

Sull'urgenza dell'adattamento ai cambiamenti climatici delle riserve della biosfera dell'Adriatico. Il caso studio di Miramare, Trieste

Introduzione

I cambiamenti climatici hanno portato e stanno continuando a portare – in modo sempre più evidente ed estremo – situazioni di crisi, e a una naturale reazione collettiva di sgomento, verso qualcosa che ogni volta risulta inaspettato. I cambiamenti climatici trovano una loro oggettività, andando ad analizzare i principali fattori che portano al loro manifestarsi. Tra questi, la temperatura, che a livello globale è mediamente superiore di almeno 1°C rispetto all'epoca preindustriale: gli effetti ricadono su diversi aspetti, come ad esempio la meteorologia, l'innalzamento del livello dei mari, il dissesto idrogeologico e l'incremento degli incendi boschivi, con conseguente stress per l'ambiente, la biodiversità e la società (Spano *et al.*, 2020). La regione Mediterranea, in particolare, è considerata uno dei principali *hot spot* di questo andamento, con un incremento del riscaldamento che supera del 20% quello medio globale. L'Italia non ne è di certo estranea: nel trentennio 1981-2010 si è osservato un anomalo aumento della temperatura media annua dell'atmosfera di 1,1°C rispetto al periodo 1971-2000, con conseguenti anomalie per quanto riguarda le precipitazioni, generalmente meno frequenti ma più soggette a episodi estremi; un andamento, che si stima tenderà a inasprirsi nel corso del secolo (*Ibidem*).

All'innalzamento delle temperature atmosferiche corrisponde giocoforza un aumento di quelle marine: le proiezioni fornite dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC) indicano un generale aumento delle temperature marine superficiali in tutto il bacino del Mediterraneo. In particolare, per quanto riguarda l'Adriatico Settentrionale, è previsto che nel trentennio 2021-2050 ci sarà un aumento medio di 1,58°C rispetto al periodo 1981-2010 (Spano *et al.*, 2020). L'innalzamento del-

le temperature marine non rimane un problema circoscritto a sé stesso: il fenomeno fisico della dilatazione termica (che si esprime con l'aumento di volume di un corpo con l'aumento della temperatura) porta a un aumento volumetrico del mare che, in una dinamica combinata allo scioglimento dei ghiacci continentali, ne fa aumentare il livello. Nella fattispecie, per quanto riguarda l'Alto Adriatico, di particolare interesse è il caso di Venezia, dove l'incremento medio del livello del mare è stato stimato di 2,5 millimetri annui negli ultimi 150 anni: non è trascurabile, nell'analisi di questo andamento, il fenomeno di subsidenza del suolo, dovuto principalmente all'eccessivo impatto antropico sul territorio (Zanchettin *et al.*, 2021). Un'analisi storica analoga è stata compiuta a Trieste, in cui sono stati presi in considerazione i dati rilevati dal mareografo di Molo Sartorio, nel periodo 1869-2021: pur non raggiungendo lo stesso grado di allarmismo riscontrato a Venezia, è stato osservato un incremento del livello del mare di circa 1,45 millimetri annui (Raicich, 2023).

Tra i principali imputati responsabili della crisi climatica e ambientale degli ultimi decenni c'è senza dubbio l'aumento delle emissioni di gas climalteranti, come i gas serra, in primis l'anidride carbonica, le cui emissioni sono dovute alla massiccia produzione energetica da fonti fossili, oltre che dalla contemporanea tendenza al sacrificio delle zone verdi, fondamentali per l'accumulo di questo gas. Dagli anni '90 la politica internazionale ha preso in considerazione con una convinzione maggiore la questione climatico-ambientale, affidando soprattutto al locale i passi concreti per raggiungere gli obiettivi globali di diminuzione drastica delle emissioni; in particolare, dopo l'adozione del Pacchetto Europeo su clima ed energia del 2008, la Commissione Europea ha istituito il Patto dei Sin-

daci, un'iniziativa atta a riunire in una rete permanente le città che intendono avviare un insieme coordinato di iniziative per la lotta ai cambiamenti climatici. Al fine di tradurre il loro impegno politico in progetti concreti, i firmatari si impegnano a sviluppare un proprio Piano d'Azione per l'energia sostenibile e il clima (PAESC), in cui sono delineate le azioni che intendono avviare. Nella stesura del PAESC è previsto che siano coinvolti soggetti politici ed esperti del settore, enti di ricerca e la comunità scientifica locale.

Tuttavia, la politica non è l'unica dimensione dove poter operare concretamente nell'ambito della lotta ai cambiamenti climatici; è molto importante riuscire a preservare, al contempo, la ricchezza paesaggistica e storica, in modo che la sua evidenza possa anche infondere alla cittadinanza stessa la coscienza di quanto essenziale sia la tutela dell'ambiente, non solo in termini di bellezza naturale ma anche di sicurezza socioeconomica. In questo senso, dagli anni '70 esiste un Programma dell'Unesco, il Programma *Man and Biosphere*, che prevede l'istituzione di zone di particolare interesse ambientale, le Riserve della Biosfera, dove storicamente il rapporto tra società, economia e ambiente è sempre stato di reciproco vantaggio.

