltrinelli, 1962, p. 52.

sorprenderci il fatto che un grande studioso come Pascal, ancor prima di eseguire esperienze di laboratorio, si metta alla ricerca di maestri capaci e di un livello tecnologico avanzato per l'epoca, al fine di procurarsi direttamente l'apparecchiatura necessaria. Siamo in un'epoca in cui tra la scienza sperimentale e mondo tecnologico vi «è qualcosa di più che una semplice osmosi», anzi una «interpenetrazione dinamica» capace di coinvolgere anche le forze produttive, e «la coevoluzione tra scienza, tecnica ed economia entra in una fase fortemente accelerata» come afferma P. Greco in *La Scienza e l'Europa*¹³. Questa stretta connessione tra conoscenza, tecnologia ed imprenditoria l'abbiamo già vista anche nella messa a punto della *Pascalina* e nella sua commercializzazione. Stiamo evidentemente entrando di fatto nel mondo della modernità ed in questo Pascal ne è un grande precursore.

Tornando all'esperienza di Torricelli, anche Pascal, come il predecessore, presta molta attenzione a quella porzione restata in cima alla canna, allorquando viene capovolta nella scodella ed il mercurio è sceso fino al livello dei 760 mm, intuendo correttamente che lì non si era realizzato semplicemente un "vuoto apparente", come ancora tanti autori andavano dicendo, in preda all'*horror vacui*, ma esattamente il *vuoto*, ovvero l'assenza totale di materia. L'esperienza col mercurio la ripete più volte al giorno e a diverse quote per rilevare la dipendenza altimetrica della pressione atmosferica, osservando che il livello del mercurio aumenta proporzionalmente alla salita su una montagna, evincendo correttamente che ciò è dovuto alla minor quantità d'aria contenuta nella colonna sovrastante e quindi in grado di esercitare una minor pressione.

Sono stati proprio questi esperimenti ad indurlo a ritenere che tali fenomeni connessi alla pressione atmosferica erano casi particolari di una proprietà di carattere ben più generale, legata all'equilibrio di tutti i fluidi¹⁴.

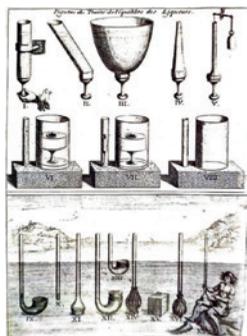
Quest'ultima interpretazione è alla base del trattato sull'equilibrio dei fluidi che va sotto il nome di *Traitez de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, pubblicato postumo nel 1663. Un testo basilare nella storia della fisica, sia per la chiarezza espositiva, che per la limpidezza delle idee esposte. Per queste qualità il testo può essere assimilato al nascente genere letterario della prosa scientifica già sperimentata da G. Galilei.

In questa mirabile opera Pascal raccoglie in modo organico e logico tutti gli studi di idraulica, a partire da Archimede fino ai diversi lavori condotti nel campo della statica dei fluidi dai suoi contemporanei. Egli, attraverso esperimenti precisi, riesce a dare anche una definizione corretta di pressione di un fluido, dimostrandone anche le sue proprietà.

In particolare valuta l'entità della pressione esercitata da uno stesso liquido sul fondo di diversi recipienti, con forma e dimensioni variabili, riempiti tutti fino allo stesso livello. Ciascun recipiente aveva la stessa apertura ed i loro tappi di fondo erano collegati ad una bilancia in grado di misurare la forza esercitata verso il basso dal liquido nelle diverse situazioni (Figura 11).

Pascal ha potuto constatare che la forza esercitata verso il basso dal liquido non dipende dalla forma, né dal volume del recipiente, ma dal peso del liquido contenuto in un contenitore ideale avente la base uguale all'apertura del recipiente e con la stessa altezza.

Figura 11. Immagine tratta dal *Traitez* del 1663.



13 P. Greco, *La scienza e l'Europa. Dal Seicento all'Ottocento*, L'Asino d'oro, 2016, p. 218.

14 AA.VV. *La Storia della Scienza*, vol. V, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2002, p. 313.



Figura 12. Schema dell'esperienza della botte di Pascal.

Nella celebre esperienza del 1647, Pascal inserisce in una botte piena d'acqua fino all'orlo un tubo verticale di 10 m e vi lascia scorrere altra acqua, osservando ben presto che la pressione interna alla botte, raddoppiando il suo valore iniziale, finisce per farne crepare le pareti (Figura 12). Ciò gli ha consentito di affermare che *la pressione esercitata su qualsiasi superficie di un liquido si distribuisce uniformemente su ogni altra superficie a contatto con il liquido (legge di Pascal)*. Grazie a questa legge, ne intuì immediatamente una sua applicazione, ovvero la possibilità di mettere a punto una macchina idraulica capace di "moltiplicare le forze". Siamo di fronte all'atto di nascita della pressa idraulica o anche dell'elevatore. Si tratta di una scoperta con portata rivoluzionaria che ben presto ha condotto a quei primordiali sviluppi tecnologici fondanti di una società preindustriale di cui abbiamo già parlato nella parte introduttiva. Interessante rileggere insieme le parole con cui lui stesso annuncia questa importante invenzione nel *Traitez de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air* già citato: «Prendiamo per vero che un recipiente pieno d'acqua, avendo delle aperture, e delle forze su queste aperture che siano loro proporzionate, queste sono in equilibrio tra loro; ciò è il fondamento e la ragione dell'equilibrio dei liquidi, di cui daremo diversi esempi... se un recipiente pieno d'acqua, chiuso su tutti i lati, ha due aperture una cento volte più grande dell'altra, mettendo a ciascuna un pisto-

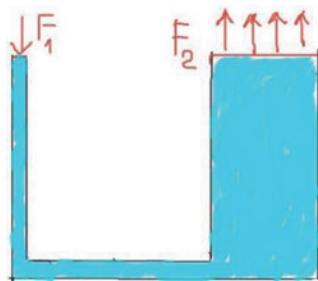


Figura 13. Schema fisico della pressa idraulica.

ne ben aderente, la pressione sul pistone più piccolo eguaglierà quella esercitata da cento uomini sul pistone cento volte più largo, superandolo di novantanove volte»¹⁵ (Figura 13).

In questo trattato Pascal riconduce tutte queste leggi dell'idraulica ai fondamenti della meccanica, e per questo utilizza il *principio dei lavori virtuali*, già noto a Galileo e formulato per la prima volta con le dovute precisazioni da Cartesio, si tratta di un importante principio fisico che governa la statica nel suo complesso. Il suo lavoro sull'equilibrio dei liquidi offrirà anche una base solida per gli sviluppi teorici della meccanica dei fluidi nel corso del Settecento che, grazie alla affermazione del calcolo infinitesimale, potrà giungere ad una formalizzazione adeguata per una teoria generale dei fluidi.

Da quanto abbiamo visto fin qui possiamo affermare che in campo fisico Pascal si rivela certamente uno sperimentatore molto abile, scrupoloso seguace del metodo scientifico auspicato da Bacone e Galileo, ma soprattutto con una qualità che hanno solo i grandi geni dell'umanità, quella di esser capace di generalizzare le leggi particolari, inquadrandole in un contesto teorico più ampio, ciò sia nel campo fisico che matematico. Al tempo stesso, figlio del suo tempo, è stato anche un ingegnoso meccanico, per la sua meritoria abilità messa a frutto nella costruzione della macchina calcolatrice e nelle macchine idrauliche. Per lui la fisica è fondamentalmente una scienza sperimentale e riconosce la centralità dell'esperienza come unica fonte di conoscenza¹⁶. Questa concezione – oserei dire ontologica – ha guidato in tutta la sua vita tanto lo scienziato, quanto

15 B. Pascal, *Traitez de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*. Cap. II, Parigi, 1663, Bayerische Staatsbibliothek Munchen, pag. 6.

16 Emile Picard, *Troisième centenaire de la naissance de Blaise Pascal, célébré à Clermont-Ferrand*, 1923.

Figura 14. Foto di canne al vento.

il credente, attribuendo al dato di vita vissuta un ruolo portante non solo nella sfera dei dati sensibili, ma anche in quella dello spirito.

Pascal filosofo e la sua eredità

Il 1646 per Pascal è sicuramente il suo *annus mirabilis*. Oltre alle celebri scoperte fisiche in questo stesso anno, per circostanze interne alla vita familiare, si verifica presso l'abbazia di Port Royal l'incontro con esponenti del giansenismo, ne resta affascinato tanto da avviare un cammino di conversione che culminerà nel 1654 nella cosiddetta *Notte di fuoco*. Negli anni successivi comincia ad elaborare un progetto di apologia della fede cristiana che ha trovato la sua espressione più matura nella celebre opera postuma *Pensée* (1670). Nel suo intento apologetico il filosofo ci mette in guardia da dottrine ingannevoli, infatti, pur affascinato dalla sapienza degli antichi filosofi greci, ne riconosce i limiti: «Gli stoici dicono: rientrate in voi stessi; là troverete la vostra pace. E questo non è vero... La felicità non è né fuori di noi né in noi; è in Dio, è fuori e dentro di noi»¹⁷.

Eppure l'uomo, grazie alla sua razionalità, è in grado di saper discernere, ed è proprio questa qualità a distinguerlo da tutte le altre creature. Nello stesso tempo non possiamo nascondere una evidente condizione di fragilità della esistenza umana, descritta da Pascal con grande sensibilità in un celebre passo dei *Pensée*: «l'uomo è solo una canna, la più fragile della natura, ma è una canna che pensa. Non occorre che l'universo si armi per annientarlo: un vapore, una goccia d'acqua bastano ad ucciderlo... Tutta la nostra dignità consiste dunque



nel pensiero. È in esso che dobbiamo cercare la ragione per elevarci e non nello spazio e nella durata. Che non sapremo riempire. Lavoriamo quindi a ben pensare: ecco il principio della morale»¹⁸.

Questa fragile sorte a cui è chiamato l'uomo fa sì che esista un'enorme sproporzione tra la nostra volontà infinita di essere felici e di conoscere la verità e le nostre capacità razionali, che restano limitate, anche dal limite fisico che ineluttabilmente ci destina alla morte: «da ogni parte non vedo che infinità, che mi imprigionano come un atomo e come un'ombra che dura solo un'istante senza ritorno. Tutto ciò che so è che devo presto morire; ma ciò che ignoro di più è questa morte stessa che non posso evitare»¹⁹.

Cosicché l'uomo, nella affannosa ricerca di felicità, si imbatte inevitabilmente nell'eterna domanda: *Dio esiste?* Poiché la ragione, da sola, non è in grado di determinare l'esistenza o l'inesistenza di Dio, secondo Pascal è necessario "scommettere", in modo da operare la scelta più conveniente tra le due alternative equiprobabili: vivere come se Dio ci fosse oppure vivere come se Dio non ci fosse; ma nessuno può rifiutarsi di prendere posizione. In uno dei più noti paragrafi dei *Pensée* il grande matematico si spinge in un ragionamento che va oltre il confine di una indagine

17 B. Pascal con traduzione di F. de Poli, *Pensieri*, RCS, 2010, par. 270.

18 Op. cit., par. 198.

19 Op. cit., par. 114.

strettamente scientifica, affrontando alla luce della scienza della probabilità una sorta di prova ontologica aleatoria dell'esistenza di Dio: la cosiddetta *scommessa di Pascal*.

Affidiamoci ancora una volta alle sue stesse parole: «Pensiamo il guadagno e la perdita, se scommettete che Dio esiste... Poiché vi è pari rischio di vincere e di perdere, se aveste da guadagnare due vite contro una, vi converrebbe già scommettere; ma, se ve ne fossero tre da vincere, dovrete giocare (poiché vi trovate nella necessità di farlo); e, poiché siete costretto a giocare, sareste imprudente a non rischiare la vostra vita per guadagnarne tre in un gioco in cui c'è pari probabilità di vincere e di perdere... Ma qui c'è veramente un'infinità di vita infinitamente felice da guadagnare, una probabilità di vincita contro un numero finito di probabilità di perdita, e quel che voi rischiate è qualcosa di finito. Questo toglie ogni dubbio...»²⁰.

La congettura elaborata da Pascal, se da un lato può apparire una forzatura nell'uso del linguaggio matematico, dall'altro testimonia la sua volontà di dimostrare la ragionevolezza della dottrina cristiana. Inevitabilmente questa argomentazione è stata fortemente attaccata da molti pensatori di convinzioni non religiose, tra questi i filosofi illuministi Diderot e Voltaire. Quest'ultimo, pur contestandolo, non ha potuto fare però a meno di riconoscere che: «Pascal, fou sublime, né un siècle trop tôt»²¹.

Gli ultimi anni della vita del grande pensatore sono ancora di più minati dalla sua cagionevole salute: le emicranie, di cui ha sempre sofferto, divengono sempre più frequenti ed insopportabili, dopo una paralisi agli arti inferiori e con l'aggravarsi delle sue condizioni fisiche

muore prematuramente nel 1662 all'età di soli trentanove anni. In questi anni, a partire dal 1657, è impegnato nel lavoro, rimasto poi incompleto, di radunare le sue riflessioni sotto forma di appunti che vedranno la stampa solo otto anni dopo la sua morte nella raccolta *Pensées* del 1670.

Al di là dell'evidente intento apologetico di quest'opera filosofica, cerchiamo di cogliere più nell'essenza la sua concezione religiosa, che potrebbe essere facilmente accostata alla sensibilità cristiana dei nostri tempi, ragione per la quale numerosi studiosi hanno riconosciuto l'evidente modernità dell'apologetica pascaliana, al punto di definirlo il primo pensatore cristiano moderno. Con questo intento ci affidiamo ancora una volta alle sue stesse parole: «Il Dio dei cristiani non è semplicemente un Dio autore delle verità geometriche e dell'ordine degli elementi: questa è la parte dei pagani e degli epicurei. Né solamente un Dio il quale eserciti la sua provvidenza sulla vita e sui beni degli uomini. Per donare una felice serie di anni a coloro che l'adorano... il Dio dei cristiani, è un Dio di amore e di consolazione: un Dio che riempie l'anima e il cuore di coloro che possiede; un Dio che fa loro sentire interiormente la loro miseria e la sua infinita misericordia; che si unisce al fondo della loro anima; che colma di umiltà, di gioia, di fiducia, di amore; che li rende incapaci di altro fino che non sia lui medesimo»²².

Nel suo paradigma filosofico esistono due principi di verità: la ragione ed i sensi, che egli declina nelle due celebri espressioni dell'*esprit géométrique* e dell'*esprit de finesse*.

L'*esprit géométrique* ci consente di giungere alla conoscenza scientifica ed analitica della realtà, grazie ai modelli e alle

²⁰ Op. cit., par. 134.

²¹ François-René de Chateaubriand, *Genio del Cristianesimo*, Bompiani, 2008, p. 714.

²² B. Pascal con traduzione di F. de Poli, *Pensieri*, RCS, 2010, par. 328.

congetture matematiche, con il limite però di restare troppo focalizzata su calcoli e dimostrazioni che non consentono una visione sintetica del mondo preso nel suo insieme. Ciò è invece possibile per un'intelligenza di tipo intuitiva, capace di cogliere la realtà istantaneamente con "un sol colpo d'occhio".

È infatti compito dell'*esprit de finesse* portarci ad una conoscenza sintetica dei principi e dei fenomeni cogliendoli contemporaneamente nella loro interezza e complessità. Evidentemente i due principi sono complementari tra loro: dove il primo non arriva nel cogliere l'essenza dell'esistenza umana, ci riesce il secondo, ma anch'esso d'altra parte non può fare a meno della dimensione razionale. Vi è un celebre passo dei *Pensée* in cui il filosofo descrive chiaramente in quale modo possiamo predisporci per sperimentare autenticamente l'*esprit de finesse*: «Noi conosciamo la verità, non soltanto con la ragione, ma anche col cuore; in quest'ultimo modo conosciamo i principi primi, e invano il ragionamento non vi ha parte, cerca di combatterli»²³. «È il cuore che sente Dio, non la ragione. Ecco che cos'è la fede: Dio sensibile al cuore, non alla ragione»²⁴.

In questa duplice cifra del pensiero pascaliano possiamo dire sia riposto l'ambizioso programma di tentare una conciliazione tra la scienza, fondata sull'*esprit géométrique* e la fede, affidata all'*esprit de finesse*. In tal senso il suo pensiero nei diversi secoli ha influenzato molti pensatori, credenti e non, a partire da Jacques Rousseau che trova interessi comuni sui temi della metafisica e della morale. Ma ancor di più nell'epoca romantica che ha visto in lui l'archetipo del genio infelice, mostrando grande interesse per una filosofia vicina

al bisogno umano di infinito ed aperta alle ragioni del cuore.

In questo solco si colloca anche Leopardi che mostra un certo interesse per Pascal, nel quale intravede l'esempio tipico di come la genialità possa divenire perfino causa di malanni fisici e mentali. In un passo dello Zibaldone troviamo: «Questi tali geni sommi hanno consumato rapidamente il loro corpo e le loro facoltà mentali, lo stesso genio. La soverchia delicatezza de' loro organi li rende e più facili a guastarsi, rimanendo inferiori di facoltà agli organi i meno delicati e i più imperfetti. Testimonio Pascal, morto di trentanove anni, ed era già soggetto a una specie di pazzia»²⁵.

Il grande poeta di Recanati in un altro passo dello Zibaldone, nell'affrontare il dualismo esistente tra posizioni dogmatiche e scettiche, cita Pascal, riportando il seguente brano tratto dai *Pensée*: «Ecco aperta la guerra tra gli uomini, nella quale ognuno deve prendere partito, schierandosi necessariamente o con i dogmatici o con i pirroniani... La natura confonde i pirroniani e la ragione confonde i dogmatici»²⁶. Per pirroniani si intende quanti – affascinati dalla dottrina di Pirrone, filosofo greco del IV sec. a.C. – negano la possibilità di giungere ad una verità certa, esente da dubbi. Leopardi, sulle orme del filosofo francese, prosegue affermando: «Infatti il dubbio non ha quasi esistito se non dopo la ragione e la scienza, e non c'è cosa così sicura in quello che crede come l'ignoranza; e l'uomo naturale, tutto quello che sa o crede sapere (e ciò per dettato della natura), lo tiene per certissimo e non ci prova ombra di dubbio. Tanto è vero che l'ignoranza conduce alla totale indifferenza, e quindi all'inazione e alla

23 Op. cit., par. 164.

24 Op. cit., par. 163.

25 G. Leopardi, *Zibaldone di pensieri*, vol. I, Mondadori, 1972, p. 450, par. 1177.

26 B. Pascal con traduzione di F. de Poli, *Pensieri*, RCS, 2010, par. 250.

morte: o piuttosto tanto è vero che si dia un'ignoranza assoluta, ossia uno stato dell'anima privo affatto di credenza e di giudizi; tanto è stolto il confondere la mancanza della verità, colla mancanza dei giudizi, quasi non si dassero giudizi se non veri, o quasi dal detto principio risultasse la necessità di un giudizio vero assolutamente, e non piuttosto di un giudizio veramente utile e adatto alla natura dell'uomo»²⁷.

Nel corso dell'Ottocento sarà notevole l'influenza del filosofo Pascal su tanti intellettuali vicini alla fede cristiana, giusto per citarne qualcuno: Alessandro Manzoni, Søren Kirkegaard e Fedor Dostoevskij.

