



progettopesca

DIRITTI E OCCUPAZIONE  
NELLA PESCA E NELL'ACQUACOLTURA



MINISTERO DELL'AGRICOLTURA  
DELLA SOVRANITÀ ALIMENTARE  
E DELLE FORESTE



# INVASIONI, CLIMA ED ALTRI CAMBIAMENTI

Per una pesca resiliente  
e nuove sostenibilità





# INVASIONI, CLIMA ED ALTRI CAMBIAMENTI

**Per una pesca resiliente  
e nuove sostenibilità**

*Testi e consulenza tecnico-scientifica*  
**Roberto Odorico**

*Con la collaborazione di:*

**Antonio Pucillo**  
*Capo Dipartimento Pesca FLAI CGIL Nazionale*

**Domenico Mandarano**  
*Dipartimento Pesca FLAI CGIL Nazionale*

Questa pubblicazione è stata realizzata con il contributo del **Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali**, nell'ambito del Programma Nazionale Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura 2022-2024 adottato con D.M. del Ministro delle Politiche Agricole alimentari e forestali n. 0208875 del 10 maggio 2024 Annualità 2024 (Codice CUP J88H23001020001).

## PREMESSA

La segnalazione di specie aliene nel Mediterraneo è ormai una costante. Pesci, molluschi, crostacei, alghe e celenterati entrano dalle porte del Mediterraneo e da pionieri colonizzano i nostri mari. I modi per arrivare sono diversi e conosciuti.

Spesso vengono trasportati da navi che arrivano da mari diversi dal Mediterraneo, oppure tramite lo stretto di Gibilterra, dal Canale di Suez e dal Mar Rosso. Se ne contano circa 600 e il loro numero è aumentato in maniera considerevole dall'inizio del XX secolo.

In un primo tempo erano stanziali nel sud del Mediterraneo, in acque più calde e temperate. Essendo specie termofile non si spostavano verso nord per via delle acque più fredde, ma da tempo, col riscaldamento dei mari che un tempo fungevano da barriera naturale, stanno risalendo l'intero bacino. Una migrazione che coinvolge anche specie native messe in movimento verso nuove aree calde. Quindi siamo di fronte ad un vero e proprio esodo di specie, che cercano zone più adatte a proliferare e sopravvivere.

Scenari apocalittici con tonnellate di pesci morti per anossia sono ormai fenomeni comuni e dimostrano quanto il Mediterraneo e gli oceani stiano subendo un profondo cambiamento. Il riscaldamento delle acque mette a dura prova la capacità di assorbimento dei gas serra con un aumento di acidità dei mari, i cui effetti si ripercuotono sulle barriere coralline tropicali, ma da noi anche su pesci, larve e molluschi.

L'habitat marino è un equilibrio complicato dove il ruolo della temperatura gioca una parte importante per la sopravvivenza di chi lo abita. Una temperatura dell'acqua di oltre 25°C e per un periodo prolungato ha effetti devastanti sulla sopravvivenza dei pesci del Mediterraneo; incrementa malattie e parassiti, figuriamoci quali effetti ha su larve, novellame e uova.

Un'anomalia così importante stressa questo delicato equilibrio creando un nuovo habitat, dove nuove specie sostituiscono quelle esistenti. Non solo specie aliene. Le principali invasioni nei mari italiani, finora, hanno come protagonisti dei nativi mediterranei o nel caso del famigerato granchio blu un alieno invasivo a scoppio ritardato. Il verme cane, le meduse, il pesce scorpione, il pesce palla e altre specie che troverete nelle successive pagine, sono il prodotto di questo cambiamento, in una miscela dove specie aliene e specie native finora in equilibrio vengono innescate da una nuova normalità ambientale. Con questo non possiamo dire che siamo di fronte ad un processo irreversi-

bile, molte specie sono comparse e sparite in autonomia, ma quello che dobbiamo capire è se possiamo gestire e comprendere questo fenomeno inserendolo in un percorso per la valorizzazione e gestione della risorsa ittica.

Quanto accaduto con il granchio blu, oppure con l'invasione delle meduse o della mucillagine, è l'apice di un effetto che si è costruito nel tempo. Un percorso lungo che vede gli operatori del settore testimoni e vittime. Ma a questo punto siamo già in una fase emergenziale, quello che poteva essere una risorsa è stato avviato in buona parte alla distruzione, al macero.

Se invece si riuscisse ad anticipare l'evento emergenziale, creando un sistema di monitoraggi e controllo, potremmo trovarci nella possibilità di sfruttare questa occasione. Una triangolazione tra scienza, mercati e pescatori potrebbe prevenire e sfruttare le invasioni come quelle verificatesi in questi anni, trasformando il problema in risorsa.

I pescatori sono i primi ad accorgersi dell'arrivo di specie ittiche diverse, del loro graduale aumento e invasione. Informazioni importanti che dovrebbero incrociare la collaborazione della ricerca, della distribuzione, commercializzazione e trasformazione in un lavoro sinergico che predisponga il settore ad affrontare in maniera costruttiva l'emergenza.

Questo presuppone una resilienza del settore che oggi trova sicuramente delle difficoltà. Un approccio alla pesca che dovrebbe cambiare il modo di ragionare questo mestiere, passando dalla cattura esclusiva di specie richieste dal mercato, a quello che il mare offre, rivalutando le specie meno pregiate, quelle aliene e invasive.

Forse questa è una visione utopistica del futuro della pesca, ma è probabile che il futuro sia determinato da fattori che non potremo controllare direttamente. Forse dovremmo ragionare di una pesca che tenta di anticipare gli eventi trasformando quello che verrà in quello che ci serve.

Ma prima di tutto va aiutato un settore produttivo.

È evidente che nella ricerca della sostenibilità alienetica, i mutamenti climatici e gli effetti collaterali debbano assumerne un valore da considerare nella gestione dell'attività dei pescatori. Attualmente l'unico elemento regolatore dello sforzo di pesca rimane la riduzione dell'attività di cattura. Meno pesce, meno attività di pesca. Un concetto che alla luce di quanto sta accadendo va rivisto. Se si vuole salvare un mestiere, una tradizione, una storia, va dato il giusto peso ad ogni elemento che influenza e riduce la pesca. In questo i cambiamenti climatici non trovano ancora una giusta quantificazione, se non quella di appartenere ad una scala molto più grande di quella della gestione produttiva della pesca. Ma in qualche modo ci si deve rapportare con la serietà di strumenti gestionali e di adattamenti adeguati.

**Antonio Pucillo**

*Capo Dipartimento Pesca FLAI CGIL*

# INDICE

---

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>6</b>
<hr/>	
<b>1. L'ORIGINE DEI CAMBIAMENTI</b>	<b>10</b>
<hr/>	
<b>2. CRISI CLIMATICA E BIODIVERSITÀ</b>	<b>30</b>
<hr/>	
<b>3. GESTIRE LE INVASIONI</b>	<b>62</b>
<hr/>	
<b>4. NUOVE AREE CALDE DI PESCA</b>	<b>88</b>
<hr/>	
<b>4. MISURE DI ADATTAMENTO</b>	<b>100</b>
<hr/>	
<b>Bibliografia</b>	<b>114</b>



## INTRODUZIONE

Da dove si comincia per parlare di specie aliene? Soprattutto, perché parlare di specie aliene? Da quando nel 1869 è stato aperto il canale di Suez, diverse sono state le specie che hanno tentato la colonizzazione del Mediterraneo. I Laghi Amari prima erano una barriera salina insormontabile per queste specie termofile calde abituate al clima tropicale. Dopo l'apertura, le specie pioniere dal Mar Rosso trovavano una seconda barriera più fredda nel Levante mediterraneo. La zona si permetteva la sopravvivenza di queste specie chiamate Lessepsiane in onore del geniale Ferdinand de Lesseps progettista del Canale di Panama, e del Canale di Suez, ma la temperatura a latitudini prossime a Creta, costituiva per lungo tempo una insormontabile barriera dei 13-15°C invernali. L'apertura di Suez ed il passaggio di navi sempre più grandi, ha quindi favorito la diffusione di specie che prima o poi sono riuscite a sopravvivere al calo invernale, così come la loro prole di larve o uova che nelle acque di zavorra mantenevano intatte o quasi le condizioni di queste specie tropicali, le prime ad essere definite "aliene", in quanto non appartenenti secondo convenzione, al contesto mediterraneo. Più in generale si parla di specie non indigene, pur considerando che dopo la scoperta di Colombo, anche il mais, il pomodoro, la patata o i fagioli, erano "specie aliene" diventando poi cibo comune e produzione agricola di base. Forse con le normative attuali, un pomodoro avrebbe avuto dei lunghissimi tempi d'attesa per diventare il NOVEL FOOD del tempo. E forse per questo, ma anche per la scarsa diffusione, appena negli anni '50 il pomodoro concentrato condivideva la pasta dei veneti e friulani. Altro NOVEL FOOD però del 1500, sarebbe stato il Merluzzo (*Gadus morhua*) nella sua diffusione commerciale in Europa meridionale grazie al Querini ed il suo fortunato naufragio alle Lofoten. Esempi che nonostante ci separino diversi secoli, potevano benissimo a quei tempi calzare le nostre definizioni. In mare e nel Mediterraneo questi contesti si incrociano con cambiamenti straordinari, cicli generazionali nei ricordi dei vecchi pescatori, e le nostre rappresentazioni della nostra diversità dal prima. Per fare un esempio, le specie che per prime hanno popolato il Mediterraneo, erano specie passate dalla porta di Gibilterra e sicuramente aliene per quei tempi, se ci fosse stato qualcuno a registrarle, prima di essere le specie autoctone, o native che si pescano oggi. In altri termini, la segnalazione di una NIS, Non Indigenous Species, rappresenta una sorta di non conformità con l'ambiente

che la sta accogliendo e che è costituito da specie native. La specie non indigena, se tutto è in ordine, ci sta. La specie occasionale avvistata magari con un'immersione subacquea, oppure pescata casualmente con bolentino, rimarrà un'importante segnalazione per future evoluzioni dell'ecosistema, laddove si ripresenterà. Ad esempio il Vermo Cane, *Hermodice carunculata* è specie nativa mediterranea diventata particolarmente invasiva nel suo habitat abituale e negli habitat vicini, tanto da provocare le legittime preoccupazioni della pesca, data la voracità di questo polichete dalle setole particolarmente irritanti che si può spostare laddove le condizioni ambientali lo soddisfino in termini di prede e competizione con altre specie. I pesci si spostano per cibo, in direzione delle zone ad elevata produttività, e per riproduzione andando a deporre le uova che poi si disperdono in acque e fondali in determinate caratteristiche favorevoli allo sviluppo di quella specie. Il calendario di pesca tiene conto di questo servizio ecosistemico che si mantiene efficiente autoregolandosi con i vari ingranaggi naturali, catena trofica, produzione primaria, produzione secondaria, ciclo dei nutrienti, etc... Ma se qualcosa inizia a perturbare gli equilibri, le specie non indigene,

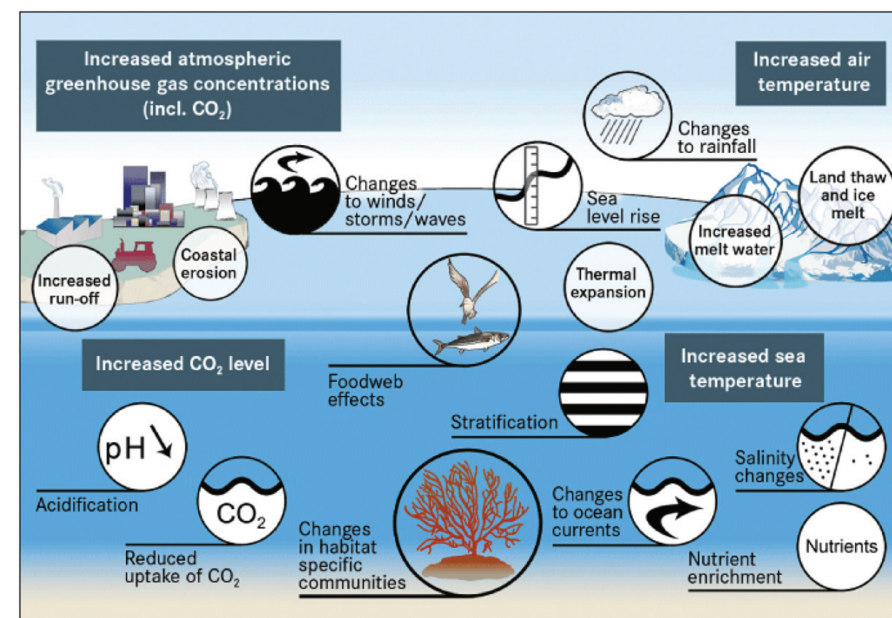
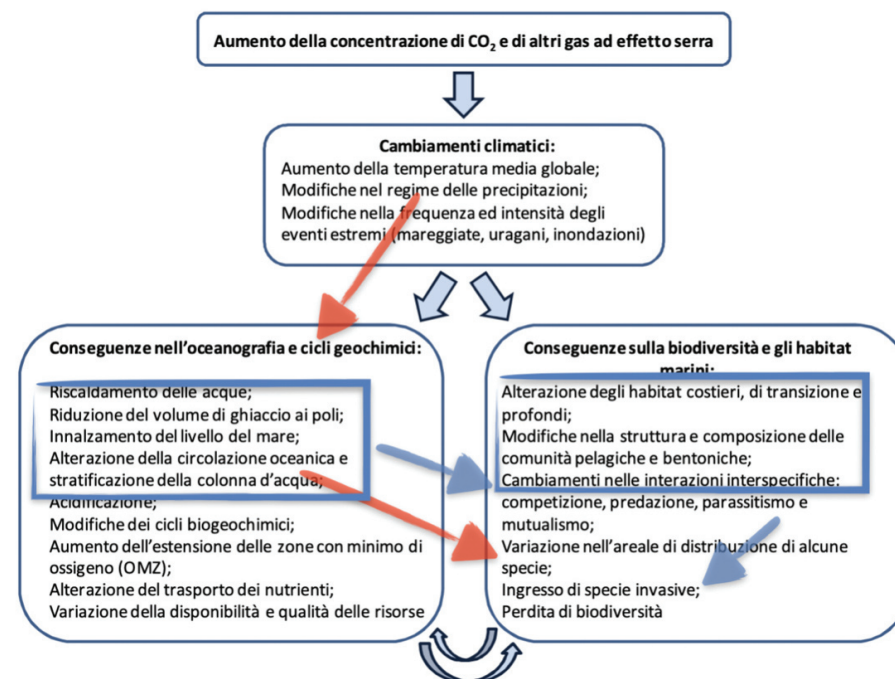


FIG. 1.1 Alcuni fattori implicati nella dinamica della crisi climatica in grado di perturbare biodiversità, le catene trofiche, gli equilibri tra specie ed habitat "nativi". Le specie invasive hanno percorsi espansivi molto simili, essendo attratte ed adattandosi alle modificazioni compatibili coi nuovi arrivi molto più delle specie native (OSPAR 2010).

almeno quelle più competitive con le native, e soprattutto più facili alla diffusione, possono occupare quelle nicchie ecologiche che hanno mandato in stress le specie native. A volte anche questo tipo di nuova colonizzazione può diventare una invasione proprio per la capacità di una specie a prevalere su una particolare espansione della nicchia ecologica. Una riduzione dei predatori? Una stagione riproduttiva andata male per le specie native e bene per le specie invasive? Un percorso evolutivo del clima locale che ha perturbato la catena trofica o produttiva? Tutto ciò può causare queste anomalie. Granchi blu *Callinectes sapidus* e Meduse *Rhizostoma pulmo*, che non sono specie aliene, né tantomeno alloctone, ci fanno ragionare sul fatto che le specie marine invasive, rappresentano una punta dell'iceberg di episodi seriali sempre più gravi e sempre associati, almeno nelle aree di diffusione massiva, ad anomalie ambientali ricorrenti sempre più spesso nella consuetudine della stagionalità del mare. Specie aliene o alloctone ci parlano di migrazione alla ricerca di ambienti che stanno cambiando la loro sopravvivenza. Ci parlano di un fenomeno di cambiamento globale che nel Mediterraneo diventa visibile purtroppo solo con le bio-invasioni o le anomalie durante la stagione turistica.

Ma il cambiamento è macroscopico e rappresentabile e per molti versi sovrapponibile al percorso parallelo dei prelievi della pesca ed al suo declino perenne in termini di flotta e di sbarcato. Anossie, morie, ora di nuovo le mucillagini mettono a dura prova i numeri del prelievo, i giorni delle uscite, lo sbarcato di specie target. Antiche interviste dei vecchi pescatori, dal parangone per Merluzzo bianco della Norvegia al *vecio sardoner de lampara* ripetono dall'800 ad oggi il mantra evergreen: "una volta sì che si pescava di più...!!". Ed è drammaticamente vero. Lo dimostra il calo della flotta negli ultimi 10-15 anni, anche per le più importanti marinerie italiane, ma anche con gli sbarcati sono più le giornate dove a malapena si coprono i costi, che quelle rientranti nella vera sostenibilità economica del settore. Da sempre la pesca fa i conti con l'ambiente in quanto si approvvigiona dei servizi ecosistemici che madre natura è in grado di mantenere in efficienza nonostante l'ampia gamma di minacce all'ecosistema marino apportate dallo sviluppo antropico e questo al netto del prelievo di risorse che deve seguire principi di legalità, condivisione e sostenibilità. Collegare l'avvistamento sporadico con lo sbarcato nativo e le alloctone quando sono sporadiche segnalazioni, permette di anticipare azioni di mitigazione del fenomeno invasivo futuro. Che poi il più delle volte l'anomalia di una specie non comporta ripercussioni sull'attività di pesca in quanto si auto estingue e si stabilizza grazie ad altri competitor, o perché il settore viene preparato adeguatamente ad affrontare le anomalie alla consuetudine del prelievo. Infatti il problema risiede nell'isolamento comunicativo del comparto ittico che già da episodi analoghi affrontati dai colleghi, rende difficile già replicare

casi studio seguiti alla comparsa di particolari anomalie climatiche o comparsa di nuove specie. Ritardi che per le specie invasive sono significativi vantaggi sulla diffusione in ambienti stressati da problemi precedenti. Diversamente dagli ecosistemi marini, i sistemi antropici come la pesca, dimostrano da sempre una scarsa resilienza che nel settore si traduce nella difficoltà ad adattarsi alle difficoltà se non con risposte limitate al breve termine e alla singola marineria. È molto difficile se non impossibile garantire la sopravvivenza del settore mantenendo lo status quo di governance, di gestione, di offerta di prodotto. Già con le giornate improduttive per maltempo che si sommano alle anomalie dei prelievi si notano le avvisaglie di ciò che a breve sarà la nuova normalità in cui la stessa crisi del settore dovrà fare i conti. Il mare sta cambiando ed è importante seguire questi cambiamenti, anche perché si ripetono e fanno la storia di zone diverse. Questi cambiamenti apparentemente puntuali, diventano degli importanti riferimenti a guidare "il dopo" verso nuove prospettive di sostenibilità. La successione di eventi critici e la individuazione di queste analogie come percorsi di altre zone produttive, rende tracciabili e modulabili le possibili soluzioni gestionali.



## L'ORIGINE DEI CAMBIAMENTI

Specie aliene e cambiamenti climatici rappresentano la stessa faccia della medaglia e per certi versi, aiutano a comprendere la sostenibilità delle nostre attività produttive, in particolare quelle legate al mare. È da comprendere innanzitutto la visione di scala e come “la catena di trasmissione” è in grado di trasferire criticità e benefici nel bilancio ambientale globale. Uno dei motori del clima è il Niño. Studiati proprio andando a comprendere le oscillazioni della pesca di pesce azzurro *Engraulis ringens* di fronte alle coste del Cile. Un fenomeno naturale dell'Oceano Pacifico diventa esempio emblematico planetario di cosa significa “servizio ecosistemico” immaginando una macchina mossa da tanti ingranaggi. El Niño consiste in un sensibile aumento delle temperature superficiali dell'acqua dell'Oceano Pacifico, lungo le coste dell'America Meridionale. Un fenomeno che si ripete da migliaia di anni, con cadenze irregolari: l'intervallo fra un episodio e quello successivo può andare dai 2 ai 7 anni, con una media di 5 anni.

El Niño significa in spagnolo “Il bambino”: si chiama così in riferimento al bambino Gesù, perché avviene a cavallo di Natale, fra dicembre e gennaio. Il riscaldamento delle acque provocato da El Niño dura vari mesi e si alterna a una fase di raffreddamento, che è chiamata per analogia La Niña (La bambina), con ricorrenza simile. In ambito scientifico si usa il termine “El Niño-Oscillazione Meridionale” (El Niño-Southern Oscillation – ENSO), che comprende l'insieme dei due fenomeni oceanici ma anche le variazioni nella pressione atmosferica. El Niño e più in generale l'ENSO ha cause naturali. In tempi recenti, però, a questi fenomeni si è aggiunto quello del riscaldamento globale, provocato dalle emissioni umane di gas a effetto serra, con tutti gli altri cambiamenti climatici che comporta. Al momento non si hanno prove certe di un effetto del riscaldamento globale sull'ENSO: non sappiamo cioè se la frequenza o la durata di El Niño e La Niña siano variate a causa dei cambiamenti climatici, né tanto meno se lo faranno in futuro. Dal Pacifico all'Atlantico settentrionale i regimi climatici del Mediterraneo sono fortemente connessi. In Europa ed in Mediterraneo una delle teleconnessioni più rilevanti e conosciute, ma non l'unica, è rappresentata dalla North Atlantic Oscillation (NAO), anomalia pressoria del Nord Atlantico che si manifesta tra l'anticiclone subtropicale ed il ciclone

subpolare. In condizioni normali, attorno ai 60° di latitudine nord staziona una profonda zona di bassa pressione (il ciclone subpolare dell'Islanda); attorno ai 30° di latitudine nord si trova invece una zona di alta pressione in pieno Atlantico (l'anticiclone subtropicale delle Azzorre).

Ciclone e anticiclone sono due ingranaggi del motore che traggono origine da movimenti d'aria nell'alta atmosfera e sono tra loro dipendenti: quando una di queste due strutture bariche s'indebolisce, anche l'altra si indebolisce e quando una si rafforza, anche l'altra tende a rafforzarsi. L'anomalia pressoria del Nord Atlantico viene misurata tramite un indice che esprime le fluttuazioni della differenza di pressione atmosferica al livello del mare tra l'arcipelago delle Azzorre e l'Islanda. Stabilito un valore medio di riferimento, vengono misurati gli scarti che si verificano rispetto ad esso. Un indice NAO positivo è caratterizzato da un valore medio di pressione superiore a quello di riferimento con depressione d'Islanda più profonda e anticiclone delle Azzorre più potente, un indice NAO negativo è invece caratterizzato da un valore medio di pressione inferiore con depressione meno profonda e anticiclone meno potente. Quando l'indice NAO è positivo, anticiclone e ciclone sono più robusti del normale. In particolare, l'an-

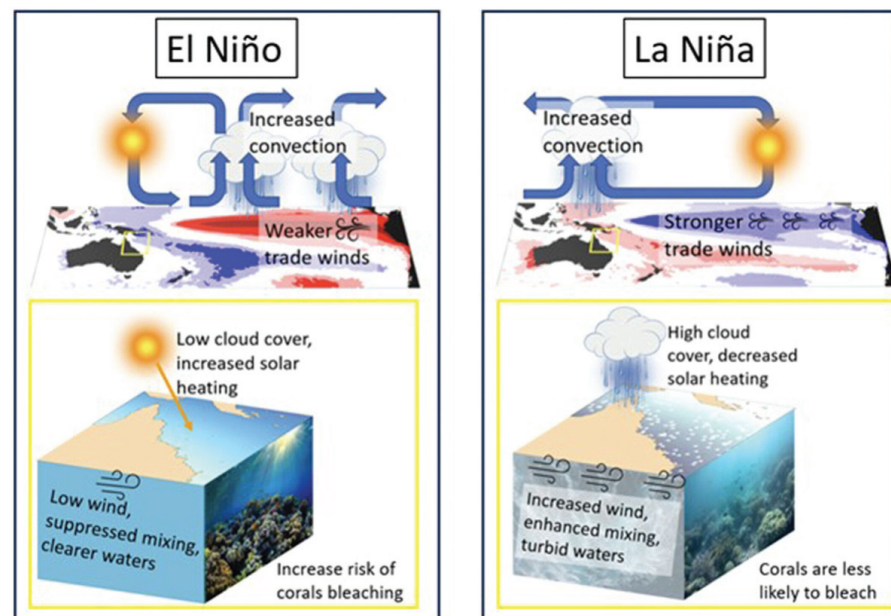


FIG. 1.2 Raffigurazioni dello sviluppo de El Niño e de La Niña che in una successione tra loro di 5-7 anni, provvedono alla varietà di ripercussioni sulla colonna d'acqua e sui fondali (doi.org/10.1029/2024GL108810).



ticiclone delle Azzorre diviene talmente forte da invadere il Mediterraneo e quindi anche l'Italia, assicurando condizioni di tempo stabile.

Quando l'indice NAO è negativo, anticiclone e ciclone sono più deboli del normale. L'anticiclone si ritira verso sud-ovest lasciando spazio alle perturbazioni atlantiche che, invadendo il Mediterraneo, portano nell'Europa meridionale inverni umidi e spesso molto piovosi. La debolezza dell'anticiclone delle Azzorre consente anche la ricorrente discesa di incursioni fredde da nord, comunemente chiamate correnti a getto del fronte polare ("jet stream").

Quello su cui invece il consenso della comunità scientifica è sempre più compatto è l'effetto combinato: l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), nel suo Sesto Rapporto pubblicato nel 2021, afferma che "sul lungo termine è altamente probabile che la varianza nelle precipitazioni legate all'ENSO aumenterà". In altre parole, a causa dei cambiamenti climatici in atto, si aggraveranno le conseguenze dell'ENSO, cioè gli eventi meteorologici estremi come siccità, inondazioni e cicloni. Anche se di scala inferiore, il ragionamento dall'ENSO passa agli ingranni dei servizi ecosistemici a cui localmente le attività antropiche basano la loro sostenibilità e, se si vuole porre l'accento sulle energie dei sistemi naturali e antropici, si considera nel bilancio complessivo, l'emissione di inquinanti, di gas serra, di plastiche e rifiuti da smaltire e via via lo sforzo di pesca misurato in KW della flotta, inquinamento prodotto dalle industrie, dalle città, l'energia per fotosintesi (poca, 4%) della produzione primaria, l'energia per produrre gusci da CO<sub>2</sub> nel ciclo dei carbonati che è regolato o regola l'acidità degli oceani, etc... Il cambiamento di scala e quindi dei livelli di attenzione, solleva preoccupazioni visto il ruolo centrale delle specie e biodiversità come servizi ecosistemici a loro volta dipendenti dai cambiamenti di questi ultimi anni. Si è arrivati purtroppo per la pesca all'impatto dell'ambiente sull'attività produttiva diventata poco o per nulla resiliente rispetto alla scala dei cambiamenti in atto.

## 1.1 IMPORTANZA DELLA TEMPERATURA

I cambiamenti climatici in ambito marino si manifestano macroscopicamente con gli andamenti anomali della temperatura rispetto al passato e conseguentemente con la trasformazione anche a breve termine degli habitat sottoposti ai valori anomali. Le anomalie nei fondali e nella colonna d'acqua ci sono sempre state. Quello che preoccupa è la frequenza dei fenomeni che tra l'altro comportano una scarsa reversibilità alle con-

dizioni precedenti. A lungo andare le serie anomale così ravvicinate minano il climax raggiunto dagli organismi marini nativi, così come la certezza stagionale nella colonna d'acqua del fito-zooplankton messa ora in moto disordinato da chissà quale nuovo giro di correnti marine. L'habitat di un organismo marino è un equilibrio di parametri. In particolare il mantenimento del metabolismo viene regolato ed ottimizzato per funzionare entro range di temperatura ben definiti. La competizione tra specie si basa "sull'incastro dinamico" delle diverse esigenze ecologiche modellate dalla selezione naturale.

È evidente che un'anomalia che poi si consolida e si protrae nel tempo destabilizza l'habitat, e ne favorisce un altro con un set di specie diventate più adatte a quel range di temperature vitali. Le specie presentano una gamma "naturale" di tolleranza termica e risposta alle fluttuazioni di temperatura mediante adattamenti fisiologici, biochimici e molecolari. In analogia molto azzardata con noi (sangue caldo) che a 37,1°C abbiamo la febbre e a 42-43°C protratti per un certo periodo andiamo all'altro mondo, per un pesce delle nostre latitudini un superamento per lungo tempo dei 25°C, determina l'inefficacia di molti enzimi e reazioni biochimiche necessarie ad un metabolismo regolare, figuriamoci sviluppo di giovanili e maturazione uova.

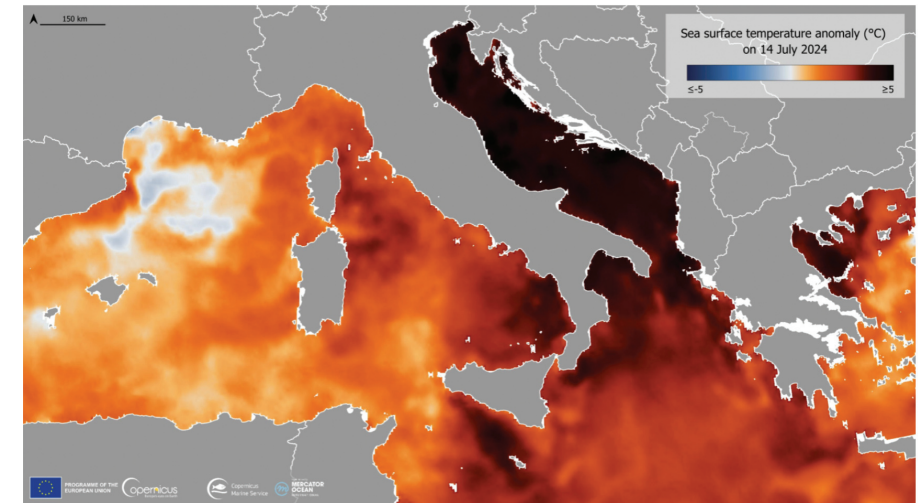


FIG. 1.3 COPERNICUS svela giornalmente i record superati di innalzamento delle temperature con le conseguenze sulle masse idriche e le correnti del Mediterraneo. Il riscaldamento del mare determina conseguenze importanti sugli organismi marini, accrescimento, cibo, riproduzione, sviluppo embrionale.

Lo stress fisiologico acuto, che porta a malattie e mortalità di massa, appare quando vengono superate le soglie di tolleranza e quando è impossibile scappare verso condizioni più favorevoli. Anche i fiumi svolgono un ruolo chiave nel ciclo idrologico per le loro portate variabili, per periodi siccitosi e piene epocali spesso improvvise e sempre più frequenti. L'apporto di acqua più fredda e più densa muove ad un ricambio e rimescolamento che avviene solo a condizione di acque con la stessa densità o temperatura, altrimenti i due corpi idrici rimangono immiscibili scorrendo verso il basso fino all'equità termica. L'acqua dolce quindi è importante per il mantenimento dei servizi ecosistemici e comporta necessariamente una analisi su vasta scala di quello che rappresenta oggi lo sviluppo antropico.

Aiuta l'osservazione e la conoscenza di ciò che accade ad esempio nell'Atlantico settentrionale, dove la migrazione in latitudine delle specie verso il polo in risposta ai cambiamenti climatici renderà più difficile per le comunità di pescatori delle acque europee accedere a grandi banchi di specie d'acqua fredda, come il Merluzzo Bianco *Gadus morhua*, l'Aringa *Clupea harengus* e lo Sgombro *Scomber scombrus*. Il tonno *Tunnus thynnus* che tuttavia è un pesce termofilo, si sposterà comunque verso nord e diventerà più comune in tutta Europa, soprattutto quella atlantica. Quindi riscaldamento del mare come motore di stock importanti verso nuove zone termicamente ideali e caratterizzate da veri e propri percorsi e direzioni come per le vecchie rotte migratorie che evidentemente ora si stanno ampliando. Questi meccanismi determinati da acque più pesanti o più leggere, più o meno salate, più calde e più fredde, queste ultime sempre più rare e più profonde, sono i semplici segnali ecologici seguiti dagli organismi marini. In generale si traducono in una serie di spostamenti latitudinali – da noi in direzione nord – alla ricerca di acque non ancora troppo calde e quindi compatibili ai range vitali delle specie, in particolare allo sviluppo delle uova e maturazione delle larve e produttive.

Essendo un mare chiuso, il Mediterraneo e ancor di più l'Adriatico, rappresenta un *cul de sac* nel quale paradossalmente, le specie alla ricerca di acque più fresche, le trovano addirittura più calde come in Adriatico, finendo in una sorta di trappola termica fortemente selettiva per le specie stenoterme a favore di quelle euriterme per una nuova ricolonizzazione. È di questi giorni l'eccezionale temperatura di 30°C raggiunta anche nelle acque ritenute più fresche dell'alto Adriatico Orientale. Considerando in questo momento solo il parametro t°C, ma nel suo sviluppo verticale, ossia nel considerare colonne d'acqua a diversa temperatura e diversa profondità, vengono in mente le popolazioni di Crostacei a cui molte marinerie si riferiscono parlando delle variazioni climatiche. All'aumentare

della temperatura, e soprattutto all'abbassarsi del termoclino verso il loro habitat, i Crostacei possono risalire verso la superficie evitando i normali predatori, o scendere verso il fondo alla ricerca di acque più fresche. Tane e migrazione delle larve di gambero per sfuggire al cannibalismo delle femmine determinano il successo delle generazioni successive di Mazzancolle *Penaeus kerathurus* e pericolosi contatti con i predatori, anch'essi costretti a subire gli effetti della temperatura. Variazioni che facilmente la consuetudine dei mestieri rileva sia in termini di taglia che in termini di presenza nel pescato che negli sbarchi di Marano Lagunare (UD) risponde a quantitativi molto importanti rispetto alle stagioni precedenti. Analogie si ritrovano in altre marinerie col gambero rosa *Parapenaeus longirostris* o sbarcati di specie di acque profonde richiamate dalle migrazioni verticali di specie alla ricerca di acque più fredde. Gli spostamenti in profondità per trovare ambienti più freddi con le conseguenti ripercussioni della catena trofica, si ripetono su scala maggiore in Atlantico con migrazioni verso i poli (*Meridianizzazione*).

Va detto che l'attuale situazione non va equiparata a segni o anomalie che hanno marcato gli anni con decrementi di certe specie, o l'intensificarsi o ridistribuirsi di fenomeni meteo a carattere locale, ma va analizzata come nuova normalità in cui negli ultimi 20-30 anni le specie termofile gradualmente si sono spostate verso nord, anche nel Mediterraneo.

Quindi sebbene ci sia una forte sensibilizzazione verso gli analoghi fenomeni (e specie) legate alla tropicalizzazione, alle invasioni lessepsiane e/o ingressione e diffusione di specie aliene, vale la pena inquadrare il fenomeno dei cambiamenti climatici come chiave di lettura e di trasferimento delle anomalie al mondo produttivo e quindi a generali spostamenti delle popolazioni.