L'adattamento ai cambiamenti climatici delle Riserve della Biosfera nell'Adriatico

Nasce nel 1971, nel corso della sedicesima Conferenza Generale UNESCO, il programma intergovernativo *Uomo e Biosfera - Man and the Biosphere Programme* (MaB), attraverso il quale l'UNESCO ha stabilito l'istituzione di zone di particolare interesse ambientale, le Riserve della Biosfera, riconosciute come luoghi dove la convivenza tra uomo e natura è particolarmente riuscita. Ad oggi sono venti (20) le Riserve della Biosfera presenti in Italia (748 nel mondo) il cui coordinamento è affidato al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. In Italia sono due le Riserve della Biosfera presenti sul versante Adriatico, la Riserva del Delta del Po e la Riserva della Biosfera di Miramare: due zone che hanno vissuto, negli ultimi anni, periodi tutt'altro che facili. A livello invece di Aree Marine Protette (AMP), sono quattro (4) le aree presenti nell'Adriatico: in ordine da nord a sud, l'Area Marina Protetta di Miramare

(Trieste), l'Area Marina Protetta Torre del Cerrano in Abruzzo, e le Aree Marine Protette delle Isole Tremiti e Torre Guaceto in Puglia (Il Delta del Po non è AMP, mentre Miramare è sia MaB che AMP).

Il problema dei cambiamenti climatici è attualmente di centrale importanza per il programma MaB. Tra gli obiettivi di ogni Riserva della Biosfera vi è:

- individuare e valutare i cambiamenti nella biosfera determinati dalle azioni umane e dagli eventi naturali, e degli effetti degli stessi sull'uomo e l'ambiente, soprattutto nel contesto delle azioni di contrasto ai cambiamenti climatici;
- studiare e comparare i rapporti dinamici tra gli ecosistemi naturali e i processi socio-economici, soprattutto con riferimento alla progressiva perdita della diversità biologica e culturale, ed alle serie minacce per gli ecosistemi e per la loro capacità di fornire servizi essenziali per il benessere umano;
- assicurare uno sviluppo eco-compatibile ed un ambiente vivibile in un contesto globale caratterizzato da processi di rapida urbanizzazione e di eccessivo consumo energetico, considerati come fattori scatenanti dei cambiamenti climatici;
- promuovere lo scambio e la divulgazione di conoscenze e sulle eventuali soluzioni, nonché la formazione ambientale nel settore della gestione e dello sviluppo sostenibile.

Ogni Riserva della Biosfera stila un Piano d'azione pluriennale, con i progetti proposti per fare fronte agli obiettivi di conservazione, gestione e sviluppo sostenibile.

Tra i due casi presenti nell'Adriatico, solo il Parco del Delta del Po attualmente sta affrontando in maniera esplicita attraverso il proprio piano di azione la questione dell'adattamento. Di fatto, il bacino del Po è stato e continua a essere vittima di siccità e di perdita idrologica: le cause sono riconducibili principalmente all'elevato tasso di evaporazione dovuto all'incremento anomalo delle temperature atmosferiche, e al sempre più massivo utilizzo antropico dell'acqua per le aree irrigate. Nella fattispecie, una ricerca condotta da un gruppo di studiosi dell'Università di Bologna e dell'Università Ca' Foscari di Venezia ha analizzato la serie storica di dati sulla portata fluviale del Po nel periodo 1807-2022, e ha stimato che il 2022 è stato l'anno con il più alto tasso di siccità degli ultimi 216 anni

(Montanari *et al.*, 2023). Già da anni, inoltre, altri problemi affliggono la zona: l'erosione costiera e l'aumento della salinità del delta a causa dell'ingresso del cuneo salino, aspetti del tutto non trascurabili anche da un punto di vista agroalimentare (Tibaldi *et al.*, 2010). Per fare fronte a queste difficoltà, il Piano d'Azione della Riserva del MaB del Delta del Po 2022-2025 ha previsto la realizzazione di alcuni progetti finalizzati a una migliore gestione idrologica delle Valli di Comacchio, a una rivitalizzazione dei suoi canneti e al contrasto del cuneo salino nella zona del ferrarese¹.

Il caso studio: la Riserva della Biosfera di Miramare

La Riserva della Biosfera di Miramare è la terza Riserva della Biosfera del Programma Mab istituita in Italia, nel 1979. Da alcuni anni, con i nuovi obiettivi indicati dal Programma MaB, la Riserva è stata ampliata e attualmente raggiunge circa 3.000 ettari di superficie. La sua organizzazione prevede una zonizzazione in cinque aree (Ciriaco *et al.*, 2018):

- la Zona Core Marina (ZCM) di 30 ettari, corrispondente alla zona di protezione integrale dell'Area Marina Protetta di Miramare;
- la Zona Buffer Marina (ZBF) di 90 ettari, che circonda la Zona Core;
- la Zona Buffer Terrestre (ZBT) di 35 ettari, corrispondente al Parco demaniale di Miramare;
- la Zona di Transizione Terrestre (ZTT) di 1400 ettari, a cavallo tra i Comuni di Trieste e di Duino Aurisina;
- la Zona di Transizione Marina (ZTM) di circa 1500 ettari, corrispondente alla Zona di Tutela Biologica "Miramare", che si estende dalla località di Barcola a quella di Santa Croce.