A cavallo tra i due secoli dell'Ottocento e del Novecento è interessante il richiamo al tema della scommessa pascaliana avanzato dall'autorevole esponente del Pragmatismo americano W. James, secondo cui noi viviamo continuamente nel dubbio, ma è pur necessario affrontare il rischio di credere in qualche cosa. Non si può rimanere nell'indecisione e bisogna accettare il rischio. C'è un evidente riferimento ai *Pensées* del filosofo francese e alle ragioni della sua scommessa²⁸.

Nel corso del Novecento Pascal viene più volte visto come l'interprete, in chiave cristiana, della duplicità e delle contraddizioni a cui è esposta la natura umana. Nello stesso tempo è maturato un notevole interesse verso l'antropologia pascaliana, per come egli abbia sempre messo l'uomo al centro della sua speculazione, con tutta la sua umanità carica di tensioni e di aspirazioni di libertà e felicità. Non ci meraviglia quindi se Martin Heidegger, lo ha descritto come «un credente che ha una capacità di fede che supera di gran lunga tutti i credenti medi e i cristiani di chiesa. E in quanto è questo cristiano egli pensa il pensiero occidentale, già allora moderno, in una forma che non è inferiore a quella più grande»²⁹.

Per concludere, possiamo ritenere che la continua attualità di questo grande pensatore, immutata nel corso dei quattrocento anni dalla sua nascita, al di là delle convinzioni religiose, sia probabilmente riposta in quella duplice cifra del suo pensiero, che gli ha consentito di cogliere lo "stato ibrido" della condizione umana in eterna oscillazione tra razionalità (*esprit géométrique*) ed irrazionalità (*esprit de finesse*).

27 G. Leopardi, *Zibaldone di pensieri*, vol. I, Mondadori, 1972, p. 246, par. 383.

28 A. Gargano, *Storia del pensiero filosofico nell'Ottocento e nel Novecento*, IISEF, 2011, p. 322.

29 G.L. Paltrinieri, *Etica & Politica*, XXIV, 2022, 2, Edizioni Università di Trieste, 2022, p. 275.

Letteratura termale e Bagni di Ischia. Un contributo per una storia delle terme dell'isola d'Ischia

Antonietta Iacono

Introduzione

Nel territorio di Napoli nel primo Duecento nasce un vero e proprio genere letterario destinato a svilupparsi con particolare ricchezza nei tre secoli successivi. Infatti, intorno al 1197 fu composto un poemetto medico-didascalico *De aquis euboicis* (meglio noto col titolo di *De balneis Puteolanis*), nell'ambiente culturale orbitante intorno alla dinastia sveva: nei 31 epigrammi, incorniciati da uno proemiale e da uno conclusivo, – forse prendendo spunto da iscrizioni incise su lapidi antiche – sono celebrate, generalmente in sei distici, le virtù terapeutiche di trentacinque fonti dei Campi Flegrei e le infermità che riescono a curare¹. L'opera, oggi attribuita a Pietro da Eboli (strenuo sostenitore dei rappresentanti della dinastia sveva, *servus imperatoris fidelis*)² e dedicata ad Enrico VI di Svevia, ebbe straordinaria fortuna e col suo contributo a partire dal secolo XIII si sviluppò una letteratura specialistica *de balneis*, per lo più in forma di monografie, dedicata alle virtù terapeutiche delle acque, al contributo che le acque possono

dare al mantenimento della salute e al suo recupero. Ma solo a partire dal Quattrocento questa letteratura specialistica cominciò a dare importanza alla composizione chimica delle acque termali; alle cause del calore delle acque sotterranee, argomenti peraltro già affrontati in testi di tradizione aristotelica come i *problemata* e i *meteorologia*³. Nasceva così una nuova letteratura scientifica sempre più attenta alla composizione chimica dell'acqua; al protocollo di comportamenti salutari da tenere durante le cure termali, le cosiddette *regulae balneationis* in relazione alle *sex res non naturales* (di derivazione ippocratico-galenica): *aer*; *Cibus-potus*; *Somnus-vigilia*; *Motus-quietes*; *Repletio-evacuatio*; *Cura animi*⁴; una letteratura attentissima altresì alla dieta intesa come *regimen sanitatis*⁵.

3 A questa riscoperta dei *balnea* e alla fondazione di un vero e proprio genere letterario si accompagna l'opera di restauro di bagni e di terme favorita da personaggi illustri: ad esempio, il condottiero Bartolomeo Colleoni fa restaurare i bagni di Tresscore nel bergamasco.

4 Sull'origine e importanza delle *res non naturales* cfr. L.J. Rather, *The 'Six Things Non-Natural': A Note on the Origin and Fate of a Doctrine and a Phrase*, in «Clio Medica», 31, 1968, pp. 337-347.

5 Ad esempio, Giovanni Antonio Panteo (1440-1497-segretario di Ermolao barbaro il vecchio) nel *De balneis Calderiis* – terme del territorio veronese – fornisce dettagliate prescrizioni di dieta alimentare, e distingue anche tra ricchi e poveri in tema di alimentazione. Cfr. M. Danzi, *Per una storia della letteratura termale tra Medioevo e Rinascimento*,

1 Pietro da Eboli, *De Euboicis aquis*, edizione critica, traduzione e commento a cura di T. De Angelis, Firenze, Sismel-Edizioni del Galluzzo, 2018.

2 Su di lui cfr. F. Delle Donne, *Pietro da Eboli*, in *Dizionario biografico degli Italiani*, 83, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana Treccani, 2015.

In buona sostanza, tra XIV e XVI secolo viene costruita una vera e propria biblioteca monografica *de thermis / de balneis*, in cui trovano posto – ad esempio – il trattato *De thermis* di Gentile da Foligno (1276-1348)⁶; il *De thermis viterbiensibus* del medico Girolamo da Viterbo (fl. 1352)⁷; il *De natura balneorum* di Francesco Casini da Siena (1344-1416) dedicato a Malatesta Pandolfo de Malatesti⁸; il *De balneis et thermis naturalibus omnibus Ytaliae* di Michele Savonarola (1452-1498) dedicato a Borso d'Este⁹; il *De Germaniae et Helvetiae Thermis* di Conrad Gessner (1516-1565)¹⁰; il *De thermis* di Andrea Bacci (1524-1600)¹¹. Una porzione con-

sistente di questa biblioteca monografica confluì nella monumentale edizione *de balneis* di Lucantonio di Tommaso Giunti pubblicata nel 1553 a Venezia: si tratta di una silloge che raccoglie 70 scritti balneoterapici di varia natura e provenienza, declinata sia nel senso di consigli, diete, regole da seguire prima, durante e dopo il bagno e la cura; sia nel senso di trattati sulla natura delle acque e sulle malattie curabili attraverso le acque. Questa stampa era il risultato di un'operazione editoriale di grande spessore inserita peraltro in una linea progettuale che l'officina Giunti aveva inaugurato nell'ambito della letteratura scientifica con particolare interesse per la letteratura medica¹².

in SPA: *Salus per aquam. Saperi e tecniche del termalismo tra antico e moderno*, a cura di R. Valenti, C. Renda, A. Prenner, M. Paladini, M. Cozzolino, Bari, Edipuglia, 2022, pp. 83-106.

6 Cfr. M.L. Ceccarelli Lemut, *Gentile da Foligno*, in *Dizionario biografico degli Italiani*, 53, Roma, Sismel-Istituto dell'Enciclopedia Italiana, s.v.; E. D'Angelo, «*Divinus ille Gentilis Fuligineus, nostrae etatis medicorum princeps*». Il *De Balneis* di Gentile da Foligno: matricole redazionali dell'idroterapia medievale, in *Salus per aquam. Saperi e tecniche del termalismo*, cit., pp. 75-81.

7 *Le terme di Viterbo tra Medioevo e Rinascimento. La trattatistica in latino: pseudo Gentile da Foligno, Girolamo di Viterbo, Evangelista Bartoli*, edizione critica, traduzione e commento a cura di E. D'Angelo, Firenze, Sismel-Edizioni del Galluzzo, 2019.

8 Cfr. T. De Angelis, *Il De natura balneorum di Francesco Casini da Siena*, «Italia Medioevale e Umanistica», 63, 2022, pp. 187-204.

9 Michele Savonarola, *De balneis et termis Ytaliae*, edición crítica, traducción y estudio de S. Pasalados Requejo, Firenze, Sismel-Edizioni del Galluzzo, 2022.

10 M. Danzi, *Conrad Gessner et l'Europe des Thermes*, in Id., *Ingenio ludere. Scritti sulla letteratura del Quattrocento e del Cinquecento*, Pisa, Scuola Normale Superiore, 2022, pp. 731-752.

11 S. Stefanizzi, *Sebastiano Bartoli, Tommaso Giunti e Andrea Bacci*, in R. M. Zaccaria, *Sebastiano Bartoli e la cultura termale del suo tempo*. Atti del Convegno di Studi, Montella, Fisciano, 11-12 maggio 2011, Firenze, Olschki, 2012, pp. 145-157; Ead., *Note sul De thermis di Andrea Bacci*, in *Gli umanisti e le terme*. Atti del Convegno Internazionale di Studio, Lecce-

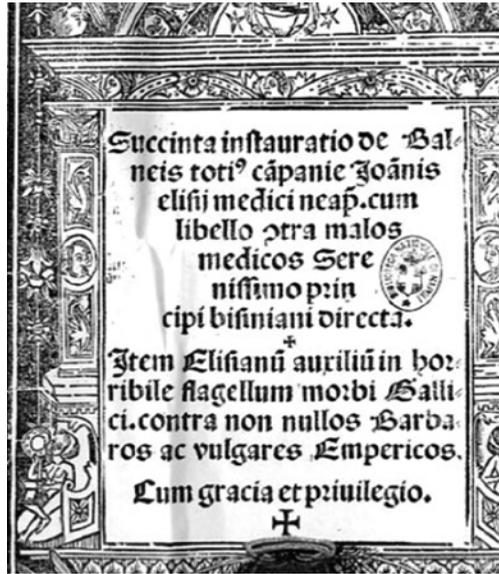
1. I *Balnea Aenariae* nella letteratura termale precedente Giulio Iasolino

Di questa *Bibliotheca* termale faceva parte anche la *Succincta Instauratio de balneis Campaniae* di Giovanni Elisio¹³,

Santa Cesarea Terme, 23-25 maggio 2002, a cura di P. Andrioli Nemola, O. S. Casale, P. Viti, Lecce, Conte, 2004, pp. 349-372; E. H. Ercoli, *Il De thermis di Andrea Bacci nella vicenda culturale del secondo Rinascimento*, in *Andrea Bacci. La figura e l'opera*. Atti della giornata di Studi, Sant'Elpidio a Mare, 25 novembre 2000, Acquaviva Picena, Fast edit, 2001, pp. 77-86

12 S. Stefanizzi, *Il De balneis di Tommaso Giunti (1553): autori e testi*, Firenze 2011; ed anche S. Dall'Oco, *Poggio, Baden e il De balneis*, in *Gli Umanisti e le terme*, cit., pp. 147-164, *praesertim* pp. 157-162 (*La raccolta Giuntina*); M. Danzi, *Il De balneis di Conrad Gessner, l'Italia e l'Internazionale' medico-umanistica delle terme*, in *Gli umanisti e le terme*, pp. 313-348, *praesertim* pp. 316-320 (*Tommaso Giunti fra i Balnea e le Navigationes*).

13 L'Autore, identificato in un Elisio medico alla corte aragonese, si qualifica come "medico napoletano" e dedica i due scritti al principe Bernardino Sanseverino di Bisignano (*Ad serenissimum Bernardinum San Severinum Bisiniani principem*). Su Giovanni Elisio: cfr. *Dizionario storico della medicina composto in francese dal signor Eloy e ora nell'Italiana*



un opuscolo che mostrava una specifica attenzione per il patrimonio balneoterapico della Campania.

Si tratta di un'edizione problematica, che non reca data, luogo e nome dello stampatore, un libretto, con pagine non numerate, attribuito dal Manzi all'officina di Antonio de' Frizzis e datato approssimativamente al 1519¹⁴. Nell'opuscolo si legge una succinta enumerazione dei "bagni" di tutta la Campania (in realtà dell'area flegrea) seguita da un "libello" contro i cattivi medici e dà consigli contro l'orribile flagello del morbo gallico.

In questa piccola guida si trovano citati alcuni bagni dell'isola d'Ischia, in successione:

- Balneum Furnelli¹⁵;

favella, Napoli, per Benedetto Gessari, 1762, tomo II, p. 319; G. B. Tafuri. *Istoria degli scrittori nati nel Regno di Napoli*, Napoli, 1770, III/2, pp. 3-5.

14 Manzi, *La tipografia napoletana*, I, 191-192.

15 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae* Ioannis Elisii medici Neapolitani cum libello contra malos medicos Serenissimo principi Bisiniano directa, Biiiv: «De balneo Furnelli. Primo dicamus de furnelli balneo. Est enima qua valde mirabilis distans a civitate insulana per unum miliare iuxta

- Balneum Fontis¹⁶;
- Balneum Castilionis¹⁷;
- Balneum Scrofae¹⁸;
- Balneum Gurgitelli¹⁹;
- Balnea Circumstantia eiusdem prae-

locum Sancti Petri ad Pantanellum: tale mirandum lavachrum testantur valere ad quartanam non veram, ad cotidianam et quartanam veram, ad splenem et hrydropem ac dolorem capitis; rumpit lapidem et educit arenam; aperit vessicam; podagricis iuvat et stomachi dicitur sedare fastidium; dicitur autem furnellus eo quod aqua exit ab uno loco admodum furni».

16 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv: «De balneo Fontis. Licet dictum sit de balneo Furnelli. Dicamus de alio egregio lavacro quod Fontana dicitur: iuxta praedictum balneum in quo unus iactus lapidis foris est ex uno latere dicti lavacri multa enim aqua ibidem habundat et est valde iuvantium. Sanat omnes plagas et mirabiliter extrahit ferrum; iuvat epati, pulmone et sanat scabiem; facit capillos prolissos et pulcros; restaurat consumptos et satis iuvat epati ac pulmone fragmentaque ossium et ossa efficaciter extrahit».

17 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv: «De balneo Castilionis. Ideo hoc lavachrum tale nomen assumpsit eo quod iuxta ipsum fuit quoddam castrum in quo adhuc moenia apparent; quod stat iuxta littus maris aqua calida est et valde miranda. Removet omnem stomachi debilitatem faciendo bene digerere cibum; confert morfeae; iuvat leprosis; confortat cor removendo ab illo omem tremorem; restaurat visum; sanat plagas; incitat appetitum et, ut dicunt, ipsam aquam bibendo facit multum assellare».

18 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv-Biiir: «De balneo Scrofae. Admiranda est unda lavacri speluncae iuxta maris littus prope Casam comam. Aqua valde dulcis et clara fortiter scaturiens et tam calida, ut non possis in ipsa lavari absque ingenio, ipsam videlicet in lavello mittendo et dimitte illam refrigerari donec possis in illam balneari. Valet ad podagras; iuvat arteticis ad dolorem hyliorum et anchrarum ac manuum; et universaliter ad guttam et thussim et, ut asserunt experti, quando biberit hanc aquam, facit mirabiliter purgare».

19 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiir: «De balneo Gurgitelli. Nunc dicamus de illo preciosissimo lavacro vulgariter dicto Gurgitello et de suis circumstantiis. Ut enim communiter fertur, iuvat steriles; consumptos restaurat; confortat stomachum; educit lapidem; iuvat epati; sanat scabiem; incitat appetitum, et – ut asserunt incolae – hoc mirabile fecit, quod extraxit ferrum unum a quodam qui fuerat in pectore vulneratus per annum».

- ciosissimi lavacri²⁰;
- Sudatorium del Cocto²¹;
- Balneum dicto vulgariter Meza via²²;
- Balneum Citarae²³;
- Balneum Ulmitellae²⁴;
- Lavacrum Succellarii²⁵;

20 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiir: «*De circumstantiis suis*. Item exeunte una ex ianuis posita in occidenter est unus fons calidissimus cuius aqua dicitur confortare et corroborare stomachum. Item extra ab oriente per spacium unius iactus lapidis est quidam fons cuius aqua iuvativa est omni dolori dentium. Item ab occidente parum distans alius scaturit fons ferventis aquae ex qua matronae cum cinere faciunt colatam sine igne et in dicta aqua ova dicuntur coquere et castaneas; et est multum iuvativa capiti et oculis ructurisque oerum et aliis passionibus».

21 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiir-v: «*De Sudatorio del Cocto*. Non dimitamus illud sudatorium Casae Niczulae dictum *del Cocto* inventum per vetulam in sua possessione quod ipsam sanavit de fractione in suis tibiis et multum iuvat arthriticis et nervis, valens ad inflationem ventris et splenem».

22 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv: «*De balneo dicto vulgariter Meza via*. Balneum de *Meza via* dictum iuxta praefatum lavacrum vocatur de lignis et mollificat nervos; sanat scabiem in omni membro; dicitur conferre impregnationi; valet dolori capitis et stomachi; stringit lachrymas; restaurat visum; prodest vomitui; dissolvit flemma; tollit rigorem homini purgato».

23 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv: «*De balneo Citarae*. Hoc balneum a praefato parum distans valet spasmu, frenesi, thenasmoni; valet etiam mulieribus sterilibus ad concipiendum omnique dolori capitis; valet frigori et maxime quartanae; et, ut referunt, hominibus facit habundare sperma, mulieribus vero lac».

24 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv: «*De balneo Ulmitellae*. Balneum Doyani modo dictum de Ulmitella est aqua dulcissima, calida et clara. Valet guttae frigidae, stricturae cannae et rugitui stomachi atque thenasmoni, vitio lapidis et dolori hyliorum, lippitudini oculorum, malitiae hanelitus, splenericis ex vitio quartanae, leprosis, pulsurae cordis omnique vitio flemmatis et pulmonis».

25 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Biiiv-Bvr: «*De balneo Succellarii*. Hoc balneum de Succellario vere dicitur cellarium balneorum, cuius aqua est dulcissima et clara. Multum valet omni vitio vessicae et thenasmonii ardoresque ac stricturas dissolvit aegritudinesque tertianarum in-

- Balneum Plagae Romanae²⁶;
- Balneum Nitrosu²⁷;
- Balneum Saxi²⁸.

La messe di dati topografici ed empirici – associata alla toponomastica locale – permette di ipotizzare che l'autore dell'opuscolo dovette avere una conoscenza diretta ed autoptica dei *balnea* dell'isola d'Ischia ed un'attenzione particolare anche a quei fenomeni vulcanici per cui l'isola era nota. Ed infatti, alla descrizione del sito e delle proprietà terapeutiche di ciascun bagno, nella *instauratio* si legge un'accurata rievocazione dell'eruzione che colpì l'isola nel 1301²⁹:

De eiusdem Aenariae destructione ad

terpollatarum et cotidianarum venientes ex causis frigidis resolvit et corpus facit gaudiosum; scabiem abstergit, capillos facit claros et longos et parvos urgentes facies mulierum ex sanguine scilicet melancholico dissolvit et abstergit».