## 1.2 LA FEBBRE DEL MARE

Come la rana nella pentola, ci stiamo ormai abituando al mare Mediterraneo che d'estate raggiunge i 30°C. Il mare quindi accumula energia che poi con l'evaporazione, scarica violentemente con le tempeste ed uragani. Fa una certa impressione entrare nella scala delle proporzioni in gioco quando si parla di energia. Il bilancio carico-scarico espresso dalla variazione del contenuto termico degli oceani, si mantiene equivalente all'energia che si otterrebbe facendo esplodere 7 bombe atomiche ogni secondo per tutta la durata dell'anno.

Il clima del mare è accumulo, trasporto ed emissione di energia, la temperatura è la misura della potenza di questa energia: acqua calda significa acqua meno densa e quindi movimenti verso acque più dense...laddove ancora fredde! In due zone di mare anche distanti avremo delle differenze di temperatura e quindi di densità in grado di creare scorrimenti di acque meno dense e più calde verso acque più dense richiamando così dalla profondità le acque più fredde. Così il mare alle nostre latitudini "si aggiorna" biologicamente passando dall'inverno all'estate... maggiore è la differenza tra estate ed inverno e più efficaci sono i movimenti dei corpi idrici che portano nutrimento dai fondali e richiamano le catene trofiche. In Adriatico il raffreddamento invernale determina lo scorrimento delle acque fredde e pesanti lungo la costa italiana e la risalita di nuova acqua lungo la costa croata. Vento e maree fanno il resto, pompando localmente importanti volumi d'acqua che a contatto con i fiumi si arricchiscono di nutrienti. Siccità da deserto, temperatura fuori dalle medie e piovosità monsoniche irregolarmente abbondanti sono quindi importanti non solo per gli ambienti e territori che subiscono queste anomalie, ma anche per gli ecosistemi marini in fase di assestamento. Gli allarmi seguiti ai recenti eventi di mortalità di massa nel Mediterraneo erano ben noti da anni, morie ed anossie rappresentano una normalità negli scenari ambientali soprattutto estivi nell'ambito perlagunare del-

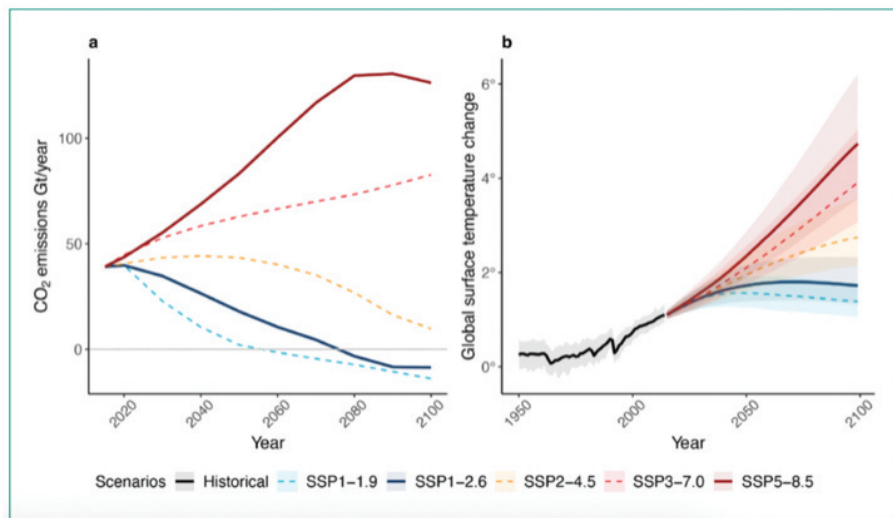
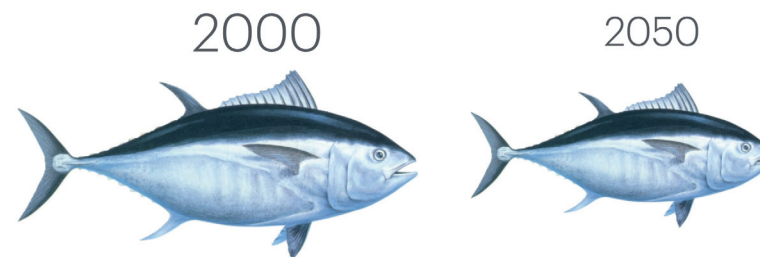


FIG. 1.4 Modelli di andamenti della t°C rapportati alle emissioni di CO<sub>2</sub>. I diversi grafici rappresentano scenari peggiorativi del fattore emissioni.

l'Adriatico settentrionale. Ora l'estensione del fenomeno anche ai periodi invernali e in zone con importanti volumi d'acqua, sottoposti a minori ricambi, segna una tendenza pericolosa che potrebbe facilitare invasioni di specie pioniere più tolleranti nei fondali diventati anossici. Ad esempio, negli anni '70 e '80, le mortalità locali di ricci di mare e gorgonie erano già state attribuite a anomalie della temperatura positive e le malattie delle spugne commerciali coincidevano con un NAO positivo. Sebbene non ben documentati, questi primi episodi di malattia e mortalità avrebbero attirato l'attenzione sulla vulnerabilità di questi sistemi agli aumenti della temperatura dell'acqua di mare.

## CON UNO SCENARIO AD ALTA EMISSIONE CO<sub>2</sub>



### 14-24% RIDUZIONE DEL PESO CORPOREO

FIG. 1.5 Richiamando la fig. precedente, si vuole dare un concreto significato all'aumento di CO<sub>2</sub> che non va soltanto correlato ad uno scenario di riscaldamento planetario, ma va anche a ripercuotersi sulla taglia degli organismi dei modelli.

I primi eventi di mortalità di massa multispecie nel Mediterraneo ben documentati sono stati quelli delle estati 1999 e 2003. Hanno interessato almeno 30-40 specie di substrato duro su diverse centinaia di chilometri di costa tra il Mar Tirreno in Italia e il Golfo del Leone. Già vent'anni fa quindi è stata osservata una correlazione positiva tra i tassi di mortalità e l'esposizione allo stress da calore. La generale mancanza di dati relativi alla termotolleranza sugli invertebrati sessili temperati mediterranei come spugne e coralli, sospettati da tempo di essere particolarmente sensibili alla temperatura, ha reso totalmente inattesi gli episodi di malattia e mortalità di massa degli ultimi dieci anni. I primi segni di una malattia sono spesso associati a un cambiamento di colore o candeggio (simile al "candeggio dei coralli" nelle barriere coralline tropicali), allo sviluppo di un film batterico sull'epidermide, seguito da una rapida decomposizione. Nella fascia

dei primi dieci metri di profondità questo segnale sta diventando piuttosto diffuso. I primi gruppi tassonomici colpiti da tali epidemie sono principalmente spugne e coralli, un'alta percentuale dei quali sono endemici del Mediterraneo e alcune specie commerciali e chiave. Gli scheletri colonizzati possono rimanere attaccati per anni o alla fine vengono staccati dalle tempeste. Questo effetto ritardato spiega come l'ondata di caldo nella colonna abbia effetti nella biomassa legata all'habitat colpito.

### 1.3 IL MEDITERRANEO: UN MODELLO IN MINIATURA DEGLI OCEANI DEL MONDO

Il Mediterraneo è un mare peculiare, il prodotto di una tormentata storia geologica, dove i continenti si incontrano/scontrano ed enormi masse d'acqua evaporano, un crocevia di influenze biogeografiche tra biota temperati freddi e specie subtropicali. Il Mediterraneo si sta modificando attraverso una serie di rivoluzioni climatiche che su scala planetaria stanno trasformando gli ecosistemi marini in funzione di un progressivo e rapido riscaldamento. Si tratta di un adattamento in risposta all'insorgenza di determinate anomalie che in tempi molto brevi stanno diventando la nuova normalità. Il bacino è abituato a cambiamenti epocali fin dalle sue origini geologiche. Il Mar Mediterraneo è un residuo della Tetide orientata est-ovest. 200 milioni di anni fa la Tetide separava due supercontinenti: Laurasia a nord e Gondwana a sud. La comunicazione con l'Oceano Indiano cessò definitivamente dal 12 al 13 milioni di anni fa (mya), e da allora il Mediterraneo è stato un mare quasi chiuso. Durante il Miocene (5,6-5,3 mya), la comunicazione tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico è stata interrotta in diverse occasioni con eventi noti come "crisi Messiniana". Queste interruzioni hanno avuto un profondo impatto sul biota del Mediterraneo. Per evaporazione il mare si è prosciugato diventando molto salato per poi ripopolarsi con le specie atlantiche, dopo uno spettacolare e rumoroso riempimento dal varco della futura Gibilterra. Ora il Mediterraneo è considerato dagli oceanografi fisici un "hotspot della biodiversità" e un "oceano in miniatura".

Ma perché ci sono così tante specie nel Mar Mediterraneo? Uno dei motivi è proprio la sua tormentata storia geologica, che ha portato a livelli elevati tassi di cambiamento ambientale e speciazione, una sorta di fabbrica di endemismi e pompa di biodiversità dall'Atlantico verso il Mediterraneo attraverso Gibilterra. In pratica le specie che oggi vengono definite mediterranee si sono diffuse dagli areali atlantici entrando quindi dalla porta di

Gibilterra dalle acque atlantiche e fondali africani e per questo definite mauritaniche, "più calde", ma anche da fondali e acque atlantiche della penisola iberica e per questo definite lusitaniche "più fredde". Da queste specie atlantiche hanno avuto origine per "speciazione" delle varie aree mediterranee, le specie endemiche definite così perché non riscontrabili al di fuori del bacino. Il tasso di endemismo è relativamente alto, con una media di oltre un quarto dell'intero biota del Mediterraneo. Una parte di questi endemismi deriva ad esempio dalla posizione settentrionale dell'Alto Adriatico che per lungo tempo ha accolto le specie boreali pontiche affini ad habitat di acque fredde come ad es. *Fucus virsoides*, alga bruna di mesolitorale ora quasi scomparsa dalla fascia di marea del golfo di Trieste, punto più settentrionale del Mediterraneo. Ebbene, le endemiche fredde, tra cui diverse specie dello zooplancton, sono state le prime ad indicare il riscaldamento marino riducendo il loro areale fino alla scomparsa quasi totale. Sebbene il Mediterraneo sia composto solo dallo 0,82% dell'area oceanica mondiale e dallo 0,3% del suo volume, gli organismi marini che vivono in questo mare rappresentano il 4-18% delle specie marine mondiali. Più di 700 specie ittiche abitano il Mar Mediterraneo con una diminuzione generale del numero che si sposta verso est. Tra questi, almeno 80 sono specie non indigene di origine indo-occidentale del Pacifico e del Mar Rosso. L'abbondanza di queste specie non indigene risulta frammentariamente documentata ai fini del prelievo, mentre la distribuzione delle presenze intese come primi avvistamenti rappresenta un successo della *citizen science* come strumento di monitoraggio delle variazioni delle attività produttive. Il flusso delle nuove specie è tuttora in corso e la dispersione lungo le coste del Mediterraneo procede a ritmi molto diversificati.

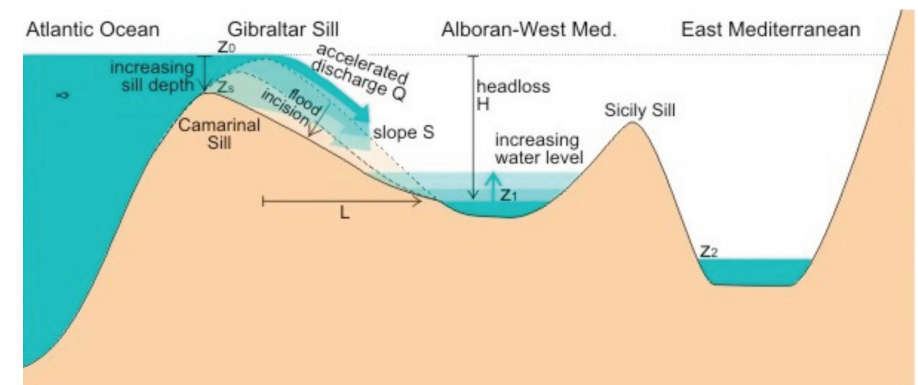


FIG. 1.6 Sezione raffigurante Gibilterra e riempimento del Mediterraneo.



La pesca e l'acquacoltura, soprattutto nelle aree produttive che per vari motivi presentano delle criticità a livello di sostenibilità, sono quindi chiamate ad adattarsi a questi cambiamenti, con il duplice obiettivo di ridurre le conseguenze ecologiche negative causate da queste specie e sfruttare al massimo i vantaggi che potrebbero portare nel mantenere la sostenibilità socio economica di un'attività produttiva di limitata resilienza verso le crescenti avversità ambientali di questi ultimi anni.

Il Mediterraneo è comunque un mare sotto assedio. Oggi è un luogo in cui l'urbanizzazione della zona litorale, la parte più produttiva del mare, sta raggiungendo l'apice delle coste nord-occidentali. Sulle coste meridionali e orientali, la crescita della popolazione in fuga sta producendo una pressione antropica senza precedenti sugli ecosistemi marini (inquinamento, pesca eccessiva, distruzione dell'habitat e introduzione di specie). Questi importanti disordini, oltre all'introduzione di nuove specie, incidono gravemente sull'equilibrio naturale degli ecosistemi e hanno portato alla perdita di biodiversità. I modelli climatici prevedono che da ora in avanti, il bacino del Mediterraneo sarà una delle regioni più colpite dall'attuale tendenza al riscaldamento e da un aumento degli eventi estremi. Il Mar Mediterraneo mostra una complessa batimetria che comprende secche e stretti poco profondi e un'idrologia specifica da valorizzare e da studiare.

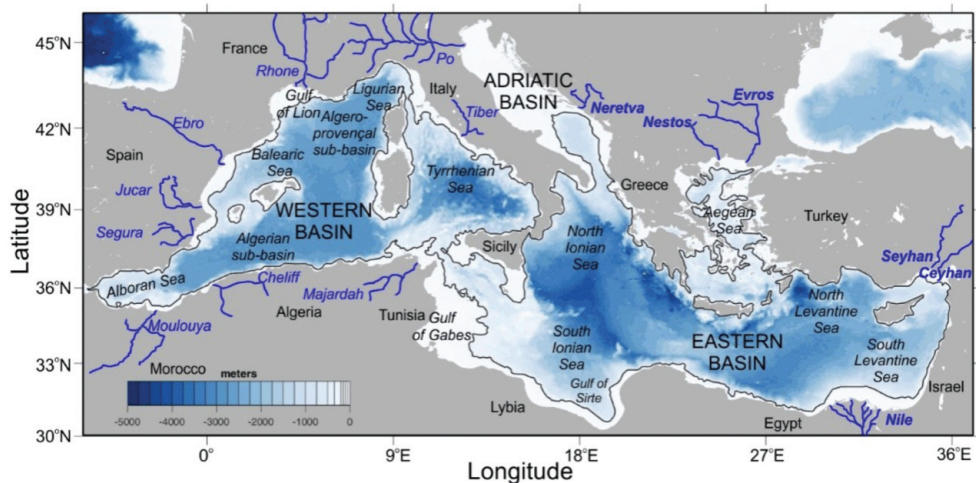


FIG. 1.7 Sottobacini del Mediterraneo e principali apporti idrici a bilanciare la salinità e l'evaporazione.

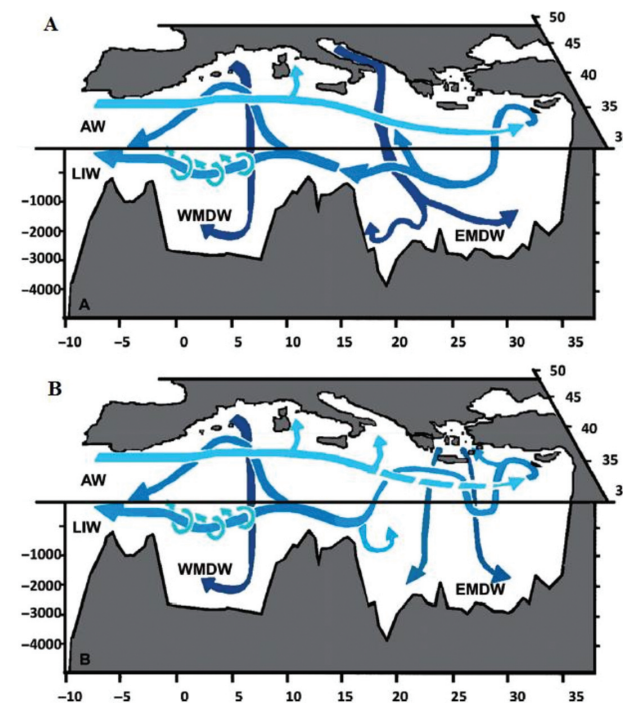


FIG. 1.8 La circolazione termoalina (AW - Acque Atlantiche), EMDW - Acque Profonde Est mediterranea, (WMDW) - Acque profonde Ovest Mediterraneo, (LIW) Acqua Intermedia Levantina. La circolazione mediterranea è guidata, come meccanismo principale, dalle interazioni atmosfera-oceano. Questa forzatura dipende dallo scambio di calore e acqua dolce e, quindi, dalle condizioni meteorologiche e oceaniche.

I corpi idrici quindi sono soggetti ad una serie di circolazioni e moti convettivi responsabili dell'efficacia locale dei servizi ecosistemici. La circolazione generale termoalina del Mediterraneo è determinata dal flusso delle acque atlantiche in entrata dallo stretto di Gibilterra e dallo sprofondamento delle acque fredde che si formano nel Golfo del Leone, nell'Adriatico settentrionale e nel Mar Egeo settentrionale.

Tale configurazione determina la presenza di uno strato omogeneo di acque profonde al di sotto di 250 m che non diventa più freddo di 12-13 °C. Le diverse temperature e le diverse salinità caratterizzano la circolazione di varie masse d'acqua. Attualmente l'evaporazione più forte a levante dove l'acqua è più salata, determina uno sprofondamento nel livello del mare in equilibrio con gli apporti del Nilo e del Mar Nero, mentre il "rubinetto" Gibilterra ancora rappresenta un importante flusso di compensazione



con acqua atlantica in entrata. Quasi a bilanciare la geomorfologia del mediterraneo, il bacino del Mare Adriatico Settentrionale (NAS) può essere considerato un punto di riferimento ideale per studiare gli effetti dei cambiamenti climatici. Questo bacino semi-chiuso e poco profondo è esposto ai venti freddi nord-orientali e riceve acque fredde da molti fiumi alpini che contribuiscono a creare un clima subatlantico e quindi ospita diverse specie adattate alle condizioni boreali. Inoltre, la sua posizione all'interno del Mediterraneo, rende il NAS un vicolo cieco per le specie mediterranee in spostamento verso acque più fresche.

Ma va considerato anche il sistema trofico, una serie di ingranaggi che connettono nel trasferimento di energia diverse specie demersali e pelagiche marine che vivono nei fondali bassi e altamente produttivi. Gli effetti a cascata che un tempo erano delle perfette macchine produttive a servizio della pesca al pesce azzurro in alto Adriatico sono in questi anni colpiti dalle anomalie climatiche. Tali anomalie inducono cambiamenti importanti se in un periodo di 30 anni si è passati da un Adriatico settentrionale verde, notoriamente eutrofico ad un Adriatico azzurro, ossia oligotrofico.

La funzionalità della catena trofica viene quindi modulata dalle comunità planctoniche, in particolare le aggregazioni di Copepodi che hanno una forte influenza sui flussi di ecosistemi pelagici. Copepodi che nutrendosi di fitoplancton (ed altro zooplancton), trasformano quindi i nutrienti in una sorta di pompa energetica a carbone biologico che attinge in acque più profonde dove avviene la rimineralizzazione dei composti. Qualsiasi modifica di questi parametri deve avere conseguenze funzionali, specialmente quando coinvolgono la strutturazione della catena.

Gli ecosistemi marini del Mediterraneo nel loro funzionamento si stanno dirigendo verso una rivoluzione indotta dal clima attuale. La loro resilienza a tali cambiamenti resta da determinare poiché altri disturbi (biotici e abiotici) si combinano e interagiscono.

Ad esempio, l'arrivo di nuove specie attraverso cambiamenti nella biodiversità o impatti antropici, avrebbe una leva dirompente per il funzionamento dell'ecosistema nativo.

L'arrivo di future specie chiave, inserendosi nelle dinamiche ecosistemiche, potrebbe alterare i modelli di competizione tra specie autoctone e/o raggiungere in tempi piuttosto rapidi nuovi equilibri. Gli ecosistemi subdali mediterranei sono caratterizzati da bassi livelli di erbivori, bassi livelli di difese chimiche e pressioni ritenute moderate dei principali predatori.

## 1.4 CLIMA, PRODUTTIVITÀ E PRODUZIONE

I recenti cambiamenti nella distribuzione e nella produttività segnalati dalla comparsa di macroscopiche anomalie, possono essere attribuiti ad una nuova variabilità climatica regionale, che per teleconnessione si origina dall'ENSO, passando per la NAO. Motori naturali che assorbono l'energia dagli oceani e la "smaltiscono" con gli uragani e tempeste. Cicli concatenati che legano la temperatura ad importanti catene trofiche localizzate nelle zone più produttive del pianeta e in scala minore, nelle regioni del Mediterraneo.

È evidente come la produzione di una zona di pesca e quindi di una marineria, possa risentire di un aumento della temperatura che si riflette nelle aree di nursery o nelle migrazioni degli stock ittici. In area vasta, ossia in Atlantico, verso Nord la produzione futura in alcune regioni potrebbe aumentare a causa del riscaldamento e della riduzione della copertura del ghiaccio, ma la dinamica nelle regioni a bassa latitudine è governata da processi diversi e la produzione potrebbe diminuire a causa della ridotta miscelazione verticale della colonna d'acqua per la riduzione del periodo freddo e quindi basso riciclo dei nutrienti.

Con il termine PP, produttività primaria di un bacino idrogeografico, si intende la quantità totale di materia organica (o carbonio organico principalmente carboidrati) prodotta attraverso i processi di fotosintesi, da organismi vegetali definiti produttori primari (fitoplancton, alghe, batteri autotrofi) a partire dalla luce, dall'acqua, CO<sub>2</sub> e da molecole inorganiche. Negli ambienti acquatici i fattori che influenzano la PP, sono la luce e i nutrienti inorganici quali composti dell'azoto N (nitrati) del fosforo P (fosfati), o del silicio (silicati SiO<sub>4</sub>).

I monitoraggi in Adriatico settentrionale hanno evidenziato oltre ad una riduzione di macronutrienti (AzotoN/FosforoP), anche uno squilibrio tra le concentrazioni degli stessi, in particolare deficit dei composti biodisponibili del fosforo, che hanno portato il rapporto teorico definito ottimale di 16 (N):1 (P) su valori maggiori di 200 (N):1 (P).

Per quanto riguarda l'alterazione della composizione delle specie fitoplanctoniche con maggiore concentrazione della frazione di specie di nano-fitoplancton (2-20 micrometri - *Cryptophyceae*, *Prasinophyceae*, *Chlorophyceae*, *Coccolitoforidi* e fitoflagellati indeterminati), rispetto al microfitoplancton (20-500 micrometri - Diatomee, Dinoflagellati). Tale tendenza viene rilevata nel Golfo di Trieste a partire dal 2011 con un cambiamento rilevante della composizione del fitoplancton. In sostanza un significativo calo della biomassa fitoplanctonica rilevato dalla prevalenza del nano-fitoplancton (63% sul totale del popolamento) e della scom-

parsa/decremento dei blooms stagionali delle grandi diatomee che facevano la differenza tra eutrofia ed oligotrofia. Anche la disponibilità dei nutrienti è connessa ad apporti di provenienza terrigena ed antropica. Nella successione e nei sempre più frequenti periodi siccitosi e piene improvvise avviene un dilavamento e trasporto di acque ricche di nutrienti anche in periodi fuori dal consueto dei dati storici.

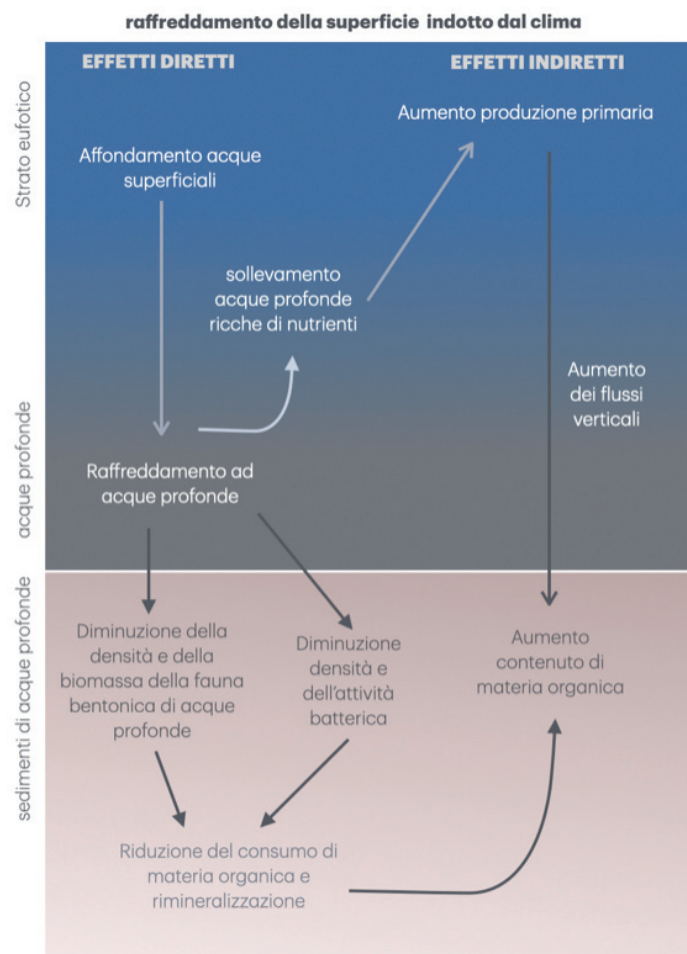


FIG. 1.9: Flussi verticali generati da raffreddamento (inverno) utili alla produzione primaria nel rimescolamento della sostanza organica e ciclo dei decompositori.

Si innescano quindi nelle aree costiere dei fenomeni di upwelling cioè di richiami di nutrienti accumulati nelle acque profonde che nella stagione si mescolano ad acque più superficiali dopo che le temperature che le caratterizzano possono attivare il loro rimescolamento. Lo spostamento delle zone di upwelling e la loro nuova localizzazione rivela l'effetto di correnti e scontrature di masse d'acqua generate da venti, anche questi ultimi discostati dai regimi usuali e responsabili di stato ondoso anomalo per le stagioni. Così come lo zero termico si arrampica verso le quote più alte, così il termoclino si approfondisce aumentando nella colonna d'acqua, la porzione di acqua calda che con la fotosintesi esaurisce velocemente i nutrienti lasciando il mare trasparente come quello tropicale proprio dove dai pescatori veniva individuata la "mangianza". Negli ultimi tre decenni, dopo che è stato studiato da almeno tre generazioni di scienziati, questo schema da manuale di oceanografia è stato clamorosamente sconvolto. Nel complesso, gli oceani globali stanno vivendo un'era di profondi cambiamenti, che incidono sulla vita marina e sulla pesca da essa sostenuta, e a cui saranno sempre più soggetti eventi estremi e più distruttivi e una maggiore variabilità interannuale.

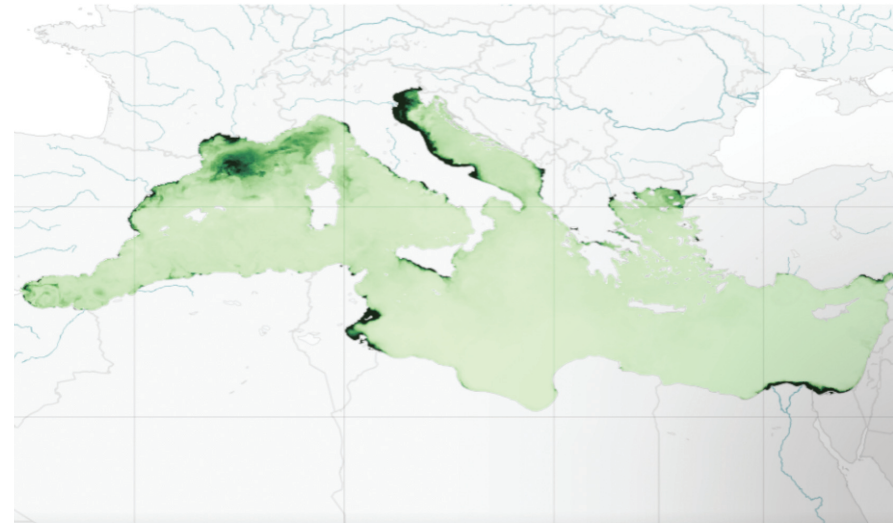


FIG. 1.10 Individuazione delle zone mediterranee più produttive in colore più scuro. Nei prossimi anni la crisi climatica agirà su questi servizi ecosistemici direttamente dipendenti con le immissioni di nutrienti.

## 1.5 DOVE CI STA PORTANDO LA CRISI CLIMATICA

Per quanto riguarda le proiezioni climatiche future dello scenario, queste mostrano già cambiamenti significativi per il periodo 2030-2050. Come uno degli attivatori della crisi climatica del Mediterraneo va menzionato il deficit totale di acqua dolce con il decremento degli apporti fluviali e dell'input dal Mar Nero. I modelli di evoluzione climatica per le componenti del bilancio idrico sono orientati a un aumento dell'evaporazione dovuta ai periodi di calore e una diminuzione delle precipitazioni. Infatti è probabile che il deficit di acqua dolce aumenti fino al +60% del suo valore attuale con un aumento medio di circa +40% nella perdita di acqua dolce nel Mar Mediterraneo entro il 2100. I modelli quindi prevedono un progressivo prosciugamento della regione mediterranea e quindi la diminuzione delle portate dei fiumi non sarà più in grado di bilanciare l'evaporazione, soprattutto del bacino orientale che diventerà più salato. Le implicazioni sulla densità dell'acqua, sulla formazione di acque profonde più fredde e più salate e sulla circolazione della termoalina sono ancora incerte poiché l'interazione degli effetti concorrenti della salinità e dell'aumento della temperatura è sconosciuta.

Il Mediterraneo è sempre stato marcatamente oligotrofico, poché erano le zone eutrofiche segnate da forte presenza di sospensivori e filtratori, tra cui come già detto la zona dell'alto Adriatico. In generale le zone più produttive costiere sono avviate verso una oligotrofia abbastanza uniforme. Gli scarsi apporti idrici è la preoccupante premessa a questa direzione di cambiamento. Ciò induce molti Sospensivori ad andare in estivazione, peraltro sempre più lunga. La fine dell'estate è anche il momento in cui è stata segnalata la maggior parte degli eventi di mortalità di massa. Fondali occupati da specie sessili (ad esempio antozoi e spugne) in carenza di energia estiva. La combinazione di stress termico e carenza di cibo provoca eventi di mortalità di massa che possono interrompere l'accoppiamento di catene alimentari consolidate come quelle che collegano specie bentoniche a quelle planctivore o, come in molti casi riscontrati, produrle di nuove.

Le modifiche alle caratteristiche fisiche e chimiche degli ecosistemi marini stanno determinando importanti cambiamenti nella produttività e nella distribuzione delle popolazioni di pesci e invertebrati protagonisti assoluti delle catene trofiche in cui al top c'è il predatore uomo.

Tra i consumatori primari che possono risentire maggiormente delle variazioni del fitoplancton sospeso nella colonna d'acqua, troviamo i molluschi bivalvi. Sensibili allungamenti dei cicli di accrescimento su più specie commerciali di molluschi bivalvi determinano una maggiore vul-

nerabilità delle specie qualora le temperature dei fondali e le temperature dell'acqua soprastante le concessioni rimane per lunghi periodi costantemente alta.

Per quanto riguarda i primi stadi planctonici della catena produttiva, è chiaro che il cambiamento delle temperature marine, anche a livello locale, gioca un ruolo importante nel modificare gli intervalli distributivi e la densità delle popolazioni naturali.

Negli ultimi anni il riscaldamento degli oceani ha messo a dura prova le capacità di assorbimento di gas serra con un'aumento di acidità degli oceani. L'aumento di acidità determinato dalla  $CO_2$  prodotta su vasta scala dalle attività antropiche, si ripercuote sugli organismi biocostruttori (barriere coralline, Coralligeno mediterraneo), ma anche sulle larve (*plutei* e *veliger*) rispettivamente Echinodermi e Molluschi Bivalvi che nella crescita sintetizzano calcare. Il ciclo dei carbonati ( $CaCO_3$ ) - sebbene collaterale all'assorbimento di  $CO_2$  nella produzione primaria - è importante laddove approvvigiona i processi di mineralizzazione dei gusci o la produzione del coralligeno. È quindi fra questi sub-ambienti che si realizzano i flussi maggiori in cui la fotosintesi e la respirazione aerobia ed anaerobia utilizzano carbonio in forma di anidride carbonica ( $CO_2$ ) ed in misura molto minore di metano ( $CH_4$ ) ad es. dal riscaldamento del permafrost siberiano, venendo trasferito dall'atmosfera alla componente biotica sulle terre emerse e negli oceani e viceversa.

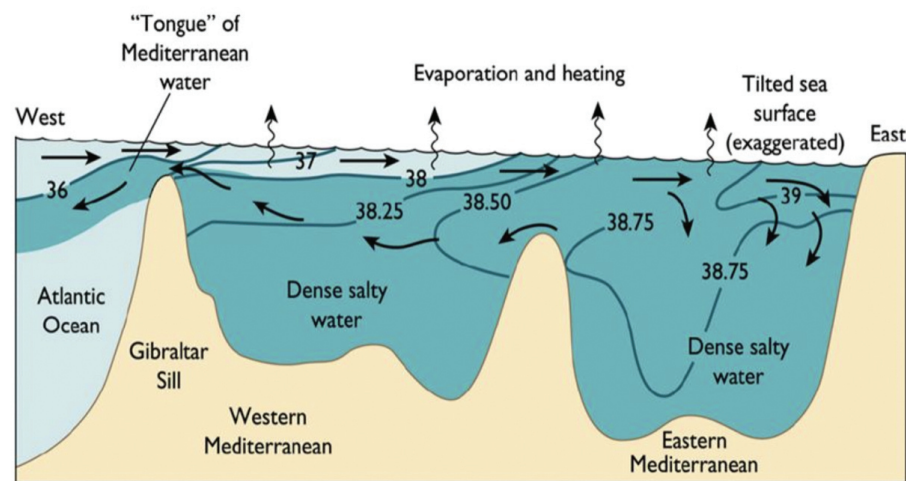


FIG. 1.11 Sezione W-E del bacino Mediterraneo ed effetto dell'evaporazione sulla densità delle acque profonde.

I cambiamenti climatici hanno da sempre modulato la variabilità dei sistemi naturali che a loro volta rappresentano l'approvvigionamento di risorse per le attività di pesca. In questi sistemi fortemente resilienti, vanno ricercate nuove capacità di adattamento dell'ingranaggio più debole, ossia il sistema antropico tra cui la pesca. Le osservazioni di tipo naturalistico produttivo andrebbero concentrate sui motori della produzione primaria e secondaria, ossia sulla distribuzione del fitoplancton, sui parametri ambientali, sulla  $t^{\circ}C$  che con i gradienti di densità "sposta" le masse d'acqua.