Nella Riserva della Biosfera di Miramare, l'impegno di coordinare gli aspetti economici ed ecosostenibili si concretizza in attività produttive tradizionali e sostenibili come la pesca artigianale e gli allevamenti estensivi di mitili (le mitilicoltura), e a terra nell'agricoltura sui pastini, tecnica di coltura tradizionale della zona, oggi in graduale recupero (Ciriaco *et al.*, 2018).

Le zonizzazioni della Riserva si connettono inoltre in una precisa rete ecologica, come messo in evidenza da uno studio commissionato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e condotto dall'AMP di Miramare nel 2017, che ha portato all'elaborazione della Rete Ecologica a scala Locale (REL) per la fascia marina e terrestre della costiera triestina, corrispondente a un'area di circa 100 km².

La REL è uno strumento usato per individuare le aree funzionali alla conservazione della biodiversità, costituite da un sistema interconnesso di habitat. Nel suo sviluppo si individuano innanzitutto alcune specie rappresentative, dette specie target, che hanno una valenza da un punto di vista ecologico e di conservazione; poi i "nodi", cioè gli habitat dove queste specie trovano le condizioni biologiche migliori, e i "corridoi", che collegano tra loro i nodi, e rappresentano le più probabili vie di movimento che le specie stesse scelgono per raggiungere gli habitat preferenziali.

Per quanto riguarda l'oggetto di studio della costiera triestina, sono state individuate 70 specie di piante vascolari di valore ecologico e conservazionistico, e mappati 12 habitat preferenziali ad esse collegate; accanto alle specie botaniche, numerose sono le specie animali che trovano nella zona costiera triestina i propri habitat ideali e i corridoi ecologici lungo i quali muoversi, come ad esempio l'algiroide magnifico (*Algyroides nigropunctatus*), una lucertola mediterranea che preferisce boscaglie rade, tronchi d'albero, siepi, cespugli e muretti a secco (Sigura *et al.*, 2017).

In ambiente marino, lo studio della REL si è concentrato su cinque specie target – 3 animali e 2 vegetali – tutte protette da normative e convenzioni internazionali: tra queste, la cymodocea (*Cymodocea nodosa*), pianta marina che origina estese praterie sottomarine, e la pinna nobile (*Pinna nobilis*), il più grande mollusco bivalve endemico del Mediterraneo, afflitta negli ultimi anni da un parassita che ne provoca estese morie (Sigura *et al.*, 2017).

Riserva della Biosfera, però, non vuol dire soltanto conservazione e ricerca. È di centrale importanza, infatti, l'aspetto divulgativo e di educazione ambientale: numerosi sono i programmi e le attività di conoscenza e sensibilizzazione dell'ecologia terrestre e marina.

¹ Piano d'azione Riserva della Biosfera Delta del Po 2022-2025, disponibile su <https://www.parcodeltapo.it/it/pdf/PianoAzione-RiservaBiosferaDeltaPo-versanteER.pdf>, 2022 (ultima consultazione agosto 2024).

Figura 1. Panorama su Miramare. F. Pappalettera.