26 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Bvr: «*De balneo Plagae Romanae*. Hoc balneum quod est in plaga Romana prope civitatem Hysclae est aqua clara ac ferruginosa valens flemma falsum et sanguinem ac prurimum oculorum tollit, lachrymas stringit et oculos restaurat, purgat colera, valet debilitati cordis ac stricturae pectoris et cannae pulmonis, Confert tussi, capillos cadentes a capite refirmit et ructuras prurimumque thibiarum ac aliorum membrorum mirabiliter sanat».

27 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Bvr: «*De balneo nitroso*. Hoc lavacrum nitrosu dictum in eadem existens plaga est aqua calidissima valens scabei et pruritus ex flemmate et colera nigra seu melancholia ac doloribus renum et matricis; constipatos iuvat atque consumptos thusique et reumati et omni vitio pectoris».

28 *Succincta instauratio de balneis totius Campaniae*, Bvr: «*De balneo Saxi*. Balnea Saxi duo sunt, quorum unum est inter saxa valens ad omnem guttam frigidam, et aliud prope litus maris valens ad omnem guttam calidam».

29 L'eruzione si verificò il 15 gennaio 1302: conosciuta come eruzione dell'Arso, fu l'ultimo evento vulcanico nella storia geologica dell'isola. Cfr. S. Chiesa - S. Poli - L. Vezzoli, *Studio dell'ultima eruzione storica dell'isola d'Ischia: la colata dell'Arso - 1302*, in «Bollettino del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia. CNR», s.n. (1986), pp. 153-166.

praesens dicendum videtur. Nam olim in anno a nativitate Domini, M.ccc. primo, regnante in hoc regno Siciliae rege Carolo secundo, in dicta insula Hysclae vicina Procidae processit ex venis terrae ignis sulfureus, qui magnaipsius insulae partem consupsit quasi usque ad civitatem Hysclae, quae tunc Gerunda nominabatur. Ex quo igne multi homines et animalia consumpti fuerunt et ex ae peste perierunt, quae duobus fere mensibus perduravit multique ex eisdem, ut hanc peste, effugerent, insula ipsa derelicta, aliqui ad vicinam insulam procederunt, alii ad insulam Capream, alii Baias, Puteolumet Neapolim confugerunt; huius ignis usque in hodiernum diem vestigiam remanent nec ineodem loco herba aliqua vel quodcumque aliud virens nascitur nec locus alicui rei commodus existit. Sed asper et incultus durans quasi per duo miliaria in longitudine et per medium miliare in latitudine et vulgo dicitur le cremate.

Mostra di conoscere le acque di Ischia anche Andrea Bacci, archiatra di Sisto V: il *De thermis* del Bacci edito nel 1571 (ma finito in prima stesura già nel 1557) avviò lo studio moderno delle acque e delle terme tra l'altro con uno sguardo ampio e complessivo che abbraccia le terme intese in senso filologico come sorgenti calde, acque che hanno calore e virtù naturali, dell'Italia, della Francia, della Spagna, dei paesi dell'Europa settentrionale e persino del nuovo mondo. Il Bacci mostra di conoscere un numero limitato di sorgenti dell'isola: ad esempio, Plaga Romana (*balneum insigne admodum ferreae minerae*), Cotto (*locus sulfurei spiramenti*), Spelonca, Castiglione (*aqua calida ac sulfurea cum ferri mistura*); Fornello (*cum nitri mistura*). Egli lamenta la scarsa attenzione della tradizione medica galenica per le *acuae medicatae*; la scarsità di specialisti di medicina balneoterapica e ricor-

da che per lo stesso Galeno considerava le acque termali un rimedio empirico³⁰. Anche un altro grande medico e ricercatore del tempo, Gabriele Falloppio (1523-1562)³¹ nel suo *De aquis medicatis* si soffermava sulle acque calde di Ischia citando l'isola per questa sua caratteristica nel suo trattato:

Tertio idem auctor dicit quod in Pithecusis est insula quaedam, Aenaria vocata a Plinio et nunc Ischia vulgo, ex quo loco defertur vinum illud pretiosum, quod vulgo appellatur Greco d'Ischia et copiosumhabetur Rome. In ea igitur insula dicit scaterere aquas quae erant in usu ad comminuendos ad calculos et ad extrahendas arenulas ex vesica: quod certe aquae illae non fecissent, nisi fuissent in potum assumptae.³²

In realtà Falloppio dovette avere una conoscenza limitata del patrimonio balneoterapico dell'isola, dipendente sostanzialmente dalle citazioni di autori latini, ed in particolare da Plinio che nella sua *Naturalis Historia* ricordava le acque di Ischia come acque che curano il mal della pietra, cioè i calcoli³³.

30 Per la riedizione del suo *De thermis* nel 1588 il Bacci poté servirsi dell'inedito trattato dello Iasolino (probabilmente della versione *antiquior* in latino) e poté così accrescere il numero di *balnea Isclana* citati nel suo trattato. Cfr. R.M. Borraccini, *Andrea Bacci e Giulio Iasolino: sguardi incrociati sulle terme di Pithecusa/Ischia*, in *Donne, terme e bellezza a Ischia nel Rinascimento*. Atti del convegno (Ischia, 2-6 maggio 2017, a cura di C. Reale, Pisa-Roma, in c.d.s.

31 G. Belloni Speciale, *Falloppio, Gabriele*, in *Dizionario biografico degli Italiani*, 44, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1994.

32 Gabrielis Falloppii Mutinensis *De medicatis aquis et de fossilibus*, Venetiis ex officina Ludovici Avanti, MDLXIX, f. 39v.

33 Plin. *Nat.* 31, 9: « In eadem Campaniae regione Sinuessanae aquae sterilitatem feminarum et virorum insaniam abolere produntur, in Aenaria insula calculosis mederi et quae vocatur Acidula ab Teano Sidicino IIII p., haec frigida, item in Stabiano quae Dimidia vocatur et in Venafrano ex fonte Acidulo».

2. Giulio Iasolino e i Rimedi naturali di Ischia

I bagni di Ischia erano certamente noti a questa letteratura, ma in maniera limitata. Fu l'eruzione di Monte Nuovo, avvenuta alla fine del settembre del 1538 a dare una nuova vita e fama ai *balnea* dell'isola³⁴. La catastrofe danneggiò i bagni dell'area flegrea: in particolare furono distrutti gli stabilimenti di Tripergola con l'ospedale fondato da Carlo II d'Angiò e la farmacia; e il bagno del Cantariello. Rimase invece in piedi il bagno detto *Subveni hominis* dei Girolamini che per decreto vicereale nel 1540 fu liberato dalla cenere che lo aveva seppellito. Il Capaccio nella sua *Historia Neapolitana* affermava che proprio la situazione disastrosa dei bagni flegrei *tota laus in Aenariae balnea defluxit*³⁵. In questo contesto si trovò ad operare il medico calabrese Giulio Iasolino³⁶, a cui si deve lo studio sistematico e la sperimentazione del patrimonio balneoterapico dell'isola d'Ischia, nonché la nuova attenzione che la nobiltà locale e napoletana ebbe per le acque dell'isola. Infatti il trattato *De' rimedi naturali* di Giulio Iasolino, pubblicato nel 1588, diede un inatteso prestigio alle acque dell'isola d'Ischia. Originario di Monteleone calabro, lo Iasolino fu attivo a Napoli sin dal 1568-70 presso l'Ospedale degli Incurabili e presso l'Università di

Napoli come professore di Anatomia. Probabilmente la sua formazione medica si realizzò tra Messina e Napoli, al seguito di Filippo Ingrassia, illustre medico, peraltro ricordato in più luoghi del *De' rimedi*, che mostrò di avere particolarmente a cuore il discepolo e ne seguì la carriera accademica, le ricerche e le pubblicazioni con grandissimo affetto e sollecitudine.

Oltre che sul supporto dell'Ingrassia lo Iasolino poté contare sull'appoggio della famiglia Colonna, ed in particolare di Marc'Antonio Colonna, il vincitore di Lepanto al quale il medico dedicò la sua prima opera messa a stampa, *Quaestiones anatomicae et osteologia parva* (Neapoli apud Horatium Salvanium, 1573)³⁷; e di Geronima Colonna, signora di Monteleone Calabro, a cui dedicò, appunto il *De' rimedi*. Tra i sostenitori dell'opera dello Iasolino può essere poi annoverato Paolo Regio³⁸, vescovo di Vico Equense, autore di un poema spirituale *La Sirenide* di ispirazione dantesca³⁹, e del prosimetro *la Siracusa*, una riscrittura dell'*Arcadia sannazariana*⁴⁰, membro dell'Accademia degli Svegliati, e promotore di una tipografia autonoma a Vico Equense in cui furono attivi stampatori come Cacchi, Salviani, Cappelli, Aulisio, che stamparono opere a contenuto agiografico, teologico, giuridico e scientifico⁴¹. Con altissima probabilità

34 Cfr. M. Conforti, *Subterranean fires and chemical exhalations: Mineral waters in the Phlegraean Fields in the early modern age*, in *Le thermalisme. Approches Historiques et archéologiques d'un phénomène culturel et médical*, sous la direction de J. Scheid, M. Nicoud, D. Boisseuil, J. Coste, CNRS éditions, pp. 123-136.

35 G. C. Capaccio, *Historiae Neapolitanae libri duo*, Neapoli, sumptibus Joannis Gravier, 1771, II, p. 382.

36 Su Giulio Iasolino cfr. C. Presti, *Iasolino, Giulio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, 72, Roma 2004; P. Buchner, *Giulio Iasolino. Medico calabrese del Cinquecento che dette nuova vita ai bagni dell'Isola d'Ischia*, Milano, Rizzoli, 1958.

37 P. Manzi, *La tipografia napoletana nel '500. Annali di Orazio Salviani*, Firenze, Olschki, 1974, pp. 32-33.

38 A. Cerbo, *Regio, Paolo*, in *Dizionario biografico degli Italiani*, 86, Roma 2016.

39 A. Cerbo, *La Sirenide di Paolo Regio*, «Bruniana e Campanelliana», 7/1, 2001, pp. 77-106.

40 A. Mauriello, *La 'Siracusa' di Paolo Regio e la tradizione letteraria napoletana tra primo e secondo Cinquecento*, in «Studi Rinascimentali», 6, 2008, pp. 91-97.

41 S. Ferraro, *L'attività pastorale, letteraria e tipografica del vescovo Paolo Regio nel Cinquecento meridionale*, in P. Regio, *Sirenide*, edizione, introduzione e note di A. Cerbo, Napoli, Photo City University Press, 2014, pp. 747-770.

(nonostante la *princeps* – un volume in 4°, di 381 carte – rechi l'indicazione di Napoli nel frontespizio come luogo di stampa) proprio nella tipografia di Vico Equense fu stampato il *De' rimedi*, come lascia intendere la lettera di consegna del trattato all'illustre vescovo, che si legge nelle carte d'esordio dell'edizione e che risulta datata al 28 luglio 1587:

Molti anni sono, Monsignor mio Reverendissimo, che io ho composto una opera de' Bagni et altri rimedii naturali dell'isola d'Ischia. E desiderando di stamparla in questo regno, dove ella nacque, e spronato anco dal Sig. Francesco Lombardo, nostro comune amico, mi è parso fare elettione della Stampa, che è nella sua città di Vico Equense, sì per la presenza di V.S. Reverendissima, che tanto cordialmente amo e riverisco, conoscendola così ricca del tesoro delle dottrine, e peritissima di tutte le antiche e moderne historie, come anco per essere questa materia de' Bagni, stimata da molti sacri dottori, dono celeste, che pure da' Gentili fu detta sacra.⁴²

42 Giulio Iasolino, *De' rimedi naturali che sono nell'isola di Pithecusa; hoggi detta Ischia. Libri due*, Napoli, appresso Giuseppe Cacchij, 1588, s1r. Cfr. P. Manzi, *La tipografia napoletana nel '500. Annali di Giuseppe Cacchi, Giovanni Battista Cappelli e tipografi minori, 1566-1600*, pp. 9-20; 128-129; M. Santoro, *Cacchi, Giuseppe*, in *Dizionario dei tipografi e degli editori italiani. Il Cinquecento*, I (A-F), dir. M. Menato, E. Sandal, G. Zappella, Milano, Editrice bibliografica, 1997, pp. 223-227; A. Ricca, *Cacchi, Giuseppe*, in R.M. Borraccini, *Dizionario degli editori, tipografi, librai itineranti in Italia tra Quattrocento e Seicento*, Pisa-Roma, Fabrizio Serra ed., 2013, pp. 203-204. Per una descrizione analitica: cfr. L. Martínez Reguera, *Bibliografía hidrológico-médica española*, Parte I: *Sección de impresos*, Madrid, Imprenta de M. Tello, 1892, pp. 64-67, scheda n. 83: URL: <http://www.bibliotecavirtualdeandalucia.es/catalogo/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1003794>. Il vescovo subitamente rispose allo Iasolino con una breve, ma efficace epistola datata al 30 luglio, in cui tra l'altro affermava: «La ringratio oltre che habbia voluto stampare questo suo libro nella mia Città di Vico, la quale per cotale impressione apparirà famosa nella gran piazza del mondo, che è la fedelissima Italia,

Il *De' rimedi* si presenta come summa degli esperimenti e delle osservazioni ed esplorazioni condotte dallo Iasolino nell'arco di 14 anni, come egli stesso dichiarava nell'opera:

Già sono quattordici anni – dice lo Iasolino – ne' quali io di mia libera volontà, per comune utilità del mondo, così aiutandomi la divina bontà e clemenza, ogn'anno vado visitando questi bagni d'Ischia, vedendo diligentemente i luoghi et esaminandovi tutte le miniere et le cave, et finalmente, co'l maggior giuditio che posso, osservando i varii et stupendi effetti et utilità che operano ne corpi ammalati e ne gli sani.⁴³

Nelle sue esplorazioni lo Iasolino accumulò una notevole messe di osservazioni autoptiche, sottoponendo le acque ad analisi e determinandone la composizione chimico-fisica, e naturalmente sperimentandone le qualità terapeutiche su una infinita tipologia di malattie. Da subito però lo scienziato iniziò anche una vera e propria opera di riqualificazione e di restauro dei bagni, soprattutto quelli da lui prediletti per le virtù curative. In particolare, riattò le terme del Gurgitello in Casamicciola⁴⁴ che si trovava in rovina e lo munì di una nuova stanza: Geromina Colonna, sorella di Marcantonio Colonna e duchessa di Monteleone⁴⁵, e dedicataria del *De' rimedi naturali*⁴⁶; il vescovo d'Ischia, Fa-

havendolo nella nostra Italiana lingua composto». Cfr. Iasolino, *De' rimedi*, s3v.

43 Iasolino, *De' rimedi*, cit., 164.

44 La sorgente del Gurgitello rimase per Iasolino il bagno prediletto, portentoso al quale meditava di dedicare una vera e propria monografia.

45 Aveva sposato Camillo Pignatelli di Monteleone nel 1559.

46 Il rapporto con Geronima Colonna fu senz'altro fondamentale per la pubblicazione dell'opera nella versione che noi leggiamo nell'edizione del 1588. Ma non si trattò solo di rapporto tra una dama, generosa

bio Polverino, e nobili locali fornirono i finanziamenti necessari. L'opera che vide la luce, dunque, nel 1588 fu dedicata alla *Illustrissima et eccellentissima* signora Geronima Colonna duchessa di Monteleone e fu accompagnata da una mirabile mappa dell'isola di Mario Cartaro. La dedica a donna Geronima, articolata, densa, di carattere assai dotto, si apre in maniera solenne con un bellissimo *incipit*:

Si legge in Esiodo, antichissimo scrittore greco, illustrissima et eccellentissima signora, niuna cosa essere più antica, né più potente dell'acqua: pero che non solo ha forza di mutare l'aria nella sua natura, ma di roder la terra, e di rompere i più duri sassi, e di spegnere in un tratto il fuoco, la cui maravigliosa forza è tra tutte le cose terribile e potentissima. Laonde ben si può dire che non fuori di ragione quegli antichi Savii le diedero i primi honori, come a primo principio et origine di tutte le cose; poiché si vede che non pure nella unione degli elementi, ma nella continua generatione de composti, così quelli, come questi, non si possono con migliore mezo comporre o restringere che con l'humido, ma fortissimo ligame che dall'acqua vien loro compartito e concesso; la quale quanto si trovi necessaria poi per la loro conservatione lo vedrà chi porrà mente che infiniti animali acquatici vivono senza l'aria, et infiniti terrestri senza il fuoco; ma niuno d'essi senza l'acqua; anzi è ella di tanta possanza e necessità che ne gli stessi nostri bisogni non si dice mai che basti, se non avanza; e di qua nasce

mecenate, e un umanista, scienziato che ha bisogno di supporto e di sovvenzioni. Fu innanzitutto rapporto tra medico e paziente: lo Iasolino infatti riuscì con le acque del Gurgitello di Casamicciola a guarire la nobildonna da una fistola al bassoventre, una fistola annosa già curata con le acque della sorgente del Cantariello ma senza giovamento.

che la prudente e benigna madre natura ha voluto mostrarsi di lei tanto liberale quanto all'incontro parca del fuoco, allontanandolo da noi, come cosa molto meno necessaria, e collocandolo nelle due estreme parti di questo globo elementare, cioè nel centro della terra e nella suprema regione dell'aria, vicino al cerchio della luna, lasciando stabilita la terrestre mole nella più bassa parte, come più solida e ferma e quasi immobile base di tutta l'opera [...].⁴⁷

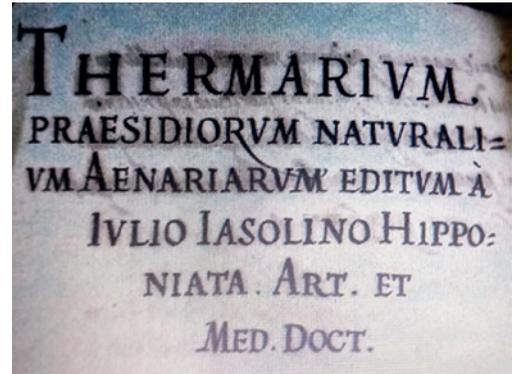
La gestazione dell'opera fu lunga e dovette passare anche attraverso diverse forme redazionali, almeno una in latino e una in volgare, quest'ultima pronta nel 1582 e forse in avanzato stato di composizione già nel 1580⁴⁸. È chiaro che il riferimento all'anno bisesto 1580 come anno attuale è un refuso scappato all'occhiuta revisione cui l'autore sottopose la sua opera. L'anno 1582 dovette costituire un'ulteriore tappa della revisione dell'opera ed infatti a questo anno si data una prima forma avanzatissima della traduzione di un originario trattato scritto in latino e divenuto poi *De' rimedi naturali che sono in Pithecusa hoggi detta Ischia*. La data si ricava dal manoscritto nelle mani di un privato che il Buchner identifica

47 Iasolino, *De' rimedi*, cit., a2r.

48 La datazione di una redazione in volgare dell'opera al 1580 è fondata – come notava Giorgio Buchner, a cui dobbiamo la più completa biografia dello Iasolino – su un riferimento che si legge nella stampa prima agli effetti degli anni bisestili sull'efficacia dei bagni: «Alla prudenza del medico appartiene non spreggiare gli effetti di questa variazione; poi che l'esperienza si è fatto chiaro e manifesto, come disse il Savonarola, assai chiaro et illustre autore, nella materia delli bagni che ne gli anni bisesti le piante sostengono et patiscono alcuni nocimenti et li frutti o vero a fatto si guastano o nascono più fiacchi et deboli; e finalmente i bagni – come noi ancora con verità possiamo affermare – e massimamente nel presente anno bisesto 1580 che le operationi de' bagni non corrispondono alle operationi de gli altri anni». Iasolino, *De' rimedi*, cit., 96-97.