## 1.6 RUOLO DEL CLIMA SULLE RISORSE BIOLOGICHE

I cambiamenti biofisici si riflettono sugli impatti sulle risorse della pesca e quindi sulla sua sostenibilità ambientale, sugli impatti delle operazioni di pesca e quindi sulla necessità di una gestione resiliente capace di garantire una sostenibilità economica e per ultimo sugli impatti sui mezzi di sostentamento delle comunità e quindi a garantire la sostenibilità sociale. Tra i più comuni di questi impatti ci sono i cambiamenti nella distribuzione, produttività e composizione delle specie a seguito delle bioinvasioni. Ad esempio, la popolazione di pesci finora adattati ad un range di temperatura, possono subire un calo consistente e comportare un calo nello sbarcato o potrebbero non sopravvivere in caso di improvvise ed estese ondate di caldo ed innescare morie sul fondo. Altri potrebbero adattarsi a nuove caratteristiche ambientali favoriti dal loro pool genetico salvaguardato da una pesca che non va ad incidere in modo eccessivo sullo stock. In alternativa, il necton di fronte ad un riscaldamento eccessivo dell'ambiente, si sposterà dalle aree in cui non trova più i suoi range vitali. Al contrario, altre specie adattate a temperature più calde potrebbero innescare le bioinvasioni e sostituire nelle zone di pesca le specie target native. Questi cambiamenti nella produttività e/o distribuzione delle specie possono portare a cambiamenti nella composizione delle specie degli ecosistemi locali. Altre risposte al cambiamento climatico a livello di specie possono includere cambiamenti di età, dimensioni e composizione sessuale. La capacità di adattamento dipende da una serie di considerazioni che giocano un ruolo fondamentale nelle dinamiche di transizione tra uno scenario e l'altro. Quindi nella disamina degli scenari locali vanno considerati i seguenti fattori limitanti e stressori nella misura minore per le specie invasive attese o popolazioni native in declino:

- **rapidità di azione degli stressori** – si prevede che nel futuro gli stressori della crisi climatica saranno più rapidi rispetto ai cambiamenti che fino ad una ventina di anni fa si presentavano con ciclicità di medio-lungo termine;
- **impatto sui sistemi ecologici** – la resilienza dei sistemi ecologici è compromessa da pressioni simultanee, tra cui pesca, perdita di diversità genetica, distruzione dell'habitat, inquinamento, specie introdotte e invasive ed agenti patogeni diffusi dall'ampliarsi di range favorevoli;
- **acidità del mare** – l'aumento dei livelli di  $CO_2$  sta abbassando il pH degli oceani, con conseguenze in gran parte sconosciute, ma riscontrabili nel ciclo dei Carbonati associato agli organismi con guscio e loro diffusione (Echinodermi, Bivalvi, Crostacei, etc...).



FIG. 1.12 Cambiamenti biofisici attesi a causa del cambiamento climatico ed esempi degli impatti sulle risorse ittiche, sulle attività di pesca, sulle comunità e sui mezzi di sostentamento utilizzabili per analizzare le crisi produttive locali causati dalla crisi climatica.



Crisi climatica e specie invasive camminano fianco a fianco con modalità non sempre correlate. Quasi sempre quando la specie “strana” viene registrata o segnalata, è un evento occasionale che suscita un aumento di interesse e di conoscenza, piuttosto che di effettivo alert sulla risorsa pescata. Disattenzione manchevole se l’incontro con l’anomalia si verifica all’apertura del sacco e alla cernita delle specie target quando lo scarto viene ributtato a mare. In altri termini, quando la rapidità di un fenomeno invasivo arriva ad incidere negli sbarcati è ormai troppo tardi per gestire qualcosa che non è più emergenza ma normalità. Segnali importanti sono innalzamenti della temperatura, variazioni di profondità nelle calate, piene, specie inusuali per quel tipo di area di pesca, etc... Gestire un'emergenza invasiva parte quindi da buone pratiche che iniziano prima del manifestarsi delle criticità. Si utilizzano strumenti come l'obbligo di sbarco o la registrazione del sottotaglia che superata la scarsa attitudine al loro impiego, migliorerebbero la gestione delle risorse al di là della crisi climatica e le nuove specie. Tra invasione di una specie alloctona che ce la fa e la crisi cronica della pesca, esistono una serie di passaggi gestionali utili a valutare le modalità di reazione del settore. La *citizen science*, con il coordinamento tra pesca e monitoraggio costante delle risorse biologiche attraverso la segnalazione di specie che genericamente si definiscono strane, è il segno di un nuovo posizionamento della ricerca e della conoscenza a portata del settore. Attraverso le “specie strane” e la loro origine biogeografica emergono quindi le dinamiche attivate dal clima. L'insieme delle informazioni sullo sbarcato, sulle specie anomale, sulle variazioni nelle zone di pesca e nel calendario dei prelievi di specie target, fornisce uno scenario abbastanza significativo su ciò che potrebbe verificarsi a seguito di una crisi climatica, ribadendo che non essendoci correlazione precisa tra evento climatico e specie strana, ma un rapporto di causa-effetto sulle nuove condizioni determinate ad esempio dall'incremento della  $t^{\circ}C$  e la compatibilità di queste con le nicchie ecologiche delle specie invasive. Oltre ad un approccio ecologico focalizzato sulle specie che costituiscono una effettiva criticità, al di là delle invasioni di specie aliene non ancora verificatisi nei mari italiani, si intende considerare anche l'ampio repertorio gestionale e decisionale utile per rinnovare

la capacità del settore a gestire anche le vulnerabilità croniche. La scala planetaria della crisi climatica e la scala locale con cui una specie invasiva è espressione a monte di anomalie e compatibilità ambientali, si incontrano nell'efficienza a livello locale dei servizi ecosistemici. È evidente che negli anni a venire dalla dinamica di adattamento delle specie target della pesca dipende la resilienza del settore, pertanto vanno usate le stesse chiavi di lettura. Quando si considera la futura produzione della pesca (cioè la frazione della produzione ittica catturata) e la sicurezza alimentare in adattamento alle nuove condizioni ecosistemiche, vanno tenute presenti alcuni fattori:

- **bassa adattabilità ai cambiamenti** – *l'adattamento alla variabilità degli stock pescati si è affinata con la domanda del consumatore (in realtà grossista) e solo raramente alla effettiva offerta dell'ambiente;*
- **bassa capacità di controllo del sistema produttivo** – *la capacità di controllare l'ecosistema è limitata perché si esprime con attività di cattura apprese dalla generazione precedente;*
- **bassa propensione a rinnovarsi** – *la capacità di prevedere e adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione ittica può migliorare, ma solo con la domanda;*

## 2.1 NUOVI HABITAT PER SPECIE TERMOFILE

I cambiamenti climatici hanno impatti sia diretti che indiretti sugli stock ittici sfruttati commercialmente perché si va a spargliare il set di parametri vitali che hanno selezionato quel tipo di varietà genetica fino a quel momento la più adatta a continuare la specie. Gli effetti diretti agiscono sulla fisiologia e sul comportamento e alterano la crescita, lo sviluppo, la capacità riproduttiva, la mortalità e la distribuzione. Esempi di effetti di questo tipo sono stati evidenziati nella capacità riproduttiva del Nasello *Merluccius merluccius*

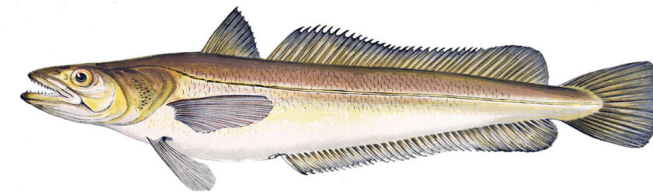


FIG. 2.1 La pesca del Nasello *Merluccius merluccius*

*cius merluccius* che diminuisce notevolmente per quantità di uova e tassi di sopravvivenza delle larve durante le estati che presentano picchi anomali della temperatura dell'acqua. La temperatura e la salinità che variano in modo anomalo nelle crisi climatiche, ad esempio nelle piene che hanno contraddistinto l'autunno 2023, possono essere collegate a veri e propri reset ambientali in cui nulla è come prima. In certi casi è utile una analisi allargando il campo di attenzione ad altre regioni marine. Nel Baltico il Merluzzo bianco (*Gadus morhua*) è la principale specie ittica demersale e negli anni '80 produceva catture annuali fino a 400.000 tonnellate.



FIG. 2.2 Merluzzo bianco *Gadus morhua*.

La sua tolleranza fisiologica e quindi la presenza degli stock, è stata gravemente messa in pericolo dai cambiamenti climatici. Dalla metà degli anni '80 inverni miti con forti venti occidentali causati da variazioni nei campi di pressione atmosferica, hanno portato a una desalinizzazione del Baltico. Gli esperimenti dimostrano che a salinità <11 psu, gli spermatozoi di merluzzo cessano di essere attivi e le uova affondano perché la loro densità è maggiore di quella dell'acqua. Le uova non possono sopravvivere a condizioni anossiche negli strati più profondi. Anche se le interazioni biologiche con altri pesci e con lo zooplancton influenzano anche la dinamica del merluzzo nel Baltico, non vi è dubbio che il sistema è in definitiva governato da cambiamenti nelle condizioni climatiche su larga scala. Nei mari italiani il divario tra nuove specie occasionalmente rilevate e segnalate nel prodotto sbarcato e ciò che potrebbe essere rappresentato da una bioinvasione o sostituzione delle specie target tradizionali, non rappresenta ancora un pericolo socio economico, mentre alla cronicità delle crisi del settore pesca, si sovrappongono delle trasformazioni epocali di dimensione regionale che provocano inevitabile disorientamento gestionale. *Callinectes sapidus*, il Granchio blu delle aree lagunari adriatiche, sta replicando ciò che è avvenuto con *Portunus seignis*, il Granchio blu che già alcuni anni prima di *C. sapidus*, ha trovato nel golfo di Gabès un'area in cui espandersi dopo il passaggio di Suez. Sul particolare aspetto legato alla transizione tra una specie nativa e la



FIG.2.3 Granchio blu *Portunus seignis* (specie aliena invasiva a Gabès - Tunisia), a dx Granchio blu *Callinectes sapidus* (specie invasiva nativa presente almeno dal 1948 in laguna di Grado) e originario dell'Atlantico nord occidentale.

nuova specie più compatibile con il nuovo ambiente, va considerato l'importante azione di controllo operata dal settore pesca coadiuvato dalla ricerca nella cosiddetta *citizen science*. Il punto focale si gioca sulle specie che i pescatori nelle interviste definiscono "esaurite", specie target quasi sempre note per essere state fortemente sfruttate dalla pesca. Tuttavia, alcune di queste specie potrebbero essere diminuite a causa degli effetti dei cambiamenti climatici, e principalmente dell'aumento della temperatura della superficie del mare nell'area, oppure per l'approfondimento del termoclino. Molte specie che osserviamo nei tropici, come ad esempio il Pesce Porco o Balestra *Balistes capriscus*, è diffuso in tutto il Mediterraneo e si sta espandendo con l'areale di acque più calde.

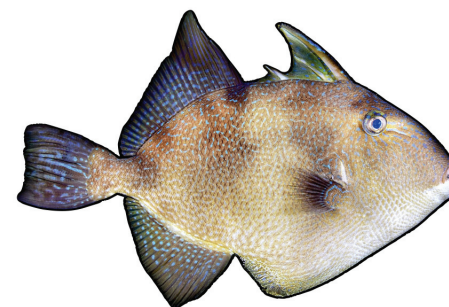


FIG. 2.4 *Balistes capriscus*

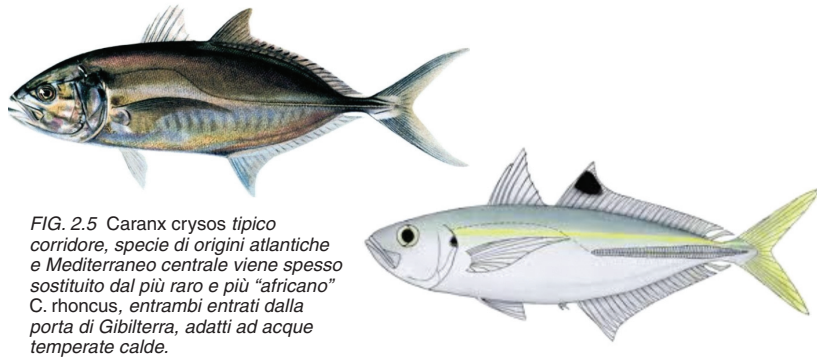


FIG. 2.5 *Caranx crysos* tipico corridore, specie di origini atlantiche e Mediterraneo centrale viene spesso sostituito dal più raro e più "africano" *C. rhoncus*, entrambi entrati dalla porta di Gibilterra, adatti ad acque temperate calde.

Lo stesso Carango ronco *Caranx rhoncus*, un tipo di Carangide di provenienza Atlantica, sta seguendo le tracce del più comune *Caranx crysos* il Carangide Mediterraneo anch'esso spiccatamente termofilo e sempre più spesso segnalato a latitudini settentrionali in Mediterraneo. Sebbene presenti costantemente negli avvistamenti degli ultimi 40 anni, (*C. Crysos* comune già negli anni '60) questi termofili, segnalano con la loro presenza anche occasionale una interferenza coi normali equilibri e stagionalità che caratterizzavano le aree di pesca, soprattutto se queste aree si collocano nel bacino mediterraneo nella fascia latitudinale più a nord. Anche la comparsa di specie di predatori come il pesce serra *Pomatomus saltatrix* e il barracuda *Sphyræna viridensis* possono indicare un adattamento alle condizioni mediterranee, se non altro per l'incremento delle osservazioni.

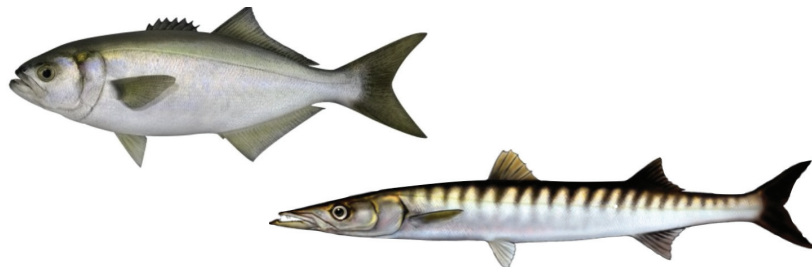


FIG. 2.6 Il Pesce serra *Pomatomus saltatrix* (a sin.) è circumglobale sub tropicale d'inverno predilige acque più calde, mentre d'estate predilige acque più profonde e più fresche. Ora è più visibile in quanto segue le piene e le perturbazioni piovose, mentre i giovani vengono attratti dalle montate dei Cefali. Il Barracuda mediterraneo *Sphyræna viridensis* da una decina d'anni si è diffuso in M. allargandosi dall'areale nativo mauritanico per effetto del riscaldamento delle acque. *Sphyræna sphyraena* il Luccio di mare è praticamente indistinguibile da *S. viridensis* (proprio con scaglie) ed occupa la stessa nicchia ecologica del nuovo entrato e può essere considerato nativo, mentre *S. viridensis* specie alloctona.

Pescati soprattutto nelle aree portuali e le foci dei fiumi i primi, in quanto attratti da variazioni di salinità, mentre per i secondi sono diventati caratteristici i fondali rocciosi e le praterie di Posidonia. Proprio il barracuda è diventata una specie ampiamente commercializzata, addirittura più della Ricciola *Seriola dumerili* e la Lampuga *Coriphaena hippurus*, quest'ultima considerata dai maltesi il piatto nazionale. Anche per questi predatori corridori tipici del Mediterraneo, da anni è in corso la risalita dell'Adriatico.



FIG. 2.7 *Seriola dumerili* e *Coriphaena hippurus*, rispettivamente circumglobale tropicale di acque calde, da una ventina d'anni anche in Adriatico settentrionale, mentre la lampuga (dx) è sub tropicale, comunque avvistata al di fuori del suo areale mediterraneo centrale.

Ormai da tempo presenti nell'ambiente mediterraneo, possono apparire come specie novità in quelle marinerie dove è in corso una fase di transizione legata al riscaldamento che a sua volta innesca la serie di cambiamenti citati in precedenza. È evidente che questi predatori in fase di espansione colonizzeranno diffuse aree costiere in competizione con i predatori locali nativi già sotto stress. Gli effetti di queste ingerenze alterano la produttività, la competizione e la struttura degli ecosistemi da cui i pesci dipendono per il cibo e il loro ciclo vitale. Tuttavia vanno valutati anche effetti positivi dovuti all'aumento dei tassi di crescita ed alle efficienze di conversione dei livelli trofici, alla stagione di crescita più lunga, all'espansione della gamma di specie target e all'uso di nuove aree a seguito della riduzione della copertura del ghiaccio o in Mediterraneo, a nuove dinamiche correntometriche sviluppatesi da nuove stratificazioni. La temperatura rappresentata dal termoclino sempre più profondo nelle acque costiere, determina degli adattamenti a catena che coinvolgono i gamberi per lo più in cerca di acque profonde, anche per la discesa verticale di specie (es. Saraghi o Triglie) verso acque meno calde. Differenze significative sono state riscontrate nella disamina delle specie identificate come impoverite, ad esempio confrontando le informazioni di marinerie (o mestieri) diverse sebbene ascrivibili alla stessa regione.



## 2.2 MARE CALDO E MALATTIE

È noto che lo stress da calore in ambiente marino scatena negli organismi nuove malattie in mare. L'aumento negli ultimi decenni dei fattori che spingono le specie in ambienti favorevoli ha determinato il diffondersi di malattie e parassitosi.

È probabile che recenti eventi a temperature estreme abbiano disturbato il normale funzionamento dei sistemi biologici. Focolai di malattie ed eventi di mortalità di massa, combinati con gli attuali schemi di spostamento delle specie e degli ecosistemi, potrebbero quindi contribuire in qualche modo all'omogeneizzazione del biota mediterraneo. La mancanza di selezione operata da reset naturali delle temperature invernali, fa sì che molte infezioni parassitarie siano in decisa espansione e seguano le specie ospiti nelle nuove aree di diffusione.

È il caso ad esempio di *Anisakis sp.* ormai praticamente endemico in Adriatico e infestante il Pesce Azzurro che richiede particolari attenzioni sanitarie prima del suo conferimento al mercato. Il riscaldamento del mare si collega ai diversi range vitali che consentono alle specie marine di portare a termine cicli riproduttivi ed accrescimenti delle nuove generazioni.

È un fatto che proprio nella sovrapposizione delle temperature ideali, operi una competizione e selezione molto efficace. Le morie spesso seguono l'efficacia di infezioni di protozoi, batteri e virus resi più attivi proprio per il raggiungimento delle loro temperature ideali.

Parlando di nuovi predatori del capitolo precedente, quasi tutte le specie possono causare intossicazione alimentare per ciguatossina. La microalga che a contiene entra nella catena alimentare dei carnivori che si cibano di erbivori. La risalita del livello trofico determina una magnificazione della concentrazione della tossina delle alghe. La ripetizione di epidemie di malattie e di eventi di mortalità di massa sta anche guidando i grandi cambiamenti del paesaggio marino e potrebbe quindi causare importanti alterazioni della biodiversità mediterranea e dei modelli di funzionamento degli ecosistemi.

L'ultimo decennio ha visto un aumento delle segnalazioni di dinoflagellati tossici nelle aree costiere, con possibili conseguenze sulla patologia umana. In alcuni casi, sono specie esotiche favorite dai cambiamenti ambientali. Anche le specie bentoniche risentono di particolari infezioni attivate nell'ospite dalle modificazioni del range di temperatura vitale.

Un ceppo dominante che colpiva la gorgonia mediterranea *Paramuricea clavata* è stato identificato come *Vibrio coralliilytius*, un patogeno termodipendente di sclerocoralli tropicali.

I cambiamenti climatici possono consentire sia alle specie competitive, come l'ostrica del Pacifico *Crassostrea gigas*, sia alle specie patogene di diffondersi in nuove aree. Il cambiamento climatico è stato preso in causa nella mortalità di massa di molte specie acquatiche, tra cui piante, pesci, coralli e mammiferi, sebbene la mancanza di dati adeguati renda difficile l'attribuzione certa.

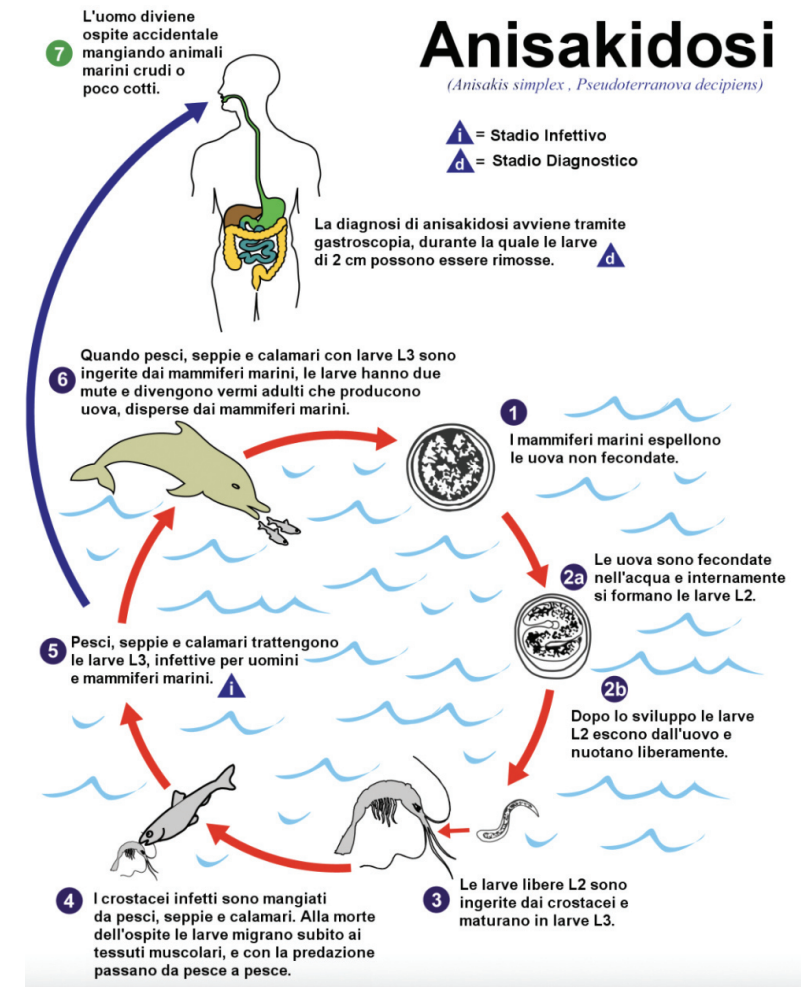


FIG.2.8 Schema della parassitosi in cui i banchi di delfini che stazionano nelle aree di presenza di pesce azzurro, diventano incubatori delle uova di *Anisakis* che può proseguire il ciclo vitale.



Una combinazione di osservazione sul campo, esperimenti e modellistica fisico-biologica è stata utilizzata per studiare la diffusione verso nord di due protozoi parassiti *Perkinsus marinus* e *Haplosporidium nelsoni* dal Golfo del Messico a Delaware Bay e più a nord, dove hanno causato morie nelle ostriche orientali *Crassostrea virginica*.

Le temperature invernali costantemente 3°C limitano lo sviluppo della malattia MSX causata da *Perkinsus* e ci si può aspettare che la diffusione polare di questo e di altri agenti patogeni continui man mano che tali temperature invernali diventano più rare. Questo caso richiama a ciò che sta accadendo con *Pinna nobilis*, il più grande mollusco bivalve del Mediterraneo inserito dagli anni '90 nelle *red list* delle specie in pericolo, e che fu protagonista una quindicina di anni fa di una vera e propria invasione nei mari italiani, ora negli ultimi anni è vittima di una regressione che ne ha ridimensionato gli areali.

Il parassita *Haplosporidium pinnae* arrivato nel 2016 nel Mediterraneo ha provocato, prima in Spagna, Italia e Francia ed infine in Grecia, una grave moria trovando un ospite già stressato nelle dense popolazioni di *Pinna nobilis* cresciute in acque superficiali e per questo più vulnerabili.

## 2.3 CRISI DELLA PESCA E CRISI CLIMATICA

Si prevede che i cambiamenti climatici, e in particolare il riscaldamento degli oceani, apriranno i varchi principali di invasione e omogenizzazione biogeografica molto al di là del favorire direttamente le specie termofile e le specie aliene. In effetti, le modifiche del regime termico che incidono negativamente sulle specie autoctone già di per sé in fase di declino, potrebbero destabilizzare la struttura della comunità aumentando la disponibilità di nicchia e favorendo così ulteriormente il successo delle nuove specie invasive. Le numerose simulazioni su modelli di catena trofica e variazioni del range di °C su scenari degli ultimi 30 anni, hanno messo in evidenza le dinamiche alla base di queste variazioni.

Uno sguardo attento alle variazioni in atto sulla pescosità dei Crostacei (es. Gambero Rosso *Aristaeomorpha foliacea*, Gambero rosa *Parapeanaeus longirostris*, Scampo *Nephrops norvegicus*) in corrispondenza delle scarpate continentali segna un quadro di cambiamento molto importante che si riflette sulle catene trofiche e disponibilità di cibo per predatori di fondo attratti da nuove aree nursery, anch'essi in spostamento verso acque fredde.

È il caso degli *Squaliformi* di fondale che segnavano certe stagioni in cui evidentemente si spostavano alla ricerca di cibo in aree probabilmente non più così attrattive, motivo per il quale ora spariscono dallo sbarcato. Particolarmente eclatante l'incremento della Mazzancolla *Penaeus kerathurus* in nord Adriatico, ma anche in altri mari dove già rappresentava uno sbarco importante. La disponibilità di Mazzancolle nell'area perilagunare al largo potrebbe segnalare un iniziale adattamento alle nuove condizioni dei fondali battuti dallo strascico ed una nuova ricombinazione strutturale della catena trofica dominata da *Callinectes sapidus* e da assenza di predatori nativi.

A questi ragionamenti si collegano le diverse simulazioni focalizzate sulla riduzione di biomassa di alcune specie con affinità boreale, cioè più sensibili all'aumento della temperatura. Tra questi, la irregolarità di sbarchi di *Platichthys flesus italicus* soggetta a migrazioni nei periodi invernali e pescata in N. Adriatico a novembre-dicembre, come i pesci piatti, è risultata in questo periodo notevolmente ridotta. È interessante che a questa riduzione è seguita una nuova opportunità per gruppi tassonomicamente ed ecologicamente molto distanti, come il gruppo invasivo dei planctivori. Ciò potrebbe significare tra le altre cose, che una nicchia (come quella delle sogliole) di fondale che viene abbandonata, non viene sostituita da una specie invasiva omologa, ma esemplificando i complessi processi coinvolti nella riorganizzazione dell'intera rete alimentare, lascia il posto a specie

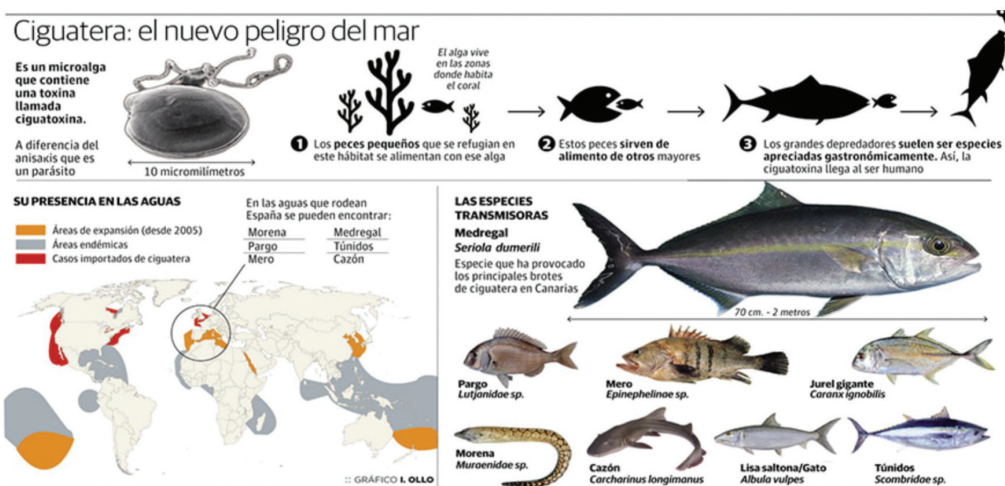


Fig. 2.9 La Ciguatera segue le rotte dei grandi predatori e potrebbe essere un problema nel momento in cui la crisi climatica sposta gli areali di diffusione di questi pesci pregiati. Ad esempio va verificata l'adiacenza trofica con le specie alloctone erbivore (es. *Siganus*) sottoposte ad una nuova e più efficace pressione di predatori a ridurne le capacità invasive.

in grado di adattarsi in primis alla nicchia termica e magari soltanto dopo ai cambiamenti trofici.

La pesca determina alla fine una sorta di "effetto omogeneizzazione" su quasi tutti i gruppi target che costituiscono gli sbarcati italiani. La selettività che va ad incidere su specie target mature, con il prelievo di adulti solitamente post riproduzione, laddove la pesca è esercitata senza criteri gestionali o in forma totalmente illegale, abbassa le potenzialità di una specie già indebolita a ricostituire lo stock per la stagione successiva, in questo rafforzando la nuova arrivata e le sue potenzialità di crescita in-tatte. Questo effetto naturalmente si sovrappone ai fattori favorevoli analizzati nel capitolo precedente e spesso si rivela molto più marcato rispetto all'incremento di SST (Sea Surface Temperature) e ai cambiamenti nella produzione primaria. La crisi climatica pone seri rischi agli ecosistemi marini e alla pesca che come già detto, si avvale di servizi ecosistemici.

La sostenibilità della pesca dipende dall'efficienza dei servizi ecosistemici in piena crisi climatica. I rapidi cambiamenti stanno rendendo inefficaci i provvedimenti nati dalla governance di soli 5 anni prima. In altri termini, uno scenario produttivo caratterizzato per una governance futura riporta necessariamente una storicità che in qualche modo tende a diluire coi dati del passato le anomalie del presente. In molti casi, includendo le marinerie italiane più importanti, lo sforzo di pesca esprime uno scenario che non esiste più perchè superato molto rapidamente dalle dismissioni delle barche avvenuto negli anni successivi. Forse questo è l'aspetto che più di tutti rappresenta la resilienza del settore. Come detto in precedenza, aumentando la scala di approccio alla crisi e considerando l'efficienza dei servizi ecosistemici in area vasta, è molto plausibile che il settore si trovi in mezzo ad una transizione che sta diventando una nuova realtà a lui ostile.

Numerosi studi hanno effettivamente dimostrato i potenziali effetti sinergici dei cambiamenti climatici e della pesca sulle popolazioni sfruttate e sul funzionamento degli ecosistemi nel Mar Mediterraneo e in altre regioni del mondo. Si prevedono in tal senso ulteriori cambiamenti nella distribuzione e nella produttività proprio a causa del continuo riscaldamento e rimescolamento delle acque dell'Artico. Alcuni cambiamenti potrebbero avere conseguenze positive per la produzione ittica, mentre in altri casi come per esempio la capacità riproduttiva si riduce al di fuori dei range specifici della  $t^{\circ}C$  e gli stock diventano vulnerabili a prescindere dalle cautele e criteri di sostenibilità definiti in precedenza. Per quanto riguarda le attività di pesca, il carattere generale dei risultati mostra una certa similitudine nella tendenza a privilegiare la profondità. Ciò è stato più evidente se si considerano le risposte dei pescatori più an-

ziani, suggerendo che i cambiamenti più importanti nell'ecosistema sono avvenuti qualche decennio fa. I pescatori sono stati anche in grado di identificare le aree in cui si era verificato l'esaurimento, il che coincide con altri studi che documentano i cambiamenti negli ecosistemi marini del Mar Mediterraneo. Entrambi i risultati suggeriscono l'esaurimento delle risorse e l'espansione delle attività di pesca verso acque più profonde e più lontane evidenziano un progressivo esaurimento delle aree costiere della regione.

Ad esempio nel Mar Mediterraneo, l'erosione della struttura delle popolazioni di Nasello *Merluccius Merluccius* intaccandone particolari classi d'età, potrebbe alterare drasticamente la loro capacità di adattamento alle fluttuazioni ambientali. Ignorare gli effetti dei cambiamenti climatici nella valutazione degli stock potrebbe compromettere la validità delle previsioni sugli stock e influire sulla solidità di numerosi punti di riferimento biologici come il rendimento massimo sostenibile (MSY). Il previsto aumento della produzione di plancton potrebbe offrire l'opportunità di ricostruire alcuni stock sovrasfruttati, ma i cambiamenti climatici mettono in discussione la rilevanza degli attuali modelli di valutazione degli stock e delle strategie di gestione per raggiungere lo sfruttamento sostenibile di tutte le risorse marine viventi.

Ciò è in accordo con altri studi che utilizzano informazioni quantitative o qualitative sulla pesca in aree specifiche del Mediterraneo occidentale, centrale e orientale. Mentre si sono raggiunti livelli notevoli di acquisizione di dati relativi alle diverse forzanti che interagiscono con il clima e ne sono i descrittori principali, permangono importanti incognite su come alla fine queste forzanti derivate dalla temperatura possono influenzare il funzionamento degli ecosistemi, e soprattutto prevederne gli scenari e le conseguenze per il settore.

## 2.4 UNA CALDA BIODIVERSITÀ

Seguendo il filo rosso della crisi climatica e della temperatura, si può affermare con una certa attendibilità che le perturbazioni delle masse d'acqua hanno un ruolo prioritario sugli organismi marini e i loro cambiamenti attuali. Pur non tralasciando gli effetti del prelievo della pesca, questo andrebbe rapportato alla scala ed all'ordine di grandezza con cui un sistema ecologico esercita la sua azione di trasformazione produttiva di un ambiente locale. In questa ottica è importante la raccolta di dati ambientali della pesca. Il tanto vituperato log-book, in rapporto al calendario dello sbarcato, e quindi alle giornate efficaci di pesca che per anni ha scatenato discussioni e dannosi ritardi, può rappresentare un controllo di ciò che da anomalia si sta trasformando in nuova normalità nell'impreparazione generale.

Aver acquisito regolarmente e soprattutto elaborato in chiave ecosistemica i dati raccolti, permette una caratterizzazione dello stato ecologico delle specie presenti. Risultati in tal senso evidenziano l'importanza delle specie autoctone per la resilienza degli ecosistemi, facilitando la capacità del sistema di far fronte alle modifiche indotte dai cambiamenti climatici. A questo proposito, gestire economicamente le operazioni di pesca riveste un ruolo importante nel modellare la struttura della comunità.

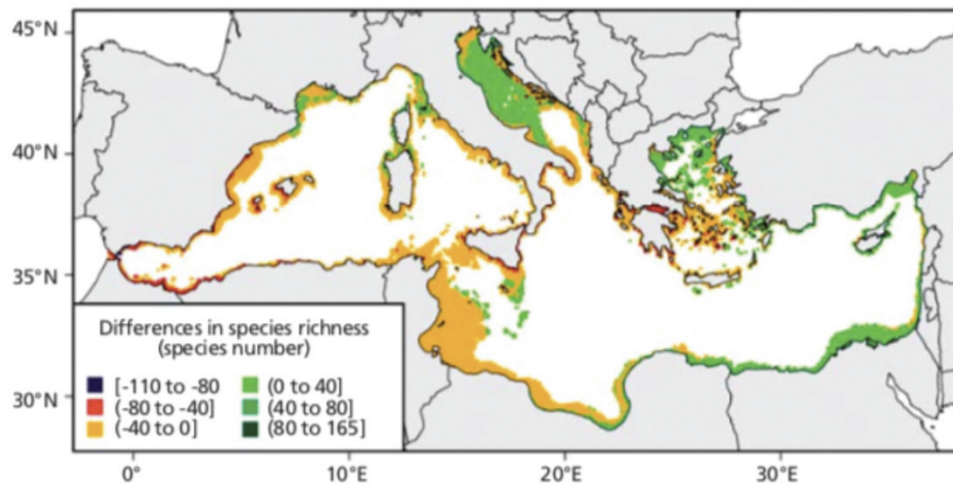


Fig. 2.10 Ricchezza specifica dovuta al riscaldamento delle acque e al consolidamento delle nicchie ecologiche delle nuove specie e nuovi assetti delle termofile native.