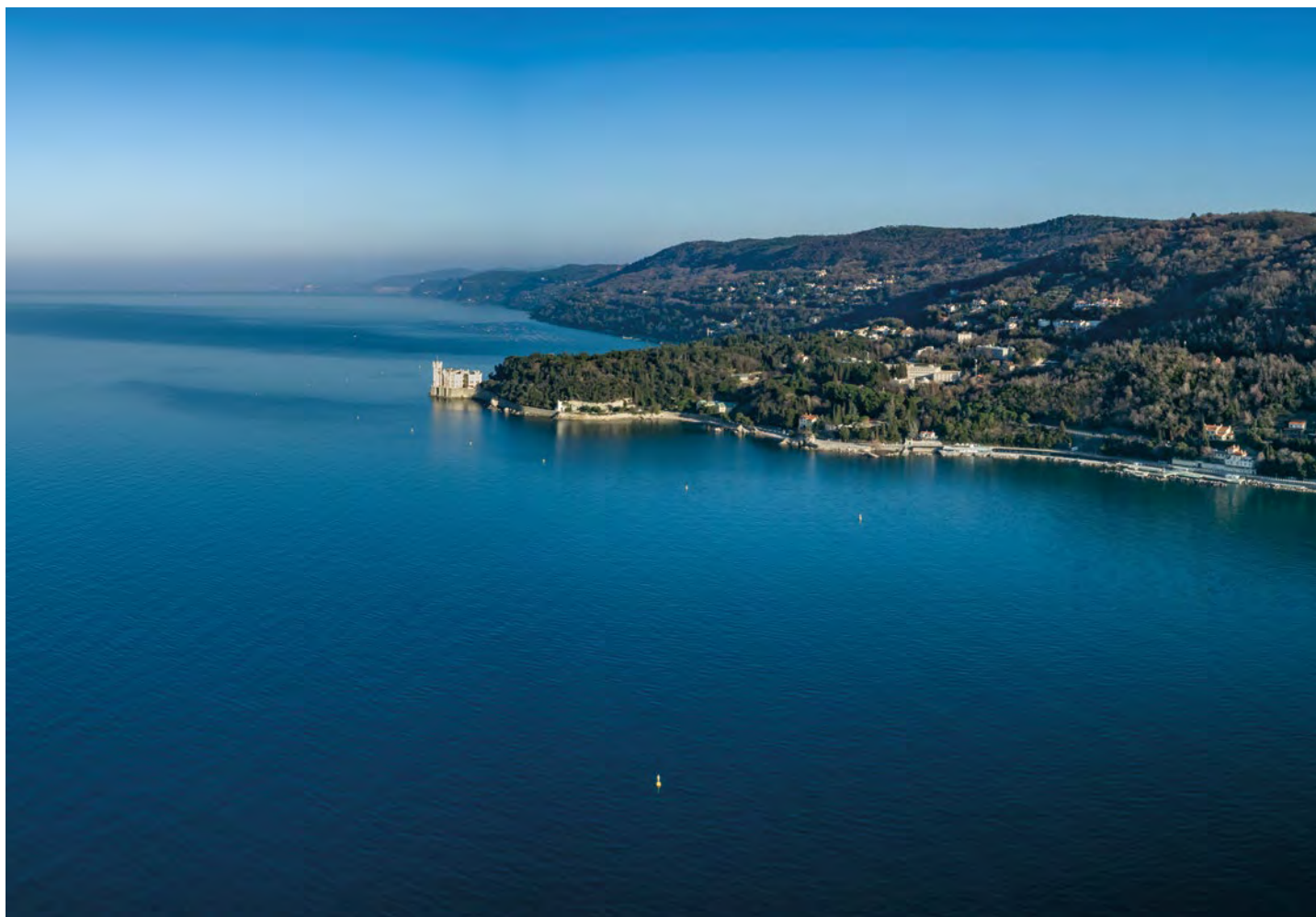


Figura 2. Pastini a Miramare. F. Pappalettera.



©Pablo Pappalettera

Di assoluta rilevanza per gli obiettivi del Programma sono le proposte divulgative ed educative che pongono l'accento sul tema del rapporto tra uomo e ambiente. In particolare, negli ultimi anni è risultato prioritario lo sviluppo di attività didattiche sul tema dei rifiuti, in mare e sulla terraferma, in primis quelli in plastica, nonché le attività di promozione della pesca sostenibile, con il coinvolgimento di consorzi di pescatori e di mitilicoltori nello sviluppo di azioni di sensibilizzazione e monitoraggio (Ciriaco *et al.*, 2018). In particolare, le mitilcolture sono tra le realtà più attive e in linea con il concetto di Riserva della Biosfera: da un lato mantengono viva una tradizione di pesca secolare del Golfo di Trieste, dall'altro presentano caratteristiche esemplari nella logica dello sviluppo sostenibile. Esse non sono, infatti, solo un sistema produttivo che genera reddito per chi le gestisce ma anche – grazie a una regolamentazione delle aree che prevede divieto di pesca e di transito al loro interno – vere oasi naturali in cui convivono specie marine appartenenti a *phyla* differenti, e, appollaiate sulle boe e sui galleggianti che delimitano i confini delle mitilcolture stesse o a caccia fra le sue acque, varie specie avifaunistiche stanziali e migratorie, alcune delle quali di importanza unionale (Bussani, 1987; Ciriaco *et al.*, 2023; Franzosini *et al.*, 1998; Grim *et al.*, 2008; Vesnaver e Orel, 2001).

Ma come sta la Riserva della Biosfera di Miramare? Se la storia racconta di un passato luminoso – in cui nei secoli, località come Santa Croce o Contovello hanno dimostrato una naturale propensione per la gestione sostenibile del territorio, tanto da far valere, tra gli altri, il sigillo MaB all'intera zona – il presente preoccupa. I pastini, seppure in graduale recupero, negli ultimi 40 anni hanno subito un sensibile processo di abbandono, lasciando spazio all'invasività faunistica e boschiva, soprattutto a causa del contributo delle specie arboree infestanti, quali la robinia pseudoacacia e il frassino minore (Mauro, 2015). Inoltre, sul versante marino, gli avvenimenti recenti, come le forti mareggiate dell'autunno del 2023, hanno distrutto, tra le varie, parte del litorale barcolano, evidenziando come anche il MaB Miramare subisca, in fasi alterne più o meno intense, lo stress portato dai cambiamenti climatici: sia ambientale, sia socio-economico, con ricadute significative nel settore turistico.

Si tratta di eventi estremi: le libecciate, alternate alle sciroccate, hanno preso il sopravvento, in misura sempre più frequente e con esiti sempre più deleteri per l'intero litorale e, sott'acqua, per tutti gli ambienti marini della zona. Oltre agli evidenti danneggiamenti a riva, infatti, i violenti movimenti di grandi masse d'acqua hanno portato a un deterioramento degli habitat sottomarini. Come testimoniato dal direttore dell'AMP di Miramare Maurizio Spoto, "Dalle prime osservazioni condotte dai ricercatori dell'Area Marina Protetta di Miramare, risulta sconvolgente come il recente moto ondoso anomalo, che di per sé dovrebbe riguardare perlopiù le acque superficiali, abbia deteriorato interi fondali anche a 8-10 metri di profondità"².