Napoli, Biblioteca Nazionale Vittorio Emanuele III, Sala Manoscritti, ms. VIII. D. 52.

come copia in bella della prima stesura in volgare, copia destinata con buona probabilità – come tutte le opere dello Iasolino – ad essere letta e revisionata da Giovan Francesco Lombardo, censore ecclesiastico, medico ed autore di una *Synopsis auctorum omnium qui hactenus de balneis aliisque miraculis Puteolanis scripserunt* pubblicato nel 1519. Quest'ultimo, grande amico dello Iasolino già nell'agosto del 1582, nel giorno di San Bartolomeo (24 agosto) redigeva una vera e propria prefazione dell'opera sotto forma di epistola al Lettore, pensando evidentemente che l'opera sarebbe stata velocemente stampata. Ed infatti il Lombardo dichiarò subito il libro degno di essere stampato⁴⁹. La redazione *antiquior* in latino dell'opera era intitolata *Thermarium Praesidiorum Naturalium Aenariarum*, e doveva essere un'opera molto lontana da quella che l'autore avrebbe dato alle stampe nel 1588⁵⁰. Infatti su richiesta delle sue due principali benefattrici, Geronima Colonna e Antonia d'Avalos, sue pazienti che avevano sperimentato entrambe l'efficacia curativa delle acque di Ischia, lo Iasolino aveva semplificato e riattato per un pubblico di lettori ampio, ben più ampio della platea selettiva rappresentata unicamente da fisici, medici, filosofi: un pubblico costituito anche da donne di rango, generose patrocinatrici, ma soprattutto desiderose di avere accesso ad una letteratura scientifica di pubblica utilità⁵¹. L'autore lascia intendere anche che l'operazione da lui compiuta non è solo volgarizza-



mento della redazione in latino, ma è un vero e proprio adattamento da lui compiuto selezionando accortamente le parti dell'opera che gli sembravano convenienti a quello che le sue nobili lettrici gli imponevano. Messi da parte gli argomenti più filosofici lo Iasolino aveva trasformato il *Thermarium Praesidiorum Naturalium Aenariarum* nel *De' rimedi*, ristrutturando e semplificando la materia trattata, non senza tentare una strada innovativa rispetto alla tradizione retorica:

Et perché io nella prima parte dell'opera latina ho trattate alcune cose più alte et filosofiche, in questa mi è parso lasciarle a dietro per maggior chiarezza, come sarebbe a dire: delle cause della quasi perpetuità del fuoco sotterraneo; delle cause della caldezza delle acque de' Bagni, et onde avenga, che non mai mutino luogo, o qualità et delle cause delle essalationi, o vapori velenosi, che talvolta da alcuni luoghi sotterranei s'innalzano et alla fine de' più necessarii et più perfetti elementi.⁵²

In ogni caso fu la versione in volgare del trattato, stampata per la prima volta nel 1588 e autorevolmente patrocinata, che garantì fama e frequentazione ai bagni dell'isola, ed in particolare al bagno del Gurgitello in Casamicciola,

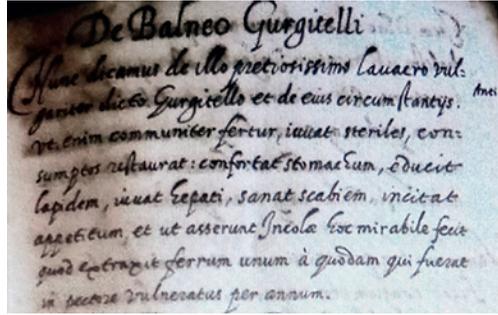
49 Iasolino, *De' rimedi*, cit., *4v.

50 Questa versione in latino è custodita nel manoscritto: Napoli, Biblioteca Nazionale Vittorio Emanuele III, Sala Manoscritti, VIII. D. 52, un volume cartaceo, in 8°.

51 A. Iacono, *Dal latino al volgare: trasformazioni e adattamenti del De' rimedi naturali che sono nell'isola di Pithecusa oggi detta Ischia di Giulio Iasolino*, in *SPA. Salus per Aquam*, cit., pp. 149-162.

52 Iasolino, *De' rimedi*, cit., 6.

Napoli, Biblioteca Nazionale Vittorio Emanuele III, Sala Manoscritti, ms. VIII. D. 52.



che lo Iasolino considerava miracoloso al punto da progettare una monografia dedicata esclusivamente agli esiti della sua sperimentazione.

3. Operazione Pio Monte Misericordia

Nel 1601 sette *gentiluomini* ... *mossi da cristiana pietà* stabilirono di riunirsi ogni venerdì presso l'ospedale degli Incurabili per portare soccorso ai malati con cibo procurato a loro spese. Successivamente *crescendo* ... *il desiderio di poter servire e confortare maggiormente i bisognosi, [essi] stabilirono che ciascuno di loro per un mese doveva andare elemosinando per la città*⁵³. In tempi rapidissimi l'iniziativa ebbe una crescita straordinaria: un anno dopo un gruppo di venti gentiluomini era in grado di fornire il necessario per 15 posti letto presso l'ospedale degli Incurabili assistendo personalmente i malati e seppellendo i defunti. Nello stesso 1602 i pietosi gentiluomini decisero di istituire un "monte" allo scopo di attuare in modo istituzionale le opere di misericordia corporale: la sepoltura dei morti, la visita agli infermi, la liberazione dei carcerati, il riscatto dei "cattivi", cioè

dei prigionieri dei Turchi, l'accoglienza dei pellegrini e, soprattutto, l'aiuto ai poveri vergognosi, cioè a quanti, divenuti poveri, si vergognavano di chiedere pubblicamente elemosine⁵⁴. La necessità di definire in modo rigoroso l'organizzazione del nuovo Istituto diede luogo nel 1603 alla stesura di uno statuto: le Capitolazioni furono approvate dal viceré Pimentel de Herrera il 10 luglio del 1604 e da Paolo V il 15 novembre 1605. Dalla lettura dei 33 articoli delle Capitolazioni del 1603 si apprende che il Pio Monte era dotato di efficienti meccanismi di controllo e si presentava come istituzione fondata e gestita da laici che non volevano intromissioni dell'autorità territoriale del vescovo nella gestione dei fondi destinati alle opere di misericordia. Nell'alacre attività di assistenza sostenuta dal Pio Monte va inserita anche la costruzione, nel 1604, di un ospizio e di uno stabilimento termale in Casamicciola nella zona di Piazza de' Bagni in stretta connessione con la sorgente che Iasolino amava e stimava di più, il Gurgitello. Senza il *De' rimedi* i pietosi nobili napoletani che davano vita a iniziative di misericordia non avrebbero conosciuto i *balnea* dell'isola e avrebbero potuto optare per le terme del territorio flegreo, ben raggiungibili senza dover sottostare alle condizioni del mare. Con l'ospedale e il fastoso edificio termale in Piazza dei Bagni si avviò un grandioso esperimento di termalismo sociale che coinvolse le classi meno abbienti nelle pratiche termali. Cominciava così la storia vera del termalismo a Ischia.

53 G. Sersale, *Alcune notizie storiche sopra i primi gentiluomini che fondarono il Monte della Misericordia*. Napoli, tip. G. Barone, 1865, p. 5. I sette gentiluomini erano: Cesare Sersale, Giovan Andrea Gambacorta, Girolamo Lagni, Astorgio Agnese, Giovan Battista d'Alessandro, Giovan Vincenzo Piscicelli, Giovan Battista Manso.

54 L. Gazzara, *Una lettura interpretativa sulla fondazione del Pio Monte della Misericordia in relazione alla sua committenza artistica*, in «Napoli Nobilissima», V serie, 4, 2003, pp. 61–62; M.R. de Divitiis, *L'Archivio del Pio Monte della Misericordia. Un patrimonio e un luogo per la memoria delle opere a beneficio del prossimo*, in *Il Pio Monte della Misericordia di Napoli nel quarto centenario*, Napoli, Electa, 2004, pp. 345–349.

L'acqua nell'immaginario dei poeti antichi

Rossana Valenti

Tra i numerosi e suggestivi campi semantici connessi all'acqua ho pensato di proporre alcune linee di riflessione sui due temi dell'acqua come elemento vitale, posto in stretta relazione con l'uomo, con i suoi sentimenti e valori, e l'acqua come elemento della natura, nel suo rapporto con il pianeta terra.

Nel VI libro delle *Metamorfosi* Ovidio racconta un mito legato alla figura di Latona, madre di Apollo e di Artemide: dovendo dare alla luce i due gemelli, la dea andava in cerca di un luogo che le desse asilo, negatole ovunque per la proibizione della gelosa Era. Infine la accolse l'isola 'errante' di Ortigia, che ottenne in ricompensa di essere fissata al fondo del mare, e fu poi chiamata Delo, cioè "la brillante". Una leggenda connessa al mito narra che Latona giunse con i bambini appena nati in Licia e vedendo uno stagno vi si era accostata per prendere un po' d'acqua ma alcuni pastori glielo impedirono. Leggiamo il testo di Ovidio:

Iamque Chimaeriferae, cum sol gravis
ureret arva,
finibus in Lyciae longo dea fessa labore
sidereo siccata sitim collegit ab aestu,
uberaque ebiberant avidi lactantia nati.
forte lacum mediocris aquae prospexit
in imis
vallibus; agrestes illic fruticosa legebant
vimina cum iuncis gratamque paludibus
ulvam;
accessit positoque genu Titania terram
pressit, ut hauriret gelidos potura liquores.
rustica turba vetat; dea sic adfata ventantis:
«quid prohibetis aquis? usus communis
aquarum est.
nec solem proprium natura nec aera fecit
nec tenues undas: ad publica munera
veni;
quae tamen ut detis, supplex peto. non
ego nostros

In estate, quando il sole cocente bruciava i campi del paese della Licia dove ha sede la crudele Chimera, la dea, stanca della lunga durata del suo cammino, ebbe voglia di bere, assetata dal calore del sole. I bambini avevano bevuto avidamente il latte dalle sue mammelle. Per caso vide un piccolo stagno d'acqua sul fondo delle valli. Dei contadini erano lì intenti a intrecciare cespugliosi ramoscelli di vimini con giunchi ed erba palustre.

Si avvicinò la figlia di Titano e appoggiò a terra il ginocchio per potere attingere l'acqua gelida e berla, ma glielo impedisce la folla dei contadini e la dea a coloro che glielo impedivano disse:

«Perché mi allontanate dall'acqua? L'uso dell'acqua è dovuto a tutti; la natura non ha dato in proprietà né il sole né l'aria né l'onda leggera: ed ecco io sono davanti a un bene che è pubblico e tuttavia vi rivolgo una preghiera perché

abluere hic artus lassataque membra
parabam,
sed relevare sitim. caret os umore lo-
quentis,
et fauces arent, vixque est via vocis in
illis.
haustus aquae mihi nectar erit, vi-
tamque fatebor
accepisse simul: vitam dederitis in
unda.
(VI, vv. 339-357)

me lo diate. Io non avevo intenzione di lavarmi qui gli arti e il corpo affaticato, ma solo di dissetarmi. La bocca, mentre parlo, è secca, e le labbra aride: a malapena la voce riesce ad uscire. Un sorso d'acqua sarà per me del nettare, e riconoscente dirò di avere riavuto la vita: con l'acqua mi ridonerete la vita.

Ricorrono nel passo due espressioni particolarmente pregnanti: *usus communis aquarum est e ad publica munera veni*.

«*Munus*» e «*communis*» hanno la stessa radice e significano la stessa cosa. La loro radice comune deriva dal sanscrito: indicava il dono, ma non un dono gratuito, piuttosto un dono che esige una reciprocità, uno scambio. «*Munus*» è appunto un dono che obbliga a uno scambio: quando questo sistema di compensazione si gioca all'interno di una stessa cerchia determina una "comunità," un insieme di uomini uniti da un legame di reciprocità; il vocabolo spesso si lega, come nella frase di Ovidio, all'aggettivo «*publicum*» che vuol dire "proprio del popolo". «*Communis*» è dunque la qualità di un solenne impegno scambievole, all'insegna di responsabilità e solidarietà condivise.

Un altro uso di *publicus* particolarmente significativo, in riferimento al mare, è offerto da Orazio, che sviluppa l'immagine del cemento invasore del mare, il mare, che è o dovrebbe essere "di tutti": cfr. *Carmina* III, 24, vv. 3-4:

caementis licet occupes
terrenum omne tuis et mare publicum

Colpisce nei versi di Orazio il riferimento al *mare publicum*, il mare di tutti, in opposizione all'orgogliosa e un po' tracotante denominazione con la quale i Romani identificavano il Mediterraneo come *mare nostrum*.

Molto toccante nel passo ovidiano è poi il rapporto che viene istituito tra acqua e vita:

Hauptus aquae mihi nectar erit, vitam-
que fatebor
Accepisse simul: vitam dederitis in
unda.

Un sorso d'acqua sarà per me del nettare, e riconoscente dirò di avere riavuto la vita: con l'acqua mi ridonerete la vita.

C'è un altro aspetto che questo passo ci permette di cogliere: Latona dichiara di non avere intenzione di lavarsi qui gli arti e il corpo affaticato, ma solo di bere:

... non ego nostros
abluere hic artus lassataque membra
parabam,
sed relevare sitim.

Io non avevo intenzione di lavarmi qui gli arti e il corpo affaticato, ma solo di dissetarmi.

Attraverso queste parole Ovidio ci ricorda la sacralità che l'acqua aveva per gli antichi.

Leggiamo cosa scrive Esiodo nelle *Opere e i giorni* (vv. 737-741):

Non attraversare mai l'acqua dalla bella corrente dei fiumi eterni senza prima avere rivolto una preghiera guardando le belle acque che scorrono ed esserti lavato le mani con la limpida acqua soave. Gli dèi prendono in odio chi attraversi un fiume con le mani ancora sporche di malvagità e gli riservano dolori anche per il tempo a venire.

Il punto di partenza di questa ideologia è l'*epos* omerico, base di tutta la *paideia* greca. Omero infatti dà fondamento all'idea che i fiumi e le sorgenti svolgano un ruolo importante nella mentalità religiosa: figli di Oceano, partecipano dell'acqua primordiale, principio di ogni cosa e di ogni essere vivente.

Esisteva un culto delle acque, e gli antichi connettevano le acque alla divinità dedicando loro un culto sotto forma di invocazioni: cfr. *Iliade* III (vv. 276-279):

Zeus padre, signore dell'Ida, gloriosissimo, massimo,
Sole, che tutto vedi e tutto ascolti,
e Fiumi e Terra, e voi due che sotterra i morti
uomini punite chi trasgredi giuramenti,
siate voi testimoni, serbate il patto leale.

Di questa sacralità dell'acqua troviamo tracce anche nella cultura romana, benché questa sia una cultura fortemente impregnata di interessi e pratiche tecniche; ogni corso d'acqua veniva considerato stabilito fin dall'eternità nella conformazione con la quale si presentava alla vista degli uomini: se due territori si trovavano separati dall'acqua, certo questa condizione era da ascrivere al volere di un dio. Un gesto empio era pertanto considerato quello di unire le due sponde di un fiume con un ponte, perché mirava a costruire una struttura di congiungimento destinata a durare, e quindi a perseverare nell'atto sacrilego codificandone la "normalità", talvolta configgendo dei piloni nel suo alveo venerando.

Per costruire un ponte erano dunque necessari complessi rituali propiziatori e la carica di sovrintendente alla manutenzione del ponte, il *pontifex*, era anche e soprattutto una carica religiosa. Persino il Papa, in quanto "Sommo Pontefice", ancora se ne fregia: sommo costruttore di ponti.

Oltre al lessico e all'etimologia delle parole, molte tracce di questa sacralità dell'acqua le troviamo nei testi latini: tra i tanti, ho pensato di proporvi questo passo di Plinio il Vecchio (*Nat. hist.* XVIII, 2-3):

Nos et sagittas tinguimus ac ferro ipsi
nocentius aliquid damus, nos et flumina
inficimus et rerum naturae elementa,
ipsumque quo vivitur in perniciem ver-
timus.

Noi inquiniamo i fiumi e gli elemen-
ti della natura, e finiamo per rendere
dannosa la stessa aria, che ci permette
di vivere.

Inficere nel senso di "inquinare" è particolarmente interessante in riferimento al tema della violazione della natura: si tratta infatti di un verbo, il cui significato originario è "intridere", "tingere", che ricorre spesso riferito al sangue: si delinea

in questi termini una modalità particolare di inquinamento, quella determinata dalla commistione di acqua e sangue.

Si evince da questa testimonianza che per gli antichi l'inquinamento era un concetto qualitativo, non un fenomeno misurabile, che implicava una impurità rituale. Il poeta Esiodo avverte che non si deve urinare o defecare in sorgenti o fiumi (*Opere*, vv. 757 ss.) all'interno di una lunga lista che contiene ingiunzioni magiche, frutto di una saggezza fossilizzata, precauzioni espresse in forma orale da autorità religiose.

In relazione al secondo tema – l'acqua come elemento della natura, nel suo rapporto con il pianeta terra –, è sempre Ovidio a suggerirci una linea di riflessione: nel XV libro delle *Metamorfosi* è riportato un lungo discorso del filosofo greco Pitagora, nel quale si leggono queste parole (vv. 252-[...] 272):

'Nec species sua cuique manet, rerumque novatrix
ex aliis alias reparat natura figuras:
nec perit in toto quicquam, mihi credite, mundo,
sed variat faciemque novat, nascique vocatur
incipere esse aliud, quam quod fuit ante, morique
desinere illud idem. cum sint huc forsitan illa,
haec translata illuc, summa tamen omnia constant.
vidi ego, quod fuerat quondam solidissima tellus,
esse fretum, vidi factas ex aequore terras;
et procul a pelago conchae iacuere marinae,
et vetus inventa est in montibus ancora summis;
quodque fuit campus, vallem decursus aquarum
fecit, et eluvie mons est deductus in aequor,
eque paludosa siccis humus aret harrenis,
quaeque sitim tulerant, stagnata paludibus ument.
hic fontes natura novos emisit, at illic clausit, et aut imis commota tremoribus orbis
flumina prosiliunt, aut exsiccata residunt.

«Non dura l'aspetto di ciascuno; rinnovatrice, la natura scambia questa forma con quella; e nulla muore, credetemi, nell'universo intero, bensì varia e rinnova la sua faccia; nascere è detto cominciare ad essere altro da quello che si era e morire smettere di essere identico. Sposta pure qui quello e lì questo, la somma totale tiene...

[...]

io stesso ho visto mare dove un tempo si trovava duro suolo, e onde ho visto divenute terre, e conchiglie depositate molto lontano dalla spiaggia e in vetta a un monte si è trovata un'antica ancora; e il corso delle acque ha fatto valli di pianure e l'alluvioni monti hanno ridotto a mari, e suoli paludosi sono arena secca ed altri che la sete pativano ristagnano in pantani. Qui la natura nuove fonti ha aperto E lì ne ha chiuse e smossi dai sussulti del sottosuolo prorompono fiumi o si infossano e più non li si vede.