Il presente approccio propone di valutare le strategie di gestione che includono un adattamento agli effetti climatici, come il targeting di specie appena arrivate in modo da massimizzare o preservare i valori storici o altri valori nel sistema socio-ecologico generale. Da alcune interviste su una check list di 33 specie pescabili emerge ad esempio che il 61% dei pescatori del bacino mediterraneo ha notato la scomparsa di specie prima pescate regolarmente e ne ha redatto una lista. Le specie più frequenti comprendevano la grancevola *Maja squinado*, cinque erano squali *Squatina squatina* e *S. oculata*, *Rhinobatos rhinobatos* e *Mustelus asterias*, e tre erano pesci ossei *Hippocampus sp.*, *Pagellus bogaraveo* e la Corvina *Sciaena umbra*. Ebbene, un approccio ecosistemico ed una lettura del dato su altre catture per mestiere, permette di valutare l'effettivo contributo della pesca sulla estinzione commerciale di queste specie, veri e propri indicatori di salute degli habitat in cui vivono e si nutrono. La gestione della pesca ha un significato che va oltre alla responsabilità del prelievo secondo una valutazione dello sforzo o di efficienza dell'attrezzo. Si tratta piuttosto di considerare più in dettaglio le informazioni che derivano ad esempio dalle condizioni di salute della catena trofica che fa rimanere una specie pescata nella stessa area, su uno stesso fondale, oppure allargando l'orizzonte, ricostruire ed aggiornare la condizione del prelievo e la presenza di organismi che rappresentano un ecosistema locale in transizione. Venendo alla "fotografia" scattata agli sbarcati, il 53% dei pescatori nella stessa ricerca improntata secondo modalità *citizen science*, ha elencato specie o gruppi di specie in fase espansiva. In totale, sono stati elencati 37 taxa. Di quelle specie più frequentemente elencate, sono state elencate le tre più altamente commerciali: Sgombri *Scomber scombrus*, Triglie *Mullus surmuletus* e Sardine *Sardina pilchardus*. Inoltre, la Sardinella *Sardinella aurita* e gli "octopus" sono stati elencati più volte. Sono state elencate altre specie di pesci, come i Sugarelli e *Zeus faber*, cinque gruppi di invertebrati, come "meduse", "gamberetti" e "calamari" e tre specie di squali di piccole dimensioni, come il gattuccio macchiato *Scyliorhinus canicula* e la pastinaca *Dasyatis pastinaca*. Anche per altre specie sono stati osservati dei trend di variazione soprattutto negli sbarchi. Questo presumibilmente perché hanno iniziato ad occupare la colonna d'acqua più profonda rimasta ancora indenne dal riscaldamento superficiale. Nelle dinamiche legate al riscaldamento delle acque si inserisce anche il Nasello *Merluccius merluccius*. La stagione del Nasello in passato andava da ottobre a marzo, mentre ora coi palangari di fondo (seppur in maniera minore) si pesca nei mesi di gennaio-febbraio. Si riporta il caso emblematico del pesce azzurro che potrebbe rappresentare una misura dello stato dei servizi ecosistemici e dell'approvvigionamento di alcune specie target per la pesca.





FIG. 2.11 *Sardina pilchardus* (sopra), *Sardinella maderensis* (mezzo), *Sardinella aurita* (sotto), areali di diffusione che si stanno sovrapponendo a causa degli spostamenti degli upwelling e indirettamente della temperatura che di fatto determina il trasporto delle sostanze nutritive nel ciclo dei nutrienti.

Lo stock Alto Adriatico del pesce azzurro era ritenuto uno dei più produttivi. Da più di un ventennio la flotta a lampare che pescava la sardina *Sardina pilchardus*, Spratto *Clupea sprattus*, Acciughe *Engraulis encrasicolus* è a sforzo di pesca zero e non fa più notizia il fatto che praticamente non si pesca più.

Ritornando al concetto dei livelli e proporzioni con cui anche gli episodi locali vanno rapportati, vi è una disparità tra fattori naturali e fattori antropici, questi ultimi direttamente connessi con lo stock. Da cui emergono dei ragionamenti che riportano il decremento del pescato proprio ai servizi ecosistemici e quindi: scarso apporto dei fiumi, scarso apporto di nutrienti, crisi della catena trofica e, trasversalmente a tutte le considerazioni, l'aumento della temperatura in grado di incidere in maniera marcata e su area vasta sull'ecosistema.

Nelle transizioni va anche posta una attenzione particolare alle eventuali sovrapposizioni di specie invasive come la medusa *Rhizostoma pulmo* che in modo deciso ha alterato la distribuzione e disponibilità di zooplankton per il piccolo pelagico. Come un cane che si morde la coda, la medusa prende il sopravvento, anche perchè non vi sono più predatori degli stadi larvali che calmierano l'equilibrio finale. In quest'ottica si possono spiegare alcuni incrementi locali di pesce azzurro proprio per aver beneficiato di una riduzione dei predatori degli stadi larvali. Il Nasello *Merluccius merluccius* e la Sogliola comune *Solea solea*, tipiche invernali, ora in decremento, hanno lasciato il posto ai Sugarelli *Trachurus trachurus* ed Alici *Engraulis encrasicolus* in precedenza poco presenti negli attrezzi demersali. Tuttavia, il modo in cui molteplici impatti (come la pesca e i cambiamenti climatici) interagiscono e si combinano per influenzare le

specie e i modelli di produttività degli ecosistemi marini è ancora poco noto e di difficile interpretazione.

Anche altre specie prettamente demersali di profondità elevate quali la canocchia *Squilla mantis* in certi fondali diventati troppo caldi, viene sostituita da Mazzancolle *Penaeus kerathurus* e la triglia rossa *Mullus surmuletus*. Quest'ultima in modo particolare rappresentava una risorsa fondamentale per la pesca costiera effettuata con le reti da posta mentre ad oggi la maggior parte delle catture viene effettuata con lo strascico su batimetrie elevate rispetto all'area costiera osservando in alcuni sbarchi apprezzabili incrementi della taglia segno di nuovi assestamenti di areale. In questo contesto di allontanamento dalla costa che ovviamente va a impattare sulla pesca artigianale si colloca la criticità del Vermo Cane *Hermodice carunculata*, specie mediterranea termofila calda tipica del Mediterraneo centrale. In pratica il prevalere di una popolazione selezionata dalle nuove condizioni ambientali determinate dal riscaldamento costiero.

In effetti considerando in questo momento solo il parametro t°C, ma nel suo sviluppo verticale, vengono in mente, oltre al Vermo Cane, le popolazioni di Crostacei a cui molte marinerie si riferiscono parlando delle variazioni climatiche. All'aumentare della temperatura, e quindi localmente dell'avanzamento del termoclino in profondità, si ha una influenza sul loro habitat spostando le popolazioni più in profondità.



FIG. 2.12 *Hermodice carunculata* è un verme in evidente stato di benessere con il suo ciclo di vita sincronizzato con un buon apporto di detrito organico di fondali riscaldati ricchi di organismi sessili da decomporre che non ce l'hanno fatta e potenzialità riproduttive basate su stadi larvali (trocofora) che per stagnazione delle acque, probabilmente non vengono disperse e nello stesso punto in cui vengono liberate.

Ciò determina in certi casi la risalita di specie predatrici e la discesa di altre specie di superficie che si avvicinano a nuove zone di approvvigionamento. Le migrazioni verticali dei Crostacei sono note da tempo. Muovendosi di parecchi metri verso la profondità per evitare il riscaldamento che avanza, specie come il Gambero Rosso *Aristaeomorpha foliacea*, Bianco *Parapenaeus longirostris* o lo Scampo *Nephrops norvegicus*, possono spostare le tane che contraddistinguono gli areali di pesca in nuove "aree confort" per la specie.

Strettamente legata alla temperatura, la riproduzione porta alla schiusa delle uova in condizioni particolari. Infatti deve consentire alle giovani larve la rapida separazione dalle madri per sfuggire al cannibalismo della specie. Tane e aree nursery delle larve determinano nuove vulnerabilità di queste popolazioni di Crostacei in movimento sui fondali alla ricerca di nuove aree in competizione con altri predatori. Nell'area Tirrenica sono state già riscontrate variazioni dell'areale di cattura dello scampo *Nephrops norvegicus* e della cannocchia *Squilla mantis* in quanto attualmente vengono pescati a profondità in media maggiori rispetto al passato e quindi con calamenti differenti. Analoga tendenza legata all'abbassamento del termoclino, per altre specie costiere quali dentici *Dentex dentex* e cernie *Epinephelus sp.* con una tendenza a spostarsi verso secche più in profondità rispetto alle consuete batimetrie (circa 20-80m) dove si trovavano frequentemente. In questa situazione, gli effetti del riscaldamento e della bioinvasione comportano cambiamenti complessi e non lineari sulle biomasse, ma non dovrebbero portare a un capovolgimento completo di un gruppo di specie autoctone e/o una diffusione di quelle invasive se non per periodi limitati che tuttavia possono durare anche qualche anno. In biologia però ci sono sempre le eccezioni.

## 2.5 LA DIFFUSIONE DI SPECIE TERMOFILE

Una conseguenza diretta del riscaldamento è un aumento simultaneo dell'abbondanza di specie termotolleranti e la scomparsa o la rarefazione di specie stenoterme fredde. L'invasione del NIS (Specie Non Indigene) termofilo implica importanti cambiamenti nella struttura dell'ecosistema marino che sono confermati dai cambiamenti nella biomassa dei componenti dell'ecosistema dopo l'apparizione di specie non indigene. Nel contesto delle modificazioni dell'habitat indotte dal cambiamento climatico (ad es. aumento della  $t^{\circ}$ superficiale), l'invasione termofila del NIS è generalmente vista come una graduale sostituzione tra specie autoctone

e invasori, entrambe orientate verso nord. In bacini semi-chiusi, tuttavia, i due gruppi sono costretti a competere, con le specie autoctone in grado di contrastare parzialmente (resistere) all'invasione, o almeno persistere dopo l'invasione, come indicato anche dal ritardo previsto dell'adattamento delle specie autoctone all'aumentare della temperatura.

Tuttavia, i risultati ottenuti dagli innumerevoli studi su casi mediterranei e non, hanno mostrato che la direzione del cambiamento non è sempre come ci si potrebbe immaginare mettendo assieme i vari elementi. La sinergia tra ambiente e pesca si può notare nel caso del Granchio Blu *Callinectes sapidus* che da qualche anno fa toccare con mano ciò che significa una bioinvasione portata in un ambiente già di per sé di transizione come vengono definite le lagune.

*C. sapidus* è una macchina da guerra perfettamente programmata per una rapidissima colonizzazione di ambienti con scarse specie in grado di competere soprattutto nella selezione e mortalità delle fasi di accrescimento degli stadi larvali. Non vi sono predatori sufficienti a calmierare la continua produzione di uova.

Considerando che una femmina riesce a produrre 2-3,5 milioni di uova che vanno a completamento della crescita per una parte anche infinitesima, è molto difficile disinnescare questa bomba ecologica, innanzitutto perchè non si trovano strumenti a livello della potenza espressa.

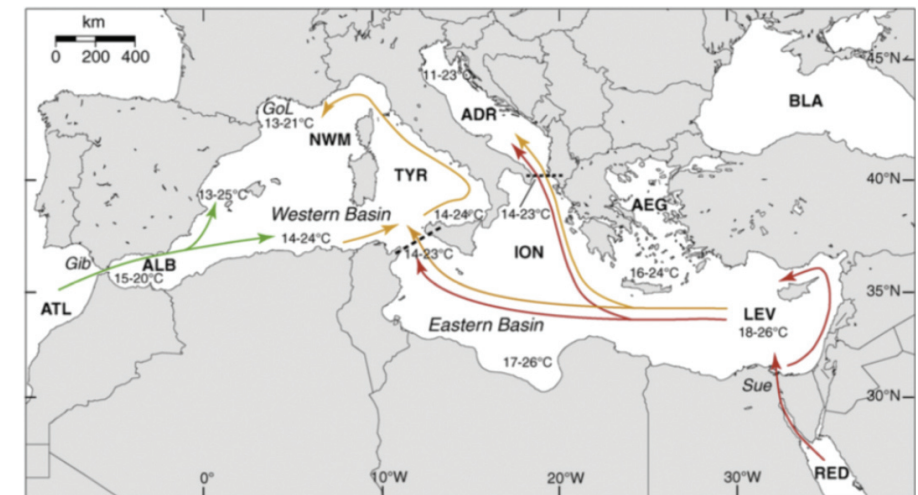


FIG.2.13 Flussi migratori e movimenti delle specie termofile: SPECIE LESSEPSIANE, NATIVE MEDITERRANEE, MIGRANTI ATLANTICHE

Nella dinamica della bioinvasione, è stato comunque rilevato che l'elevata pressione di pesca sui specie native o su entrambi nativi e invasivi ha influenzato l'indice di diversità semplicemente ritardando gli effetti dell'invasione.

Focalizzando poi la pesca sui target non indigeni, e portandola a riduzione, si è osservata una completa ristrutturazione della rete alimentare, con significativi cambiamenti di biomassa e con effetti limitati sull'indice di diversità.

Tali cambiamenti per la gran parte guidano i calendari di pesca e la distribuzione dei mestieri lungo le marinerie delle coste mediterranee. Spostamenti di risorse ittiche alla ricerca di acque idonee ai cicli vitali delle diverse popolazioni. Cambiamenti particolarmente evidenti nelle aree di transizione con le acque più fredde, con episodi di upwelling, con siccità e trasformati in ondate di piena improvvisate limitate a brevi e catastrofici periodi di rimescolamento costiero delle acque. Sebbene il riscaldamento dell'acqua di mare colpisca probabilmente l'intero Mediterraneo, i cambi di gamma sono stati segnalati principalmente nei taxa NWM (Mediterraneo Nord Occidentale); ciò è dovuto alla proporzione più elevata di specie stenotermiche fredde nella NWM (Mediterraneo Nord Occidentale) o alla tendenza all'osservazione o ad una combinazione di entrambe. Il Mediterraneo orientale è un'importante fonte di specie termofile che si espandono nel NWM (Mediterraneo Nord Occidentale) e nell'Adriatico. Quest'ultimo in particolare nella parte orientale è percorso verso nord da avanguardie provenienti dai bacini caldi del Mediterraneo di Levante, compreso l'Egeo. Nuovi modelli migratori di questi organismi sono determinati da processi fisiologici alterati proprio dalle caratteristiche dei corpi idrici che influenzano direttamente il comportamento, generando movimenti attivi verso nuove nicchie ecologiche. Il che spiega i recenti avvistamenti (dal 2010) in Nord Adriatico (golfo di Trieste) di *Siganus luridus* (specie aliena lessepsiana), peraltro non seguita da invasione come nel Mediterraneo turco. O i recenti avvistamenti dal 2021 del Pesce leone *Pterois miles* nelle acque di Vis (Lissa) o di Mijet del 2024, fino alle ultime segnalazioni del 2024 di ben 7 esemplari di *Lagocephalus sceleratus* in Istria (CRO). In pratica il riscaldamento della colonna d'acqua e soprattutto la persistenza di temperature elevate, determina una espansione verso nord per le specie calde. Mentre le specie più fredde, tendono a spostarsi, prima in profondità, e poi cedendo porzioni di ecosistema ai nuovi arrivi, abbandonano la nicchia occupata stabilizzandosi su batimetriche maggiori.

## 2.6 STRATEGIE DI UNA INVASIONE

Le invasioni sono strettamente correlate alla competizione per una nicchia ecologica il cui grado di compatibilità con le specie native, temperatura in primis, viene modificato rendendosi più attrattivo per quelle specie più centrate nella nuova gamma di caratterizzazione dell'habitat. Gli effetti della temperatura della colonna d'acqua replicati nell'intero bacino del Mediterraneo sono i responsabili delle correnti che attraversano e le porte di accesso alle sub-regioni del Mediterraneo e che si stanno popolando di specie non indigene, non necessariamente aliene, in fase di allargamento del proprio areale di diffusione. Qualora l'espansione abbia origini extra mediterranee, le specie vengono definite aliene. Specie aliene e cambiamenti climatici esprimono la stessa resilienza dell'ecosistema marino ed entrambe riguardano la gestione della pesca, in quanto prioritario è adattare a nuovi scenari questa attività produttiva finora impreparata in generale ad affrontare innovazioni, in particolare questi ultimi impatti naturali. Più una popolazione ittica presenta un tasso di diversità elevato, maggiore dovrebbe essere la sua resistenza all'invasione. L'analogia con la marineria, la comunità e la diversificazione nella produzione, calza a pennello. Il meccanismo suggerisce che all'aumentare della ricchezza delle specie, la competizione si intensifica e restano disponibili meno risorse alimentari per i nuovi colonizzatori. Gli ecosistemi meno diversificati che possiedono meno specie con interazioni trofiche più semplici, garantirebbero a breve termine una maggiore disponibilità di insediamento alle specie NIS (Specie non Indigene) e di invasione a medio e lungo termine al decrescere della competizione con il set di specie native. Questa ipotesi è nota come "ipotesi di resistenza biotica". Gli studi che utilizzano approcci sia osservativi che sperimentali mostrano che sistemi altamente diversificati sono un ostacolo per l'invasione.

Opportunità, svantaggi e competizione termici e trofici all'interno delle nicchie ecologiche svolgono un ruolo nel determinare il potenziale di una specie per un'invasione di successo. Le specie termofile che invadono con successo dovrebbero trarre vantaggio dall'aumento delle temperature medie ma devono anche trovare o creare uno spazio di nicchia trofica, ad esempio superando le specie autoctone nella competizione alimentare. Nel frattempo, alcune specie autoctone locali potrebbero essere influenzate negativamente dalle temperature più elevate, ma potrebbero essere in grado di sfruttare nuove opportunità trofiche come compromesso. Non è quindi banale prevedere la potenziale invasione di specie non indigene (NIS) e il loro impatto.

Una specie invasiva è definita qui come una specie che:

- **colonizza una nuova area**
- **mostra una discontinuità geografica con la sua area nativa**
- **ha attività umane come vettore primario di estensione della gamma**
- **può riprodurre in situ senza apporto antropico.**

È definita specie invasiva quando dall'essere rilevata in misura eccezionale in una determinata zona, dopo un certo lasso di tempo, si diffonde massivamente ed agisce come specie chiave all'interno dell'ecosistema che la accoglie. Frequente nei mari antropizzati l'effetto dell'inquinamento che può rendere le condizioni ambientali meno tollerabili per le specie native e forse offrire spazi che non sarebbero possibili alle specie opportuniste in condizioni normali. Nuovi termini sono stati recentemente creati per descrivere gli attuali cambiamenti della biodiversità nel Mediterraneo. A causa della natura tropicale della maggior parte delle specie esotiche che entrano nel Mediterraneo, sebbene la porta di Gibilterra sia sempre aperta per le specie aliene atlantiche, vari autori hanno definito il processo di ingresso e diffusione di questi organismi come "tropicalizzazione".

Un'altra definizione che è stata utilizzata è la "demediterrizzazione" che pone l'accento sul processo di omogeneizzazione biotica del Mar Mediterraneo. Il termine "meridianizzazione" indica la crescente divergenza (in termini di composizione delle comunità biologiche) tra i settori orientali e occidentali del Mediterraneo, a causa del continuo afflusso di biota Lessepsiani attraverso Suez e Atlantici attraverso Gibilterra. Il termine, "meridiAnizzazione" non deve essere confuso con "meridionalizzazione", che invece indicherebbe l'espansione verso nord delle specie meridionali verso i settori settentrionali del bacino. Il Mediterraneo è una delle aree più colpite in tutto il mondo, con circa 600 specie introdotte. Il loro numero è più o meno raddoppiato ogni 20 anni dall'inizio del 20° secolo, ma questo aumento non sembra essere correlato ai cambiamenti climatici che invece ne determinano il grado di diffusione.

Molte invasioni che si succedono negli ultimi periodi, e non solo in ambito mediterraneo, sono aggravate dal riscaldamento globale, che sta modificando la probabilità e le vie attraverso le quali le specie non autoctone entrano nei sistemi acquatici. Inoltre, il riscaldamento climatico nel mantenimento di t°C elevate per intervalli temporali sempre più lunghi, sta migliorando la capacità delle specie invasive consolidate di disperdersi nei loro nuovi ambienti, promuovendo di conseguenza l'insediamento diffuso di invasori di acque sempre più calde. Sebbene sia difficile districare l'espansione della gamma naturale nel tempo dagli effetti indotti dal clima, in particolare nelle regioni prive di monitoraggio sistematico del campo

e registri della temperatura, sembra che negli ultimi 20 anni si sia registrato un tasso accelerato di migrazione verso ovest delle specie Lessepsiane. La maggior parte del biota introdotto nel Mediterraneo proviene dal Mar Rosso (cioè migranti lessepsiani; 67%), con un ulteriore set di specie (7%) da altre aree tropicali. Tutto sommato, la maggior parte delle specie introdotte nel Mediterraneo sono di origine tropicale. Sono stati a lungo confinati nelle coste levantine più orientali, ma il riscaldamento del Mediterraneo ed in particolare lo spostamento verso nord dell'isoterma dei 15°C, e cioè il superamento di Creta per anni vero e proprio avamposto termico insuperabile per le specie lessepsiane, ne favorisce la diffusione nell'Egeo e poi più su nello Ionio e Adriatico. La complessa interazione tra cambiamento climatico e specie invasive ha implicazioni per le risposte di gestione della pesca, la cui efficacia può essere significativamente influenzata dalle interazioni climatiche. Ciò è rilevante anche per i cambiamenti in corso nella distribuzione delle specie, dove una maggiore connettività tra gli habitat può facilitare l'espansione delle specie in nuove aree. Ad esempio, il cambiamento climatico sta determinando l'estensione dell'areale del riccio di mare dalle lunghe spine *Centrostephanus rodgersii*. Va detto che gli Echinodermi come *C. rodgersii* hanno un ciclo vitale basato sulla dispersione di larve planctoniche. I plutei dispersi dalle correnti determinano quindi il successo o meno delle specie sessili che si avvalgono di questo sistema riproduttivo. Variazioni nell'idrodinamismo in questo caso rappresentando quindi una minaccia indiretta significativa per gli ecosistemi della barriera corallina dominati dalle alghe e di conseguenza per la pesca dell'abalone in Tasmania. Ma per analogia con gli Echinodermi mediterranei e le criticità della pesca illegale del *Paracentrothus lividus* andrebbero valutate misure di mitigazione degli effetti della crisi climatica con iniziative di rivitalizzazione dei servizi trofici dipendenti dal decremento macroalgale. Recenti episodi di spiaggiamento di *Sargassum sp.* nelle coste del Pacifico ed Atlantico viene collegato al riscaldamento degli oceani che in Giappone ha anche causato lo spostamento dei Sargassi, specie temperata, verso le zone climatiche tropicali. *Sargassum ilicifolium* che ha stagioni di fioritura più brevi, sta sollevando preoccupazione per il declino delle popolazioni ittiche legate troficamente ai fondali temperati di sargasso *Sargassum yamamotoi* e *S. piluliferum*.

Le variazioni nella distribuzione sono spesso una risposta delle specie native al cambiamento delle condizioni ambientali. Questo non necessariamente comporta l'introduzione di specie non indigene. Tuttavia, le specie invasive aliene (Alien Invasive Species) già affermate potrebbero acquisire una posizione dominante poiché si dimostrano più adatte alle temperature più calde rispetto alle specie native. Un esempio degno di



nota è il *Portunus segnis*, il Granchio Nuotatore Blu alieno che dal 2015 ha colonizzato in maniera stabile il golfo di Gabes. Si prevede che l'aumento della temperatura dell'acqua favorirà la sopravvivenza, l'insediamento o l'ulteriore espansione delle specie invasive come il persico del Nilo *Lates niloticus* nel Lago Vittoria, il granchio nuotatore blu *Portunus segnis* nelle acque tunisine, il pesce leone comune *Pterois miles* nel Mar Mediterraneo orientale e il *P.volitans/P.miles* nell'Atlantico occidentale, il paiche *Arapaima gigas* nell'Amazzonia boliviana e il granchio verde europeo *Carcinus maenas* in Nord America.

Quando un NIS occupa habitat sottoutilizzati da specie indigene e quindi con disponibilità di cibo non sfruttato, l'esplosione demografica risultante viene successivamente portata in equilibrio con le risorse disponibili. Anche se questa dinamica porta alla significativa riduzione della dimensione della popolazione delle specie invasive, solo pochissimi studi hanno registrato un reale ridimensionamento del NIS. La competizione specie nativa/specie invasiva, sembra essere la spiegazione meno probabile per la maggior parte degli esempi di bioinvasione: la casistica dà come più importante la vulnerabilità di aree già degradate che diventano avamposti favorevoli per le NIS. Quindi il declino e l'estinzione di una NIS è più probabile per mancanza di risorse sufficienti piuttosto che l'intervento di predatori e/o patogeni, se non altro per la rapidità del sistema ecologico in un senso piuttosto che nell'altro.

In questa situazione, i risultati dei vari modelli previsionali hanno mostrato che gli effetti del riscaldamento e delle bioinvasioni, hanno sì prodotto cambiamenti complessi e non lineari sulle biomasse, e soprattutto non hanno mai portato a una completa sostituzione di un gruppo di specie autoctone con una diffusione massiva di quelle invasive. Nonostante ciò, sempre nei modelli, l'indice di diversità dopo una invasione simulata, si stabilizza a valori maggiori, indicando che in tali sistemi chiusi, come appunto l'Adriatico, la nuova entrata di specie invasive potrebbe rappresentare un arricchimento nella struttura dell'ecosistema. Inoltre, l'assenza di una completa sostituzione delle specie ha mostrato chiaramente il contributo delle specie residenti all'aumento della resilienza, ovvero la capacità del sistema di far fronte all'invasione senza cambiare radicalmente la sua struttura. Altri scenari di simulazione hanno evidenziato che i cambiamenti nella produzione primaria, hanno avuto effetti non determinanti nella struttura dell'ecosistema, mentre diversi livelli di sfruttamento delle risorse, hanno indicato che la pesca può destabilizzare la struttura della comunità proprio quando questa si trova in questi contesti di cambiamento, ad esempio riducendo la resilienza della comunità. I risultati di queste simulazioni hanno confermato l'importanza di un approccio di nicchia ecologica, più che di area vasta per analizzare i possibili effetti del-

l'invasione e hanno messo in evidenza la complessità delle dinamiche legate all'invasione di specie indotta dalla temperatura, in termini sia della forza prevista degli impatti sia della direzione del cambiamento di biomassa. Sebbene questa serie di casi di studio sia stata compilata per illustrare vari aspetti della gestione della pesca nel contesto delle invasioni acquatiche, è fondamentale riconoscere che la selezione non intende essere esaustiva. Piuttosto, la raccolta mira a fornire approfondimenti sui diversi approcci, successi e sfide incontrati in varie regioni e a offrire una preziosa opportunità per apprendere lezioni sulle risposte alle crescenti minacce poste dalle specie invasive. Gestire le specie invasive è un compito difficile, data l'elevata incertezza e complessità delle invasioni biologiche negli ecosistemi acquatici e la limitata comprensione dell'efficacia dei metodi di gestione in risposta. Le questioni critiche riguardanti il modo in cui la pesca potrebbe adattarsi alle mutevoli condizioni delle risorse aliene dovrebbero essere prese in considerazione tenendo conto delle specificità di ciascun contesto ecologico e socioeconomico. Inoltre, le considerazioni tecniche che richiedono uno spostamento verso parametri di riferimento più dinamici e resilienti ai cambiamenti climatici sono probabilmente di fondamentale importanza e meritano un'indagine ulteriormente approfondita. Man mano che emergono nuove ricerche e si evolvono diverse pratiche di gestione, il panorama della gestione della pesca in relazione alle specie invasive/NIS continua ad espandersi. Dovrebbero essere perseguite ulteriori esplorazioni e considerazioni su ulteriori casi di studio per acquisire una comprensione completa della natura multiforme di questo campo e per informare gli sforzi futuri nella gestione sostenibile della pesca.

## 2.7 L'INVASIONE DEGLI ALIENI ERBIVORI

L'esclusione competitiva e lo spostamento di specie autoctone sono spesso potenziali aspettative negli studi ecologici. Un esempio degno di nota è la presenza dei due erbivori Lessepsiani *Siganus rivulatus* e *S. luridus*. Specie alloctone lessepsiane che fin dal loro primo record nel Mar Mediterraneo, rispettivamente nel 1924 e nel 1955, hanno stabilito popolazioni significative nel bacino orientale e si sono diffuse verso ovest fino alla Sicilia e alla Tunisia raggiungendo con singole presenze il limite settentrionale del golfo di Trieste nel primo decennio del 2000. *Siganus sp.* potrebbe essere un esempio efficace di scenario ecologico, dove è fondamentale la prima segnalazione lo scenario produttivo che segna



una passaggio importante dall'avvistamento allo sbarco di quantitativi commerciali fino alla invasione di una specie non indigena. Nel caso di *Siganus luridus*, che all'inizio della fase di impatto sulle attività di pesca costituiva un terzo della biomassa dei pesci su fondali duri, ha raggiunto l'80% lungo la costa levantina in zone costiere poco profonde del contributo alla comunità di specie ittiche erbivore.

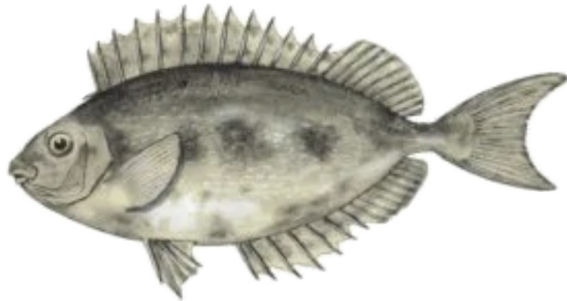


FIG. 2.14 *Siganus rivulatus*, Lessepsiano erbivoro invasivo, origini fascia meridiana Africa orientale e Mediterraneo attraverso Suez. Pinna dorsale velenosa e dolorosa, Carni non commestibili per ciguato tossina.

I due Siganidi sono commercialmente importanti nel Mediterraneo orientale, se non altro per aver soppiantato le altre specie. E non solo *Sarpa salpa* (Sparidae) erbivoro nativo che prima dell'invasione era una specie relativamente abbondante ed in competizione trofica con *S. rivulatus* nel decremento della copertura algale. Attualmente, le segnalazioni della indigena *S. salpa* dal Libano sono molto scarse e il processo di sostituzione con gli invasori lessepsiani è infame di completamento. Le conseguenze negative delle invasioni di pesci non si limitano solo alle comunità ittiche native.

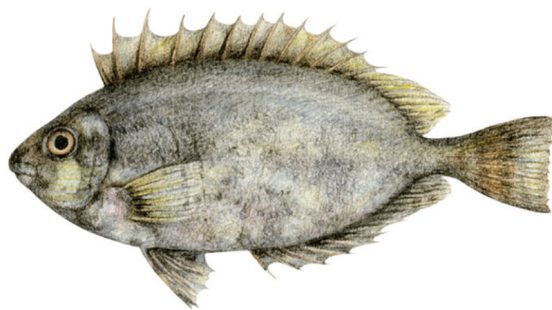


FIG. 2.15 *Siganus luridus*, Lessepsiano erbivoro invasivo, areale più ampio verso Est comprendente Aden e Oc. Indiano, ciguatera da alghe di cui si nutre.

Il pascolo intensivo di macrofite da parte degli stessi Siganidi può ridurre la competizione tra alghe e bivalvi sessili e quindi liberare spazio per l'habitat di *Brachiodontes pharaonis*, non indigena, sulle coste rocciose lungo le coste del Levante. *Siganus rivulatus* e *S. luridus* quando le macrofite sono diverse e abbondanti, mangeranno ciò che è disponibile e quando il cibo è scarso si porteranno verso la superficie nelle aree più estreme del mesolitorale.



FIG. 2.16 Ecosistemi che si spostano da areali di alghe (*Cystoseira*) a substrato sterile a bassa diversità a causa del sovrapascolo di *Siganus*. Questa specie favorisce l'invasione di altre specie pioniere più competitive (es. brucatori di alghe) meno strutturate a rapida crescita, es. *Enteromorfa* o *Ulva*. La salvaguardia degli habitat costieri attraverso il ripristino, deve considerare con attenzione crescente le invasioni di specie aliene/alloctone in grado di trasformare gli habitat più rapidamente di quanto il ripristino possa intervenire.

## 2.8 ALIENI MORTALI

I Pesci Palla sono specie di pesci marini distribuiti nelle aree tropicali e subtropicali dell'Oceano Atlantico, Indiano e Pacifico. I pesci palla includono 121 specie all'interno della famiglia Tetraodontidae tra cui nove (*T. flavimaculosus*, *L. sceleratus*, *L. spadiceus*, *L. suezensis*, *S. pachygaster*, *S. spengleri*, *T. spinosissimus*, *S. marmoratus*, *L. lagocephalus*) si trovano nel Mar Mediterraneo. Alcuni pesci palla contengono la più forte tossina paralitica finora conosciuta, la tetrodotossina. La legislazione europea (854/2004 / CE) stabilisce che i pesci tossici della famiglia Tetraodontidae non dovrebbero entrare nei mercati europei. In una prospettiva globale, occasionali avvelenamenti hanno portato a numerosi decessi, la maggior parte delle quali è stata documentata nell'Asia sud-orientale, tra cui Malesia, Taiwan, Hong Kong e Corea.



FIG.2.17 Lagocephalus sceleratus specie lessepsiana origini estremo oriente.

*Lagocephalus sceleratus* ha ricevuto notevole attenzione pubblica poco dopo il suo primo record nel 2003 dalla baia di Gökova nelle coste sud-orientali del Mar Egeo a causa della presenza di quantità significative di tetrodotossina. La distribuzione di *L. sceleratus* che era limitata al Mar Mediterraneo orientale, ora sta mostrando una rapida diffusione verso ovest e risalite di esemplari fino alla penisola istriana (2024).