Le conseguenze più dirette si sono viste con gli abbondanti spiaggiamenti di specie bentoniche (ossia di fondale), come *Pinna nobilis*, già in forte pericolo di estinzione, e le praterie di cymodocea, fondamentali polmoni verdi che garantiscono il mantenimento della biodiversità nel Golfo. Esternamente all'areale della Riserva, molto gravi sono gli esiti che questi eventi provocano sulle lagune, le cui fragili sponde si stanno via via deteriorando, con conseguente entrata dell'acqua di mare e forte stress per le componenti biotiche e abiotiche: l'amplificazione di un fenomeno di erosione e annegamento, già riscontrato negli ultimi decenni (Fontolan *et al.*, 2010). Inoltre, l'innalzamento delle temperature del mare – dovuto anche alla diminuzione della Bora, motore fondamentale di ricircolo delle acque e di generazione delle acque fredde nel Mediterraneo – sta portando ad una crescente invasione delle cosiddette specie aliene, endemiche di mari più caldi, come la mazzancolla e il noto granchio blu, con ripercussioni negative sugli habitat; in generale, il trend invasivo delle specie aliene ha subito una crescita esponenziale dagli anni '90 in poi, con conseguenze anche molto gravi su interi ecosistemi del Mediterraneo (Azzurro *et al.*, 2022). Ulteriore problema è poi quello del *blooming* delle meduse nelle ultime primavere (in primis, quello di *Rhizostoma pulmo*, noto anche come polmone di mare): con l'innalzamento della temperatura marina, che

² Intervista svolta nel mese di novembre 2023.

costituisce un ambiente più confortevole per la loro proliferazione, il mare sta diventando sempre più gelatinoso, con un evidente squilibrio della biodiversità. La tendenza alla crescita delle popolazioni di meduse a livello globale è un fenomeno osservato da anni, e l'ipotesi più accreditata è che questa sia dovuta in buona parte alle conseguenze dei cambiamenti climatici e all'impatto antropico (Brotz *et al.*, 2012).

Strettamente collegato all'innalzamento delle temperature atmosferiche e delle emissioni è invece il problema dell'acidificazione delle acque, di cui il Golfo di Trieste non ne è esente: all'aumentare della concentrazione di anidride carbonica nell'aria, aumenta la concentrazione di acido carbonico in mare, con una diminuzione del pH di non poco conto. A livello globale, l'acidificazione dei mari è già aumentata del 30% rispetto ai livelli preindustriali, pari alla diminuzione di 0,1 unità di pH, che si appresta ad accrescere a 0,3 unità entro la fine del secolo; l'andamento è ricalcato dalla situazione del Nord Adriatico e dalle acque del Friuli Venezia Giulia, con un abbassamento previsto di 0,25 unità di pH entro il 2100 (ARPA-FVG, 2023). Il tasso di acidificazione preoccupa, soprattutto per quanto concerne il deterioramento che può riguardare interi habitat marini, nonché per lo stress per tutta la fauna ittica a guscio (come i mitili, organismi di centrale importanza per il MaB di Miramare), che si può sciogliere sotto i colpi di un mare troppo acido: un problema, che non si limita al profilo ecosistemico, ma anche socio-economico e alimentare (Bednarsek *et al.*, 2023). Infine, ma non ultimo, il problema dell'innalzamento del livello del mare: secondo il Gruppo di lavoro tecnico-scientifico clima FVG dell'ARPA, nel Golfo di Trieste aumenterà di altri 20 centimetri rispetto al livello attuale entro il 2050 (ARPA-FVG, 2023). Sul versante terrestre, parte del MaB di Miramare è stato colpito nell'estate del 2022 dai disastrosi incendi che hanno devastato parte del Carso. Le motivazioni a cui si fanno risalire questi eventi sono principalmente l'aumento sensibile delle temperature atmosferiche, che genera lunghe ondate di calore, esasperate in giornate di vera e propria siccità, alternate a violentissime tempeste. Con il regime di emissioni di gas serra attuali, si stima che le temperature medie possano mediamente crescere di 5°C in inverno e di 6°C in estate entro la fine

del secolo (Cicogna *et al.*, 2018). Le precipitazioni sono state particolarmente forti durante l'estate 2023 e hanno provocato danni irreparabili ai vigneti dell'intera regione. Ad aggravare la situazione, le improvvise grandinate, con chicchi, come riportato dall'ARPA-FVG, mai così grandi prima d'ora. Anche per quanto concerne queste anomale precipitazioni, la più probabile causa è riconducibile al caldo estivo, come confermato da Erika Coppola, ricercatrice della sezione di Fisica del sistema terrestre dell'Ictp di Trieste: "Al termine di ogni ondata di calore, la differenza tra la temperatura dell'aria calda in uscita da una zona, nonché quella che verticalmente evapora dal suolo, e quella dell'aria fredda da nord-ovest in entrata, è eccessiva. E maggiore è questa differenza, più forti sono le precipitazioni e le grandinate"³.