Potremmo chiederci qual è il rapporto tra il primo racconto della storia di Latona e questo che descrive il mondo sotto forma di continuo cambiamento e trasformazione.

Si tratta di una visione cara a Ovidio, che descrive sempre la realtà sotto forma di un continuo cambiamento, in base a una metamorfosi che incessantemente lavora il mondo e l'universo intero.

Forse Ovidio vuole dirci che è vero, la realtà cambia continuamente davanti a noi, ma alcune idee, alcuni concetti che costituiscono l'autentica dimensione umana restano saldi, pur all'interno di immani cambiamenti: tra questi l'idea dell'acqua come bene comune, e il principio della condivisione come fondante la comunità umana.



Come l'acqua che scorre. Acqua, flussi e diluvi nel pensiero antico

Carlo Delle Donne

L'importanza dell'acqua nella storia del pensiero filosofico e scientifico antico è un dato acquisito. Ciononostante, ancora oggi manca, per quel che mi risulta, uno studio sistematico e organico della presenza di questo elemento nelle fonti filosofiche greco-latine. L'obiettivo di questa breve nota, che non ha, e non potrebbe avere, nessuna pretesa di esaustività, è attirare l'attenzione su cinque valori particolarmente rimarchevoli che l'acqua sembra assumere nel pensiero antico, rimandando ad altra sede un più ampio studio del *dossier* che ho raccolto.

L'acqua come "principio"

Tra le attestazioni in assoluto più famose dell'acqua nella filosofia antica vi sono senz'altro quelle che attribuiscono a Talete di Mileto l'identificazione del "principio" del mondo naturale proprio nell'acqua. Senza poter entrare qui nel dettaglio di questioni controverse e delicate, occorre subito segnalare che, se si deve dare credito a tali testimonianze, sarebbe forse più corretto affermare che Talete individuò il "principio" nell'umido piuttosto che nell'acqua, e che il campo di applicazione di tale elemento era riferito, con ogni probabilità, alla sfera della vita biologica ma anche possibilmente estrapolabile a tutte le cose; in altre parole, Talete dovette convincersi, per ragioni che già Aristotele riporta in forma dubitativa (vd. *isos*, "forse"), che la vita ha avuto origine dall'umido ed è composta da esso:

Θαλῆς μὲν ὁ τῆς τοιαύτης ἀρχηγὸς φιλοσοφίας ὕδωρ φησὶν εἶναι (διὸ καὶ τὴν γῆν ἐφ' ὕδατος ἀπεφήνατο εἶναι), λαβὼν ἴσως τὴν ὑπόληψιν ταύτην ἐκ τοῦ πάντων ὀρᾶν τὴν τροφὴν ὑγρὰν οὔσαν καὶ αὐτὸ τὸ θερμὸν ἐκ τούτου γιγνόμενον καὶ τούτω ζῶν (τὸ δ' ἐξ οὗ γίγνεται, τοῦτ' ἐστὶν ἀρχὴ πάντων) — διὰ τε δὴ τοῦτο τὴν ὑπόληψιν λαβὼν ταύτην καὶ διὰ τὸ πάντων τὰ σπέρματα τὴν φύσιν ὑγρὰν ἔχειν, τὸ δ' ὕδωρ ἀρχὴν τῆς φύσεως εἶναι τοῖς ὑγροῖς. (Aristot. *Metaph.* I, 3, 983b20 ss.)

Talete, iniziatore di tale filosofia, afferma che il principio è **l'acqua** (per questo dichiarò anche che la terra poggia sull'acqua), **forse** ricavando tale supposizione dal fatto che vedeva [A] che **il nutrimento** di tutte le cose è **umido**, [B] che **il calore stesso** deriva da esso e di questo si alimenta (il principio di tutte le cose è ciò da cui si generano) – insomma, assunse questa convinzione per tali ragioni e [C] anche perché **i semi** di tutte le cose hanno **natura umida**, e l'acqua è, **per le cose umide**, il principio di questa loro condizione naturale.

Per quanto ci è dato di ricostruire dalle parole di Aristotele, che riflettono schemi di pensiero e categorie senz'altro soltanto sue, non di Talete, l'acqua sarebbe stata il principio perché essa è principio dell'umido, che è, a sua volta, all'origine del nutrimento (A), del calore (B), dei semi (C) – cioè della vita.

L'acqua come elemento salutare

Un secondo valore sul quale vale la pena richiamare l'attenzione è la funzione salutare dell'acqua. Nella letteratura medica, in particolare in uno dei trattati più celebri del *Corpus Hippocraticum*, intitolato *Sulle arie, le acque e i luoghi*, la presenza delle acque e le loro "proprietà" (*dynàmeis*) sono annoverate tra i fattori 'ambientali' di cui il medico itinerante deve tener conto:

περὶ δὲ τῶν [λοιπῶν secl. Wilamowitz] ὑδάτων βούλομαι διηγῆσασθαι, ἃ τέ ἐστι νοσώδεα καὶ ἃ ὑγιεινότεα καὶ ὀκόσα ἀφ' ὕδατος κακὰ εἰκὸς γίνεσθαι καὶ ὅσα ἀγαθὰ. πλείστον γὰρ μέρος συμβάλλεται ἐς τὴν ὑγιεινῆν. [...] λιθιῶσι δὲ μάλιστα ἄνθρωποι καὶ ὑπὸ νεφριτίδων καὶ στραγγουρίας ἀλίσκονται καὶ ἰσχυάδων, καὶ κῆλαι γίνονται, ὅκου ὕδατα πίνουνσι παντοδαπώτατα καὶ ἀπὸ ποταμῶν μεγάλων, ἐς οὓς ποταμοὶ ἕτεροι ἐμβάλλουσι, καὶ ἀπὸ λίμνης, ἐς ἣν ῥεύματα πολλὰ καὶ παντοδαπὰ ἀφικνεῦνται, καὶ ὀκόσοι ὕδασιν ἐπακτοῖσι χρέονται διὰ μακροῦ ἀγομένοισι καὶ μὴ ἐκ βραχέος. οὐ γὰρ οἶόν τε ἕτερον ἐτέρῳ εὐικέναι ὕδωρ, ἀλλὰ τὰ μὲν γλυκέα εἶναι, τὰ δὲ ἀλυκά τε καὶ στυπτηριώδεα, τὰ δὲ ἀπὸ θερμῶν ῥεῖν. συμμισγόμενα δὲ ταῦτα ἐς τωὐτὸ ἀλλήλοισι στασιάζει καὶ κρατεῖ αἰεὶ τὸ ἰσχυρότατον. [...] ὑφίστασθαι οὖν τοῖσι τοιούτοισιν ἀνάγκη ἐν τοῖς ἀγγείοις ἰλὸν καὶ ψάμμον· καὶ ἀπὸ τούτων πινομένων τὰ νοσήματα γίνεται τὰ προειρημένα. (Hipp. Aër. 7-9)

Voglio ora discorrere delle acque: di quelle che sono **nocive** e di quelle che sono massimamente **salubri**, e di quanti mali e vantaggi è plausibile che derivino dall'acqua. **Essa, infatti, contribuisce in misura preponderante alla salute.** [...] Gli uomini sono soggetti a calcoli, vengono colti da nefriti, stranguria e sciatiche, e si verificano ernie, soprattutto là dove bevano **acque molto eterogenee** e provenienti da grandi fiumi nei quali affluiscono altri fiumi, da un lago nel quale si immettono corsi d'acqua numerosi e variegati, e se si servono di acque di fuori, condotte da grande distanza, non breve. Non è infatti possibile che **un'acqua sia simile all'altra**, ma alcune sono dolci, altre salate e ricche d'allume, altre ancora sgorgano da sorgenti calde. Mescolandosi in uno stesso luogo, **queste si scontrano le une con le altre, e prevale sempre quella più forte.** [...] è inevitabile che tali acque depositino, **nei vasi sanguigni**, polvere e melma; e se le si beve, si ingenerano le malattie dette prima.

L'autore del trattato esplicita la rilevanza dell'acqua per la salute, illustrando, attraverso alcuni esempi, come il grado di salubrità delle acque vari in rapporto ad alcune sue caratteristiche di composizione. In particolare, il medico attira l'attenzione del suo pubblico sul potenziale nocivo insito nella mistione di acque eterogenee: la difformità tra le qualità proprie di ciascun 'tipo' coinvolto nella mescolanza produce una *stàsis*, cioè una "lotta intestina", che risulta prevedibilmente, nella vittoria del "più forte" (*tò ischyròtatón*). Affiora qui, nella definizione della salute, l'osmosi tra lessico politico-militare e lessico medico già testimoniata in

un celebre frammento (= fr. B4 DK = fr. D30 Laks-Most) del medico Alcmeone di Crotona; è il caso di riportare la più ampia (e problematica) testimonianza di Aezio:

Α. τῆς μὲν ὑγείας εἶναι συνεκτικὴν τὴν **ἰσονομίαν** τῶν δυνάμεων, **ὕγροῦ**, ξηροῦ, ψυχροῦ, θερμοῦ, πικροῦ, γλυκέος καὶ τῶν λοιπῶν, τὴν δ' ἐν αὐτοῖς **μοναρχίαν** νόσου ποιητικὴν· φθοροποιὸν γὰρ ἑκατέρου μοναρχίαν. καὶ νόσον συμπίπτειν ὡς μὲν ὑφ' οὗ ὑπερβολῆι θερμότητος ἢ ψυχρότητος, ὡς δὲ ἐξ οὗ διὰ πλῆθος τροφῆς ἢ ἔνδειαν, ὡς δ' ἐν οἷς ἢ αἷμα ἢ μυελὸν ἢ ἐγκέφαλον. ἐγγίνεσθαι δὲ τούτοις ποτὲ **κὰκ τῶν ἔξωθεν αἰτιῶν**, **ὕδατων ποιῶν** ἢ χώρας ἢ κόπων ἢ ἀνάγκης ἢ τῶν τούτοις παραπλησίων. τὴν δὲ ὑγείαν τὴν σύμμετρον τῶν ποιῶν κρᾶσιν. (Aët. V 30 1)

Alcmeone afferma che mantiene la salute l'**isonomia** tra i poteri – **umido** secco, freddo caldo, amaro dolce e così via –, mentre la **monarchia** di uno tra questi produce la malattia: la monarchia di uno dei due opposti è infatti deleteria. La malattia si verifica, quanto alla causa efficiente, per un eccesso di calore o di freddo, mentre, per quanto attiene all'origine, a causa dell'abbondanza o della penuria di cibo, e, quanto ai luoghi, nel sangue o nel midollo o nel cervello. Talvolta, la malattia si ingenera in essi anche **in forza di cause esterne, certe acque**, o un certo territorio, o colpi, o necessità, o cose similari. La salute è invece la mistione proporzionata delle qualità.

È molto dibattuto quanto di questo resoconto debba essere ascritto ad Alcmeone; se è plausibile ritenere che almeno la coppia monarchia/isonomia sia genuina, è altrettanto legittimo affermare che già Alcmeone aveva posto in relazione umido e salute, essendo l'umido uno dei termini delle numerose coppie di opposti in difficile e delicato equilibrio all'interno del corpo in salute. Se poi si potesse far risalire al medico anche il nerbo della seconda parte della testimonianza (al netto dell'anacronistica fraseologia causale), se ne ricaverebbe che Alcmeone aveva altresì intuito il ruolo potenzialmente nocivo dell'ambiente esterno, e quindi anche delle acque che vi si trovano; inoltre, all'accento alle diverse "proprietà" delle acque ("certe acque", dall'aggettivo *poiòs*) potrebbe essere sotteso un quadro più articolato, forse assimilabile a quello tracciato nel trattato ipocratico sopra discusso.

Il flusso come metafora della realtà e del corpo umano

Ma il filone in assoluto più ricco è quello rappresentato dall'acqua, spesso nella forma del flusso, come immagine metaforica del divenire della natura tutta o, più specificamente, di processi corporei. Se la realtà intorno a noi si trasforma più o meno incessantemente, essa può essere legittimamente assimilata al flusso proteiforme quell'acqua. Non sarebbe certo possibile qui censire la cospicua messe di passi pertinenti; mi limito a segnalare solo due esempi, diversi ma altamente rappresentativi: uno, ben noto, eracliteo, e un altro – spesso trascurato dagli storici del pensiero antico – ovidiano.

Da quello che possiamo faticosamente ricostruire, a causa delle mediazioni (e distorsioni) delle fonti "tralatrici", già Eraclito ricorse all'immagine del fiume e del suo flusso per alludere alla costante mutevolezza della realtà, che conserva però, al modo del fiume, una sua unità di fondo:

λέγει που Ἡράκλειτος ὅτι ‘πάντα χωρεῖ καὶ οὐδὲν μένει,’ καὶ **ποταμοῦ ῥοῆ ἀπεικάζων τὰ ὄντα** λέγει ὡς ‘δις ἐς τὸν αὐτὸν ποταμὸν οὐκ ἂν ἐμβαίης.’
(Plat. *Cra.* 402a)

Da qualche parte Eraclito afferma che “tutto si muove e nulla resta fermo”, e **assimilando le cose che sono alla corrente di un fiume**, asserisce che “non potresti entrare due volte nel medesimo fiume”.

In seguito anche Platone, per il quale si è più volte parlato di un certo “eraclitismo”, dovette apprezzare il potenziale comunicativo dell’immagine dell’acqua e del flusso: il *Teeteto* e il *Cratilo* ne testimoniano una significativa pervasività (ma anche, seppur in misura minore, il *Fedone*, il *Filebo*, il *Sofista*). Al netto delle complesse questioni interpretative sollevate dai predetti dialoghi, Socrate denuncia senz’altro i rischi intollerabili (sul piano linguistico e conoscitivo) derivanti dall’adozione di una concezione ‘iper-fluviale’ della realtà sensibile. Rispetto al mondo intelligibile, quindi, il mondo sensibile è, sì, notevolmente mutevole, ma ciò non vuol dire che le forme intelligibili non possano garantire una qualche stabilità alle proprie copie: anzi, è vero esattamente il contrario. Comunque sia, quello che mi preme sottolineare qui è che l’acqua, specialmente nella forma del flusso, offre un dispositivo metaforico di grande efficacia soprattutto per chi, come Platone, ma forse già per Eraclito, concepisce la realtà sensibile come una dimensione intrinsecamente mutevole, ma non priva di qualche forma di persistenza diacronica dell’identità: infatti, anche se le onde del fiume sono sempre diverse, ciò non toglie che, a scorrere, sia sempre lo stesso fiume. Un esempio di valorizzazione di questa particolare declinazione del repertorio metaforico fluviale è offerto da Ovidio nelle *Metamorfosi*, un poema che ha nella trasformazione – nella ‘metamorfosi’, appunto – il suo asse portante. Nel libro conclusivo, il quindicesimo, Pitagora pronuncia un articolato discorso, di fatto un ‘poemetto’ nel poema, dal carattere fortemente etico, che, a detta di molti studiosi, fornirebbe anche una giustificazione filosofica, una chiave di lettura, dell’intero poema. I versi più significativi – almeno per la presente indagine – tematizzano la mutevolezza della realtà e mettono a frutto proprio il potenziale metaforico del campo semantico acquatico:

Omnia mutantur, nihil interit: errat et illinc
huc venit, hinc illuc, et quoslibet occupat
artus
spiritus eque feris humana in corpora transit
inque feras noster nec tempore deperit ullo;
utque novis facilis signatur cera figuris
nec manet ut fuerat nec formas servat easdem,
sed tamen ipsa eadem est: animam sic
semper eandem
esse, sed in varias doceo migrare figuras. [...]
Et quoniam magno feror aequore plenaque
ventis
vela dedi: nihil est toto, quod perstet, in orbe.
Cuncta fluunt, omnisque **vagans** formatur
imago;
ipsa quoque adsiduo **labuntur** tempora motu,
non secus ac flumen, neque enim

Tutto muta, nulla perisce. Lo spirito vaga e viene da lì a qui e da qui a lì, si impossessa delle membra che vuole, e dalle fiere trapassa in corpi umani, e il nostro trapassa negli animali, senza mai deperire in momento alcuno. Come la cera duttile si lascia imprimere da nuove figure, non rimanendo qual era e senza conservare le stesse forme, ma la cera è sempre la medesima: così, vi insegno, l’anima è sempre la stessa, ma trasmigra in varie figure. [...] E poiché ormai mi sono inoltrato in mare aperto e al vento ho spiegato le vele al vento, in tutto il mondo non v’è nulla che persista. **Tutto scorre**, ogni immagine si forma instabile. Lo stesso tempo fluisce

**consistere flumen
nec levis hora potest, sed ut unda
impellitur unda
urgeturque eadem veniente urgetque
priorem,**
tempora sic fugiunt pariter pariterque
sequuntur
et nova sunt semper; nam quod fuit ante,
relictum est,
fitque quod haud fuerat, momentaque cuncta
novantur.
(Ov. *Met.* XV 165-185)

via con moto incessante, **non diversamente dal fiume: né il fiume, infatti, né l'ora lieve possono fermarsi, ma come l'onda è sospinta dall'onda, e la stessa onda è incalzata da quella che viene e incalza la precedente,** parimenti svaniscono i momenti, e parimenti tengono dietro, e sono sempre nuovi: infatti, ciò che è stato prima si è dissolto, e ciò che non esisteva ora avviene, e ogni momento si rinnova.

Questo quadro dominato dal più totale 'mobilismo', tanto che non vi è forma che sia dotata di persistenza significativa, sembra riecheggiare (anche con l'immagine della cera) alcune descrizioni platoniche di una realtà sensibile del tutto transeunte, di fatto innominabile e indescrivibile. Ma il quadro delineato da Pitagora mal si concilia con le metamorfosi così come prendono corpo nel resto del poema: ha senz'altro ragione Antonio La Penna quando rimarca, tra le altre cose, la fissità di alcune trasformazioni ovidiane, sicché *non omnia mutantur* nelle *Metamorfosi*. Piuttosto, il tratto comune al discorso di Pitagora e al poema ovidiano è il nesso immagine-mutamento: sono le forme esteriori, apparenti, a mutare, in un susseguirsi di "immagini" (*imago*), che paiono costituire una dimensione in sé autonoma, ancorché non ultimativa, né tanto meno stabile, mentre resta sullo sfondo la persistenza della materia che sorregge le trasformazioni (*ipsa eadem est [...] animam sic semper eandem esse*). In questo senso, il parallelo con il fluire delle onde del fiume è particolarmente calzante: ogni onda è diversa dall'altra, il loro susseguirsi è incessante, e alla nuova onda che emerge fa da contrappunto l'annullamento della precedente; il fiume, però, resta sempre lo stesso. Ma questo dispositivo metaforico ha uno spettro di applicazione ancora più ampio, che funziona anche nel microcosmo. In più contesti del pensiero greco, la descrizione della fisiologia del corpo umano si avvale del campo semantico acquatico: basti pensare alla celeberrima immagine empedoclea della clessidra ad acqua per descrivere la respirazione (fr. 100 DK =); ne è spia anche il seguente passo del *Timeo*, in cui è la fisiologia dell'organismo 'giovane' a essere formulata in termini 'reumatici', nel quadro di un probabile parallelismo con la dimensione cosmica:

καὶ διὰ δὴ ταῦτα πάντα τὰ παθήματα
νῦν κατ' ἀρχάς τε ἄνους ψυχὴ γίγνεται
τὸ πρῶτον, ὅταν εἰς σῶμα ἐνδεθῆ
θητόν. ὅταν δὲ τὸ τῆς αὔξης καὶ τροφῆς
ἔλαττον ἐπὶ ῥέυμα, πάλιν δὲ αἱ περίοδοι
λαμβάνομεναι γαλήνης τὴν ἑαυτῶν ὁδὸν
ἴωσι καὶ καθιστῶνται μᾶλλον ἐπιόντος τοῦ
χρόνου, τότε ἤδη πρὸς τὸ κατὰ φύσιν ἰόντων
σχῆμα ἐκάστων τῶν κύκλων αἱ περιφοραὶ
κατευθυνόμεναι, τὸ τε θάτερον καὶ τὸ
ταῦτὸν προσαγορεύουσαι κατ' ὀρθόν,

E proprio per tutte queste affezioni, ora come in origine, l'anima si rivela priva di intelletto non appena viene vincolata a un corpo mortale. Qualora invece il **flusso** di accrescimento e nutrizione **diminuisca la sua portata,** e di nuovo le orbite, **godendo di bonaccia,** si muovano lungo la loro traiettoria e, con il procedere del tempo, si stabilizzino maggiormente, allora, mentre ciascuno cerchio procede secondo la sua figura

ἔμφρονα τὸν ἔχοντα αὐτὰς γιγνόμενον
ἀποτελοῦσιν.
(*Tim.* 44a-b)

naturale, le orbite di tali cerchi, raddrizzandosi e designando correttamente il diverso e l'identico, rendono chi le possiede pienamente dotato di intelligenza.