Poche decine di casi di avvelenamento da tetrodotossina si sono verificati lungo la costa levantina e a Cipro nel 2008. *Lagocephalus spadiceus*, presente nel Mediterraneo da diversi decenni, veniva raramente commercializzato, ma regolarmente consumato dai pescatori in Libano e Siria senza alcuna preoccupazione evidente. L'improvvisa comparsa del *L. sceleratus* altamente tossico ebbe un grave impatto su quei pescatori, che mangiavano *L. spadiceus*. Il gran numero di *L. sceleratus* che sono stati catturati dai pescatori costieri nel Mediterraneo orientale ha avviato importanti azioni di sensibilizzazione verso pescatori e pubblico per allertare le comunità della tossicità di questo pesce. In particolare sulla confusione nella identificazione di esemplari di piccola taglia erroneamente attribuiti ad altre specie commestibili commerciali come *Spicara smaris*, *Boops Boops* e *Atherina hepsetus*. Secondo alcune indagini gli individui di lunghezza inferiore a 16 cm non possiedono livelli di tossicità potenzialmente letali. Ciò riduce i rischi in relazione all'identificazione errata poiché *S. smaris* commerciale, *B. boops* e *A. hepsetus* raramente superano questa dimensione. *Lagocephalus sceleratus* è stato anche considerato un parassita economico dai pescatori poiché ha colpito i mercati ittici locali in tre modalità: ecologica predando gli stock locali di calamari e polpi commercialmente

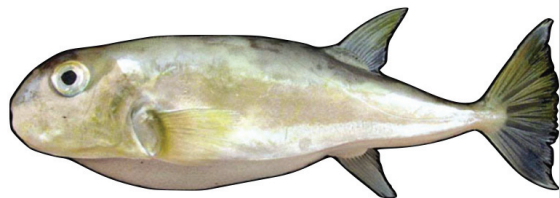


FIG. 2.18 Lagocephalus spadiceus, lessepsiano presente da alcuni decenni in Mediterraneo, consumato da pescatori siriani. Libanesi senza problemi, La nuova presenza di *L. sceleratus* ha creato problemi con l'informazione e sottovalutazione della tetrodotossina.

ben più importanti, economica danneggiando col becco le reti ed aumentando il lavoro a riva per scartare i pesci tossici rimasti impigliati, sociale dissuadendo i clienti dall'acquistare pesce. I pescatori libanesi sono notevolmente colpiti dal danno causato da *L. sceleratus* sugli attrezzi da pesca e sulle catture. In effetti, i pesci palla danneggiano le reti da pesca e i palangari con i loro forti denti fusi in becchi taglienti. Ciò è evidente dalle numerose lamentele dei pescatori libanesi ed ora ciprioti e cretesi, e dalla presenza di ami e frammenti di reti da pesca rispettivamente nelle cavità orali e negli stomaci.

## ATTENZIONE al pesce palla maculato è tossico e non va mangiato !

ISPR - Istituto Superiore per la Ricerca e Protezione Ambientale

Il pesce palla maculato, *Lagocephalus sceleratus* è entrato in Mediterraneo nel 2003 attraverso il Canale di Suez. E' una specie tropicale tra le più invasive dei nostri mari, ha colonizzato buona parte del bacino orientale ed è attualmente in espansione geografica. La sua presenza in acque italiane è stata registrata per la prima volta nel 2013, nell'isola di Lampedusa. Da allora, altri esemplari sono stati catturati nel canale di Sicilia, nel mar Adriatico ed in Spagna. Si distingue facilmente da altri pesci palla per la presenza di macchie scure sul dorso.

Disegni: Antoni Lombarte - CSIC Barcellona; Concetto: Ernesto Azzurro - ISPR

● Molto rara

● Occasionale

● Comune

La tossina mantiene le sue proprietà anche dopo la cottura

❌ **Pesce palla maculato - *Lagocephalus sceleratus***  
**MOLTO TOSSICO al consumo - potenzialmente mortale**

I pesci palla sono tutti tossici al consumo e per questo ne è vietata la commercializzazione. Si riconoscono facilmente per la pelle senza squame e per le mandibole provviste di due grandi denti molto taglienti. Le specie potenzialmente catturabili in acque italiane sono almeno tre.

❌ ***Lagocephalus lagocephalus***  
**TOSSICO al consumo**

❌ ***Sphaerooides pachygaster***  
**TOSSICO al consumo**

HAI CATTURATO UN PESCE PALLA ?

- ✓ SEPARALO DALLE ALTRE CATTURE
- ✓ EVITA IL CONSUMO
- ✓ FAI UNA FOTO
- ✓ SEGNALACI LA TUA OSSERVAZIONE

Email: [pescepalla@isprambiente.it](mailto:pescepalla@isprambiente.it) Tel + 39 0650074035/34; 091 6114044

Campagna promossa dall' ISPR in collaborazione con la Direzione Generale della Pesca Marittima e dell'Acquacoltura, il Reparto Pesca Marittima del Corpo delle Capitanerie di Porto e l' ICM-CSIC di Barcellona che coordina il progetto Seawatchers - [www.seawatchers.org](http://www.seawatchers.org)



## 2.9 L'INVASIONE DEGLI ALIENI VELENOSI

Il Pesce Leone (*Pterois miles*) noto per la sua eleganza negli acquari, rappresenta una nuova invasione e rapida diffusione arrivata nel Mar Egeo e segnando lo sfondamento di quella barriera termica dei 15° collocata nel mare settentrionale di Creta e che in un certo qual modo ostacolava l'invasione proveniente da sud est. La specie dotata di spine velenose nelle pinne, ha costretto le autorità greche a prendere (inutili) provvedimenti per cercare di limitare l'incremento demografico particolarmente importante in certe aree turistiche dove sembra essere l'unica specie visibile.

Ora in una sorta di lotta planetaria all'alieno che riunisce *Pterois volitans* dei Caraibi e *Pterois miles* lessepsiano dal Mar Rosso si possono trovare innumerevoli azioni di regolamentazione della popolazione oramai in piena invasione. Nonostante le campagne di pesca, anche col fucile, e l'autorizzazione all'eliminazione di centinaia di individui, peraltro commestibili per ristabilire una improbabile condizione calmierata, il percorso della specie sembra finora senza ostacoli avendo raggiunto con pochi esemplari il sud est della Sicilia e Calabria Jonica e più a Nord in Adriatico l'isola di Mljet (CRO) (2024).

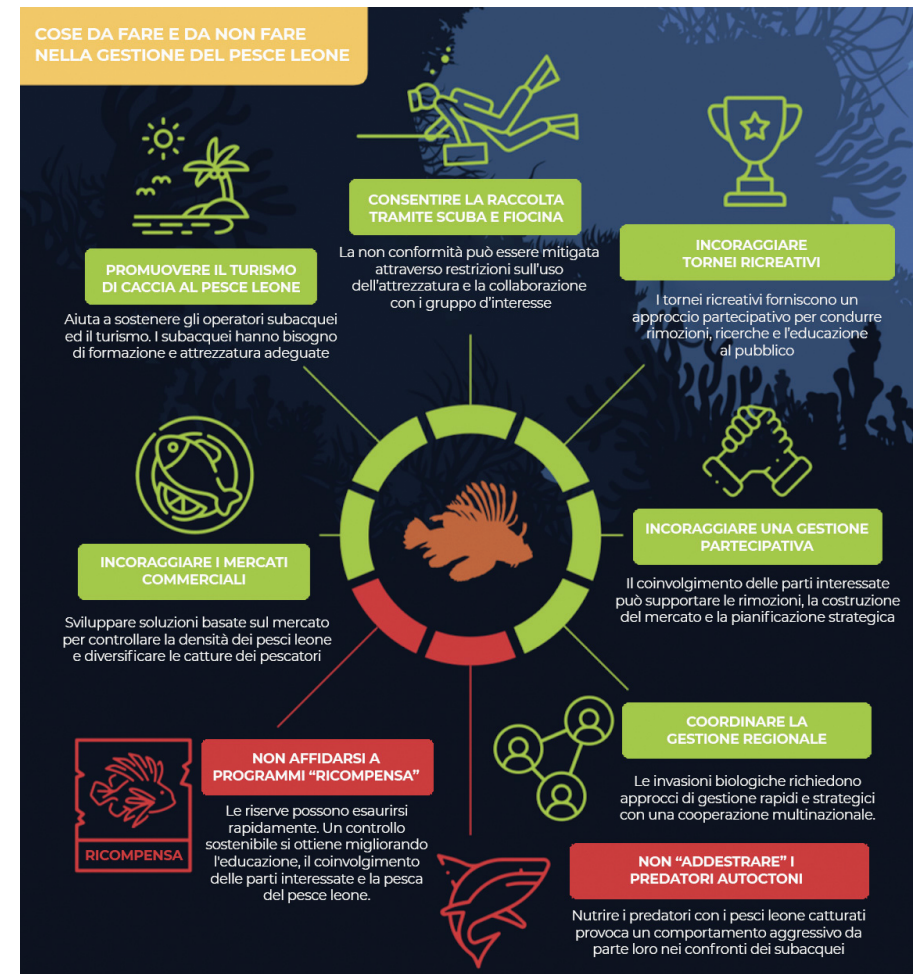


FIG. 2.19 Linee guida per la gestione dell'invasione di *Pterois miles* progetto RELIONMED - LIFE

## 2.10 BOOM AND BURST ALIENI CHE NON CE L'HANNO FATTA (FINORA...)

Una specie invasiva può talvolta raggiungere un picco di densità e poi declinare, un percorso spesso chiamato *boom and burst*. Per *P.volitans* siamo ancora nella fase del *boom*, mentre con il pesce trombetta *Fistularia commersonii* uno dei NIS dell'isola di Rodi, nel Mar Egeo meridionale siamo decisamente nella fase *burst*.

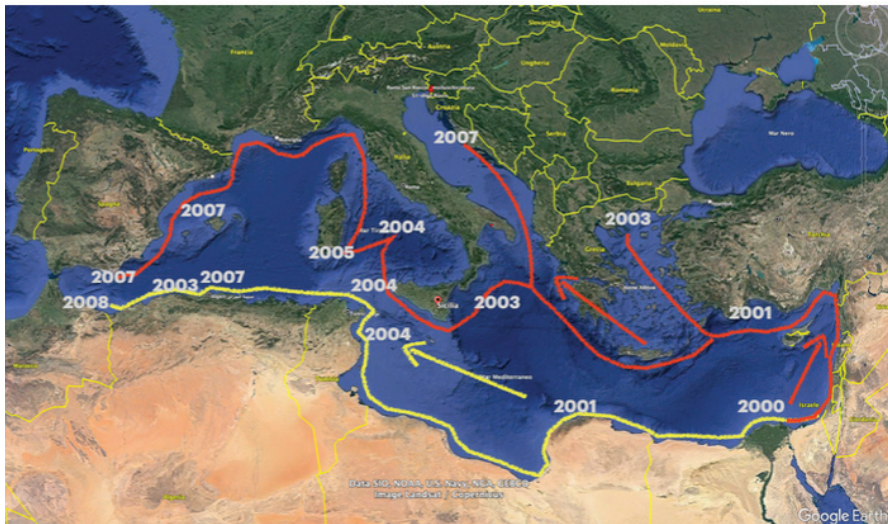
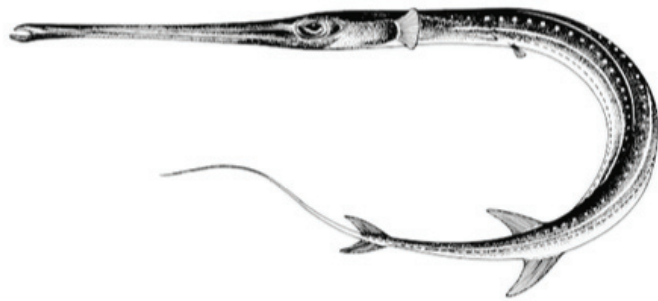


FIG.2.20 Mappa d'espansione di *F. commersonii* da Suez verso le due direttrici.

Nella regione occidentale del Mediterraneo (NWM), episodi legati alla bioinvasione di *Caulerpa taxifolia*, alga verde aliena sfuggita ad un lavaggio di una vasca dell'acquario di Monaco, ma non è escluso il trasporto con le acque di zavorra delle navi, dimostra come la dinamica di invasione abbia portato a superare le precedenti specie dominanti dell'ecosistema nativo rispondendo alla fase boom and burst vista prima.

La modalità *boom and burst* sembra seguita anche da un'altra *Caulerpa*, *C. cylindracea* e altre macrofite invasive diventate specie dominanti lungo interi tratti di costa, oggetto di interventi di estirpazione quasi sempre non andati a buon fine, ed ora per la gran parte completamente regredite a lasciare il posto a coperture native in ripresa.






FIG.2.21 Esempi di boom and burst: *Caulerpa taxifolia* (1982) e *Caulerpa cylindracea* provenienza acque australiane, invasiva in Italia sin dal 1993.



## GESTIRE LE INVASIONI

Il *burn and burst* delle specie invasive rappresenta il focus o l'approccio con cui si presentano questi fenomeni. Per meglio caratterizzarli è prioritario monitorare la fase espansiva con cui una specie è in grado di interferire le capacità produttive di un settore come quello della pesca che di fatto non è in grado di portare avanti azioni preventive o trovare soluzioni alla sua portata. Le soluzioni vengono da esperienze e analogie con realtà che sperimentano il fenomeno delle bioinvasioni e in certi casi se non l'hanno risolto, lo hanno senza dubbio arginato o hanno semplicemente monitorato con una nuova attenzione un *burn and burst*. Esiste una stretta connessione tra il livello gestionale di un'area economica, filiera o marineria che sia, e quello che una unità produttiva o una comunità riesce a organizzare dotandosi di strumenti gestionali adeguati. Entrano in questo ambito le capacità di governance, di interazione con le filiere, con la gestione dei punti di sbarco, con la capacità di collegare dei segnali di tipo ecologico alla attività di pesca e quindi farla crescere nell'ambito di un adattamento continuo. L'auto controllo in termini di biodiversità con l'attenzione alla qualità del pescato, alle giornate efficaci di prelievo, alle variazioni del calendario di pesca è un percorso gestionale le cui modalità si affiancano in modo integrato con quella che rappresenta un controllo dell'attività produttiva, a prescindere dalla bioinvasione ed è proprio questa capacità che va esaminata e sviluppata. Aprirsi alle strategie che rappresentano gli innumerevoli casi di interazione della pesca con le specie invasive costituiscono dei veri e propri laboratori in cui si sperimentano in diretta gli effetti sulle marinerie coinvolte. Il prelievo di specie invasive innesca una modalità di approccio al grado di adattabilità della marineria coinvolta e nello stesso tempo ne determina il valore nei termini di sostenibilità raggiunta o "erosa" da nuovi eventi critici. Si tratta di valutare la resilienza di una marineria o di un settore, a seconda della modalità gestionale coerente col livello organizzativo e di governance in cui la pesca ha un ruolo importante. Di seguito vengono proposte nove misure, accompagnate da raccomandazioni chiave, utili come base di discussione tra stakeholder, in primis direttamente coinvolti i vari rappresentanti dei mestieri della pesca da cui dovrebbe uscire una unità di visione ed una prospettiva volta alla prevenzione (controllo delle pesche

occasional), piuttosto che alla improbabile eliminazione della specie invasiva allo stadio avanzato di diffusione. Questi suggerimenti portati ad una discussione tra stakeholder locali, possono essere utilizzati come risorsa pratica (anche se non esaustiva), come incipit decisionale nella valutazione e nell'identificazione di risposte adeguate di gestione della pesca alle specie acquatiche invasive nel contesto del cambiamento climatico. Alla questione annosa: Cosa fare con una specie invasiva? È la domanda a cui alcune aree hanno provato a rispondere, approcci gestionali per risolvere casi analoghi e che di seguito rappresentano possibili soluzioni.

TIPO DI MISURA	MISURA	COMMENTO
 <b>AMBIENTALE</b>	<b>#1 Controllo ambientale</b>	Efficace per proteggere piccole aree di valore
	<b>#2 Controllo biologico</b>	Molto rischioso, è necessaria una grande cautela
	<b>#3 Restauro ecologico</b>	Un controllo efficace dell'AIS a lungo termine è un requisito fondamentale
 <b>ECONOMICO</b>	<b>#4 Pesca commerciale</b>	Generalmente efficace, ma considera i rischi di paradosso bioeconomico
	<b>#5 Raccolta ricreativa</b>	Efficace su scala locale con valori socioeconomici aggiunti
	<b>#6 Opportunità di mercato</b>	Generalmente efficace, ma considera i rischi di paradosso bioeconomico
 <b>SOCIALE</b>	<b>#7 Educazione</b>	Sempre raccomandato, trasversale a tutte le misure
	<b>#8 Impegno</b>	Sempre raccomandato, trasversale a tutte le misure
	<b>#9 Non fare niente</b>	Non è raccomandato se una qualsiasi delle misure sopra menzionate è fattibile

### 3.1 AZIONI DI CONTROLLO AMBIENTALE

Fa un certo effetto parlare di Granchio verde *Carcinus maenas* o *C. aestuarii*, mentre contemporaneamente e per il secondo anno consecutivo, l'attenzione è tutta sulla invasione di *Callinectes sapidus* il nostro Granchio blu. Già segnalato a Grado (alto Adriatico) nel 1948, probabilmente passato dalla porta atlantica di Gibilterra con le navi delle rotte atlantiche della fase post bellica. Sin dal tempo dei nativi americani e dei primi coloni sbarcati nelle coste del Massachussets, viene considerato un prodotto prelibato e comune. Da noi un sorprendente risveglio di specie aliena a tutti gli effetti, ma che fino a pochi anni fa viveva nella propria nicchia in equilibrio con le altre specie. E tra queste il Granchio verde europeo *Carcinus maenas*, famoso assieme a *C. aestuarii* per la produzione preziosa delle moeche della laguna. Questa specie che qui risente dell'invasione di Granchio blu, altrove viene considerata un famigerato predatore marino, invasivo ed ampiamente distribuito in popolazioni non indigene in cinque continenti tra cui Nord e Sud America, Asia, Africa e Australia dove è elencato tra i 100 peggiori invasori del mondo. Mentre sulla costa atlantica, i granchi verdi sono presenti da più di 200 anni e la loro area geografica comprende ora il Canada atlantico fino al Labrador e Terranova, sulla costa del Pacifico, i granchi verdi compaiono alla fine degli anni '80 e ora colonizzano l'intera costa degli Stati Uniti, della Columbia Britannica, e più recentemente hanno raggiunto l'Alaska sud-orientale. I granchi verdi sono predatori molto opportunisti e hanno una dieta estremamente ampia che comprende molluschi bivalvi, crostacei, policheti e altre prede. I granchi adulti hanno dimostrato di tollerare un ampio intervallo di temperatura, salinità e ossigeno disciolto. Molti a ragione colgono le analogie tra le due specie, anche per cogliere delle modalità di gestione applicabili a questa emergenza. Gli sforzi per mitigare gli impatti della predazione del Granchio verde nelle coste americane, hanno incluso la cattura locale ritenendo efficace intensificare il prelievo selettivo di questa specie ai fini di ridurre la densità dei Crostacei all'interno e intorno alle concessioni degli allevamenti di Bivalvi dove era previsto anche l'uso di recinzioni e reti a maglie per impedire l'accesso dei granchi verdi nelle zone di intervento. Lo sforzo di cattura ha portato a una riduzione complessiva della popolazione di granchi verdi a livelli pari a circa il 30-50% del numero originario, ma agendo in maniera continuativa sulle aree per altri sei anni. La preoccupazione era di evitare evidenti ed eccessive risposte di compensazione da parte della popolazione di granchio verde che in questi casi di forte pressione di cattura avrebbe innescato meccanismi di riproduzione sovracompensativa delle perdite, come solitamente avviene in questo tipo

di dinamiche di popolazione in risposta a eradicazioni troppo pesanti. Utilizzare recinzioni, reti e trappole locali per ridurre la predazione attorno ai fondali di acquacoltura commerciale di molluschi, si sono dimostrati efficaci solo a livello locale, mentre minimo o nullo è stato l'effetto sulla popolazione nel suo complesso. Come parallelismo di intervento di mitigazione tra Granchio blu e Granchio verde, si potrebbero evincere le seguenti raccomandazioni che a dir il vero sono state seguite anche per *C. sapidus* per avviare un'azione di controllo ambientale e che andrebbero considerate anche per altre invasioni.

- **Eradicazione completa non è attuabile** – Evitare gli sforzi volti all'eradicazione completa e una nuova attenzione sull'eradicazione/soppressione funzionale, ove possibile, per ridurre significativamente l'impatto delle specie invasive sulle popolazioni selvatiche raccolte a fini commerciali, nonché sulle specie autoctone e su altre risorse ecosistemiche.
- **Prevenzione e controllo della catena trofica** – Vanno trovati i motivi ecologici di invasione sulla base della struttura trofica ed i cambiamenti di equilibrio tra predatori e preda. Le classi di piccole dimensioni non sono catturabili in modo selettivo, pertanto vanno ricercati i fattori che ne determinano il sovrannumero e calo della mortalità con particolare attenzione ai meccanismi compensativi della popolazione invasiva.
- **Interventi su aree limitate** – Azioni di mitigazione delle considerando ad alta priorità gli spazi delle concessioni e capacità di gestione. In tal senso provvedendo a circoscrivere quei fondali più adatti ad una gestione finalizzata alla prevenzione e controllo della popolazione.

### 3.2 IMPLEMENTARE IL CONTROLLO BIOLOGICO

La pratica del controllo biologico è ampiamente diffusa negli ambienti produttivi agricoli ed ecosistemi terrestri, mentre risulta poco indicata per salvaguardare l'integrità specifica degli ambienti marini. Sebbene scarsamente seguita come intervento gestionale, si possono definire cinque diverse azioni per il controllo biologico e riferite all'utilizzo di:

- consumatori nativi (predatori o erbivori) che si nutrono delle specie invasive (ad esempio ripopolando i predatori in declino);
- malattie autoctone e/o parassiti che colpiscono la popolazione invasiva;
- parassiti e/o malattie aliene;
- consumatori alieni (predatori o erbivori);
- approcci genetici che colpiscono solo le specie invasive.

Negli ambienti marini, il controllo biologico si è classificato tra le strategie meno efficaci per contenere le specie invasive ed è stata la misura meno citata tra le migliori pratiche in un sondaggio degli esperti organizzato per valutare l'uso di strumenti gestionali da attuare nelle bio-invasioni. Ad esempio per il controllo di *P. miles* è stata tentata una sorta di addestramento di predatori nativi per accorciare i tempi di apprendimento naturale alla predazione non consueta da parte di cernie e squali, ma ha avuto risultati poco efficaci e molto dispendiosi applicandoli sul campo. In una prospettiva ecosistemica, il controllo biologico è prerogativa di una gestione razionale delle risorse che provvedendo ad un piano di controllo della catena trofica e delle specie sbarcate, riesce salvaguardando alcune specie target, a preservare i predatori o i competitori delle specie invasive. Se però la marineria non ha acquisito capacità gestionali in grado di creare una base pianificatoria, risulta praticamente impossibile innescare dei ragionamenti a livello locale sulla continuità della capacità produttiva. Gran parte delle criticità a cui il settore assiste impotente, (bioinvasioni del Granchio blu *Callinectes sapidus*, invasioni delle Meduse *Rhizostoma pulmo*, morie di vongole *Ruditapes philippinarum* rappresentano dei campanelli inascoltati di ciò che è avvenuto praticamente prima della bioinvasione nella inconsapevolezza del settore e di chi ne rappresenta gli interessi.

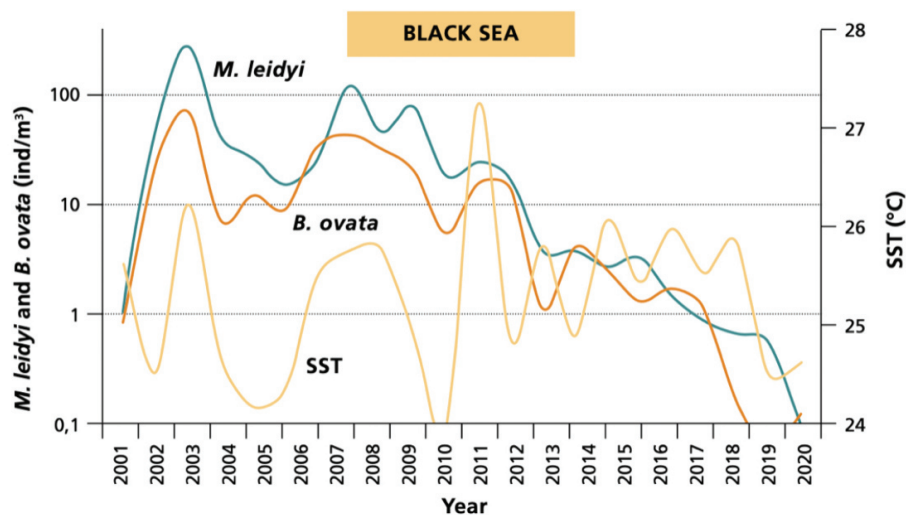


FIG.3.1 Mar Nero andamento e successione delle popolazioni di *B. ovata* e *M. leidyi* messe in relazione con la  $^{\circ}\text{C}$  superficiale.

Una delle principali sfide poste dal controllo biologico è che un organismo volutamente introdotto nel sistema potrebbe esso stesso diventare un problema in modo imprevisto. Alcune di queste specie in ambito agricolo sono infatti diventate invasive, causando impatti ecologici catastrofici. Il rilascio di specie non autoctone o di organismi geneticamente modificati come agenti di controllo potrebbe non essere così accettabile e soprattutto efficace. Anche perchè il cambiamento climatico può alterare l'efficacia dei metodi di biocontrollo esistenti, influenzando la dinamica tra le specie invasive e gli agenti di controllo.

La bioinvasione di *Rhizostoma pulmo* grossa medusa nativa, replica per certi versi quanto è avvenuto in laguna con lo Ctenoforo (*Mnemiopsis leidyi*). Negli anni '90 nel Mar Nero e nel Mar Caspio, si è verificata una invasione dello Ctenoforo invasivo gelatinoso. Poi *Mnemiopsis leidyi* si è presentato in forma massiva agli inizi degli anni 2000 nelle lagune adriatiche, dopo un periodo di relativo equilibrio con le altre specie e apparizioni stagionali a fine estate. Con l'introduzione accidentale di un altro Ctenoforo, *Beroe ovata*, predatore del precedente e "scaricato" dalle acque di zavorra delle navi in Mar Nero, rapidamente si è assistito ad un decremento della specie invasiva, al punto che la pesca al pesce azzurro è ripresa. Questa esperienza ha indotto alla prima introduzione deliberata di *B. ovata* come misura di controllo biologico di *Mnemiopsis leidyi* anche nel Mar Caspio, ma i paesi affacciati su questo mare non riuscirono a raggiungere un accordo unanime sulle modalità dell'operazione. Tuttavia, nel 2019 *B. ovata* è stata introdotta inavvertitamente e si potrebbe presumere che, a seguito dell'esperienza nel Mar Nero, questa introduzione avrebbe innescato il recupero dell'ecosistema del Caspio. La similitudine con quanto accade con le Meduse e Ctenofori nell'alto Adriatico, due fenomeni peraltro favorevolmente sfasati nel tempo per trarne ulteriori informazioni, potrebbe condurre a percorsi di controllo biologico, tenendo fermo il dato di alta produttività che in termini di pesce azzurro caratterizzava la parte settentrionale dell'Adriatico fino ad una trentina di anni fa.

Con il progredire della ricerca, una comprensione più completa delle potenziali applicazioni, dei rischi e dei limiti di queste tecnologie genetiche sarà cruciale per perfezionarle e implementarle come strumenti efficaci nella gestione delle specie invasive per il momento e per quanto riguarda la misura di controllo biologico vengono suggeriti questi punti base:

- **Approccio ecosistemico** – Da solide basi di conoscenza ecologica ed impatti sulle specie bersaglio presenti nell'area di intervento, organizzare un'approfondita valutazione dei rischi;
- **Approccio precauzionale** – In situazioni di incertezza, è fondamentale adottare un approccio precauzionale quando si considera la selezione e l'impiego di agenti di controllo biologico;



- **Agire preferibilmente sulla catena trofica nativa** – Proteggere o ripopolare i predatori o i pascolatori autoctoni può essere preferibile all'opzione rischiosa di introdurre agenti di controllo biologico.
- **Sviluppare una governance di coesione** – Dare priorità alle considerazioni etiche per misurare l'accettabilità degli esperimenti di biocontrollo, comunicare in modo trasparente con le parti interessate, tra cui la comunità locale, i gruppi ambientalisti e le agenzie governative.

### 3.3 RIPRISTINARE GLI ECOSISTEMI

Le specie invasive possono essere una delle principali cause di degrado degli ecosistemi e questi impatti potrebbero richiedere interventi che vanno oltre il controllo delle specie esotiche bersaglio. Il ripristino ecologico è originariamente definito come il "processo volto a favorire il recupero di un ecosistema che è stato degradato, danneggiato o distrutto" (SER, 2002). Questa strategia comprende una serie di azioni rivolte a diversi ecosistemi. In alcuni casi, gli impatti delle specie invasive possono essere mitigati ripristinando l'ecosistema naturale in una struttura precedente o, più spesso, ripristinando componenti o funzioni specifiche dell'ecosistema naturale. Gli sforzi di ripristino incentrati sulla mitigazione dell'impatto delle invasioni acquatiche offrono una serie di potenziali risultati che potrebbero andare oltre i benefici ecologici. Questi impatti positivi possono manifestarsi su più livelli, tra cui la biodiversità nativa, la struttura e la funzionalità dell'habitat e la qualità dell'acqua; e possono migliorare la salute generale e la resilienza degli ecosistemi acquatici. I benefici degli sforzi di ripristino possono estendersi ulteriormente fino ad avere un impatto positivo sulla pesca e contribuire agli aspetti sociali, culturali e ricreativi.

Questa misura si inserisce nell'ambito di attuazione della nuova legge comunitaria COD195/2022 sul ripristino della natura. Oltre l'80% degli habitat europei è in cattivo stato di conservazione. Questo scenario determina una importante vulnerabilità del territorio alle crisi climatiche. Pertanto i Paesi dell'UE dovranno ripristinare almeno il 30% degli habitat in cattive condizioni entro il 2030, il 60% entro il 2040 e il 90% entro il 2050. La normativa fissa l'obiettivo di ripristinare almeno il 20% delle zone terrestri e marine dell'UE entro il 2030 e tutti gli ecosistemi entro il 2050. Per conseguire gli obiettivi fissati dall'UE, entro il 2030 gli Stati membri dovranno ripristinare il buono stato di salute di almeno il 30% degli habitat contemplati dalla nuova legge (che vanno da foreste, praterie e zone

umide a fiumi, laghi e coralligeno marino, praterie a fanerogame marine). Questa percentuale aumenterà poi al 60% entro il 2040 e al 90% entro il 2050. In linea con la posizione del Parlamento, fino al 2030 la priorità andrà accordata alle zone Natura 2000. I paesi dell'UE dovranno garantire che le zone ripristinate non tornino a deteriorarsi in modo significativo. Inoltre, dovranno adottare piani nazionali di ripristino che indichino nel dettaglio in che modo intendono raggiungere gli obiettivi.

Il programma LIFE ed i progetti nel Mediterraneo hanno una importante valenza nella salvaguardia dei servizi ecosistemici e controllo degli habitat per renderli meno vulnerabili alle invasioni biologiche. Focalizzare l'attenzione su fanerogame marine (*Posidonia oceanica* o *Cymodocea nodosa*) ed il loro ripristino, significa riportare gli habitat a condizioni di riaccogliere i prati degradati e rafforzare la funzione di nursery per importanti specie commerciali come *Chamelea gallina* o *Venus verrucosa*, molluschi bivalvi particolarmente importanti per le produzioni locali.



FIG.3.2 ROC-POP Life è uno dei progetti che considera prioritaria l'azione di ripristino degli habitat marini collegandola alla sostenibilità delle attività produttive come la pesca che necessita di preservare le aree nursery per le specie native, le aree di deposizione, e le aree di accrescimento delle specie target.



O ancora per ricostruire la ormai degradata biocenosi di Posidonia a cui era associato il bivalve più grande del Mediterraneo, *Pinna nobilis*, specie bandiera della conservazione, o l'alga bruna *Cystoseira sp.* che col Progetto ROC-POP LIFE Project si tenta di trapiantare nell'Infralitorale delle aree protette del Mediterraneo partendo da talli cresciuti in laboratorio. Questi interventi portano a ragionare su una delle concause delle bioinvasioni, ossia l'estensione di aree degradate e la "debolezza" di sistemi ecologici messi a dura prova dalle principali attività produttive che da terra e da mare producono impatti negativi che poi si riflettono anche sulle attività come la pesca e l'allevamento che insistono sugli stessi servizi ecosistemici indeboliti. Come un cane che si morde la coda, vi è poi da considerare che i ripristini, così come le bioinvasioni, hanno successo se alla fine si trova la compatibilità ambientale. Ad esempio, l'invasione dell'alga aliena *Caulerpa cylindracea* che si sviluppa in un prato nativo di fanerogame marine degradato, sarà possibile perché le condizioni di vegetazione di *Cymodocea nodosa*, sono peggiorate e ne hanno determinato la rarefazione e la vulnerabilità. Pertanto le operazioni di ripristino devono seguire regole di pianificazione focalizzate sulle condizioni che l'ambiente è in grado di fornire a livello di area minima interessata al restauro e poi operare su quel volano di servizi ecosistemici locali non ancora del tutto compromessi, per ribaltare la dinamica di trasformazione. Il ripristino degli ecosistemi va anche nella direzione della sicurezza alimentare del pescato trasferendo l'interesse a preservare la biodiversità verso la catena trofica nativa strutturalmente più resistente a fenomeni di biomagnificazione di agenti tossici al seguito dei nuovi cambiamenti o del clima, oppure della comparsa di nuovi microrganismi e nuove infezioni. L'attività di pesca impegnata nel contenimento delle specie invasive ha una importante funzione legata al monitoraggio delle specie target e al loro mantenimento con un prelievo sostenibile. Il ripristino degli ecosistemi deve andare nella direzione dello sviluppo del territorio, tenendo conto che preservare gli ecosistemi significa preservare le attività produttive come pesca e allevamento che si basano sull'efficienza costante dei servizi ecosistemici. La sostenibilità economica di un settore in crisi cronica come la pesca, dovrebbe essere il perno su cui indirizzare le politiche di ripristino degli ecosistemi perché è strategico mantenere efficienti i servizi ecosistemici a cui si "attacca la spina" della pesca e a cui può puntare per un cambiamento di marcia. Il ripristino degli ecosistemi non è un capriccio ambizioso, né tantomeno la tutela della biodiversità. È difficile da comprendere che la protezione delle specie chiave per contrastare il degrado degli habitat, è uno dei modi più efficaci per mitigare l'effetto delle bioinvasioni. Sarebbe importante inserire questo elemento di progresso nella gestione della pesca. Si comprenderebbe così che lo strumento di

ripristino degli habitat andrebbe a rafforzare anche gli stock ittici e con questi, la catena trofica nativa, allontanando con la competizione naturale le potenziali invasioni. Comprendere questi passaggi significa entrare in nuove (per il settore, non per la governance comunitaria...) realtà in cui sarebbe possibile affidare la gestione diretta di queste aree al settore pesca, così come previsto dal tanto vituperato REG1967/2006.

Anche dalla misura che prevede il ripristino degli ecosistemi si possono trarre interessanti spunti gestionali a fronteggiare il problema delle specie invasive partendo dal degrado degli habitat.