Conclusioni

L'adattamento ai cambiamenti climatici risulta ancora molto difficile, se non, ad oggi, impossibile; la situazione, anche per quanto riguarda nello specifico la Riserva della Biosfera di Miramare, è di generale impreparazione al presente e al futuro prossimo: gli eventi anomali si presentano con una frequenza sempre maggiore e con esiti spesso inattesi. Per fare fronte ai maggiori rischi per l'entroterra, la Riserva della Biosfera di Miramare sta partecipando attivamente a un intervento del Comune di Trieste di conversione di un'unità boschiva di pino nero, nei pressi del Santuario di Monte Grisa, in una zona a vegetazione carsica a bassa infiammabilità, con l'obiettivo di accelerare la transizione verso un consorzio forestale che sia in grado di garantire un maggiore assorbimento di anidride carbonica; un abbattimento del rischio di incendio grazie alla riduzione delle conifere, spesso malate e con molto legno secco in chioma; e una maggiore valenza ecologica, privilegiando specie, come le querce, in grado di favorire interi cicli biologici di una moltitudine di esseri viventi. L'intervento rientra nel Programma "Siti naturali UNESCO per il clima 2023" del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), che coinvolge

³ Intervista svolta nel mese di novembre 2023.

Figura 3. Mappa della Riserva della Biosfera di Miramare, Archivio interno WWF dell'Area Marina Protetta di Miramare, 2018.

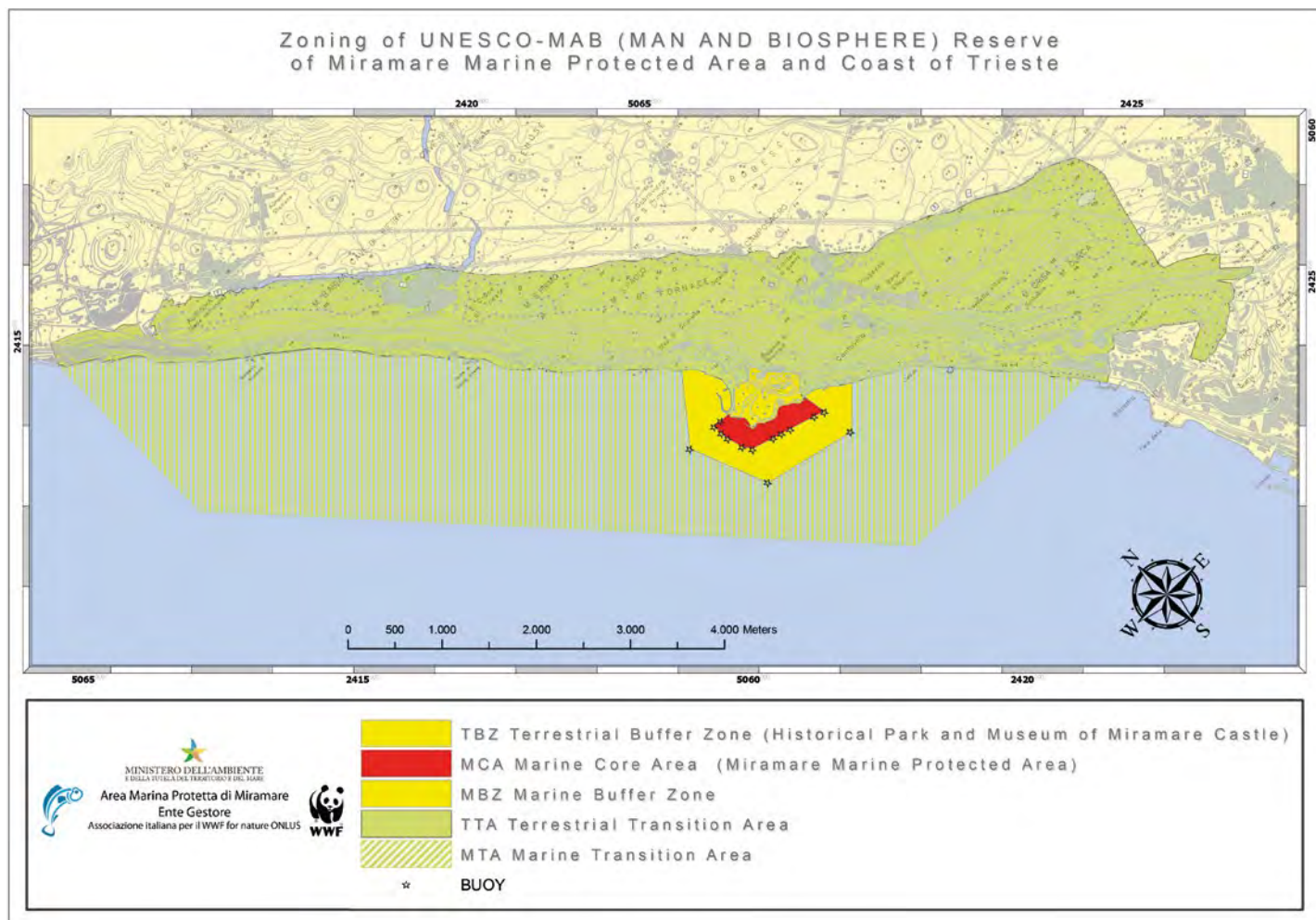
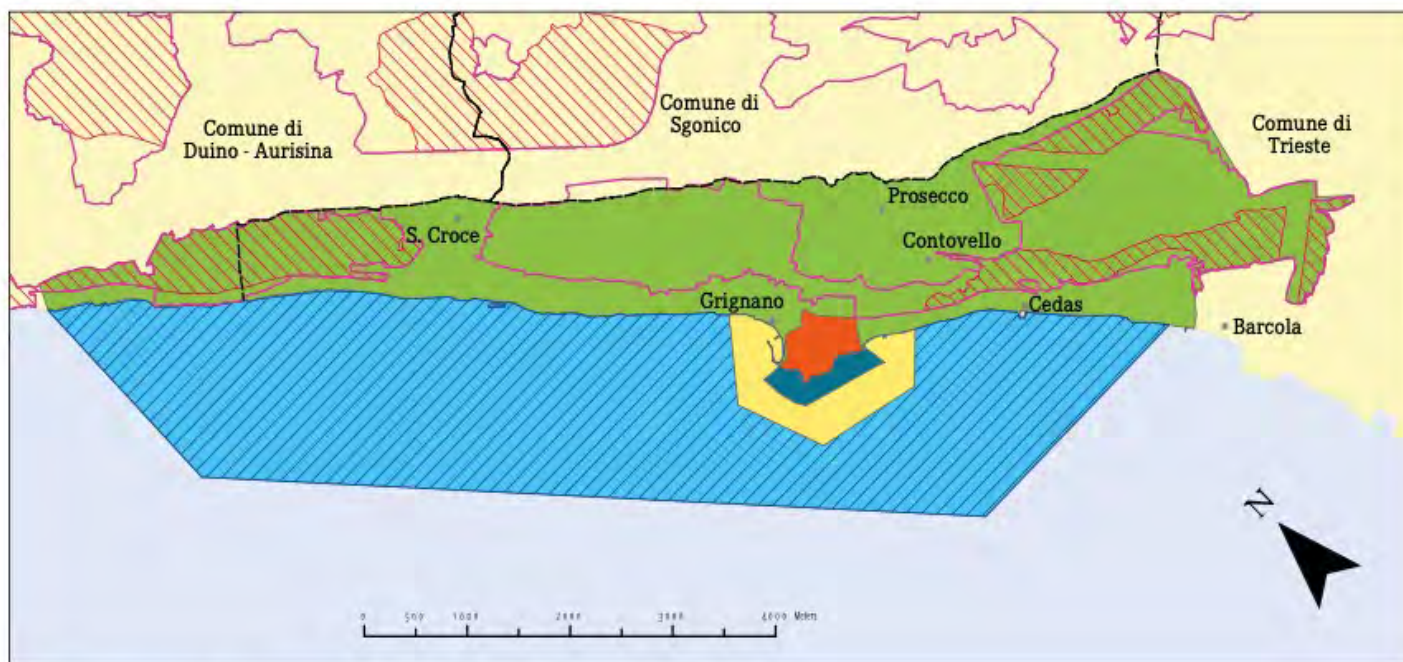