La materia scorrevole

In un certo senso la naturale evoluzione, sul piano storico e concettuale, dell'immagine della realtà sensibile in continuo flusso è la concezione della stessa materia come qualcosa di scorrevole. Il nesso *hýle reusté*, che vale, appunto, "materia scorrevole", è forse uno dei concetti meno studiati dagli antichisti, e resta di fatto ancora imprescindibile un saggio, ormai molto datato, di Fernanda Decleva Caizzi. Qualche fonte fa risalire tale concezione fino a Pitagora e Protagora:

Φησὶν οὖν ὁ ἀνὴρ τὴν ὕλην ῥευστὴν εἶναι, ῥεούσης δὲ αὐτῆς συνεχῶς προσθέσεις ἀντὶ τῶν ἀποφορήσεων γίνεσθαι καὶ τὰς αἰσθήσεις μετακοσμεῖσθαι τε καὶ ἀλλοιοῦσθαι παρά τε <τὰς> ἡλικίας καὶ παρά τὰς ἄλλας κατασκευὰς τῶν σωμάτων.
(S.E. *Pyrrh. Hypot.* I 218 = 80 A14 D.K.)

Dice dunque quest'uomo (= Protagora) che **la materia è scorrevole** e che, poiché questa scorre, si verificano continuamente aggiunte in luogo delle perdite, e le percezioni si alterano e mutano in ragione delle diverse età e delle altre condizioni costitutive dei corpi.

Ma sembra potersi affermare con un buon grado di sicurezza che l'origine della nozione debba essere situata nell'Accademia antica e ascritta al magistero di Senocrate; il risalimento a Pitagora e a Protagora (di cui testimonia Sesto Empirico) sarebbe una proiezione *ex post*, un tentativo di legittimazione:

Ἐνοκράτης συνεστάναι τὸ πᾶν ἐκ τοῦ ἐνὸς καὶ τοῦ ἀέναου [ἀενάου S^{FP}; ἀέναου Diels, Wachsmuth, edd. Xenocratis], ἀέναον [ἀένναον S^{FP}; ἀέναον Diels, Wachsmuth, edd. Xenocratis] τὴν ὕλην αἰνιττόμενος διὰ τοῦ πληθους.
(Aezio, 1, 3, 22 = test. 101 Isnardi Parente)

Senocrate sostiene che il tutto deriva dall'uno e da **ciò che fluisce perennemente**, alludendo, con "ciò che fluisce perennemente", alla **materia**, in ragione della sua molteplicità.

Dietro l'attribuzione del concetto a Protagora si cela molto probabilmente la rilettura platonica, nel *Teeteto*, della celebre tesi protagorea dell'*Homo mensura*, con cui Platone combina una versione radicale del mobilismo eracliteo (se ogni percezione è irripetibile, perché coglie un irripetibile stato del mondo, ne consegue che il mondo è in perenne mutamento, cioè scorre senza sosta). Nel caso di Senocrate, invece, potrebbe essere stata la natura 'fluviale' della realtà sensibile (forse estrapolata, di nuovo, dal *Teeteto*) a suggerire la necessità di concepire (almeno) uno dei principi metafisici come intrinsecamente 'fluviale'; peraltro, la 'duttilità' del raro aggettivo *aënaos*, che allude, contemporaneamente, sia all'eterno scorrere sia, forse, all'assenza di unità, consentiva a Senocrate di condensare il rimando a molteplici funzioni in un unico termine, costruendo una perfetta 'diarchia' tra "uno" e "non-uno" quali principi metafisici della realtà.

L'acqua come fine: il diluvio

Un ultimo impiego dell'acqua che merita, per più di una ragione, di essere collocato alla fine di questa breve rassegna, è quello, attestato specialmente in Seneca, che fa dell'acqua l'elemento (o uno degli elementi) dell'apocalissi. Com'è noto, quasi tutti gli Stoici credevano nella distruttibilità del mondo, che sarebbe stato sconvolto dall'*ekpýrosis*, una conflagrazione universale di cadenza periodica. Anche Seneca mostra di credere alla distruttibilità del cosmo, ma delinea scenari diversi circa la sua fine. Quello che interessa richiamare qui è la possibilità che sia un diluvio a compiere la necessaria distruzione del mondo, il cui 'ingrediente' principale sarà la terra, massimamente capace di convertirsi in acqua:

Itaque non pluvia istud fiet sed pluvia quoque, non incursum maris <sed> maris quoque incursum, non terrae motu sed terrae quoque motu: omnia adiuvabunt naturam ut naturae constituta peragantur. **Maximam tamen causam ad se inundandam terra ipsa praestabit**, quam diximus esse mutabilem et solvi in umorem.

(*Nat. Quaest.* III 29, 4)

Pertanto, ciò avverrà non per la pioggia, ma anche per la pioggia, non per lo straripamento del mare, <ma> anche per lo straripamento del mare, non per un terremoto, ma anche per un terremoto: tutto aiuterà la natura affinché si compiano le leggi della natura. Tuttavia, la principale causa della propria inondazione la garantirà la terra stessa, che abbiamo detto essere mutabile e capace di risolversi nell'umido.

Su questo aspetto si sono concentrati, negli ultimi anni, numerosi contributi, che hanno messo in luce, di volta in volta, ora il rapporto strettissimo di intertestualità con Ovidio, ora la polemica con Fabiano, uno dei maestri di Seneca, ora l'ipotesi platonica, ora il lessico medico. Qui mi limito a osservare che in Seneca si realizza, in qualche modo, una mirabile sintesi di tutti i valori, fin qui descritti, che l'acqua assume nel pensiero antico: oltre a essere agente dell'apocalissi, essa è anche *primordium*, elemento salutare o nocivo, feconda immagine valevole a descrivere tanto la mutevolezza della realtà, quanto la fisiologia del corpo umano. Un'ulteriore conferma della centralità di questo elemento nell'immaginario degli antichi.



Inquinamento da plastiche e microplastiche

Mariacristina Cocca

Con il termine di rifiuti solidi marini (*marine litter*) si definisce qualsiasi materiale solido persistente (durevole) prodotto dall'uomo e abbandonato nell'ambiente marino [1]. Si tratta di rifiuti aventi composizione estremamente eterogenea derivanti da attività antropiche svolte sulla terraferma o direttamente in mare. I materiali che più comunemente compongono i rifiuti marini sono plastica, gomma, carta, metallo, legno, vetro, stoffa, ecc., questi possono galleggiare sulla superficie del mare, essere trasportati sulle spiagge oppure giacere sui fondali e persistono nell'ambiente a causa della loro durabilità.

In generale, la degradazione di un materiale può procedere più o meno velocemente a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche del materiale stesso e

delle condizioni ambientali cui è esposto. Pertanto, è quasi impossibile fornire numeri precisi riguardo al tempo necessario affinché un determinato materiale sia completamente degradato in un ambiente specifico. Tuttavia, sulla base di prove sperimentali sono state e effettuate stime approssimative sui tempi di degradazione di diversi oggetti come descritto nella Figura 1 riportata di seguito [2].

Tra i materiali che compongono il *marine litter* la plastica rappresenta la frazione più abbondante. Non è certa la quantità di plastica che entra nei mari dai rifiuti generati sulla terraferma. Nel 2015 un lavoro pubblicato sulla rivista Science ha riportato una stima dei rifiuti di plastica, che entrano negli oceani, sulla base della quantità di rifiuti solidi prodotti in 192 aree costiere del mondo, della densità abitativa e dello stato economico del paese ed è stato calcolato che nel 2010 una quantità compresa tra 5 e 13 milioni di tonnellate di rifiuti di plastica ha raggiunto gli oceani [3].

Le materie plastiche rappresentano i materiali del nostro secolo divenuti quasi indispensabili per la quotidianità grazie alle loro proprietà che li rendono applicabili in diversi settori. Questi materiali presentano infatti eccellente durabilità, idrofobicità/idrofilicità, bassa conducibilità termica ed elettrica, costi di produzione relativamente bassi e facile reperibilità, proprietà che giustificano l'aumento della loro richiesta per appli-

Figura 1. Stima dei tempi di degradazione dei rifiuti marini. Figura riprodotta da [2].



cazioni commerciali diverse. L'industria delle materie plastiche, comprendendo il manifatturiero e tutto l'indotto ovvero i convertitori, riciclatori e i produttori di macchinari per la trasformazione è un sistema trainante dell'economia europea. Dopo una stagnazione nel 2020 dovuta alla pandemia di Covid-19, la produzione globale di plastica è aumentata a 390,7 milioni di tonnellate nel 2021. Nel 2021, il 90,2% della produzione mondiale di plastica è stata di origine fossile. La plastica riciclata post-consumo e la plastica bioderivata e biodegradabile hanno rappresentato rispettivamente l'8,3% e l'1,5% della produzione mondiale di plastica. Nello stesso anno il settore degli imballaggi e quello dell'edilizia e delle costruzioni hanno rappresentato i principali mercati su scala mondiale delle materie plastiche giustificando la richiesta e la produzione di specifici polimeri quali poliolefine (polietilene, PE, e polipropilene, PP), il cloruro di polivinile, PVC, il polietilene tereftalato, PET, ecc. [4]. È ormai ben noto che la maggior parte del packaging, quando non smaltito correttamente, può causare problemi ambientali di rilievo. Per ovviare a tali problemi è stata emanata nel 2019 una direttiva comunitaria, la Direttiva 2019/904/UE, tesa a ridurre l'incidenza di determinati prodotti di plastica monouso sull'ambiente, che ha messo al bando una decina di oggetti monouso in plastica, che sono quelli maggiormente rinvenuti come *marine litter*. Le plastiche di grandi dimensioni una volta disperse in ambiente marino diventano fonte di microplastiche secondarie ovvero di frammenti plastici con dimensione inferiore a 5 mm che si generano dalla degradazione in ambiente di plastiche macroscopiche [5]. Queste in aggiunta alle microplastiche primarie ovvero quelle che raggiungono l'ambiente direttamente in dimensione submillimetrica sono oggi considerati

contaminanti emergenti con un notevole impatto sull'ecosistema. La stessa terminologia, ovvero microplastiche primarie, è utilizzata per identificare non solo frammento di dimensioni submillimetriche prodotti per un'applicazione specifica, ma anche frammenti originati dall'abrasione di grandi oggetti di plastica durante la produzione, l'uso o la manutenzione come le microplastiche rilasciate da tessuti sintetici a causa di sollecitazioni meccaniche e chimiche durante il lavaggio, oppure le microplastiche rilasciate dall'usura degli pneumatici delle automobili. I diversi usi della terminologia e i diversi modi di classificare le microplastiche in generale sono ancora un dibattito aperto che evidenzia la necessità di ulteriori approfondimenti anche sulle definizioni da impiegare per tali frammenti [6]. Nel 2017 l'International Union for Conservation of Nature ha stimato che le principali fonti di inquinamento marino da microplastiche primarie sono, in ordine decrescente, il lavaggio dei tessuti sintetici, l'usura degli pneumatici, la manutenzione degli edifici, la manutenzione stradale, dei natanti e delle imbarcazioni, i prodotti per la cura della persona, i pellet [7]. Le microplastiche non sono solo un problema per l'ambiente marino infatti numerosi sono i lavori che riportano la presenza di microplastiche oltre che negli organismi alla base della catena trofica anche in pesci e molluschi destinati al consumo umano [8], nel sale per uso alimentare [9], nelle acque potabili [10] e in altri comparti ambientali come nell'aria [11]. Recenti studi hanno inoltre evidenziato che l'uomo è molto esposto alle microplastiche non solo attraverso l'ecosistema marino ma anche per l'elevato impiego di oggetti in plastica. Nel 2021 uno studio ha evidenziato che i biberon e gli altri contenitori in plastica utilizzati per dare ai neonati latte, tisane e succhi, e per conservare alimenti possono rilasciare

microplastiche, soprattutto se vengono scaldati [12]. Questi dati evidenziano che l'uomo è fortemente esposto alle microplastiche non soltanto per l'inquinamento costiero e per l'accumulo delle particelle negli organismi marini destinati al consumo umano ma anche per la presenza delle microplastiche nei terreni, negli animali terrestri, per il rilascio dei contenitori per alimenti con conseguente preoccupazione per i potenziali effetti tossici sulla salute umana.

Nel 2021 microplastiche sono state rinvenute nella placenta umana raccolte da donne consenzienti con gravidanze fisiologiche [13], nei tessuti polmonari umani ottenuti durante le autopsie testimoniando che questi contaminanti entrano nel sistema respiratorio in seguito all'inalazione [14]. Nel 2023 sono state rinvenute microplastiche in pazienti sottoposti a intervento di cardiocirurgia. Sono comunque necessarie ulteriori ricerche per valutare l'impatto della chirurgia sull'introduzione di microplastiche nell'organismo oltre che gli effetti delle stesse sugli organi interni e sulla salute umana [15].

Da questi studi emerge che l'esposizione dell'uomo alle microplastiche avviene attraverso la catena trofica, attraverso l'aria degli ambienti interni e esterni dove si trovano disperse microplastiche, attraverso la deglutizione diretta di polvere domestica o polvere che si deposita sugli alimenti e attraverso l'esposizione diretta alle microplastiche rilasciate dagli oggetti durante il loro uso. Studi in vitro e in vivo hanno evidenziato che solo una piccola frazione di microplastiche sono in grado di attraversare le barriere epiteliali di polmoni e intestino, con profili di assorbimento specifici e generalmente aumentando l'efficienza di assorbimento con la diminuzione delle dimensioni dei frammenti. Ci sono evidenze di traslocazione di microplastiche <10 mm dalla cavità intestinale

al sistema linfatico e circolatorio, che causa esposizione sistemica e accumulo nei tessuti inclusi fegato, reni e cervello. Le particelle più piccole (<0,1 µm) possono essere in grado di accedere a tutti gli organi, attraversando le membrane cellulari, la placenta e anche il cervello. Le microplastiche possono causare tossicità fisica, chimica e microbiologica, che potrebbe anche agire cumulativamente. I potenziali effetti sulla salute delle microplastiche sono ancora sconosciuti [16].

Le microplastiche di forma fibrosa rappresentano oggi un problema di grande rilievo in quanto sono state rinvenute in diversi organismi marini, in terreni destinati all'agricoltura, nell'atmosfera e in luoghi remoti come i ghiacciai artici. Negli ultimi le attività di ricerca condotte su tale tipologia di microplastica sono state numerose e hanno consentito di mettere a punto metodi di quantificazione di microplastiche rilasciate da tessuti sintetici sottoposti ad un processo di lavaggio [17-20]. Le procedure sviluppate sono state utilizzate per correlare il rilascio di microfibre alla natura chimica del tessuto, alle caratteristiche tessili, al tipo di detersivo, alle condizioni di lavaggio, al carico di lavaggio e di identificare i principali fattori responsabili del rilascio di microfibre. Riuscendo così a determinare il reale impatto di un processo di lavaggio di tipo domestico. Gli studi condotti hanno anche consentito di evidenziare che durante il lavaggio vengono rilasciate, oltre alle microplastiche, microfibre artificiali e/o naturali che, a seconda dei tempi di residenza nell'ambiente e dei processi produttivi subiti, possono rappresentare un'altra problematica ambientale.

Più recentemente sono state sviluppate metodiche per il monitoraggio di tali microplastiche in matrici complesse, basate sulle caratteristiche morfologiche delle microfibre, che hanno permesso di identificarne la presenza di

microfibre, sia di origine sintetica (microplastiche) che di origine artificiale e/o naturale nell'acqua potabile, in mitili d'allevamento del Mar Tirreno commercializzati per il consumo umano [21-22]. A causa della moltitudine di sorgenti di microplastiche e della loro complessità chimico-fisica, le strategie di mitigazione dovrebbero essere scelte e ottimizzate in funzione del tipo di microplastica, del punto di ingresso, della complessità del comparto ambientale oggetto di indagine, ecc. Per cercare di ridurre la quantità di microplastiche rilasciate durante il lavaggio e al contempo di prevenire il loro ingresso nelle acque di scarico sono stati sviluppati coating protettivi da applicare ai tessuti per ridurre il rilascio delle microfibre durante il loro lavaggio, sistemi filtranti capaci di bloccare le microplastiche rilasciate e prevenirne la diffusione nell'ambiente e detersivi capaci di ridurre la quantità di microplastiche generate durante il lavaggio dei tessuti sintetici [23-26]. Per quanto invece attiene alle microplastiche aventi diversa morfologia le attività di mitigazione sono state rivolte a prevenire la formazione di microplastiche secondarie e primarie attraverso processi di riciclo termomeccanico di plastiche recuperate in ambiente marino, al cercare di verificare l'applicabilità di polimeri biodegradabili in sostituzione di polimeri tradizionali e allo sviluppare tecniche di degradazione per cercare di sviluppare sul lungo termine soluzioni non soltanto preventive ma anche di rimozione delle microplastiche in ambiente marino [27-29].