- **Priorità alla biodiversità nativa** – Le misure per proteggere la biodiversità nativa sono sempre rilevanti, anche nel caso di specie target;
- **Sviluppo di governance evoluta** – Durante la fase di pianificazione del progetto, coinvolgere le principali parti interessate nelle discussioni e stabilire obiettivi di ripristino realistici e finalizzati a migliorare anche l'organizzazione del settore;
- **Blocco della perdita di naturalità** – Azioni di controllo dei fattori che determinano la perdita delle componenti ecologiche che necessitano di essere ripristinate;
- **Creare reti di ripristino piuttosto che agire su eventi isolati** – Richiedere un monitoraggio periodico e una gestione adattativa continua per aumentare la probabilità di un risultato sostenibile;
- **Optare su soluzioni raggiungibili** – Quando non è possibile ristabilire le condizioni precedenti all'invasione, i mix di specie autoctone e non autoctone possono essere un possibile obiettivo, soprattutto in uno scenario di cambiamento climatico;

### 3.4 SVILUPPARE E GESTIRE UN'ATTIVITÀ DI PESCA COMMERCIALE

La misura può comportare sfide ed opportunità complesse per l'intera filiera del sistema socio-ecologico. Per quanto riguarda la gran parte delle marinerie italiane, questa misura avrebbe scarse fattibilità se dovesse partire come una iniziativa relegata ad un settore che già condivide innumerevoli criticità irrisolte e mal governate, proprio per la modalità localistica con cui viene gestito. Con questa misura si affronta la visione di scala. Il successo può derivare da una filiera che replica la storia di casi analoghi, ne sviluppa i punti di forza superando con l'esperienza le debolezze risolte. Creare un mercato significa partire da un concetto di diversificazione dell'offerta che spesso è già presente in altre banchine di

sbarco. Oppure che va rintracciata attraverso nodi e domanda già presenti in area vasta. Si possono considerare diverse modalità di commercializzazione:

- Specie invasive ad occupazione totale;
- Specie target in via di stabilizzazione;
- Specie occasionali sostitutive di specie target.

Nel caso di specie invasive commerciali, esistono molti esempi di esperienze di gestione nazionali o internazionali ascrivibili alle tipologie suindicate. Si può partire con le considerazioni che raggruppano i granchi invasivi del momento. Il granchio reale *Paralithodes camtschaticus* è forse il meno noto tra questi, fu introdotto dagli scienziati dell'Unione Sovietica nel Mare di Barents dal Pacifico settentrionale negli anni '60 per stabilire una nuova attività di pesca commerciale nella regione. Da allora, si è diffuso verso ovest e ha stabilito grandi popolazioni lungo la costa norvegese e a nord-est della penisola di Kola. Il granchio reale è una specie molto apprezzata sul mercato internazionale ed è diventato un'importante fonte di reddito per i pescatori della regione. Allo stesso tempo, in quanto grande predatore in un nuovo sistema, il granchio reale rappresenta una minaccia per l'ecosistema locale. Il granchio reale è anche un fastidio per i pescatori locali che praticano la pesca tradizionale nell'area del Finnmark poiché rimane impigliato negli attrezzi da pesca e mangia sia l'esca che il pescato.



FIG. 3.3 *Paralithodes camtschaticus* grosso granchio utilizzato per ripopolare il Mar di Barents. Di fatto è una introduzione intenzionale di una specie aliena di origini pacifiche che poi si è diffusa soppiantando le altre specie target. Assieme al *C. maenas* granchio verde, è un caso studio interessante per trattare argomenti di bioinvasione.

L'impigliamento dei granchi reali nelle reti da posta comporta perdite sia in termini di tempo necessario per districarli, sia di danni arrecati alle reti. A volte i pescatori devono utilizzare carburante extra per raggiungere le aree libere dai granchi reali e svolgere le loro attività di pesca. Nella pesca con palangari, i granchi reali mangiano esche, riducendo così l'efficienza della pesca, danno equiparabile a quello del Granchio blu.

Il granchio reale è classificato nelle valutazioni norvegesi del rischio delle specie esotiche come una specie di "impatto grave" con un elevato potenziale di invasione e un significativo impatto ecologico. Può raggiungere i 10 kg con una lunghezza del carapace (CL) di 22 cm. È una specie di acqua fredda e può sopportare temperature comprese tra -1,6° e 18° C, con una temperatura ottimale compresa tra 2 e 7° C. Dall'apertura della pesca commerciale in Norvegia nel 2002, la risorsa si è ampliata ed è diventata preziosa. Il valore di prima mano della cattura del granchio reale nel 2021 è stato di 51,25 milioni di dollari. Una quantità significativa viene esportata, con un valore delle esportazioni pari a 92,5 milioni di dollari nel 2021. Nel 2022 il prezzo del granchio reale allo sbarco ha raggiunto i 46,3 dollari al kg. Per garantire che i benefici derivanti dalla pesca rimangano all'interno delle comunità colpite dalla invasione, le quote vengono assegnate solo alla popolazione locale che soddisfa un requisito di reddito minimo derivante da altre attività di pesca. Il TAC ora include una quota non solo per i pescatori commerciali ma anche per il turismo, le attività ricreative, la ricerca, le catture accessorie e un'iniziativa di pesca giovanile. Per il 2023, il TAC del granchio reale è fissato a 2375 tonnellate per i maschi e a 120 tonnellate per le femmine. Prima dell'approvazione del piano di gestione del granchio reale nel 2007, il dibattito politico era polarizzato tra coloro che consideravano la specie come una fonte di reddito potenzialmente importante e coloro che erano preoccupati per i suoi impatti negativi. In generale, tuttavia, c'è stato accordo sul fatto che le preoccupazioni sulla biodiversità dovessero essere centrali e che un'ulteriore invasione fosse indesiderabile a causa delle preoccupazioni sugli impatti negativi sugli ecosistemi. Tornando alle analogie e replicabilità che propongono soluzioni testate su specie invasive molto simili al granchio blu *Callinectes sapidus*, va ripreso l'omonimo Granchio blu, *Portunus segnis*, che invadendo il Golfo di Gabès dal 2015, si è trasformato da piaga ecologica a preziosa opportunità per la comunità di pescatori contribuendo al rapido sviluppo dell'economia locale. Importante salto di qualità grazie all'introduzione delle attività di trasformazione, tassello che se attivato nell'area di invasione del *C. Sapidus* in tempi precedenti, avrebbe portato a ridurre il gap temporale delle bioinvasioni adriatiche e l'avvio infinito al macero di una potenziale risorsa, non solo alimentare. Diversamente da quanto accaduto in Italia, e che deve ancora

accadere, in un paio di anni a Gabès la lavorazione e l'esportazione del granchio blu è diventata un'industria importante nella regione, con un numero considerevole di fabbriche dedicate a questa attività. Oggi ci sono 49 stabilimenti di lavorazione del pesce (distribuiti in tutto il paese) che si occupano della lavorazione e dell'esportazione dei granchi blu, e 17 di questi stabilimenti si concentrano specificamente sulla lavorazione.

Anche il settore del granchio blu ha attirato investimenti stranieri. Ad esempio, il più grande investimento per la creazione di una fabbrica di lavorazione del granchio blu a Ghannouch proviene dal Medio Oriente (Al Bahrein) e ammonta a 70 milioni di dollari. Lo stabilimento che dà lavoro a 1.600 persone, di cui 1.400 donne, ha una capacità produttiva di 110 tonnellate al giorno, destinate all'esportazione, e dispone di un'ampia capacità di stoccaggio in celle frigorifere fino a 6.000 tonnellate. Mentre per il granchio blu tunisino gli attuali obiettivi di pesca sono stabilizzati verso uno sfruttamento sostenibile, nel caso di *Callinectes sapidus* a due anni dalla comparsa del fenomeno e la sua espansione, si ricerca la quadra proprio sulla dinamica degli stock ed il reclutamento.

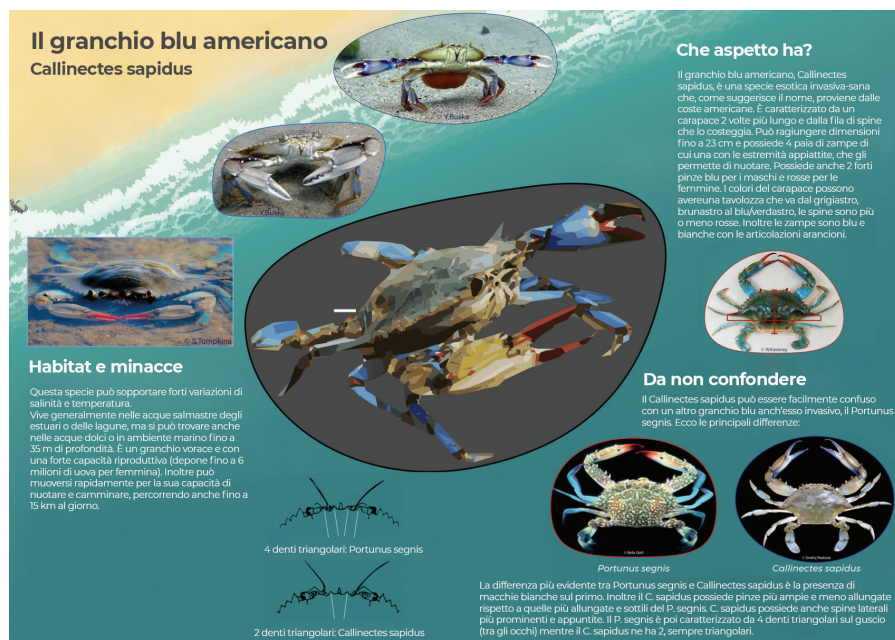


FIG. 3.4 Aspetti legati alla presenza di due specie invasive che potrebbero creare confusione nel settore della pesca e poi della filiera di esportazione del prodotto. Le differenze possono riassumersi nella pigmentazione maculata di *Portunus segnis*.

L'obiettivo appare quindi ancora quello di trovare i punti deboli del ciclo vitale e considerare o sperare nel fenomeno *boom and burst* che in molti casi con altre specie ha fatto rientrare la bioinvasione dopo alcune stagioni. Se invece l'invasione si stabilizza, l'obiettivo è uno sfruttamento sostenibile della popolazione di *C. sapidus* in analogia di quanto accaduto per *P. segnis*. Volendo fare ordine sulle iniziative svolte nei territori dell'invasione, da parte del gruppo più attivo del settore, andrebbe assunta una direzione gestionale coerente rafforzando delle basi ed attitudini in grado di avviare procedure e buone pratiche utili per altre occasioni. In tal senso è consigliabile adottare regolamenti (che peraltro già sono operativi) che garantiscano pratiche di raccolta sostenibili e suddivise per le diverse licenze e finalità. Localizzare i centri di stoccaggio e selezione del prodotto e via via stabilire limiti di dimensione funzionali alla qualità di un eventuale esportazione del prodotto, ma in seguito per disporre delle buone pratiche, così come attuato in Tunisia, a prevenire la raccolta eccessiva di individui più piccoli (gli individui trattenuti dovrebbero avere una lunghezza del carapace di almeno 11 cm, corrispondente ad un peso di circa 100 g). Punto caldo è l'approccio alla raccolta delle femmine che nel caso di *C. sapidus* vengono inopinatamente rigettate in quanto ritenute poco appetibili (poca polpa rispetto al maschio), ma nel loro rientro in laguna, responsabili dell'incremento di granchi della stagione successiva. Di norma, in uno scenario in via di stabilizzazione come quello tunisino, lo sbarco di femmine che producono uova dovrebbe essere vietato. Successivamente in un percorso di stabilizzazione le campagne di pesca dovrebbero essere limitate a 4 mesi all'anno (gennaio-aprile) per garantire la sostenibilità della risorsa e contribuire a mantenere la capacità riproduttiva della popolazione.

Sebbene le opportunità commerciali per il granchio blu possano essere ben sfruttate sia in Tunisia che in Veneto ed Emilia Romagna, gli impatti ecologici dell'invasione andrebbero valutati al fine di migliorare le strategie di gestione differenziandole a seconda di specifiche modulazioni. Per evitare confusione tra le due specie di granchio blu presenti sulle coste tunisine, potrebbe essere necessario fornire formazione e risorse ai pescatori e ad altre parti interessate per aiutarli a distinguere accuratamente tra le specie e migliorare i dati sulle catture. Un approccio collaborativo e basato sui dati che coinvolga le parti interessate di tutti i settori della pesca, della ricerca e della gestione sarà importante per garantire la gestione sostenibile e responsabile della pesca del granchio blu nelle aree interessate e per affrontare le sfide poste dalla presenza di più specie contemporaneamente come sta accadendo in Tunisia.

La raccolta selettiva da parte dei pescatori come potrebbe essere la pesca selettiva per taglia di individui di dimensioni commercialmente valide, non

è in grado di ridurre l'abbondanza di specie invasive al di sotto dei livelli necessari per garantire benefici ecologici. Ciò è confermato anche dall'elevata percentuale di risultati neutrali di questa misura, sia nei sistemi marini che in quelli d'acqua dolce, come evidenziato dall'indagine di esperti riguardante la strategia#1 "rimozione delle specie". Una selettività inadeguata dei metodi di rimozione mirati alle specie invasive può produrre effetti compensativi indesiderati nelle comunità e negli habitat delle specie ittiche autoctone. Progettare la gestione per la raccolta commerciale di specie invasive può essere una strategia efficace, ma allo stesso tempo impegnativa poiché gli impatti ecologici possono essere elevati e indesiderati. La riduzione delle popolazioni di specie invasive mirate mediante la rimozione delle attività di pesca può fallire se lo sforzo non viene sostenuto su larga scala di tempo e spazio e la determinazione di obiettivi di gestione realistici e realizzabili è uno dei primi le difficoltà.

Lo sfruttamento commerciale offre opportunità di controllo della popolazione in caso di invasione da parte di specie di alto valore, ma può rischiare di rendere gli attuatori del prelievo strettamente dipendenti per il loro sostentamento dalle specie invasive, che ne perpetuano la presenza. Ridurre drasticamente le popolazioni di specie invasive può rendere il loro raccolto antieconomico ed entrare nel "paradosso bioeconomico" della raccolta di specie invasive finalizzate al mercato e non alla stabilizzazione della specie. Ciò comporta un continuo e preciso bilanciamento tra obiettivo di gestione ecosistemica e interesse economico della pesca. Il primo mira a limitare la diffusione e gli impatti delle specie invasive e a mantenere ecosistemi sani, mentre il secondo richiede il mantenimento delle popolazioni invasive vitali a lungo termine. Ad esempio, la pesca del pesce leone *Pterois miles* può aiutare a controllarne l'invasione, tuttavia, lo sforzo di pesca che aumenta con la manodopera attratta da questa nuova fonte di reddito, potrebbe portare ad una diminuzione della taglia della specie target, andando così a intaccare il valore commerciale iniziale. Per la strategia di sviluppo e gestione commerciale di una specie invasiva si contano le seguenti indicazioni:

- **Studio di sostenibilità** – La gestione della pesca ad una specie invasiva, richiede la conduzione di valutazioni dei rischi e analisi costi-benefici per valutare i rischi ecologici, sociali ed economici, individuare, a priori, target e obiettivi gestionali adeguati;
- **Attenzione effetto boom and burst** – La pianificazione di questa misura dovrebbe considerare i possibili effetti del cambiamento climatico, le grandi variazioni (dinamiche "boom e bust") nella dimensione degli stock di specie invasive e i relativi impatti, soprattutto durante le prime fasi dell'invasione;
- **Definizione delle aree di intervento** – La concezione di un sistema

di gestione spazialmente esplicito e/o di quote di pesca dovrebbe mirare a prevenire i conflitti tra le diverse parti interessate della pesca, in particolare tra i pescatori che hanno accesso e quelli che non lo fanno.

- **Approccio scientifico e tecnologico** – Tematiche su tecnologie di pesca e post-raccolta. Potrebbe essere necessario sviluppare tecniche/attrezzi di pesca e metodi di lavorazione adeguati per sfruttare in modo efficace e selettivo ed evitare catture accessorie o altri impatti sulle specie e sugli habitat autoctoni;
- **Coerenza nella regolamentazione** – Gli obiettivi e le normative di gestione dovrebbero essere coerenti tra i diversi paesi che condividono la stessa risorsa, in alcuni casi si potrebbero istituire licenze per la pesca alle specie invasive, ma in altri casi si dovrebbe preferire l'accesso aperto per mantenere bassa la popolazione.
- **Investimenti adattativi** – Gli investimenti da parte dei governi e dell'industria nella pesca (ad esempio incentivi economici, sovvenzioni) dovrebbero essere economicamente vantaggiosi nel lungo termine per adeguare le azioni di gestione in risposta al cambiamento delle condizioni;

### 3.5 INCORAGGIARE LE CATTURE RICREATIVE

La pesca ricreativa, qui definita come un'attività di pesca non commerciale che sfrutta le risorse acquatiche per scopi ricreativi, turistici o sportivi, può rappresentare uno strumento utile nel controllo delle specie invasive. Anche se potrebbe non essere l'unica soluzione, se implementata come parte di un approccio di gestione integrato, può contribuire al controllo generale e alla mitigazione delle popolazioni di nuovo insediamento. Il caso più noto è probabilmente quello delle invasioni dei pesci leone *Pterois volitans* e *P. miles*. I gestori possono incoraggiare la cattura ricreativa di specie invasive in diversi modi, ad esempio sensibilizzando il pubblico, organizzando gare di pesca e/o adottando regolamenti speciali, ad es. norme più permissive per la pesca dedicata a determinate specie. La strada della pesca ricreativa è purtroppo segnata da esempi poco efficaci, costellata da introduzioni di specie aliene, soprattutto in acque interne. La progettazione della gestione per la raccolta ricreativa delle specie invasive è strettamente collegata alle misure di coinvolgimento degli stakeholder. Infine, i pescatori ricreativi possono contribuire a raggiungere l'eradicazione funzionale in aree vulnerabili e/o di elevato valore ecologico ma di limitata estensione.



È possibile coinvolgere il pubblico nell'eliminazione delle specie invasive attraverso campagne di sensibilizzazione. Tuttavia, la presenza delle specie invasive può anche creare nuove opportunità economiche e ricreative, ad esempio per i club subacquei o i fornitori di servizi nel settore del turismo. Alcune tecniche di pesca ricreativa, in particolare la pesca con l'amo, possono presentare una selettività molto bassa.



FIG. 3.5 Le catture ricreative implicano una serie di regolamentazioni e deroghe che vanno ad incidere sulle limitazioni della pesca non professionale creando varchi normativi (es. pesca con bombole) sfruttabili in modo negativo per altre attività.

Pertanto, potrebbe essere necessario adottare strategie o interventi supplementari per migliorare la selettività. Ciò garantisce la rimozione efficiente delle specie bersaglio riducendo al minimo gli effetti negativi sulle specie e sugli ecosistemi non bersaglio.

Le leggi nazionali possono limitare l'impegno dei pescatori ricreativi nelle attività di abbattimento (ad esempio, la pesca subacquea con attrezzatura subacquea, inclusa quella per il pesce leone, non è consentita in molti paesi). Inoltre, la rimozione da parte dei pescatori ricreativi può essere di portata limitata, fornendo un potenziale rifugio per la specie; ad esempio, i subacquei non possono operare al di sotto di una certa profondità. Il controllo su larga scala dell'intero range invasivo delle specie invasive è solitamente irraggiungibile per la pesca ricreativa. La percezione del pubblico potrebbe mettere in discussione l'attuazione delle azioni di gestione, ad esempio quando si valuta se l'abbattimento sia accettabile, soprattutto per i vertebrati. In alcuni casi, la pesca ricreativa può entrare in conflitto con i pescatori professionisti che sfruttano la stessa risorsa o con altri usi commerciali della zona.

Infine, se la cattura ricreativa di specie invasive genera redditi, come nel settore del turismo, può sorgere un paradosso bioeconomico, come può accadere nella pesca commerciale. Questa misura è appropriata quando le specie invasive possono essere facilmente rilevate e rimosse dai pescatori ricreativi. Importanti fattori abilitanti sono le azioni di sensibilizzazione del pubblico e la possibilità di coinvolgere volontari motivati (anche attraverso ricompense). Qualsiasi potenziale utilizzo delle specie invasive, come nella cucina locale, può fornire ulteriore motivazione per la sua raccolta ricreativa.

La misura quindi necessita l'attivazione delle seguenti pratiche gestionali:

- **Fare rete con altri settori** – Coinvolgere l'industria del turismo e le organizzazioni ricreative, compresi i club di pesca sportiva e quelli subacquei, nella gestione delle specie invasive, garantendo la loro selettività nel prendere di mira le specie invasive;
- **Regolamentazione specifica** – Una volta assicurata la selettività dei metodi di pesca ricreativa, i gestori possono promuovere questa strategia rilasciando licenze specifiche o organizzando gare attentamente progettate insieme a campagne di sensibilizzazione;
- **Internazionalizzazione** – Incoraggiare un'ampia collaborazione tra governi e parti interessate per attuare strategie coerenti in vaste aree geografiche messe in rete;

### 3.6 ESPLORA LE OPPORTUNITÀ DI MERCATO

Questa opzione è considerata prioritaria da una serie di valutazioni e studi di fattibilità relativi a diverse specie invasive. Nuove opportunità di mercato dalla lavorazione delle specie invasive, possono spingere il settore della pesca verso percorsi virtuosi e rappresentare esperienze replicabili. È il caso del Granchio blu in Tunisia, intelligentemente trasformato in polpa in impianti di produzione specializzati e prodotto affermato rapidamente nel paese dopo l'invasione del 2015. La fascinazione per nuovi ingredienti da specie invasive è evidente nei libri di cucina e nei video. Alcuni chef stellati, come Chiara Pavan e la sua cucina ambientale, hanno sposato le materie prime provenienti dalla laguna e dalle bioinvasioni. La medusa nativa in bioinvasione *Rhizostoma pulmo* e *Rapana venosa*, Gasteropode alieno del Mar del Giappone rappresentano delle specialità da tempo inserite in un menù dedicato alla valorizzazione di "specie problematiche". Talvolta, ed è il caso delle meduse e dei crostacei, non è la filiera del consumo alimentare quella più vantaggiosa per il settore. L'accumulo di rifiuti nelle industrie di trasformazione sviluppate per le specie invasive, se non gestito, può anche creare il rischio di contaminazione e inquinamento dei corsi d'acqua, del suolo e dell'aria locali. Nell'ambito dello sbarcato degli scarti - attività da sempre ostacolata dal settore in ambiti di filiere vergini e non ancora in grado di "plasmare" il settore già emarginato dal mercato dei prezzi (e dei guadagni) della sua merce giunta al consumatore finale. Collagene e Chitina rappresentano voci importanti nel campo della nutraceutica, soprattutto quando le bioinvasioni portano questi prodotti a chilometro zero.

Lo sviluppo di nuove opportunità di mercato per le specie invasive aiuta l'industria della pesca a modificare l'intera catena del valore, con un aumento dei prezzi e della domanda per le specie. Un primo gap di questa misura che ne determina l'applicabilità è l'avvio dell'autoconsumo e la sua diffusione tra le comunità locali. L'idea affascinante che una bioinvasione possa essere controllata mediante l'utilizzo alimentare o come materia prima finalizzata a scopi biomedicali, può guadagnare popolarità tra il grande pubblico, le agenzie governative, i gruppi ambientalisti e i media. I mercati esistenti, compresi i mercati esteri e le tradizioni consolidate dove le specie ex invasive sono diventate native, ad esempio *Ruditapes philippinarum*, aiutano i consumatori ad accettarle come fonte di cibo. L'assenza di tradizioni culturali potrebbe inizialmente mettere a dura prova il consumo locale di specie invasive. Le persone sono intrinsecamente conservatrici nelle preferenze alimentari e hanno una tendenza

generale a non amare i nuovi cibi. La neofobia e l'immagine negativa delle specie invasive, e la preoccupazione associata per la sicurezza alimentare, sono vincoli comuni in questo tipo di misure.

Se integrato nel cibo tradizionale, il mercato delle specie invasive sostiene la pesca e ne migliora anche le prospettive economiche compensando le perdite potenziali dovute alla riduzione delle specie native. Nel caso di *Portunus segnis*, il già citato Granchio blu di Gabés, i redditi della pesca generati da un'invasione possono essere addirittura superiori a quelli pre-invasione soprattutto se già sussisteva uno stato di crisi; tuttavia, questi maggiori redditi potrebbero non sempre arrivare ai pescatori qualora questi non adeguatamente propensi a collaborare con le nuove filiere. In alcuni casi, la legislazione può imporre limiti all'uso o al consumo di specie. Secondo la normativa UE, qualsiasi alimento che non sia stato consumato "in modo significativo" prima del maggio 1997 è considerato un nuovo alimento, che può essere commercializzato solo dopo una specifica valutazione del rischio effettuata dall'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA).

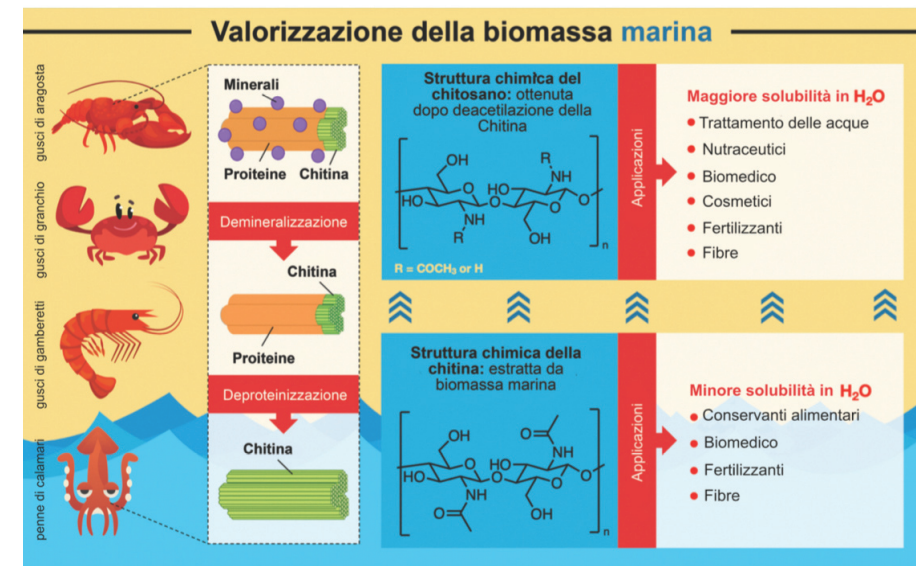


FIG. 3.6 Nell'ambito delle opportunità di mercato delle bioinvasioni, è importante valutare le alternative alla filiera del prodotto. In particolare lo scarto del carapace dei Crostacei si presta a utilizzi nobili laddove vi fosse interesse nelle filiere esistenti, anche non necessariamente italiane o regionali locali. Certo è che la preesistenza di infrastrutture di stoccaggio o di primo trattamento della materia prima potrebbe permettere un cambio epocale rispetto alla scarsa propensione adattativa del settore.

In effetti, potrebbero sorgere alcuni problemi nella promozione di specie invasive per il consumo umano quando esistono potenziali rischi per la salute. Ad esempio, sono state evidenziate alcune sfide in termini di sicurezza alimentare per il pesce coniglio *Siganus sp.* invasivo nell'Atlantico a causa del rischio di tossina ciguatera.

Il maggior valore e lo sfruttamento commerciale delle specie invasive, ancor più se dal settore alimentare, si passa a quello industriale di estrazione, può fornire opportunità di gestione ma allo stesso tempo creare quello che viene definito *paradosso bioeconomico*, vale a dire attivazione di incentivi per mantenere popolazioni vitali di specie invasive e quindi ritenute dannose, per assicurare in continuità la loro commercializzazione.

Le specie invasive commerciali possono creare una risorsa preziosa per le parti interessate al mantenimento se non addirittura alla loro diffusione. Le opportunità di mercato possono promuovere la crescita non regolamentata di un'attività di pesca, compresa la pesca illegale. I sussidi alla pesca e i profitti legati alla diffusione delle specie invasive possono essere distribuiti in modo non uniforme e a scopi opposti (vd. *paradosso*

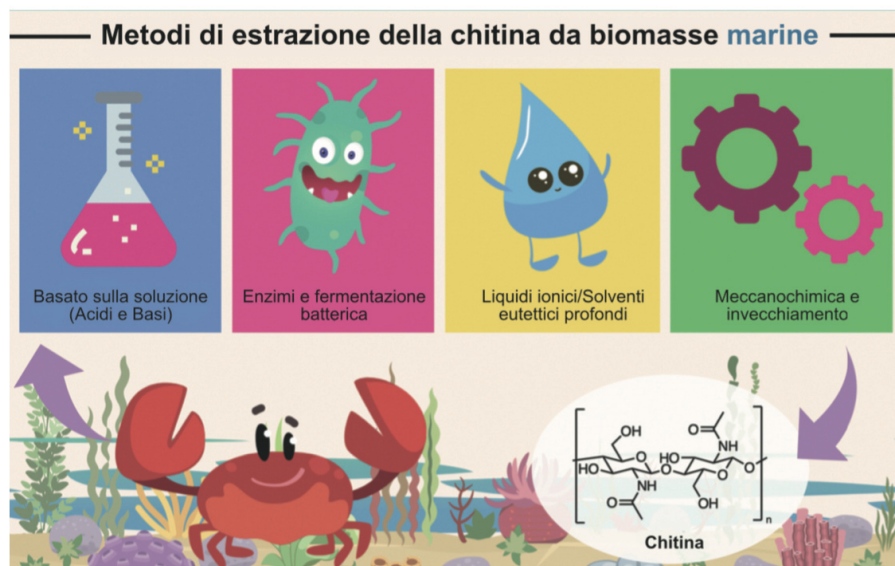


FIG. 3.7 Nella fase preliminare è importante l'analisi del territorio produttivo ad individuare possibili stakeholder operanti in analoghi processi produttivi che utilizzano tecniche estrattive utilizzabili. Linee produttive esistenti, sebbene rivolte ad altre materie prime, faciliterebbero i processi di sviluppo della marineria.

*bioeconomico*) lungo la catena del valore, generando conflitti all'interno del sistema di pesca. Sviluppi spesso imprevedibili che possono comportare elevati valori di mercato e possono generare conflitti tra i pescatori, come nel caso del Granchio Reale rosso (*Paralithodes camtschaticus*) nel Mare di Barents. Infrastrutture inadeguate e grande distanza tra mercati e punti di approdo possono, in alcuni casi, limitare la commercializzazione di grandi quantità di specie invasive.

Alcune considerazioni riepilogative possono indirizzare su questo genere di misure di approccio alle specie invasive:

- **Sicurezza ambientale e sicurezza alimentare** – Considerare i rischi della raccolta per l'ambiente acquatico, la salute umana e la sicurezza prima di incoraggiarne la cattura su vasta scala;
- **Compatibilità delle normative (NOVEL FOOD)** – Esplorare ogni possibile utilizzo delle specie invasive compatibile con la normativa vigente;
- **Cultura locale** – Tenere conto delle tradizioni locali quando si promuovono le nuove specie a livello locale;
- **Esplorare filiere non locali** – I prodotti da specie invasive possono sfruttare le opportunità del mercato globale;
- **Economia degli scarti** – Considerare attentamente gli impatti ambientali delle industrie di trasformazione e sviluppare sistemi di economia circolare (ad esempio, sviluppando fertilizzanti organici utilizzando i rifiuti organici delle industrie di trasformazione);
- **Superare la neofobia** – L'educazione e la consapevolezza pubblica possono superare la neofobia con adeguate azioni di informazione;
- **Sensibilizzazione** – Le tecniche e le pratiche per utilizzare/consumare le nuove specie possono essere divulgate attraverso i media, ad es. ricette condivise attraverso programmi TV, siti web, social media, riviste e libri di cucina;
- **Governance equa** – Sviluppare programmi e politiche nazionali e regionali per sostenere questa misura evitare una distribuzione iniqua delle risorse per prevenire la possibilità di conflitti;
- **Diversificazione di utilizzo** – La ricerca e lo sviluppo dovrebbero esplorare ogni possibile modo di utilizzare i nuovi prodotti, non solo come fonte di proteine. Questa strategia di approccio può aprire nuove opportunità di gestione delle specie invasive non commerciali.

### 3.7 IMPLEMENTARE PROGRAMMI DI SENSIBILIZZAZIONE

Sensibilizzare ed educare il pubblico sulla presenza, sui rischi e sui potenziali usi degli specie invasive è una delle misure più importanti per la loro gestione e può essere applicata in diversi contesti ecologici, legali, amministrativi, politici e socioeconomici. Ciò è confermato anche dai risultati dell'indagine, dove la mancanza di consapevolezza, comprensione, dialogo e accettazione tra i pescatori ha rappresentato la sfida più citata nella gestione delle specie invasive. Allo stesso modo, l'educazione e la consapevolezza sono state le migliori pratiche più citate per la gestione delle specie invasive sia nei sistemi di acqua dolce che marini. Campagne di comunicazione efficaci sono un alleato necessario per la gestione delle specie invasive e possono essere realizzate attraverso diversi mezzi, dai tradizionali materiali stampati esposti in luoghi appropriati (ad esempio porti di pesca) agli incontri pubblici, programmi televisivi, giornali e social media.

La consapevolezza è fondamentale anche per garantire l'accettazione pubblica degli interventi di gestione, il coinvolgimento del settore della pesca in tali interventi di gestione e per ridurre la neofobia e i rischi associati alle invasioni.

Messaggi negativi o incompleti associati alle specie invasive possono amplificare la neofobia, ostacolando l'uso commerciale di queste specie – ad esempio, solo pubblicizzare che il pesce leone ha spine velenose senza fornire informazioni sui modi corretti per maneggiare e consumare in sicurezza il pesce può ostacolarne il consumo.

L'interesse e la ricettività dei media nazionali sulla questione delle specie invasive sono di fondamentale importanza. Le campagne basate sui social media possono anche facilitare il raggiungimento dei pescatori e del pubblico in generale. Un buon livello di istruzione tra i gruppi della comunità è vantaggioso. Le azioni partecipative, come la raccolta di conoscenze ecologiche locali, aiutano a migliorare il dialogo con le comunità locali, in particolare tra i pescatori locali e gli enti di gestione o i ricercatori.

Raccomandazioni chiave:

- **Individuare le direzioni prioritarie delle sensibilizzazioni** – Identificare il pubblico prioritario per i programmi di sensibilizzazione (ad esempio pubblico in generale, pescatori locali e altre parti interessate, decisori, gruppi ambientalisti).
- **Definire messaggi chiave su criticità e punti di forza** – Ribadire regolarmente i messaggi chiave per garantire risposte adeguate ed efficaci.

- **Citizen science** – Incoraggiare i gruppi target a segnalare gli avvistamenti di specie invasive; Tali iniziative, spesso realizzate attraverso i social media, possono essere molto efficaci per “imparare facendo”, creando esperienze autentiche e durature alleanze con i pescatori.

### 3.5 PROMUOVERE IL COINVOLGIMENTO DELLE PARTI INTERESSATE

Il coinvolgimento dei pescatori locali e dei volontari è spesso citato come una delle misure chiave per affrontare le specie invasive. I pescatori locali possono essere coinvolti secondo diversi obiettivi e strategie dall'individuazione precoce delle specie occasionali al monitoraggio e alla gestione partecipativa delle fasi di distribuzione delle specie con l'aumento delle osservazioni. Le azioni possono includere la raccolta di conoscenze ecologiche locali (LEK), il coinvolgimento dei cittadini nel monitoraggio delle specie invasive, la rimozione attiva delle specie invasive incoraggiando la raccolta ricreativa e formazione sul riconoscimento delle specie e dei parametri di controllo dei cambiamenti.

Il coinvolgimento di pescatori e volontari nella raccolta di informazioni può facilitare il rilevamento precoce delle specie invasive e migliorare la conoscenza sulla distribuzione delle specie, sulle tendenze e sul comportamento delle popolazioni. Lavorare insieme alle comunità locali genera anche partenariati e consapevolezza. Le informazioni fornite dai pescatori locali possono contribuire in modo sostanziale all'individuazione precoce di nuove introduzioni e servire come base per consigli chiave su come, dove e quando affrontare la rimozione mirata. Questa misura è resa possibile da fattori quali i rapporti preesistenti e duraturi tra gli enti di gestione o i ricercatori con i pescatori locali; convergenza degli obiettivi gestionali; un buon livello di educazione e consapevolezza tra i pescatori locali; dialogo e partenariato tra le parti interessate; e le specie invasive facili da identificare e che interagiscono fortemente con le attività di pesca.