Figura 4. Zonizzazione del MaB di Miramare. Ciriaco *et al.* (2018).



Zonizzazione della Riserva della Biosfera di Miramare Zoning scheme of Miramare Biosphere Reserve

Legenda / Key

- Zona Core Marina (ZCM) / Marine Core Area
- Zona Buffer Marina (ZBM) / Marine Buffer Zone
- Zona Buffer Terrestre (ZBT) / Terrestrial Buffer Zone
- Zona di Transizione Terrestre (ZTT) / Terrestrial Transition Zone
- Zona di Transizione Marina (ZTM) / Marine Transition Zone

- Comuni / Municipalities
- Natura 2000 ZPS / Natura 2000 SPA
- Natura 2000 ZSC / Natura 2000 SAC/SCI
- Zona Tutela Biologica "Area Miramare" (D.M.16/2004) / Biological Protected Zone "Miramare Area" (D.M. 16/2004)

Figura 5. Miticulture a Miramare. S. Ciriaco.



tutte le Riserve della Biosfera italiane⁴. All'interno dello stesso programma, il MaB di Miramare collaborerà con il Comune alla riqualificazione energetica di una scuola materna a Borgo San Nazario, nella località di Prosecco, con l'installazione di pannelli solari. Per quanto riguarda l'AMP di Miramare, essa aderisce al Programma "Aree Marine Protette per il clima", programma promosso nel 2021 dalla Direzione Generale per il mare e le coste del MASE, per l'implementazione del trasporto a zero emissioni all'interno delle Aree Marine Protette, che ha portato, nella fattispecie, all'acquisto di un'imbarcazione a motore elettrico; inoltre, insieme ad altre AMP nazionali, dell'Adriatico (quella delle Isole Tremiti e quella di Torre Guaceto in Puglia) e non, l'AMP Miramare ha aderito al progetto "Mare caldo", frutto di una collaborazione tra Greenpeace e il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita dell'Università di Genova, che ha come finalità creare una rete costiera di stazioni di monitoraggio degli impatti dei cambiamenti climatici nei mari italiani: per quanto riguarda Miramare, i dati relativi al biennio 2021-2022 hanno evidenziato un elevato stato ecologico; tuttavia, sono stati confermati gli alti tassi di mortalità di *Pinna nobilis* ed effetti

evidenti del riscaldamento delle acque, con segni di sbiancamento in circa il 40% delle colonie del corallo madreporario mediterraneo *Cladocora caespitosa* (Azzola e Montefalcone, 2023). Infine, attraverso le attività di divulgazione e di educazione ambientale, compito del MaB è anche quello di creare conoscenza, una massa critica capace di intendere l'importanza della questione climatica e ambientale, soprattutto a fronte di una crisi così evidente. Da un punto di vista operativo, il MaB di Miramare e la sua AMP sono dunque attive su più fronti, con progetti di riqualificazione del territorio, di efficientamento energetico (previsto anch'esso nel programma ministeriale per i MaB), di monitoraggio e di sensibilizzazione: un piano d'azione non affatto impalpabile, che risulta tuttavia ancora embrionale e di certo non sufficiente per costituire una concreta strategia di adattamento a uno scenario climatico e ambientale così mutevole e, soprattutto, così spesso inatteso.