Bibliografia

1. MARLISCO MARine Litter in Europe Seas: Social Awareness and CO-Responsibility, *Rifiuti solidi in mare (Marine Litter): problemi e possibili soluzioni*, a cura di Luigi Alcaro, 2013.
2. A.M. Booth, S. Kubowicz, C. Beegle-Krause, J. Skancke, T. Nordam, E. Landsem, M. Throne-Holst, S. Jähren, *Microplastic in global and Norwegian marine environments: Distributions, degradation mechanisms and transport*. M-918|2017. Trondheim: Norwegian Environment Agency, 2018, p. 147.
3. J.R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K.L. Law, "Plastic waste inputs from land into the ocean", *Science* 2015, 347, 768-771.
4. PlasticsEurope, *Plastics – the Facts 2022*, https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf.
5. C. Arthur, J. Baker, H. Bamford (Eds.), *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*, NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30, 2009.
6. S. Federici, Z. Ademovic, M.J.B. Amorim, M. Bigalke, M. Cocca, L.E. Depero, J. Dutta, W. Fritzsche, N.B. Hartmann, G. Kalčíkova, N. Keller, T.C. Meisel, D.M. Mitrano, L. Morrison, J.-M. Raquez, A. Tubić, M. Velimirovic, "COST Action PRIORITY: An EU Perspective on Micro- and Nanoplastics as Global Issues", *Microplastics*, 2022; 1(2):282-290.
7. J. Boucher, D. Friot, *Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources*, IUCN: Gland, Switzerland, 2017.
8. C.M. Rochman, A. Tahir, S.L. Williams, D.V. Baxa, R. Lam, J.T. Miller, F.-C. Teh, S. Werorilangi, S.J. Teh, "Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibres from textiles in fish and bivalves sold for human consumption", *Sci. Rep.* 2015, 5, 1-10.
9. J.S. Kim, H.J. Lee, S.K. Kim, H.J. Kim, "Global pattern of microplastics (mps) in commercial food-grade salts: sea salt as an indicator of seawater MP pollution Environ", *Sci. Technol.*, 2018, 52, 12819-12828.
10. A. Giese, J. Kerpen, F. Weber, J.R. Prediger, "A preliminary study of microplastic abrasion from the screw cap system of reusable plastic bottles by raman microspectroscopy", *ACS ES&T Water*, 2021, 1, 1363-1368.
11. J. Brahney, M. Hallerud, E. Heim, M. Hahnenberger, S. Sukumaran, "Plastic rain in protected areas of the United States", *Science*, 2020, 368, 1257-1260.
12. D. Li, Y. Shi, L. Yang, L. Xiao, D.K. Kehoe, Y.K. Gun'ko, J.J. Boland, J.J. Wang, "Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation", *Nature Food*, 2020, 1:746-754.
13. A. Ragusa, A. Svelato, C. Santacroce, P. Catalano, V. Notarstefano, O. Carnevali, F. Papa, M.C.A. Rongioletti, F. Baiocco, S. Draghi, E. D'Amore, D. Rinaldo, M. Matta, E. Giorgini, "Plasticenta: first evidence of microplastics in human placenta", *Environ. Int.*, 2021, 146, 106274.
14. L.F. Amato-Lourenco, R. Carvalho-Oliveira, G.R. Junior, L. Dos Santos Galvao, R.A. Ando,

- T. Mauad, "Presence of airborne microplastics in human lung tissue", *J. Hazard Mater.*, 2021, 416, 126124.
15. Y. Yang, E. Xie, Z. Du, Z. Peng, Z. Han, L. Li, R. Zhao, Y. Qin, M. Xue, F. Li, K. Hua, X. Yang, "Detection of various microplastics in patients undergoing cardiac surgery", *Environ. Sci. Technol.*, 2023, 57, 10911-10918.
 16. A.D. Vethaak, J. Legler, "Microplastics and human health", *Science*, 2021, 371, 672-674.
 17. J.S. Weis, F. De Falco, M. Cocca, *Polluting Textiles: The Problem With Microfibres*, Routledge 2022.
 18. F. De Falco, M.P. Gullo, G. Gentile, E. Di Pace, M. Cocca, L. Gelabert, M. Bouta-Angnésa, A. Rovira, R. Escudero, R. Villalba, R. Mossotti, A. Montarsolo, S. Gavignano, C. Tonin, M. Avella, "Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics", *Environ. Pollut.*, 2018, 236, 916-925.
 19. F. De Falco, E. Di Pace, M. Cocca, M. Avella, "The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution", *Sci. Rep.*, 2019, 9, 6633.
 20. F. De Falco, M. Cocca, M. Avella, R.C. Thompson, "Microfiber release to water, via laundering, and to air, via everyday use: a comparison between polyester clothing with differing textile parameters", *Environ. Sci. Technol.*, 2020, 54, 3288-3296.
 21. M. Volgare, R. Avolio, R. Castaldo, M.E. Errico, H. El Khair, G. Gentile, A. Sinjur, D. Susnik, A. Znidarsic, M. Cocca, "Microfiber contamination in potable water: detection and mitigation using a filtering device", *Microplastics*, 2022, 1, 322-333.
 22. M. Volgare, S. Santonicola, M. Cocca, R. Avolio, R. Castaldo, M.E. Errico, G. Gentile, G. Raimo, M. Gasperi, G. Colavita, "A versatile approach to evaluate the occurrence of microfibers in mussels *Mytilus galloprovincialis*", *Sci. Rep.*, 2022, 12.
 23. F. De Falco, G. Gentile, R. Avolio, M.E. Errico, E. Di Pace, V. Ambrogi, M. Avella, M. Cocca, "Pectin based finishing to mitigate the impact of microplastics released by polyamide fabrics", *Carbohydr. Polym.*, 2018, 198, 175-180.
 24. F. De Falco, M. Cocca, V. Guarino, G. Gentile, V. Ambrogi, L. Ambrosio, M. Avella, "Novel finishing treatments of polyamide fabrics by electrofluidodynamic process to reduce microplastic release during washings", *Polym. Degrad. Stab.*, 2019, 165, 110-116.
 25. F. De Falco, E. Di Pace, M. Avella, G. Gentile, M.E. Errico, A. Krzan, H. ElKhair, M. Zupan, M. Cocca, "Development and performance evaluation of a filtration system for washing machines to reduce microfiber release in wastewater", *Water, Air, & Soil Pollution*, 2021, 232 (406).
 26. N. Russo, H.A. Fernandez, M. Avella, M. Cocca, *Mitigation Effect of Detergent on Microfiber Release*, in M. Cocca, V. Ambrogi, R. Avolio, R. Castaldo, M.E. Errico, G. Gentile (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea*, Springer International Publishing, 2022, 259-263.
 27. I. Liotta, R. Avolio, R. Castaldo, G. Gentile, V. Ambrogi, M.E. Errico, M. Cocca, "Mitigation approach of plastic and microplastic pollution through recycling of fishing nets at the end of life", *Process Safety and Environmental Protection*, 2024, 182, 1143-1152.
 28. T. Viel, L. Manfra, V. Zupo, G. Libralato, M. Cocca, M. Costantini, "Biodegradation of plastics induced by marine organisms: future perspectives for bioremediation approaches", *Polymers*, 2023, 15, 2673.
 29. P. Amato, M. Muscetta, V. Venezia, M. Cocca, G. Gentile, R. Castaldo, R. Marotta, G. Vitiello, "Eco-sustainable design of humic acids-doped ZnO nanoparticles for UVA/light photocatalytic degradation of LLDPE and PLA plastics", *J. Environ. Chem. Eng.*, 2023, 11, 109003.

Biospecificità del nostro mare

Maria Cristina Buia

Premessa

Con la varietà di dispositivi elettronici attualmente a disposizione, risulta facile a tutti fare ricerche in rete su qualsiasi argomento si voglia, anche per coloro che non conoscono bene le lingue straniere, facilitati dall'uso di traduttori. Più difficile è valutare la fondatezza (ossia la validità e l'affidabilità) delle risposte che si trovano, in relazione sia al nostro grado di conoscenza sia alla nostra curiosità, che è quella che spesso ci spinge a non accontentarci della prima risposta che ci viene fornita ma che ci porta a cercarne altre, confrontandole, integrandole ed elaborandone una nostra. Curiosità è quindi la prima molla che porta a farci delle domande, quindi il primo passo verso la conoscenza, verso la consapevolezza e quindi ad essere responsabili delle nostre azioni e perciò liberi. Ed è stata la mia curiosità tesa a comprendere la vostra attitudine al mondo marino che mi ha fatto iniziare la mia chiacchierata sulla biodiversità del nostro mare, una delle ricchezze della nostra isola, ponendovi alcune domande apparentemente banali, volute a capire le vostre naturali preferenze verso gli habitat costieri. Perché sono convinta che solo osservando ciò che ci circonda senza subirlo possano nascere domande a cui si cerchi di rispondere per dare un senso alla nostra vita e migliorarla. E mi sono accorta che

istintivamente, magari senza chiedervi il perché, le vostre scelte sono state naturalmente dettate dalla vostra valutazione positiva della complessità del paesaggio sottomarino e ben relazionate con la biodiversità ad esso associata... Ed è stata per me una boccata d'aria pura! Continuate a chiedervi il perché delle cose.

Area mediterranea: diversità e minacce

L'area Mediterranea viene considerata una tra le 25 aree a più elevata biodiversità, sia marina sia terrestre (<https://www.iucnredlist.org/regions/mediterranean>). Infatti si possono contare sino ad un massimo di 25000 specie vegetali di cui ben il 60% sono endemiche (cioè vivono solo in quest'area), così come un terzo della fauna mondiale è unico per questa regione (Myers et al 2000). Anche per le sole specie marine il nostro bacino rappresenta un centro di aggregazione di diversità. Questo è il riflesso della tormentata storia geologica del bacino Mediterraneo che è andato incontro a continue modificazione del suo assetto geografico, con aperture, chiusure, evaporazioni e cambiamenti di salinità [1]. Focalizzando l'attenzione sui principali artefici del paesaggio marino nella fascia batimetrica più superficiale (intorno ai 50 m), i principali attori sono le forme vegetali macroscopiche, cioè le

macroalghe e le piante marine. Mentre le prime sono comparse negli oceani all'incirca 450 milioni di anni, le piante marine si sono originate da piante terrestri che sono tornate a ricolonizzare il mare solo circa 75-100 milioni di anni fa. La loro comparsa nel mondo marino del nostro pianeta in tempi così diversi aiuta a capire il loro differente contributo alla diversità della flora marina: mentre le alghe, sia micro che macro, costituiscono il 94% delle specie presenti con oltre 250.000 specie, le piante vascolari capaci di vivere in un ambiente salato non raggiungono l'1%, non superando la settantina (questo numero non è ancora costante perché in relazione a nuove tecniche adottate). Nel Mare Nostrum, nonostante esso occupi solo lo 0,82% della superficie oceanica mondiale, i due comparti vegetali macroscopici sono rappresentati da 1131 specie, che a livello mondiale costituiscono rispettivamente il 17,3% delle alghe brune, il 10,6% delle alghe rosse, il 7,6% delle alghe verdi e l'11,7% delle fanerogame [2]. A ciò si aggiunge la presenza della pianta vascolare *Posidonia oceanica* (L.) Delile, unica specie di questo genere che è presente solamente nel Mediterraneo e in cui svolge un ruolo funzionale essenziale.

L'elevato numero di macroalghe che si rinvergono nel Mediterraneo si spiega ancora una volta con le successive trasformazioni a cui è andato incontro il nostro bacino nella sua storia geologica: si rinvergono specie tropicali, indo-pacifiche, atlantiche, lessepsiane, cosmopolite ed endemiche. In particolare, se nel passato la loro distribuzione era strettamente regolata dall'andamento delle isoterme di febbraio (in cui si registravano le temperature minime stagionali) che rappresentavano i limiti termici della distribuzione delle diverse specie tra nord e sud e tra est e ovest, l'attuale cambiamento climatico, spostando verso nord suddetta isoterma

invernale, sta determinando una diversa distribuzione delle specie. In particolare si assiste ad una meridionalizzazione dei settori nordici, caratterizzati dalla risalita di specie subtropicali, e ad una tropicalizzazione del Mediterraneo, con una maggiore presenza di specie esotiche nei settori meridionali.

Questo si riflette anche in una diversa distribuzione non solo delle alghe ma anche delle piante vascolari che vedono restringersi nell'estremo nord-est della penisola italiana la specie temperofredda *Zostera marina* L. e ad una nuova e maggiore estensione dell'areale di distribuzione delle più piccole specie tropicali, originariamente presenti solo nella parte meridionale più orientale, dove erano arrivate dopo l'apertura del canale di Suez.

Oltre ad una diversa distribuzione delle macrofite in generale a seguito del cambiamento climatico, la loro eterogeneità e diffusione è minacciata dall'introduzione più o meno casuale nel Mediterraneo di specie aliene, cioè di diversa provenienza geografica, ad andamento invasivo. Questo è il caso delle alghe *Caulerpa cylindracea* Sonder (verde) e *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan (rossa). Presenti nel Mediterraneo sin dagli inizi del XX secolo in maniera puntiforme, sono ormai ampiamente distribuite colonizzando qualsiasi tipo di substrato (roccioso, sabbioso e vegetale), estendendosi da 0,5 m sino a oltre 60 m di profondità in molte parti del bacino, arrivando a coprire vaste estensioni di substrato e limitando così la disponibilità di substrato e di nicchie ecologiche per le comunità originarie. Da ricordare che non tutte le specie aliene possono avere un andamento invasivo; anzi, molte volte la loro presenza passa inosservata se non è accompagnata da una ricerca mirata.

La complessità delle specie vegetali che caratterizzano i nostri fondali è minacciata non solo dai cambiamenti clima-

tici in atto ma soprattutto dalle attività antropiche, come le continue trasformazioni della linea di costa. Costruzione di porti, darsene, barriere frangiflutti, ancoraggi non regolamentati, erosione dei litorali per costruzioni abusive, mancanza di adeguati impianti di depurazione, mancata conoscenza delle realtà sottomarine (non richiesta al momento del rilascio delle attuali patenti nautiche) nonché quella delle più elementari regole di navigazione e di ancoraggio possono costituire per le specie vegetali, che sono fisse e ancorate al substrato di impianto, fonte di regressione dei loro areali di impianto fino a determinarne la scomparsa. È questo il caso delle praterie di fanerogame come quelle formate da *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* e *Zostera noltei* (Hornem) Toml. & Posl nonché le foreste sommerse delle alghe brune del genere *Cystoseira sensu lato*.

Perché queste specie vegetali sono così poco considerate ma così importanti? Il loro ruolo nell'ambiente marino è assolutamente paragonabile a quello esercitato dai vegetali sulla terraferma: fornire ossigeno, assorbire la CO₂ che rilasciamo nell'ambiente, consolidare il substrato evitando fenomeni erosivi costieri, soprattutto dove il litorale è sabbioso, e amplificare la disponibilità di spazio, rifugio e alimentazione per la complessa rete trofica associata, da cui noi così strettamente dipendiamo.

A limitare l'estensione di questo patrimonio vegetale nel mondo sommerso è la luce, di cui gli organismi vegetali hanno necessità per i processi fotosintetici. Chiunque tuffandosi, ma soprattutto gli appassionati di fotografia subacquea, si accorge che a cominciare da poche metri di profondità molti colori scompaiono e soltanto grazie all'utilizzo di torce subacquee e flash è possibile rimirare la varietà cromatica dell'ambiente sommerso che ci circonda. Questo comporta che la disponibilità di luce è fon-

damentale per la sopravvivenza di questi sistemi vegetati, la cui distribuzione è preponderante soltanto nei primi 50 m di profondità. Già questa limitazione deve far capire come proprio la zona costiera in cui si svolgono la maggior parte delle attività antropiche deve essere accuratamente tutelata per garantire non solo la sopravvivenza di specie uniche e delicate ma la funzionalità di un "polmone" vitale per la specie umana. Per preservare la diversità e ridurre a ZERO il grado di inquinamento, garantendo al contempo lo sviluppo delle attività sociali ed economiche ad esse connesse nell'ambiente costiero, sono state elaborate delle Direttive europee (https://environment.ec.europa.eu/topics/marine-environment_en) come la Water Framework Directive WFD nel 2000 e la Marine Strategy Framework Directive MSFD nel 2008. Entrambe avevano tempistiche precise per raggiungere l'obiettivo del BUONO STATO quali-quantitativo dei corpi d'acqua (2015, poi procrastinato al 2020); attualmente tale finestra è stata ulteriormente prolungata al 2030, senza che i cittadini sappiano che il mancato adempimento di una direttiva europea comporta delle penali pecuniarie...

Ischia: dove eravamo e dove stiamo andando

Ischia, tra le isole del Golfo di Napoli, è quella che, dal punto naturalistico, ha goduto di più attenzioni da parte degli studiosi. La sua maggiore estensione rispetto alle altre isole, insieme alla varietà di ambienti terrestri e marini, modulati da fenomeni geologici di diversa entità, ne hanno favorito lo studio e quindi la conoscenza. Molteplici sono le pubblicazioni che riguardano la geologia, la storia, i miti, la natura e tanto altro di questa isola. Per l'impossibilità di citare tutti gli autori di pub-

blicazioni sulla isola verde, vi rimando alla guida geologico-ambientale della Regione Campania, curata dalla Dr.ssa L. Monti [3], nella quale sono riportati anche alcuni capitoli sulle peculiarità del paesaggio sottomarino. Queste conoscenze scaturiscono dagli studi del gruppo di ricercatori della Stazione Zoologica A. Dohrn di Napoli, che ha avuto sull'isola sino ad epoca recente la sua unica sede distaccata, già Laboratorio di Ecologia del Benthos. I lavori sul campo e in laboratorio hanno fornito le prime conoscenze sulla cintura verde a *Posidonia* attorno all'isola [4] nonché quelle sul patrimonio marino dei nostri fondali, la cui ricchezza e peculiarità [5] ne hanno richiesto la protezione favorendo l'istituzione dell'Area Marina Protetta Regno di Nettuno. Purtroppo essere un'area protetta dove insistono praterie di una specie protetta non ha impedito, come succede in altre parti d'Europa (vedi Francia e Spagna), gli ancoraggi indiscriminati su questo importante sistema, i cui effetti sono risultati evidenti soprattutto sulle praterie del versante settentrionale di Ischia. Le praterie che alla fine degli anni 70 erano state classificate in OTTIMO stato secondo la WFD, nel 2016 infatti non raggiungevano neanche lo stato BUONO, come richiesto (L. Porzio e M.C. Buia, 2016). Non solo, ma praterie che prima arrivavano oltre la batimetrica dei 30 m attualmente non si spingono oltre i 25 m, a dimostrazione che la trasparenza della colonna d'acqua è diminuita (M.C. Buia, osservazione personale). L'urgenza di impianti di depurazione più moderni e funzionali attorno all'isola diventa sempre più impellente così come il controllo degli scarichi abusivi a mare. Altre specie vegetali che sino agli anni 80 formavano foreste sottomarine lungo le coste ischitane sono le alghe brune precedentemente citate. Anticamente tutte identificate in un unico genere come *Cystoseira*, attualmente

si differenziano in ben 4 generi distinti quali *Carpodesmia*, *Cystoseira*, *Ericaria* e *Treptacanta*. Sono forme perenni che si ritrovano su substrati rocciosi e la cui presenza e continuità lungo i litorali al pari di *Posidonia oceanica* vengono usate come indicatori di buona qualità delle acque costiere. Da una indagine condotta lungo le coste di Ischia [6, 7], alcune specie censite nel passato lungo il litorale roccioso del versante settentrionale dell'isola sono definitivamente scomparse a causa delle trasformazioni della linea di costa; permangono sul versante meridionale, più alto e meno urbanizzato.