Gli incentivi economici possono rafforzare ulteriormente il coinvolgimento delle parti interessate.

- **Gemellaggi e partenariati** – Costruire la fiducia attraverso collaborazioni efficaci con partner motivati;
- **Coesione e priorità dei locali** – Quando si ottengono informazioni LEK, considerare i pescatori locali come esperti;



- **Obiettivi semplici** – Sii realistico e pratico, inizia in piccolo con obiettivi “facili”, non sovraccaricarti volontari;
- **Interazione con la pesca** – Stabilire una strategia di comunicazione adeguata e un linguaggio comune da costruire ponti con i pescatori locali;
- **Internazionalizzazione** – Agire a livello locale, ma considerare che questa misura può estendersi ad un territorio geografico di più ampia portata (ad esempio coinvolgendo diverse aree e paesi) che può essere raggiunta con un adeguato coordinamento.

### 3.9 NON FARE NULLA

Oltre a tutte le misure sopra menzionate, un’opzione quando si ha a che fare con le specie invasive oramai stabili è non fare nulla. In alcuni casi, l’approccio del non fare nulla si è classificato ai primi posti tra le opzioni di gestione, probabilmente a causa della sua accettabilità percepita e dell’assenza di costi di intervento. Nel sondaggio degli esperti, nel 21% dei casi segnalati è stata scelta la strategia del non fare. Optare per il non intervento nella gestione non implica che non accadrà nulla. Ad esempio, nel Mar Mediterraneo orientale è emersa un’intensa attività di pesca del pesce coniglio (*Siganus spp.*), dove i pesci coniglio invasivi sono diventati una risorsa ittica significativa. Sorprendentemente, questa pesca ha prosperato senza ricevere alcun sostegno come mezzo per controllare l’invasione.

Tuttavia, è importante chiarire che l’approccio del non fare non è consigliabile nei casi in cui una qualsiasi delle altre misure è fattibile, poiché un approccio precauzionale implica non rinviare misure economicamente vantaggiose per prevenire il degrado ambientale.

Non fare nulla e aspettare che le specie invasive diminuiscano, o che la pesca locale si adatti spontaneamente all’invasione, sarebbe la scelta più semplice e meno costosa per controllare le specie invasive in determinati contesti.

Le invasioni non gestite possono produrre impatti irreversibili sui sistemi ecologici, inclusa l’estinzione delle specie autoctone. La pesca non gestita può essere più vulnerabile alle specie invasive ed è più spesso soggetta a perdite economiche e conflitti.

In alcuni casi la popolazione invasiva è diminuita spontaneamente, dopo una fase iniziale di crescita, senza intervento umano. Un caso ben noto ha coinvolto le popolazioni di alghe *Caulerpa taxifolia*, che sono improvvisamente scomparse in diverse aree del Mediterraneo dopo un lungo

periodo di rapida espansione. Queste dinamiche di espansione e contrazione rappresentano un fenomeno ben noto ma imprevedibile nella biologia delle invasioni.

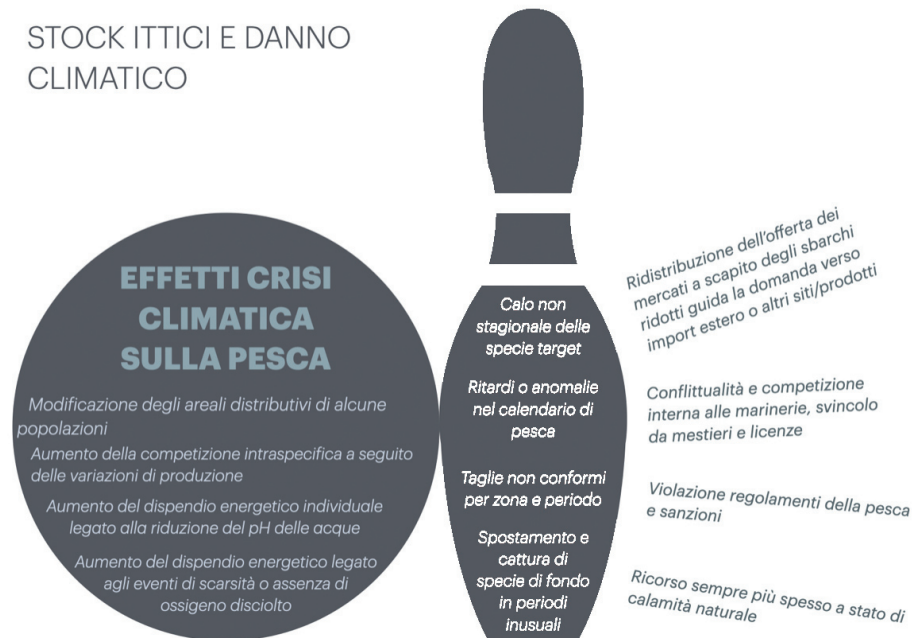
- L’opzione del “**non fare nulla**” dovrebbe essere considerata con cautela e dovrebbe essere adottata solo dopo un’attenta considerazione e analisi dei rischi, dei costi e dei benefici di altre potenziali misure di gestione.

In ogni caso, sia l’impatto ecologico che quello socioeconomico delle invasioni non gestite dovrebbero essere attentamente studiati e monitorati per comprendere le conseguenze dell’invasione.

## NUOVE AREE CALDE DI PESCA

Nella redazione di piani di gestione adattiva della pesca, diventa prioritaria quindi l'attenzione alle componenti dello scenario produttivo e alle interferenze chiaramente riscontrabili dallo sbarco di "specie strane" ancorché invasive nel numero e nella loro influenza sulle specie target consuetudinarie. Diventa importante considerare le prime avvisaglie dei cambiamenti, e per certe aree del paese come per l'alto Adriatico e Granchio Blu siamo già oltre... considerare con nuova attenzione le osservazioni sullo sbarcato, le giornate efficaci con cui misurare lo sforzo effettivo, la biomassa – tutta! – sbarcata. Da un approccio alla crisi climatica, partendo pure dallo scenario delle specie invasive, si inizierebbe un percorso di caratterizzazione di quella che è l'attuale rappresentazione della pesca nei suoi da sempre contestati descrittori. La figura aiuta a comprendere come la crisi climatica nella corsa all'adattamento delle specie, in parti-

### STOCK ITTICI E DANNO CLIMATICO



colare quelle oggetto di pesca, possa entrare prepotentemente direttamente nei nodi strutturali che reggono l'equilibrio instabile del prodotto sbarcato. In sintesi, qui vengono evidenziati alcuni effetti della crisi climatica su quelle che sono le interazioni tra popolazioni di specie target ed il loro ciclo vitale in una particolare e specifica porzione di ambiente marino. È anche abbastanza evidente che gli effetti oltrepassano l'attività di prelievo nelle aree di pesca e risalendo la filiera verso il mercato fino al consumatore locale, ne altera la domanda e va a ricombinare l'offerta in un panorama frammentario di disponibilità che mutua nel tempo.

### 4.1 RICADUTE SULLA PESCA E RISPOSTE GESTIONALI ALLA CRISI CLIMATICA

La tabella 4.1 può essere considerata una prima raccolta di elementi caratterizzanti una marineria media italiana con il suo fardello cronico di criticità implementato con azioni che a breve termine peggiorano le condizioni operative del settore.

TAB.4.1 FATTORI CONNESSI ALLA CRISI CLIMATICA CHE INCIDONO SULLA PESCA E MITIGAZIONI DA ATTUARE SECONDO FATTIBILITÀ DEL SETTORE PESCA (II COLONNA)	
<b>Cambiamenti del livello del mare, inondazioni e ondate</b>	Difese fisiche nuove/migliorate; infrastrutture verdi e ripristino degli habitat; ritiro/alloggio gestito; riabilitazione e risposta alle catastrofi; gestione integrata delle coste; sistemi di allerta precoce e istruzione
<b>Aumento fattori rischio della pesca</b>	Sistemi di allarme meteorologico; miglioramento della stabilità/sicurezza/comunicazioni della nave; assicurazione patrimoniale; formazione del pescatore
<b>Cambiamento nella distribuzione degli stock</b>	Facilitare la mobilità delle flotte, dei mercati e delle reti di distribuzione; attuare schemi flessibili di allocazione e accesso, in particolare per gli stock transfrontalieri
<b>Cicli di espansione e contrazione degli stock marini di piccoli pelagici influenzati dal clima</b>	Misure di gestione su misura per sfruttare l'abbondanza irregolare (ad esempio specie alternative per rifornire i conservifici); protezione dei principali riproduttori
<b>Disagi sociali/nuovo afflusso di pescatori oppure decrescita della categoria</b>	Sostenere/sviluppare le istituzioni di gestione locali; diversità di mezzi di sussistenza
<b>Oscillazioni nella resa</b>	Diversificare i mezzi di sussistenza; implementare programmi assicurativi; promuovere quadri di gestione adattiva
<b>Resa ridotta</b>	Accedere a mercati di valore più elevato; spostare/ampliare le specie target; diminuire la capacità/lo sforzo di pesca; ridurre i costi/aumentare l'efficienza; diversificare i mezzi di sussistenza; uscire dalla pesca
<b>Punto di non ritorno ecologico raggiunto a causa del cambiamento climatico e del conseguente cambiamento nell'abbondanza e nel mix di catture</b>	Garantire il mantenimento di popolazioni sane di specie target, azioni di diversificazione su nuove specie

Certamente le marinerie non rappresentano una condizione ideale per fronteggiare gli effetti della crisi climatica, né tantomeno essere in grado da sole, di reagire in modo efficace ad una bioinvasione. Lo si vede anche dalle ultime bioinvasioni *Rhizostoma pulmo* e *Callinectes sapidus*, peraltro scatenate da specie native e non alloctone o addirittura aliene.

**TAB.4.2 ESEMPI DI CRITICITÀ DA SUPERARE MEDIANTE APPROCCI STRATEGICI FINALIZZATI ALLE STRATEGIE DELLA II COLONNA**

LIVELLI DI CRITICITÀ DA SUPERARE	ELEMENTI DI APPROCCIO DA SVILUPPARE NELLE MARINERIE
<b>Incertezza nelle risposte della pesca al cambiamento climatico, nelle azioni appropriate e nei costi dell'azione o dell'inazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prove di buone pratiche (ad esempio rapporti della FAO) per sensibilizzare e convincere i governi</li> <li>• Analisi costi-benefici per dimostrare i benefici dell'agire e i costi del non agire</li> <li>• Dimostrare le opportunità che esistono nonostante queste incertezze</li> </ul>
<b>Mancanza di condizioni abilitanti per l'azione collettiva (ad esempio mancanza di dati, legislazione)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppare tecniche per la pesca povera di dati e facilitarne l'adozione</li> <li>• Sviluppare/applicare metodologie per la valutazione degli stock di pesca con dati scarsi</li> <li>• Attuare politiche di gestione a lungo termine (ad esempio un approccio ecosistemico alla pesca)</li> <li>• Affrontare le disuguaglianze all'interno del settore della pesca che impediscono la capacità dei gruppi di lavorare insieme</li> </ul>
<b>Inerzia nella valutazione della pesca (spesso dovuta alla mancanza di dati o alla riluttanza a utilizzare modelli ecosistemici o altri approcci)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementare valutazioni della strategia di gestione e/o approcci bioeconomici laddove siano disponibili le risorse e le capacità necessarie</li> <li>• Sensibilizzare e promuovere approcci alla pesca carenti di dati (come quelli basati su indicatori)</li> <li>• Classificazione per livelli delle valutazioni per riconoscere l'incertezza attorno alle valutazioni</li> <li>• Ricerca su come integrare efficacemente il clima nel processo di valutazione affinché diversi metodi (e l'incertezza coinvolta) forniscano una guida pratica e replicabile</li> </ul>
<b>Orizzonti di pianificazione brevi che limitano la capacità o il desiderio dei gruppi di stakeholder di impegnarsi nella pianificazione climatica a medio e lungo termine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valorizzare i miglioramenti di status e i benefici della pesca in modo che le parti interessate si trovino in migliori condizioni sociali ed economiche e siano più capaci di far fronte ai cambiamenti climatici</li> </ul>
<b>Isolamento tra esperti (mancanza di collaborazione e condivisione dei dati)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostenere lo scambio di conoscenze e la collaborazione tra discipline (ad esempio scienziati biologici e sociali) e settori della pesca</li> <li>• Facilitare una visione sistematica (in modo da poter trarre vantaggio dai vincitori del clima e ridurre al minimo i perdenti)</li> </ul>
<b>Volontà politica, compreso uno sfasamento temporale tra le agende politiche e il cambiamento climatico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prove di buone pratiche per sensibilizzare il governo</li> <li>• Analisi costi-benefici per dimostrare i benefici dell'agire e i costi del non agire</li> <li>• Coinvolgimento attivo delle parti interessate per generare pressione politica all'azione</li> </ul>
<b>Inerzia istituzionale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coinvolgimento attivo delle parti interessate per generare pressione politica all'azione</li> <li>• Sensibilizzare la comunità più ampia per fare pressione sui politici affinché agiscano</li> <li>• Aumentare la consapevolezza che anche l'inazione comporta dei costi</li> </ul>
<b>I tempi di modifica strutturale legale possono essere limitanti a causa del tempo richiesto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avere azioni nella politica o nei regolamenti che siano più flessibili delle leggi</li> <li>• Formulare leggi con la flessibilità necessaria per consentire una varietà di risposte gestionali al cambiamento climatico, in modo che le leggi stesse non debbano essere modificate (richiede l'analisi del sistema legale per preparare e identificare gli ostacoli)</li> <li>• Progettare regimi giuridici che siano reattivi ai cambiamenti guidati dal clima</li> </ul>
<b>Modifiche ai diritti di proprietà/accesso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gli accordi transnazionali possono facilitare l'azione nazionale</li> <li>• Sviluppare accordi transfrontalieri o multigiurisdizionali per facilitare l'azione regionale</li> <li>• Prevenire il verificarsi di una crescente disparità tra vincitori e perdenti sul clima</li> <li>• Uso esplicito di linguaggio e metodi basati sul rischio per evidenziare costi e benefici dell'azione</li> </ul>
<b>Limitazioni delle risorse per migliorare la capacità di adattamento della pesca</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impegno attivo con gli enti che finanziano l'adattamento climatico (come il Fondo verde per il clima, la Banca mondiale, il Fondo globale per l'ambiente) per riconoscere la necessità di risorse per adattare la gestione della pesca</li> </ul>

A questo livello si intende misurare le capacità attese a reagire in termini gestionali alle criticità ambientali in quanto il sottrarsi ad anche minimi effetti di questi fenomeni appare impossibile se valutiamo le interazioni tra mondo produttivo, ambiente e quindi servizi ecosistemici in dinamica modificazione.

La tabella 4.2 mette quindi in relazione reciproca le minacce alla sostenibilità economica e le azioni possibili da maturare in seno alla sostenibilità sociale di un determinato settore produttivo. In una evoluzione del quadro generale, possono emergere le criticità che nella seconda colonna aiutano a declinare o suggerire delle risposte alla massa critica delle problematiche del settore in uno specifico territorio. I livelli di criticità sono rappresentati soprattutto da una governance non matura. È il caso di ristabilire i rapporti di interazione tra stakeholder, invero spesso autoreferenziati e limitati alle problematiche di singole realtà. La crisi climatica richiede una visione di scala in grado di equilibrare gli scenari ripercorrendo e selezionando le interazioni che li collegano. Approccio che va affrontato adesso che le bioinvasioni sono appena due per evitare di inseguirne passivamente gli effetti. Già ricombinando le voci delle tabelle in una scala di priorità, condivisa nei tavoli di concertazione del settore, si è in grado di individuare dei possibili target gestionali finalizzati alla mitigazione della crisi climatica e misurare ad esempio il grado di reazione di una marineria alle bio-invasioni o altre eccezionalità che si sono compattate nell'ultimo decennio.

Più volte è stata ribadita la difficoltà di interazione del settore con una governance efficace, o quantomeno a costituire una base su cui impostare una gestione al passo con le velocità che oramai l'ambiente costringe a subire. Anche la resilienza più efficace di un qualsiasi settore della pesca diventa resistenza inefficace di fronte alla capacità di adattamento fin qui osservata da habitat, popolazioni, ecosistemi marini in veloce transizione.

## 4.2 SOVRAPESCA CLIMATICA

Nella scienza della pesca, esiste un concetto strettamente correlato di Bo, biomassa non pescata in equilibrio (spesso prima della pesca). Pertanto, i cambiamenti previsti nella biomassa ittica sfruttabile possono essere ampiamente concettualizzati come le fluttuazioni attorno a un Bo aggregato modulato dai cambiamenti climatici. Queste proiezioni hanno conseguenze importanti per la produzione potenziale e gestione della pesca.

Ad esempio, ed è il caso in cui le modificazioni climatiche diventano importanti stressori dell'ecosistema, se la biomassa non pescata diminuisce e se i tassi di mortalità per pesca sono a livelli coerenti con la resa massima sostenibile (MSY), anche le catture della pesca potrebbero diminuire e il livello previsto di Busy (che è circa la metà di  $B_0$ ) sarebbe inferiore. La conoscenza di come  $B$  può cambiare, potrebbe essere finalizzata a differenziarla e quantificarla rispetto a scenari di impatti diretti, es. sforzo di pesca e quelli indiretti dei servizi ecosistemici fortemente modificati dalla crisi climatica in ambito locale scoprendo proprio qui gli effetti di scala con ordini di grandezza (10X o 100X). L'analisi alla fine individua un ordine di importanza degli impatti raggiunti dai settori e mestieri di una particolare zona. Sarebbe ridefinire una visione della pesca e del suo impatto sulle stesse risorse da cui dipende come settore produttivo e come comunità, ma anche probabilmente individuare in questo confronto la forte disparità tra la capacità stressoria della crisi climatica sui servizi ecosistemici di cui le specie invasive rappresentano uno degli effetti. In sostanza, i cambiamenti climatici interferiscono sulle modalità di calcolo dello sforzo, della biomassa disponibile, della resa massima sostenibile rendendoli poco coerenti con piani di gestione, sviluppo locale, regolamenti e deroghe figli di scenari, di dinamiche socio ambientali che appartengono ad una lunga storicità appena perturbata nell'ultimo decennio.

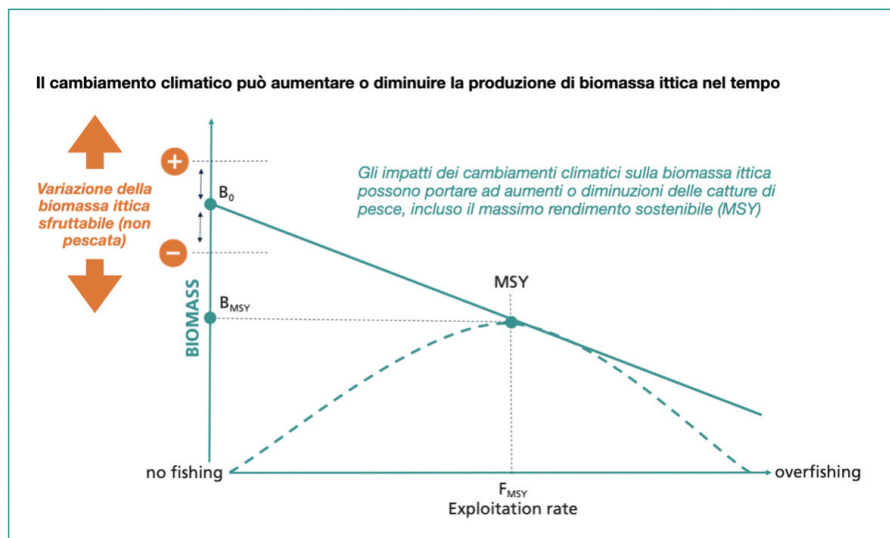


FIG.4.1 Curva MSY che si modifica con l'introduzione di parametri correttivi della crisi climatica.

### 4.3 IMPATTO DEL CLIMA SULLA PESCA

Proseguendo l'analisi ambientale degli impatti del clima sulla pesca, va considerata l'interazione che lega gli stressori del clima alla disponibilità produttiva delle zone di pesca. In un ambito di valutazione della sostenibilità ambientale del settore pesca, l'interpretazione di questi descrittori potrebbe rappresentare una valida chiave di lettura e di interpretazione del peso complessivo della pesca su una determinata area e su un determinato servizio ecosistemico asservito all'attività produttiva. In tabella 4.3 nella prima colonna vengono elencati in serie alcuni fattori ritenuti effetti della crisi climatica e causa delle bioinvasioni. Nell'intreccio di questi descrittori che ovviamente assumono pesi ed importanza diversi, vengono esaminati i possibili impatti sulla pesca, mentre nell'ultima colonna

TAB.4.3 STRESSORI DEL CLIMA SULL'ECOSISTEMA ED EFFETTI SULL'ATTIVITÀ DI PESCA		
EFFETTI STRESSORI DEL CLIMA	IMPATTI	ALERT AMBIENTALI (ZONE DI PESCA)
Temperatura annuale superficiale	Modificazioni fenologia specie marine	Modifiche nella stagionalità e successione delle popolazioni ittiche e necton in generale
Riduzione del pH delle acque marine	Difficoltà per le specie con parti calcificate (in particolare stadi larvali)	Calo nei cicli di crescita specie che utilizzano carbonato di calcio (larve planctoniche) Echinodermi, Molluschi, ma anche taglia pesci
Possibile maggiore stratificazione della colonna d'acqua, che ne ostacolerebbe il rimescolamento	Riduzione della produzione primaria e parziale aumento dell'importanza dei cicli legati ai batteri (con biomassa non utilizzabile nelle catene trofiche di specie ittiche) Impatto negativo produzione primaria	Effetto del termoclino sulla catena trofica es. movimenti importanti delle aree di Gamberi (batimetrie) e Planctonofagi (allontanamenti/avvicinamenti dalla costa)
Riduzione delle precipitazioni piovose e delle portate annue dei corsi d'acqua dolce	Variazione della produzione primaria e secondaria con riduzione della biomassa delle specie commerciali	Rarefazione delle "mangianze" e delle aggregazioni novellame
Variazione delle condizioni fisico-chimiche delle acque con conseguente diminuzione della produttività del fitoplancton	Modificazione della produzione secondaria con riduzione della biomassa delle specie commerciali	Rarefazione delle "mangianze"
Aumento della frequenza e durata degli eventi di scarsità o assenza di ossigeno gassoso in soluzione nelle acque di fondo	Possibili incrementi delle aree e degli eventi di morie di organismi bentonici, maggiore consumo fisiologico per gli animali presenti sul fondo Possibile estensione delle aree di fondo con H <sub>2</sub> S nell'acqua (tossico per gli organismi aerobici)	Morie e spostamenti di specie di fondo
Mutamenti nella circolazione delle masse d'acqua marina	Sfasamento spaziale dell'attività di pesca	Modifiche nella stagionalità e successione delle popolazioni ittiche e necton in generale



gli impatti vengono tradotti in segnali di crisi naturali per essere colti dagli operatori, ma anche per un confronto relativo alla sostenibilità ambientale di una determinata marineria.

In chiave di sostenibilità, con analogo ragionamento, la tabella 4.4 rappresenta gli effetti della crisi climatica in una ipotetica sostenibilità economica misurata con dei descrittori influenzati dall'arrivo di nuove specie invasive o, per tentare di includere il fattore climatico come causa di una invasione, con dei descrittori ricercati tra gli effetti della crisi direttamente sulle specie native e/o stock ittici.

TAB.4.4 STRESSORI DIRETTI SUGLI ORGANISMI MARINI (CROSTACEI, MOLLUSCHI, PESCI) ED EFFETTI SULL' ATTIVITÀ DI PESCA		
EFFETTI INTERSPECIFICI NEI GRUPPI ANIMALI OGGETTO DI PESCA	IMPATTI	ALERT AMBIENTALI (AREE-HABITAT)
Cambiamento della composizione specifica dei teleostei, elasmobranchi, molluschi e crostacei Decapodi delle varie sottoaree	Cambio della struttura della comunità, con effetti sulla composizione del pescato	Anomalie tra gruppi e sostituzioni di specie in habitat specifici
Creazione di nuovi rapporti di competizione o cooperazione tra specie "residenti" e "invasive"	Possibile aumento della competizione con specie commerciali	Ricombinazione dei rapporti di competizione interspecifici con specie NIS
Mutamento delle catene trofiche, strutturale o legato ad occasionali "esplosioni" di specie opportuniste	Riduzione di specie target della pesca, incremento di nuove specie, cui il mercato potrebbe non essere "pronto"	<i>Burst and burn</i> sempre più marcati (bioinvasioni anche di specie native)
Introduzione di nuove malattie e patogeni	Riduzione delle risorse disponibili per la pesca	Parassitosi e morie, nuove malattie

## 4.4 IL DOMANI DELLA PESCA

A livello planetario è previsto che il potenziale massimo totale di cattura che può essere sostenuto dagli ecosistemi marini diminuirà nelle zone economiche esclusive (ZEE) del mondo per gli effetti cambiamento climatico in atto. Questo calo oscillerà tra il 7,0 e il 12,1%. In uno scenario "business as usual" con elevate emissioni di gas a effetto serra (GHG) e 2,8-5,2% in uno scenario a basse emissioni di gas serra. Ovviamente trattandosi di un dato globale, questi cambiamenti saranno distribuiti in modo non uniforme in tutto il pianeta. Gli impatti maggiori sono attesi ai tropici, mentre nelle regioni alle latitudini settentrionali il potenziale di cattura dovrebbe diminuire di meno, e addirittura aumentare. Le proie-

zioni considerano due possibili percorsi futuri nell'ambito scenari contrastanti elaborati dal GICC (Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici). Le perdite di fine secolo sono notevolmente ridotte nello scenario a basse emissioni che prevede un riscaldamento globale di 1,5–2,0 °C; i cambiamenti si stabilizzano tra nessun cambiamento e una diminuzione < 10% in 178 paesi e territori. Nonostante queste previsioni relativamente disastrose, dovrebbe essere possibile per molte attività di pesca in tutto il mondo, mitigare questi impatti attesi e continuare a ricostruire e migliorare rispetto allo status quo, oltre a continuare a beneficiare dei vantaggi ed opportunità. Le stime partono da considerazioni economiche, o meglio, chi spinge su questo tipo di valutazioni sono i *fu-tures* e la possibilità di investire con gli stock ittici da parte delle principali multinazionali della pesca.

TAB.4.5 BIOMASSE IN MEDITERRANEO SECONDO 2 SCENARI				
	2050		2100	
	Scenario SSP1-2.6	Scenario SSP5-8.5	Scenario SSP1-2.6	Scenario SSP5-8.5
SPAGNA	-11,7	0,3	-12,4	-22,7
FRANCIA	-5,6	-7,8	-6,2	-23,1
ITALIA	10,7	-1,4	12,4	-17,8
CROAZIA	-7	-7,3	-13,6	-24,6
ALBANIA	10,3	4,7	11,3	-33,7
GRECIA	12,8	-0,2	10,7	-21,8
TURCHIA	-4,8	-3,9	78,5	47,4
CIPRO	18,4	2,8	20,5	-18,6
SIRIA	11,5	-0,4	10,4	1,1
LIBANO	15,3	7,8	19	7,4
ISRAELE	14,5	4,9	19,8	2,1
EGITTO	16,5	0	18,2	-17,4
MALTA	3,8	0,5	8,9	-21,8
LIBIA	5,3	-0,3	7	-24,6
ALGERIA	-4,5	-0,7	-9,7	-15,7
TUNISIA	0,9	-4	-0,3	-22,5
MAROCCHO	2,8	15,9	-9,4	17,7

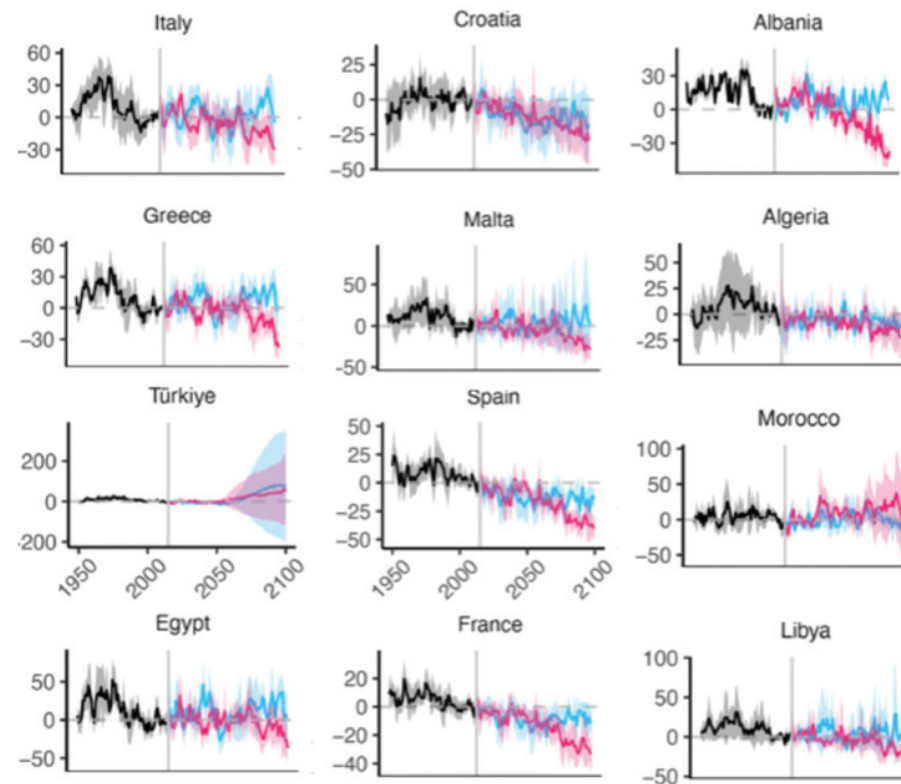
**Scenario 1) SSP1-2,6** rappresenta lo scenario a "basse emissioni" con l'obiettivo di zero emissioni nette dopo il 2050 e temperature inferiori a 2 °C riscaldamento atmosferico globale entro il 2100.

**Scenario 2) SSP5-8,5** rappresenta lo scenario ad "emissioni elevate" con le emissioni che continuano a crescere per poi raggiungere il picco prima della fine del secolo e che porterà a oltre 4 °C di riscaldamento atmosferico globale entro il 2100.

Le stime quindi sono ben focalizzate a latitudini più elevate, in particolare sulle acque fredde che sempre più rare nel pianeta, storicamente detengono gli stock commerciali più importanti come ad esempio salmone, gambero settentrionale, merluzzo atlantico. Per gli stock come si è visto, si prevede una espansione verso Nord seguendo la direzione del riscaldamento della colonna d'acqua e le espansioni in profondità dovute allo scioglimento della banchisa. Ciò avrà un impatto significativo sulla distribuzione globale della pesca al Merluzzo *Gadus morhua* e richiederà adattamenti gestionali su larga scala in grado di oltrepassare i confini geopolitici ed i trattati stabiliti finora. Uno sguardo nella sfera di cristallo del Mediterraneo del futuro, così da aumentare la risoluzione planetaria, rivela una tendenza diversificata nelle sub-regioni. Mediterraneo orientale che vede un climax di biomassa di specie decisamente più calde con un consolidamento delle popolazioni ora in fase di colonizzazione e verso la fine del secolo a raggiungere un relativo equilibrio con un ambiente marino costantemente verso la tropicalizzazione, salinità elevata e scarsità di apporti idrici. Per quanto riguarda la pesca dei paesi del Mediterraneo di Levante, si nota l'aggancio della pesca alle mitigazioni dello scenario 1 (in azzurro) per una ottimizzazione delle prospettive ambientali della crisi climatica. Cipro è il baricentro del Levante e della convergenza dei cambiamenti verso un nuovo climax con incrementi del 18,4% entro il 2050 e 20,5% entro il secolo raggiungendo quindi una stabilizzazione del prelievo entro la fine del secolo. Trainanti gli altri stati come Egitto, Israele, Libano. Da evidenziare come la pesca e gli accordi internazionali acquisiranno forme di regolamentazione a seguire le criticità geopolitiche di quella regione. Si aggiunge il possibile ruolo egemone della Turchia che nei valori sconta la sua posizione tra mar Nero, Marmara, e Mediterraneo Levante ed in questo momento baricentricamente spostata verso il Mar Nero meridionale nella sua area di pesca con la flotta del pesce azzurro, e nel Mediterraneo con una presenza prevalentemente di interesse geopolitico. L'Italia tra Adriatico e Tirreno conferma una tendenza positiva dello scenario 1 (+10,7% e +12,4%) che confrontando il dato di Croazia e di Albania, potrebbe spostare in qualche modo verso il Tirreno le potenzialità della pesca rispetto al medio ed alto Adriatico che sarebbero ancora in piena fase di cambiamento. Uno sguardo alle stime e previsioni per gli altri paesi del Mediterraneo consente di effettuare quel salto di scala e di mentalità necessario a stabilire livelli di impatto della pesca verso l'ambiente marino, ma anche, dimostrando l'influenza antropica dell'uomo sull'ecosistema, le alterazioni dei servizi ecosistemici a livello planetario o regionale. Si può benissimo invertire il senso delle frecce e considerare l'impatto della crisi climatica sulla pesca. Di conseguenza, anche se il potenziale produttivo degli oceani del mondo

diminuisce, la pesca ha ancora opportunità di rigenerazione rispetto allo stato attuale. Le specie potenzialmente commerciali, ossia quelle i cui quantitativi rendono sostenibile il loro prelievo, rappresentano un livello di discriminazione importante, collocando la finalità di questo report e ragionamenti che ne conseguono, non su singole comparse eccezionali ed anomale nei fondali marini, o piccoli gruppi di specie aliene, attenzionati ormai da un decennio dalla Marine Strategy e da efficienti gruppi di *citizen science* che ne segue il divenire, ma partendo da queste, ed orientando la rappresentatività su specie più numerose, diffuse in aree di pesca e particolari ambienti marini.

TAB.4.6 ANDAMENTO DELLA PESCA (BIOMASSA PESCABILE) FINO AL 2100



SCENARIO1 - azzurro, SCENARIO2 - rosa, DATI STORICI - nero; riagg..da FAO 707, 2024.

In altri termini, quelle specie invasive che dai primi avvistamenti diventate significativamente più diffuse, sono in grado di modificare di conseguenza le capacità alieutiche del settore che come noto, è caratterizzato da una scarsa propensione al cambiamento ed a mutamenti applicati al suo lavoro.

In un contesto in cui un terzo della popolazione umana del Mediterraneo è concentrata lungo le coste e si prevede che cresca ancora, la questione della disponibilità di risorse alimentari è cruciale, specialmente nei paesi del sud in cui si prevede che la domanda alimentare aumenterà maggiormente. Entro la metà del secolo, la maggior parte delle sottozone geografiche (GSA) mostrerebbero un leggero declino delle catture in quanto la perdita di catture di specie autoctone non era compensata dai guadagni nelle catture di specie termofile e/o esotiche.