⁴ Programma Siti Naturali UNESCO per il clima 2023, bando del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Riferimenti bibliografici

- ARPA-FVG (2023), *Segnali dal Clima in FVG*, Palmanova: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG).
- Azzola A., Montefalcone M. (2023), *Relazione del terzo anno del Progetto Mare Caldo (2021-2022) - Monitoraggio degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini bentonici di scogliera*, Genova: DiSTAV, Università di Genova in collaborazione con Greenpeace e Elbatech.
- Azzurro E., Smeraldo S., D'Amen M. (2022), *Spatio-temporal dynamics of exotic fish species in the Mediterranean Sea: Over a century of invasion reconstructed*, pubblicato su Global Change Biology, London: Wiley online Library.
- Bednarsek N., Guiolloux B., Melaku Canu D., Galdies C., Guerra R., et al. (1923), *Ocean Acidification as a Governance Challenge in the Mediterranean Sea: Impacts from Aquaculture and Fisheries*, MARE Publication Series, vol 25, Cham: Springer.
- Bussani M. (1987), *La pesca marittima. Tecnologie e risorse*, Bologna: Edagricole.
- Brotz L., Cheung W.W.L., Kleisner K., Pakhomov E., Pauly D. (2012), Increasing jellyfish populations: trends in Large Marine Ecosystems, *Hydrobiologia - The International Journal of Aquatic Sciences*, Hydrobiologia 690, 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1039-7>
- Cicogna A., Colucci R. R., Flapp F., Gallina V., Giorgi F. et al. (2018), *Studio Conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia (Parte 1: I cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia)*, report dell'ARPA FVG.
- Ciriaco S., Famiani S., Menon S., Paparot M., Peratoner L., et al. (2018), *La Riserva delle Biosfera di Miramare – Marine Biosphere Reserve*, Trieste: WWF, Area Marina Protetta di Miramare, WWF Oasi.
- Ciriaco S., Famiani S., Paparot M., Peratoner L., Piazza F. (2023), *Mitilicoltura nel Golfo di Trieste*, Trieste: Area Marina Protetta di Miramare.
- Fontolan G., Bezzi A., Fachin G., Pillon S. (2010), *Le trasformazioni ambientali della laguna di Grado e Marano*, Rapporto tecnico del Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste per ARPA FVG, Trieste.
- Franzosini C., Odorico R., Bussani M. (1998), *Pesca artigianale e maricoltura. I limiti della coesistenza*, Trieste: Edizioni Hydrores.
- Grim F., Kutin S., Spallacci B. (2008), *La pesca in Friuli Venezia Giulia. Le risorse aliutiche del XXI secolo*, Trieste: Edizioni Italo Svevo.
- Mauro G. (2015), *Paesaggi terrazzati in Costiera triestina tra problematiche di abbandono ed ipotesi di rivalutazione turistica*, Documenti Geografici. Roma: Università di Roma. pp. 67-89. <http://dx.doi.org/10.19246/dg.v0i2.77>
- Alberto Montanari et al. (2023), *Why the 2022 Po River drought is the worst in the past two centuries*. Sci. Adv.9,eadg8304. DOI:10.1126/sciadv.adg8304.
- Raichich, F. (2023), The sea level time series of Trieste, Molo Sartorio, Italy (1869–2021), *Earth Syst. Sci. Data*, n. 15, pp. 1749–1763, <https://doi.org/10.5194/essd-15-1749-2023>.
- Sigura M., Boscutti F., Buccheri M., Dorigo L., Glerean P., Lapini L., Spoto M., Menon S., Paparot M. (2017), *Supporto scientifico metodologico alla elaborazione della Rete Ecologica Locale nell'area costiera triestina – integrazione con il Piano paesaggistico regionale del Friuli Venezia Giulia*, documento stilato dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolf M., et al. (2020), *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in Italia*, Documento del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici.
- Tibaldi S., Cacciamani C., Pecora S. (2010), Il Po nel clima che cambia, *Biologia Ambientale*, n. 1, pp. 21-28.
- Vesnaver R., Orel, G. (2001), *Golfo di Trieste e dintorni: pesca, acquacoltura e curiosità dei tempi andati*, Trieste: Stampa Modiano.
- WWF-Riserva Marina di Miramare (2018), *Mappa della Riserva della Biosfera di Miramare*, Archivio interno WWF dell'AMP di Miramare.
- Zanchettin D., Bruni S., Raichich F., Lionello P., Adloff F. et al. (2021), *Sea-level rise in Venice: historic and future trends (review article)*, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 21, n. 8, pp. 2643-2678. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2643-2021>.