Come le praterie ischitane di *Posidonia oceanica* sono diventate famose nel mondo tra gli studiosi di piante marine, Ischia è nuovamente risalita alla ribalta mondiale della ricerca per gli studi sugli effetti delle emissioni gassose intorno al Castello Aragonese [8, 9] (Figura 1). In quest'area, le emissioni generano un gradiente di "acidità" dell'acqua che va dal valore attuale di 8,1 a 6,8 passando a 7,8, cioè a quello pronosticato nel 2100. Questo gradiente permette di valutare direttamente in campo i possibili effetti dell'abbassamento del pH sui biota marini. Essendo uno specchio di mare aperto, il gradiente di acidità non è costante ma è legato alle condizioni di turbolenza del mare, in questo tratto molto superficiale. Ciononostante dalla Figura 1 si evince come ai valori di pH più bassi *Posidonia* non sia più presente e il fondo sia colonizzato da un feltro di sole piccole alghe molli, non calcaree. È evidente dall'aspetto quasi lunare dell'area acida la notevole riduzione di biodiversità.

E proprio durante la presentazione, voi ragazzi mi avete attestato che la maggiore diversità a mare si osserva non dove il substrato è sabbioso e spoglio ma dove è più variegato per la presenza di un substrato stabile che permetta l'insediamento di vegetali tra le cui fronde trove-

Figura 1. Emissioni gassose di CO₂ sul lato meridionale del Castello Aragonese. A sinistra il sito a pH 7,8 e a destra quello a pH 6,8 (foto M.C. Buia).



ranno riparo e cibo un maggior numero e varietà di forme viventi.

Ancora una volta Ischia ci da la possibilità di avere una finestra sul futuro dei nostri mari. Apriamo gli occhi, guardiamo come il mondo cambia attorno a noi a causa della nostra noncuranza e del mancato recepimento di direttive europee.

Non perdiamo questa opportunità di cambiare quegli stili di vita che possono danneggiare l'ambiente; garantiamo anche a chi ci succederà di ammirare e godere delle bellezze e dei beni che Ischia ci offre.

Bibliografia

1. S. Lejeune, P. Chevaldonné, C. Pergent-Martini, C.F. Boudouresque, T. Pérez (2010), "Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea", *Trends in Ecology & Evolution*, 25(4):250-260.
2. C. Rodriguez-Prieto, E. Ballesteros, F. Boisset, J. Afonso-Carillo (2015), *Alghe e fanerogame del Mediterraneo*. Il Castello Editore.
3. L. Monti (2011), *Isola d'Ischia. Itinerari geo-ambientali*, Litografia Artistica Cartografica.
4. L. Mazzella, M.B. Scipione, M.C. Gambi, E. Fresi, M.C. Buia, G.F. Russo, R. De Maio, M.

Lorenti, A. Rando (1987), *Le praterie sommerse del Mediterraneo*, La Buona Stampa Editore.

5. M.C. Gambi, M. De Lauro, F. Iannuzzi (2003), "Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree. Risultati di uno studio multidisciplinare", *S.N.S.L.A. Memorie in Scienze Fisiche e Matematiche*, 5:425.
6. M.C. Buia, A. Chiarore, M. Mulas, L. Porzio (2013), *Historical changes in the algal diversity in the Gulf of Naples*, in: E. Özhan (ed), *Proceedings of the Global Congress on ICM: Lessons Learned to Address New Challenges*, EMECS 10 – MEDCOAST 2013 Joint Conference, 30 Oct-03 Nov, Marmaris, Turkey; MEDCOAST, Mediterranean Coastal Foundation, Dalyan, Mugla, Turkey, vol. 2: 837-846 (ISBN 978-605-88990-9-4).
7. D. Grech, I.F.P. Patti, A. Chiarore, M. Mulas, M.C. Buia (2015), *Coastal transformation and marine habitat loss*, in: E. Özhan (Ed), *Proceedings of the Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, MEDCOAST '15, 06-10 October 2015, Varna, Bulgaria: 495-505. ISBN 978-605-85652-3-4, 978-605-85652-4-1.
8. J.M. Hall-Spencer, R. Rodolfo-Metalpa, S. Martin, E. Ransom, M. Fine, S.M. Turner, S.J. Rowley, D. Tedesco, M.C. Buia (2008), "Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification", *Nature*, 454:96:99.
9. E. Kolberth (2014), *La sesta estinzione*, Neri Pozza Editore.
- N. Meyers, R.A. Mittermeyer, C. G. Mittermeyer, G.A.B. da Fonseca, J. Kent (2000), "Biodiversity hotspots for conservation priorities", *Nature*, 403.

L'adattamento climatico alla scala territoriale e urbana: acqua, suolo e vegetazione

Mario Losasso, Marina Rigillo

I concetti di resilienza e adattamento ai cambiamenti climatici richiedono sempre più energicamente di attivare processi di tipo sistemico per portare la risposta delle comunità all'interno di un processo decisionale strutturato su un range differenziato di innovazioni che includano approcci progettuali, soluzioni tecniche e responsabilità sociale. In questo ambito, il ruolo della ricerca, e più in generale delle università, si inquadra nella doppia valenza di portatore di innovazione e di facilitatore per il trasferimento dell'innovazione stessa ai decisori politici e alle comunità. Solo una piccola parte di tutta l'innovazione prodotta viene effettivamente trasferita sul territorio per sostenere le capacità decisionali e i progetti operativi. L'imponente quantità di dati rilevati, nonché la complessità dei processi di modellazione e simulazione che governano oggi la definizione degli scenari di intervento richiedono una maggiore attenzione per "forme narrative" in grado di preparare culturalmente le comunità locali ad affrontare gli impatti del cambiamento climatico.

Infatti, e nonostante l'ampia produzione di documenti scientifici e strategici sul cambiamento climatico e i suoi impatti, i progressi della conoscenza non hanno ancora avuto un impatto significativo sui processi di pianificazione e sugli interventi operativi. Inoltre, la comunicazione sugli effetti del cambiamento climatico

sui territori e sulle comunità si è concentrata principalmente su aree del pianeta avanzate in termini economici, tecnologici e politici, cosicché il contrasto climatico sembra essere un prevalente impegno delle aree più ricche del pianeta. Questo approccio narrativo porta il contrasto del cambiamento climatico oltre la normale capacità di azione sociale, così che le soluzioni tecniche e la percezione collettiva della loro efficacia sembrano essere troppo distanti per affrontare con successo la sfida posta.

In questo modo, stabilire una diversa convergenza tra soluzioni tecniche e modalità di conoscenza e narrazione è un passaggio cruciale per stabilire un approccio innovativo al progetto per l'adattamento climatico su scala locale. Si tratta, in effetti, di far convergere i diversi tipi di innovazione (progettuale, tecnologica e sociale) verso un immaginario effettivamente condiviso, necessario per costruire habitat antropogenici resilienti al clima.

Nelle nostre comunità, con il cambiamento climatico si registrano fenomeni preoccupanti che definiscono un processo fatto di oscillazioni, in alcuni casi di strappi, ma sicuramente non più di eventi unici, estremi e catastrofici che si manifestano occasionalmente. Si è in presenza, invece, di sequenze di condizioni che, pur nella loro apparente isolata eccezionalità, tendono a stabilizzarsi secondo frequenze, intensità e durate superiori a quanto accadeva solo alcuni decenni fa. È così

necessario sviluppare con lucidità una serie di osservazioni, strategie e azioni e, quindi, di riuscire a comunicarle e a gestire specifici punti di vista.

Per comprendere la portata delle trasformazioni in atto in campo climatico è necessario ribaltare il punto di osservazione partendo dagli hazard, considerando cioè i fenomeni pericolosi – le piogge intense, le ondate di calore, le siccità ed altri – visti non più come fenomeni meteorologici che presentano picchi e alterazioni in una cornice di convenzionale stabilità climatica, ma come esito di un nuovo assetto del clima che sta cambiando. I fenomeni pericolosi interagiscono con quanto si rinviene nei contesti in cui essi si manifestano: territori in dissesto, alvei fluviali cementificati, suoli impermeabilizzati, nuclei abitativi sia come *built up areas*, sia come infrastrutture (reti idriche, reti fognarie, reti di mobilità, ecc.) concepite in epoche in cui i fenomeni avevano intensità e frequenze assolutamente differenti.

Si tratta di contesti, quindi, maggiormente vulnerabili a fenomeni non attesi e, soprattutto, di beni esposti in rilevante quantità – le città e gli edifici, i versanti geologici, le reti, ecc. – analogamente a quanto risulta esposta la popolazione, specialmente nelle sue componenti fragili. Se le esposizioni precedentemente richiamate riguardano, da un lato, la sicurezza e la salute delle persone, dall'altro si riverberano sul sistema urbano che non è solo la città fisica nella sua parte funzionale ma il sistema complesso in cui coesistono, interagendo, le componenti fisiche, gli asset legati all'economia, alle risorse, ai servizi, alle infrastrutture fino all'ambiente di vita esteso all'intera biosfera. La città e i luoghi dell'abitare vivono il paradosso di ospitare ormai miliardi di persone che con i propri stili di vita, oltre che con il proprio sistema di organizzazione urbana e socioeconomica, sono "emettitori" direttamente o

indirettamente di agenti climalteranti. Purtroppo, nelle prassi comuni non si rivela alcun segnale evidente di inversione di rotta. Occorrerebbe invece ribaltare il punto di vista e introdurre negli studi sulla città e sugli edifici la visuale ecosistemica, approccio non scontato perché permangono, nelle discipline legate alle scienze urbane e all'architettura, gli aspetti simbolici, estetici, funzionali e produttivi che ancora non recepiscono in maniera significativa le implicazioni di tipo ecologico. Non si comprende, per esempio, che gli esseri umani sono una parte in causa e che, conseguentemente, noi tutti siamo parte interagente con il nostro ambiente di vita.

In un auspicabile ribaltamento del punto di vista, per comprendere, prevenire e contrastare i rischi climatici e i relativi impatti vanno tenuti insieme gli hazard con le vulnerabilità e le esposizioni. Dalla comprensione e dall'applicazione di questo modello esposto nella sua versione schematica che non tiene conto dei molteplici livelli di complessità, si ha la restituzione di quali strategie attuare e quali azioni compiere per prevenire e contrastare il cambiamento climatico. Se la comunità scientifica è in continuo avanzamento sul versante della conoscenza, dell'osservazione e della stima dei fenomeni climatici, siamo ancora indietro sulla considerazione delle componenti multirischio, sulla misurazione degli impatti e sulla valutazione degli effetti di prevenzione o contrasto ottenibili attraverso interventi di adattamento climatico alla scala territoriale o urbana. Attraverso le modellazioni, la possibilità di misurazione o simulazione è importantissima e si basa su indicatori che aiutano a comprendere non soltanto "cosa fare" ma soprattutto in che modo agire nel campo delle scelte organizzative, funzionali e fisiche. Su questo piano di ragionamento rientra la necessità di attuare dei *downscaling* conoscitivi e progettuali, perché nel momento in cui

si attua una osservazione o una pianificazione urbana a una scala troppo vasta, non si ha il riscontro reale dei contesti e tantomeno si possono ipotizzare simulazioni attendibili. Nel campo della ricerca occorre lavorare sull'analisi e proiezioni climatiche ad alta risoluzione spaziale (quadranti di 2 km x 2 km), determinando lo status di partenza e di quello raggiungibile grazie agli effetti delle azioni di adattamento in specifici contesti urbani attraverso l'applicazione di molteplici strategie e soluzioni tecniche (nature based solutions, water sensitive management, mitigazione del fenomeno isola di calore, ecc.) per la riduzione della pericolosità climatica di aree edificate e spazi aperti in contesti urbani critici. Sono prevedibili anche modellazioni spaziali event-based alla scala locale attraverso prototipi urbani che consentano di verificare i risultati dell'adattamento agli impatti dovuti agli hazard climatici.

Per contrastare fenomeni climatici come heavy rains, ondate di calore o siccità, bisogna mettere in campo delle conoscenze che, in un mondo che presenta nuove complessità, non sono più quelle deterministiche e sostanzialmente univoche che fornivano rassicuranti interpretazioni del mondo di 60 o 70 anni fa. La popolazione del pianeta è oggi aumentata fino a 8 miliardi mentre alla conclusione del secondo conflitto mondiale contava solo 2 miliardi e mezzo. Del resto, è crescente l'accesso di sempre maggiori quote di popolazione mondiale a un modello di sviluppo consumistico che programmaticamente divora il capitale naturale. Gli stili di vita non sono più quelli in armonia con la natura, come avveniva in qualche modo fino all'epoca preindustriale, mentre le città così come sono oggi conformate sono basate su condizioni ben diverse da quelle che richiederebbe il nuovo regime climatico. Le nostre città non sono adatte agli eventi climatici intensi, frequenti

e duraturi – pertanto differenti da quelli passati mentre si stima che nell'ultimo anno gli eventi stremi siano cresciuti di oltre il 20% – e per questo motivo siamo soffocati dal caldo o soffriamo per la siccità, subiamo allagamenti o verificiamo la sovrapposizione di diversi fenomeni con impatti non prevedibili. All'accelerazione dei consumi corrisponde un'accelerazione di emissioni di GHG, gas serra climalteranti, dovute all'utilizzo di fonti energetiche fossili.

Se il peso delle aree urbane nei consumi energetici è molto elevato e nell'Unione Europea gli edifici contribuiscono per il 40% ai consumi totali, il contrasto degli impatti climatici avviene sia con la prevenzione di tipo fisico e funzionale ma anche sociale (con la *preparedness*, la preparazione della popolazione) oppure con l'adozione di appropriate misure che richiedono di essere innovative o trasformative e non solo conservative. Con la sola conservazione si riproporrebbero inevitabilmente le originarie condizioni di vulnerabilità ed esposizione che interagiscono con specifici fenomeni climatici nel determinare danni materiali e immateriali, riconducendo il sistema urbano e i contesti in un circolo ricorsivo aperto a nuovi possibili impatti.

Gli obiettivi generali da perseguire sono sostanzialmente due: ridurre da un lato la pericolosità degli eventi riducendo le emissioni di GHG che incidono sul riscaldamento globale e quindi sul cambiamento climatico stesso, dall'altro adattarsi ricorrendo sia a innovazioni tecno-morfologiche, sia a una attualizzazione di positive esperienze del passato nella gestione di situazioni critiche. Questo approccio si delinea di particolare interesse in merito alla risorsa acqua, come illustrano gli esempi della domus romana, un'abitazione concepita per non sprecare acqua perché, pur essendo elevato il grado di ingegneria idraulica con gli acquedotti che portavano acqua corrente nelle città, per alcuni

impieghi sussisteva l'uso delle acque degli *impluvium* e delle cisterne che venivano alimentate con le acque piovane. Lo sviluppo dell'ingegneria idraulica in epoca rinascimentale riscontra significativi impulsi in ambito architettonico, testimoniato da numerosi esempi come in Toscana a Bagno Vignoni – in cui viene progettata una grande piscina di raccolta dell'acqua per molteplici usi irrigui e civili – oppure a Pienza, città emblematica del rinascimento italiano, in cui le tante fonti venivano raccordate in un formidabile sistema di ingegneria idraulica sviluppato in pendio nel raccordo con canalizzazioni e cisterne. Nel caso delle grandi precipitazioni attuali si è di fronte a un aumento del numero e dell'intensità degli eventi di pioggia, con riduzione dei tempi di corruzione dell'acqua che scorre molto più velocemente perché incontra superfici impermeabilizzate. Nel campo del progetto *climate oriented* per l'adattamento, questi fattori devono rappresentare i principali input preliminari altrimenti le città continueranno a subire danni dagli eventi estremi. In molte città europee, particolarmente sensibili al tema degli allagamenti da piogge intense impossibili da smaltire con i sistemi di captazione e smaltimento convenzionali, si sono progettati "spazi flessibili" per raccogliere in prima istanza grandi quantità di acqua (in alcuni contesti in una sola giornata si possono avere precipitazioni pari al 10-12% di quelle annue) come aree verdi o zone in sottoposte al livello stradale che si riempiono in sequenza e poi, lentamente, fanno defluire l'acqua. Su un altro fronte la siccità è un altro problema rilevante. La riduzione delle precipitazioni nelle proiezioni al 2040 evidenziano crescenti fenomeni di siccità in Sardegna, Calabria, Puglia e Sicilia ma anche in alcune zone della Campania o ad alcune aree del centro Italia. Per minimizzarne i rischi bisogna perseguire gli obiettivi di decarbonizzazione ma

soprattutto quelli di adattamento con riduzione degli sprechi, adozione di serbatoi di raccolta, riorganizzazione dei sistemi edilizi e dell'agricoltura. Siviglia è un esempio storicamente consolidato di un uso efficiente delle risorse idriche in un contesto storicamente deficitario di tali risorse. Dal criptoportico, grande serbatoio idrico nell'Alcazar, all'utilizzo dell'acqua per il raffrescamento estivo attraverso lame d'acqua e zampilli. Con l'utilizzo dell'acqua è possibile progettare spazi "buffer" di compensazione attraverso un processo attento che deve tener conto, alla piccola scala come alla grande scala, dell'apporto del verde anche in una combinazione "biotecnologica". In contesti con poche precipitazioni, l'irrigazione "goccia a goccia" dovrebbe diventare prassi comune: i sistemi armonizzati con le strategie ambientali devono mantenere alcuni gradi di complessità, poiché non si può operare in maniera elementare e, quindi, mono-settoriale.

Nel nuovo regime climatico il progetto urbano diventa un dispositivo che mette in campo riduzioni delle distanze fisiche e temporali, fattori di *one health* fra esseri umani, animali e ambiente, richiamando condizioni innovative quali mobilità ecologica, energie rinnovabili, "chilometro zero", smart city e smart environment, climate neutrality, erogazione di servizi ecosistemici, autoproduzione energetica, autoproduzione del food, riuso e ricondizionamento prima del riciclo (anche riciclare impegna risorse ed energia), uso efficiente delle risorse idriche ed energetiche, processi circolari, quartieri intesi come habitat e come ecosistemi urbani, biodiversità. Se l'obiettivo è riequilibrare gli habitat urbani, per ottenere risultati affidabili e *climate proof* è necessario incominciare ad avere un'altra concezione della città, dei suoi quartieri e dei suoi edifici.

Gli autori

Maria Cristina Buia

Già I Ricercatore presso la Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli (sede di Ischia).

Federica Carraturo

Ricercatore di Igiene Generale e Applicata, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Mariacristina Cocca

Istituto per i Polimeri Compositi e Biomateriali, Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Carlo Delle Donne

Dottore di ricerca in Filosofia Antica, docente di Storia e Filosofia nei licei.

Ida Ferrandino

Docente di Anatomia comparata e citologia, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II, referente PLS in Scienze Naturali ed Ambientali.

Marco Guida

Professore Ordinario di Igiene Generale e Applicata, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Antonietta Iacono

Docente di Letteratura latina medievale e umanistica, Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Ugo Leone

Già ordinario di Politica dell’Ambiente all’Università degli Studi di Napoli Federico II e Presidente del Parco Nazionale del Vesuvio.

Mario Losasso

Ordinario di Tecnologia dell’Architettura, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Delegato alle attività di Terza Missione, già Direttore del Dipartimento di Architettura.

Agostino Mazzella

Fisico, Circolo “Georges Sadoul” Ischia.

Ivana Navarra

Architetto, Commissariato Straordinario per la ricostruzione nei territori dell’isola d’Ischia interessati dal sisma del 21 agosto 2017.

Antonello Pasini

CNR, Istituto sull’Inquinamento Atmosferico, Roma.

Marina Rigillo

Docente di Tecnologia dell’Architettura al Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, membro del Consiglio scientifico del Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambientale.

Rossana Valenti

Ordinario di Letteratura latina, Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Napoli Federico II.



Circolo Georges Sadoul