Entro la fine del secolo, la parte occidentale e orientale del Mediterraneo mostrerebbe tendenze opposte con un aumento delle catture in tutto il bacino orientale a causa di un aumento delle catture di specie termofile/esotiche grazie al completamento della tropicalizzazione nella composizione delle catture nelle GSA orientali. Nel bacino occidentale del Mediterraneo invece, si avrebbe una diminuzione delle catture dovuta al decremento in biomassa di alcune principali specie autoctone sfruttate e alla non ancora avvenuta sostituzione delle specie native con le specie termofile. Con la proliferazione di specie invasive non indigene è necessario esplorare le opzioni di mercato per le specie non bersaglio attualmente di basso o nessun valore economico. Inoltre va comunque evidenziato che a causa del crescente dominio delle risorse marine a basso valore nelle catture globali, un aumento delle catture non si traduce necessariamente in un aumento delle entrate per le comunità di pescatori. Le conseguenze economiche dei cambiamenti climatici sulla pesca potrebbero manifestarsi attraverso cambiamenti nel prezzo e nel valore delle catture. Tuttavia, i cambiamenti indotti dal clima possono anche offrire nuove opportunità ad alcune attività di pesca nel Mediterraneo, con un aumento degli sbarchi di specie termofile verso nuove zone compatibili con nuovi popolamenti, alcune delle quali di elevato interesse commerciale (ad esempio *C. hippurus*). I modelli previsionali proiettati agli anni a venire, suggeriscono che l'adozione di particolari misure di gestione della pesca basati su produttività e risorse biologiche influenzate dal clima, produrrebbe catture e profitti cumulativi più elevati rispetto alla gestione ordinaria per la maggior parte dei paesi in tutti gli scenari climatici, tranne quelli più critici.

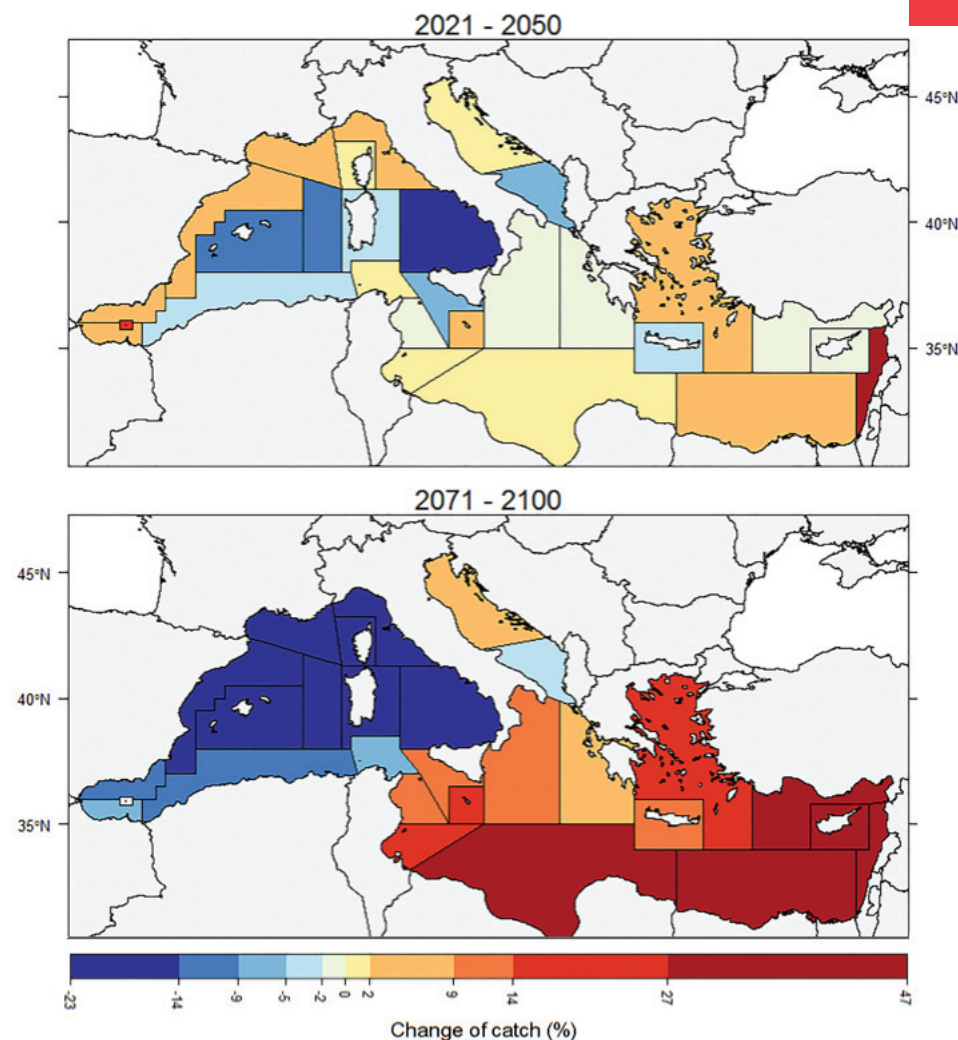


FIG.4.2 Cambiamento relativo previsto della biomassa tra il periodo corrente (2006-2013) e il futuro (2021-2050 superiore; 2071-2100, inferiore) nello scenario di emissione RCP8.5. (B) Biomassa totale e biomassa di specie pelagiche, demersali e bentoniche per i periodi di tempo attuali (2006-2013) e futuri (2021-2050, Superiore; 2071-2100 (inferiore) nello scenario di emissione RCP8.5.

## MISURE DI ADATTAMENTO

Il cambiamento climatico non agisce in modalità isolata, ma interagisce con altri fattori, quali l'inquinamento, il degrado degli habitat e la pesca non sostenibile. Questi fattori di stress impattano sull'ambiente marino in modo cumulativo e rendono meno efficaci i servizi ecosistemici da cui la pesca si approvvigiona. Un sistema complesso che va letto ed interpretato sui singoli territori introducendo la consuetudine di specifici monitoraggi e modellazioni in grado di identificare e quantificare, tra gli altri, i fattori di cambiamento locale. La comprensione del dato locale, sta nel renderlo confrontabile con altri dati locali e poi integrarlo con il peso dei cambiamenti in atto. Il settore produttivo caratterizzato da elementi di sostenibilità e di insostenibilità, necessita di conoscere il reale peso del suo impatto, soprattutto nel contesto attuale di scenari mutevoli che diventano essi stessi fonti di impatto e di modulazione tra sostenibilità ambientale, economica e sociale. Introdurre la necessità di gestire nuovi scenari che le specie invasive hanno messo in luce, deve necessariamente considerare le condizioni attuali di una base di partenza tutta da costruire. In tal senso va detto che il settore della pesca può dirsi resiliente solo per il fatto di adattarsi alle novità, finora fortunatamente distribuite in periodi romanticamente lunghi nella linea delle stagioni e delle lune.

Unire ed integrare i singoli punti di impatto locale ben evidenziati dalla variazione dei parametri di sostenibilità a causa del clima è importante per orientare l'adattamento mirato alla gestione della pesca. Valutare le probabili condizioni future di pesca tenendo sotto controllo gli indicatori di cambiamento del pescato e le direzioni indicate dai nuovi modelli ecologici basati sulle vulnerabilità climatiche diventerà un percorso necessario per garantire il raggiungimento degli scopi e degli obiettivi di gestione in linea con le condizioni future, aiutando così a stabilire le priorità di intervento di gestione. L'approccio integrato consente quindi di definire misure mirate di adattamento al clima, alla futura distribuzione dei pesci, alla produttività e alla nuova composizione delle specie.

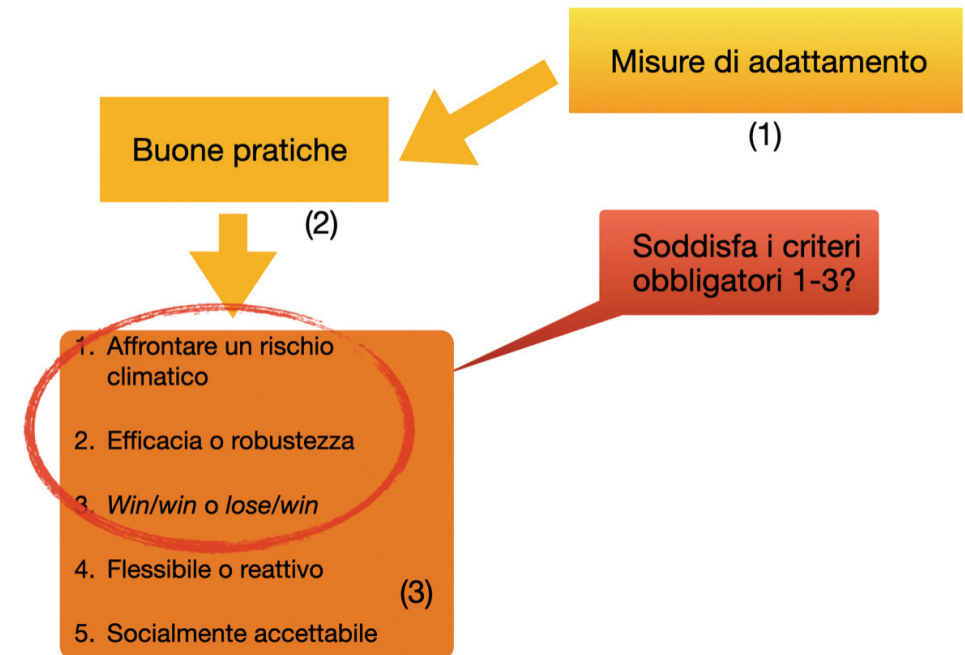
Lo sviluppo di sistemi di gestione della pesca adattati al clima richiede una serie di miglioramenti che a rivedere quelli che sono i fondamenti della gestione tradizionale delle migliori pratiche sin qui attuate. Da quanto visto fin qui, la situazione non è così rosea. Il settore, al netto di rare eccezioni, è in una crisi cronica che lo rende particolarmente vulnerabile a questa nuova sfida. La scarsa propensione all'innovazione ac-

compagnata alla scarsa resilienza, rende il settore e conseguentemente le comunità poco inclini ad una gestione resiliente.

A livello globale, l'attuazione di misure di adattamento al clima nella gestione della pesca è un processo lento e spesso disallineato con la effettiva caratterizzazione degli scenari produttivi e quasi mai a evidenziare resilienza con le nuove sfide climatiche. In particolare, per quanto riguarda le risposte alle crisi climatiche, si evidenziano interventi di adattamento a eventi estremi (spesso legati alle condizioni meteorologiche) impostati sulla dichiarazione di calamità naturale o stato di emergenza, piuttosto che ai cambiamenti a insorgenza lenta verso cui non solo il settore della pesca sta procedendo a passo accelerato.

L'importanza, il peso e la reiterazione di molti cambiamenti legati al clima, tuttavia, introduce elementi fundamentalmente nuovi per la gestione tradizionale della pesca gli approcci potrebbero essere insufficienti. I quattro fondamenti di una pesca resiliente al clima sono:

- istituire sistemi efficaci di gestione della pesca,
- adottare sistemi partecipativi sistemi di gestione della pesca,
- sistemi precauzionali che affrontano l'incertezza e rischi,
- sistemi di gestione adattativa della pesca.





## 5.1 MISURE DI ADATTAMENTO ALLE CRISI CLIMATICHE

Una misura di adattamento può essere considerata una buona pratica se soddisfa i tre criteri seguenti.

**1. Rischio climatico** – La misura di adattamento affronta esplicitamente i rischi correlati al clima (con un obiettivo chiaro). Tutti i sistemi di gestione sono stati progettati, più o meno, con l'idea che le risorse oceaniche oscillino intorno a un certo livello medio (che differisce tra popolazioni e luoghi). Il cambiamento climatico, si pone "oltre" il ragionevole range che le fasi di pianificazione precedenti avevano impostato. Questo collegamento esplicito al cambiamento climatico è necessario per definire senza equivoci l'originalità del percorso adattativo rispetto alle precedenti redazioni di piano (es. i Piani di Sviluppo Locale dei FLAG, o i Piani di Gestione, evidentemente redatti in base a screening appartenenti alla fase terminale della "normalità ambientale"). In generale, comprendendo quindi le misure di regolamentazione comunitaria della pesca e degli habitat andrebbe implementata la normativa che per motivi anagrafici, in quanto antecedente a queste nuove criticità, non ha preso in considerazione l'adattamento al cambiamento climatico nei processi di pianificazione e attuazione. Ad esempio, laddove gli habitat costieri sono stati pesantemente colpiti e/o gli stock sono stati sovra-sfruttati, le misure che invertono il degrado dell'habitat e ripristinano gli stock pur essendo considerate parte integrante di una gestione efficace della zona costiera e di una gestione sostenibile della pesca, ed ovviamente possano indirettamente migliorare la resilienza del sistema al cambiamento climatico, tuttavia non vanno considerate come misure specifiche per affrontare gli impatti del cambiamento climatico, sebbene possano far parte delle strategie di adattamento al clima.

**2. Misurabile e confrontabile** – Ci sono prove sufficienti per dedurre/valutare l'efficacia o i singoli punti di forza dell'adattamento alla crisi climatica. Deve esserci una certa capacità di determinare se la pesca sia più adattabile o meno alle mutevoli condizioni ambientali dopo l'applicazione della misura. L'efficacia di una misura di adattamento può essere dimostrata attraverso il monitoraggio dei risultati previsti (indicatori), il parere qualitativo di esperti, la modellazione o il confronto dei risultati con la ricerca pubblicata in cui il successo può essere ragionevolmente dedotto.

**3. Opzione win-win o lose-win** – La misura deve in definitiva avere un risultato positivo (vittoria), anche se potrebbero esserci anche dei costi (perdita). Nell'immediato o nel breve termine, un adattamento può essere

una "vittoria" (ad esempio la protezione di un determinato habitat) o una "perdita" (ad esempio la riduzione dei limiti di cattura), ma deve comportare un beneficio o una "vittoria" a lungo termine basata sull'impatto del cambiamento climatico (ad esempio l'aumento degli stock). L'approccio al punto 3 prevede uno schema basato ad esempio sulle nuove invasioni (*Rhizostoma pulmo* e *Callinectes sapidus*) su cui impostare una serie di opzioni win-win per la pesca costiera a sostegno della sicurezza alimentare o la disponibilità di nuove materie prime ad uso farmaceutico (Chitina per crostacei, collagene per Celenterati), in cui i costi delle misure di adattamento (es. razionalizzazione degli spazi di stoccaggio e sbarco e concessioni) sono superati dai benefici per la pesca sia a breve che a lungo termine, oppure opzioni *lose-win*, in cui i benefici sono superati dai costi (perdite) a breve termine ma si trasformano in un beneficio in condizioni di cambiamento climatico a lungo termine.

Oltre a questi tre criteri, ci sono altri due criteri utili che una misura di adattamento può prendere in considerazione per migliorare la sua progettazione e implementazione.

**4. Flessibilità delle misure** – Data l'incertezza associata al modo in cui il cambiamento climatico influisce sulle popolazioni ittiche e sulla pesca, è importante che le misure di adattamento siano il più flessibili possibile. Sono particolarmente raccomandate misure di gestione che affronteranno una gamma di futuri scenari di cambiamento climatico con sequenze di prospettiva di 25-50-100 anni.

**5. Accettabilità sociale** – Similmente a qualsiasi cambiamento di politica e/o gestione, il successo di una misura di adattamento è probabilmente strettamente legato alla percezione e all'accettazione delle parti interessate. Ad esempio, una misura può sembrare vantaggiosa per l'industria e/o la comunità; tuttavia, se implementata con consapevolezza limitata e/o interpretazioni diverse, potrebbe essere scarsamente accettata dalle parti interessate, con conseguente scarsa conformità. Le strategie per implementare gli adattamenti che aiutano a garantire la conformità a questo criterio includono campagne di istruzione e sensibilizzazione del pubblico, un'adeguata consultazione delle parti interessate, approcci inclusivi come la co-gestione e la promozione della collaborazione interdisciplinare.

## 5.2 LA SCELTA DELLE BUONE PRATICHE

Affrontare questioni di scala, ad esempio abbinare le giuste dimensioni agli scenari

- *dell'ambiente fisico, di una corrente, di una ondata di caldo nel termoclino, di una anossia;*
  - *del sistema biologico, di una rete trofica, di una specie aliena, di una bioinvasione;*
  - *dei sistemi sociali e culturali umani*
- sia nel tempo che nello spazio, è difficile ma cruciale per sviluppare modalità di gestione adattabili al clima. Ragionare lungo tre direttrici distinte:
- *fluttuazioni ambientali nel tempo e nello spazio;*
  - *livelli gerarchici di specie o popolazioni e livelli trofici nel contesto di altre specie in un ecosistema naturale che si sviluppa nel tempo e nello spazio;*
  - *tessuto sociale con le sue componenti es. settore economico basato sulla pesca, settore amministrativo gestionale che devono interagire con le risorse ambientali.*

Tutti e tre i fattori sono inestricabilmente intrecciati e lo sviluppo di uno è una risposta diretta ai vincoli affrontati dalle altre due caratteristiche. Tali problemi di abbinamento delle scale appropriate per la gestione con quelle dell'ambiente e dello stock ittico fanno parte di una discussione perpetua incapace di trattare questi pilastri fondamentali nella scala appropriata. Ci si trova sempre a ragionare su singole marinerie, singoli problemi, singole crisi di sistema, quest'ultimo singolarmente composto da una singola marineria. La crisi climatica che rappresenta una scala planetaria, declinabile in un contesto minore che ha almeno l'ampiezza del Mar Mediterraneo con le sue sub-regioni, dovrebbe far riflettere sulle debite proporzioni da applicare alle misure di mitigazione dei cambiamenti climatici riguardanti la pesca. In altri termini, un contesto locale non può rappresentare un contesto di impatto climatico se non dopo averlo riportato almeno ad una scala ecologica regionale con cui vengono interpretati anche i dati e le informazioni dei casi studio. Naturalmente vale anche il contrario in termini di sforzo di pesca, di caratteristiche fisiche, di morfologia etc...

Di seguito, con cornice **verde** si focalizza l'attenzione sulla costruzione concettuale di buone pratiche basate su interventi ambientali aventi come priorità proprio le specie target e la loro interazione con le modifiche delle aree di pesca portate dalla crisi climatica.

In cornice **blu** le buone pratiche che si agganciano alla gestione del territorio e a possibili punti di forza nella gestione del prodotto, che si tratti di specie target normalizzata o nuova specie invasiva stabilizzata, in appoggio ad esempio allo sfruttamento di nuove specie.

- *Incorporare le variabili e il nuovo rischio ambientale nelle valutazioni della pesca*
- *Conservare il sistema delle specie chiave per evitare il punto di non ritorno e l'abbondanza delle specie target*
- *Ricollocare le specie ittiche a compensazione delle perdite di produttività*
- *Applicare stagioni di pesca flessibili e adattabili alle nuove dinamiche delle specie target*
- *Regolare la scala spaziale dei monitoraggi includendo i movimenti degli stock su altre aree di pesca*
- *Applicare strategie stagionali che rispondano alle dinamiche degli stock*

- *Diversificare prodotti e mercati per massimizzare il valore della pesca man mano che le catture diminuiscono*
- *Stabilire sistemi di alert rapidi in risposta ad eventi estremi*
- *Sviluppare strategie di pesca per capitalizzare i cambiamenti di distribuzione o migliorare la produttività anche delle nuove specie*
- *Sviluppare e ridefinire le pratiche di sbarco e di trasformazione*
- *Produrre diversificazione a favore degli impianti di trasformazione*

- *Migliorare i programmi di monitoraggio con approccio basato sulle esigenze della comunità locale*
- *Pesca ravvicinata controllata durante i periodi di estremi climatici per sostenere la resistenza e la ripresa*
- *Applicare diritti/assegnazioni di pesca Commerciali per consentire flessibilità nella risposta alle migrazioni degli stock attraverso i confini internazionali*
- *Sviluppare strategie assicurative in grado di garantire adeguata protezione dai danni climatici o di cambio mestiere o di uscita dal settore*

L'ultimo riquadro **arancio** considera il rafforzamento del settore in chiave di comunità rapportata però verso l'esterno della marineria con finalità di coesione delle informazioni sugli impatti climatici e nuove specie.

L'insieme di analisi che costituisce l'enorme mosaico della pesca italiana va sovrapposto ai livelli di criticità della crisi climatica ed il suo impatto nell'area produttiva. Queste analisi richiedono una parziale scrematura a soddisfare i criteri di selezione obbligatori (vedi schema) due criteri ritenuti utili per una pianificazione e/o implementazione di misure di adattamento che la pesca deve adottare.

### 5.3 PREMESSE DI UNA GESTIONE

Le sezioni precedenti forniscono principi, scelte e linee guida per gli operatori della pesca per selezionare misure di adattamento climatico di buone pratiche specifiche per il contesto. Tuttavia, un'implementazione efficace e trasparente è fondamentale per il loro successo. Le principali raccomandazioni guida per un'implementazione efficace delle misure di adattamento climatico nella pesca sono riassunte di seguito.

Un efficace sistema di gestione della pesca in partenza, è il primo fondamento della resilienza climatica. Implica una serie di compiti che collettivamente mirano a garantire l'uso sostenibile delle risorse della pesca per diversi obiettivi sociali.

I compiti possono essere sostanzialmente raggruppati in due fasi inter-dipendenti che devono lavorare in sinergia: una fase di pianificazione, quando sono definiti obiettivi, regole e misure di gestione; e un'implementazione di fase in cui vengono messi in atto meccanismi per attuare le norme concordate, garantire conformità e monitorare i risultati.

La fase di pianificazione prevede le fasi di definizione dell'ambito e raccolta del background informazioni e analisi, definizione di obiettivi (compresi criteri o indicatori concordati), per misurare i progressi verso questi obiettivi e traguardi o standard specifici obiettivo in un arco di tempo specificato) e la formulazione di regole.

Nell'implementazione fase, queste norme vengono messe in pratica e la pesca viene monitorata attraverso la raccolta di dati rilevanti che vengono utilizzati nelle valutazioni a breve termine (spesso annuali) per orientare modalità di attuazione e di applicazione. I risultati a lungo termine (5-10 anni) della fase di implementazione può essere utilizzata per rivedere il piano di gestione.

- **Costruire una base resiliente** – Senza prima garantire che la resilienza di base del sistema di pesca sia supportata, è improbabile che misure di adattamento specifiche per i cambiamenti climatici siano efficaci. L'introduzione di una gestione efficace della pesca come primo passo è particolarmente rilevante per tante regioni che hanno risorse e capacità limitate. Le capacità gestionali di una marineria sono misurabili dalla presenza di approcci semplici.

Per ottimizzare la resilienza della pesca ai cambiamenti climatici, la necessità primaria è garantire l'implementazione di tavoli di gestione formati sui nuovi cambiamenti. In tal senso per raggiungere rapidamente ad un traguardo, un approccio che ha avuto successo è l'empowerment delle parti interessate rilevanti attraverso la co-gestione e il coinvolgimento nei processi decisionali e di gestione delle varie figure degli stakeholder.

- **Approccio adattativo** – Mediante opportunità di apprendimento mediante scambi di conoscenze e creazione di reti informative. Correzioni periodiche dei sistemi di gestione man mano che vengono incorporate nuove informazioni, nonché una completa rivalutazione degli obiettivi e degli indicatori per le attività di pesca interessate. L'implementazione di misure di adattamento al clima non è un evento una tantum, ma un processo iterativo, che include la costruzione di lezioni apprese da eventi recenti e storici, ed è probabile che continui per decenni man mano che gli impatti del cambiamento climatico aumentano e/o emergono. Nei luoghi in cui esistono approcci adattativi, sarà necessario incorporare strumenti e processi che accelerino il tasso di adattamento per rispondere all'incertezza e agli eventi imprevedibili che si presenteranno a causa del cambiamento climatico.
- **Automonitoraggio** – Sarà necessaria una revisione regolare dell'efficacia delle misure di gestione adattive al clima attraverso un monitoraggio e una valutazione ripetuti/frequenti per apportare miglioramenti e aggiungere efficacia ai sistemi di gestione della pesca. I regolamenti di gestione della pesca con i log-book ed altri strumenti di controllo ed autocontrollo costituiscono una base importante per la gestione della crisi climatica.
- **Consapevolezza della scala dei fenomeni climatici** – Gli effetti cumulativi e sinergici del cambiamento climatico e di altri fattori non climatici devono essere riconosciuti. Il cambiamento climatico non agisce in modo isolato, ma interagisce con altri fattori, come l'inquinamento, il degrado dell'habitat e la pesca non sostenibile (tra gli altri), e questi fattori di stress agiscono in modo cumulativo impattando sui servizi ecosistemici e le attività di pesca che dipendono da essi. I modelli e i monitoraggi sono in grado di identificare e quantificare i contributi del cambiamento climatico. Il peso di altri fattori di cambiamento sono importanti per l'adattamento mirato alla gestione della pesca e per pesarne l'effetto dominante sullo stato di uno stock. Ad esempio, l'aggiunta della pesca a un modello di riscaldamento e acidificazione degli oceani sviluppato per l'Australia sud-orientale ha cambiato la direzione e l'entità dell'interazione in una risposta sinergica sulla biomassa prodotta in quella zona.
- **Confronto tra gestione e risorse future** – Saranno necessarie valutazioni delle attività di pesca che valutino le probabili condizioni future della pesca e identifichino le vulnerabilità climatiche per garantire che gli obiettivi e gli scopi siano realistici in relazione alle condizioni future e per aiutare a dare priorità agli interventi di gestione. Ciò consentirà inoltre di aggiornare le misure di adattamento climatico alle future di-

stribuzioni ittiche, alla produttività e alla nuova composizione delle specie in base ai cambiamenti climatici.

- **Identificarsi nel sistema ecologico** – Riconoscere e supportare le proprietà del sistema che rendono una pesca intrinsecamente resiliente al cambiamento ecologico, come la diversità genetica o biologica e la complessità dell'habitat, tra le altre, e aiutare a garantire che le misure di gestione della pesca riducano al minimo l'interruzione di queste proprietà.

## 5.4 ADOTTARE SISTEMI PARTECIPATIVI DI GESTIONE DELLA PESCA

La partecipazione delle parti interessate è la radice di tutto l'impianto di gestione. La scarsa partecipazione del settore pesca è una delle criticità che hanno contribuito al successo delle bioinvasioni e alla lentezza delle azioni di mitigazione. Solitamente il grado di partecipazione si ferma al primo stadio, ossia alla prima riga della tabella.

La partecipazione passiva comporta flussi di informazioni unidirezionali, laddove un livello intermedio della partecipazione funzionale rappresenta una prospettiva di livello raggiungibile anche dalla marineria meno resiliente. In molti casi è necessario superare delle propedeuticità di omogeneizzazione delle conoscenze tra utenti e amministrazioni, ostacolando la valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e l'adozione delle misure di adattamento.

TAB.5.1 SISTEMI PARTECIPATIVI DI GESTIONE DELLA PESCA

<b>Partecipazione passiva</b>	Flusso di informazioni unidirezionale, che spesso comporta annunci unilaterali da parte di un'amministrazione o di un responsabile di progetto senza consultare i pescatori
<b>Partecipazione tramite consultazione</b>	Flusso di informazioni bidirezionale, al quale i pescatori partecipano vedendo consultati o rispondendo a domande, solitamente predefinite da agenti esterni
<b>Partecipazione funzionale</b>	Partenariato guidato dal governo, in cui la partecipazione è spesso vista da agenzie esterne come un mezzo per raggiungere obiettivi predefiniti
<b>Partecipazione interattiva</b>	Partenariato guidato dall'industria, spesso un partenariato formale con l'amministrazione per condividere le responsabilità di pianificazione e decisione
<b>Automobilizzazione</b>	Controllo comunitario della gestione, abbastanza indipendente da altre istituzioni, compresi i finanziamenti

La cogestione è un approccio partecipativo alla gestione della pesca che comporta la responsabilità di gestione e l'utilizzo delle risorse condiviso tra le autorità di regolamentazione (es. Capitanerie) e gruppi di interesse. La cogestione è inclusa nella partecipazione interattiva ed ha dimostrato in molti casi che pesca e industria della pesca sono capaci di reagire e adattarsi più rapidamente ai cambiamenti delle condizioni ambientali rispetto alle reazioni che si basano su un processo decisionale di gestione centralizzata. La cogestione può rafforzare le relazioni e la fiducia tra i pescatori stakeholder, responsabilizzare i pescatori e promuovere maggiori azioni collettive a favore della pesca sostenibile e opzioni efficaci di adattamento ai cambiamenti climatici. Può conferire capacità adattative relativamente rapide nella gestione della pesca appoggiandosi alle competenze, alle conoscenze e alle osservazioni di stakeholder locali per elaborare regole di gestione su misura per una determinata area, mentre la governance comunitaria degli uffici nazionali garantisce determinati standard generali di supporto dell'approccio bottom up.

La cogestione comporta un decentramento delle responsabilità di gestione della pesca che così acquisisce il potenziale per aumentare la resilienza del sistema in diversi modi, tra cui:

- accrescere reazione ed adattamento rispetto alle strutture centralizzate;
- fornire opportunità partecipative delle parti interessate e contributo al processo decisionale;
- applicare regole commisurate al contesto locale;
- fondare l'efficacia della gestione partecipativa in un quadro cooperativo e di coesione basato sulla comunità.

## 5.5 SISTEMI PRECAUZIONALI CHE AFFRONTANO L'INCERTEZZA E RISCHI

Le informazioni sugli impatti previsti del cambiamento climatico su specifici ecosistemi marini e sulle attività di pesca sono ancora limitate e soggette a elevati livelli di incertezza. Gli stakeholder e i gestori della pesca (nell'ambito di sistemi di gestione centralizzati o di cogestione) devono essere preparati a far fronte a questi impatti e a gestire il significativo grado di incertezza ad essi associato. La gestione della pesca di fronte al cambiamento climatico è quindi un caso speciale di processo decisionale che deve considerare l'ulteriore incertezza e rischio derivanti dagli impatti climatici. Richiede un'ulteriore enfasi sull'ampia adozione di strategie consolidate per la gestione del rischio, come l'approccio precauzionale e la gestione adattiva. L'approccio precauzionale è ricono-



sciuto come una base fondamentale per incorporare l'incertezza nel processo decisionale. L'approccio precauzionale mira a identificare le questioni prioritarie che influenzano la sostenibilità di una pesca, inclusi fattori di stress esterni e vulnerabilità correlati al cambiamento climatico. Il rischio correlato al cambiamento climatico nella pesca si identifica in cinque approcci di adattamento:

- **ridurre i rischi**
- **ridurre l'esposizione**
- **ridurre la vulnerabilità**
- **distribuire i rischi**
- **convivere con i rischi.**

Ognuno di questi approcci richiede una valutazione dei contesti sociali ed economici. Ad esempio, come cambiano le relazioni ecologiche (e quindi le produttività) delle popolazioni ittiche quando alcune specie si spostano, altre ne ed altre occupano le nicchie di quelle che non ci sono, con conseguenti nuovi assetti delle comunità ittiche? In che modo i cambiamenti di temperatura influenzano la crescita dei pesci e quindi la biomassa e le valutazioni delle massime rese sostenibili? In che modo i cambiamenti nella distribuzione dei pesci influenzano i diritti di pesca?

## 5.6 SISTEMI DI GESTIONE ADATTATIVA DELLA PESCA

La gestione adattativa è il quarto pilastro fondamentale della pesca resiliente al clima. Si tratta di un approccio che riconosce, di fronte all'incertezza, che è impossibile determinare la strategia di gestione perfetta. C'è molta incertezza in relazione al cambiamento climatico, quindi la gestione adattativa è uno strumento essenziale. La gestione adattativa considera le strategie di gestione delle risorse come esperimenti, dai quali i gestori possono apprendere e quindi adattare o modificare tali politiche in modo iterativo. Il feedback dal sistema di pesca può essere raccolto tramite monitoraggio ad esempio utilizzando indicatori di stato e confrontando lo stato degli stock con punti di riferimento predeterminati e analizzato per i successi o i fallimenti nella revisione delle decisioni di pianificazione e implementazione all'interno del sistema di gestione. Le revisioni delle misure di gestione sono quindi seguite da ulteriori implementazioni e sperimentazioni, che danno forma alle successive azioni politiche e di gestione. Tali approcci hanno idealmente un'alta probabilità di produrre risultati ragionevolmente accettabili nonostante le lacune informative sulla pesca o sull'ecosistema. Questo tipo di approccio, originariamente sviluppato per aiutare a ricostruire uno stock in declino, ha dimostrato di favorire l'adattamento a situazioni in cui il cambiamento climatico sta

influenzando la produttività di base di uno stock. Lo sviluppo di sistemi di gestione della pesca flessibili è un altro esempio di un approccio di gestione adattativa. La solidità attesa di un sistema di gestione spesso implica una "ridondanza" nella scelta di misure e tattiche di gestione o una combinazione di misure di gestione diverse. In questo senso, "ridondanza" si riferisce a sistemi o processi di backup tali che, se una parte fallisce, il sistema nel suo insieme sarà comunque in grado di funzionare. Gli esperimenti con misure e tattiche di gestione adattativa multipla dovrebbero aumentare la solidità del sistema di gestione alle incertezze dovute al cambiamento climatico, ad esempio migliorando i flussi di informazioni e il feedback sulle azioni di gestione.

## 5.6 RACCOMANDAZIONI SULLA GESTIONE CHE VERRÀ

Di seguito sono fornite raccomandazioni che aiuteranno questa transizione, utilizzando un formato numerato per facilitare la discussione (si noti che i numeri non implicano una priorità ordinata).

- **Sviluppare un catalogo di esempi** – Un catalogo (o database) di esempi in cui sono stati tentati degli adattamenti inclusi esempi in cui sono state tentate delle misure di adattamento ma che non hanno avuto successo, consentirebbero una valutazione molto più solida di come queste (e altre nuove) misure funzionano in una più ampia varietà di condizioni e contesti. Un modello comune per questi esempi faciliterebbe notevolmente il loro confronto. Condividere buone pratiche, estendere gli apprendimenti e creare partnership, in particolare tra le attività di pesca con scarse capacità e risorse di gestione, sarà fondamentale per facilitare un maggiore adattamento della gestione della pesca ai cambiamenti climatici.
- **Approccio di scala** – Utilizzare proiezioni di cambiamenti climatici su scala ridotta da scala regionale a locale. Le informazioni sui potenziali impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi locali possono fornire allerte precoci sui tipi di impatti per i quali potrebbero essere necessari adattamenti alla gestione della pesca. In molte situazioni la gestione della pesca avviene su scala locale più piccola. È quindi necessario ridimensionare le proiezioni degli impatti del cambiamento climatico, inclusi gli scenari socioeconomici associati. Ciò è particolarmente vero per le regioni con economie in via di sviluppo e per le regioni che potrebbero essere maggiormente colpite negativamente dal cambiamento climatico. Da ciò consegue la necessità di identificare potenziali

misure pertinenti ai contesti locali e agli impatti correlati al clima avendo cura di espandere l'area di indagine ad includere ulteriori informazioni se disponibili.

- **Identificare le condizioni abilitanti** – Comprendere le barriere locali che inibiscono l'identificazione o l'applicazione di misure di gestione della pesca di adattamento al clima e le loro potenziali soluzioni è un importante punto di partenza. Come ogni gestione, le misure di buone pratiche saranno efficaci solo se implementate in modo rigoroso e appropriato nel contesto locale. Identificare le condizioni abilitanti (locali) che aiutano a promuovere e accelerare lo sviluppo e l'adozione di misure di adattamento al clima e che affrontano il modo in cui queste condizioni abilitanti possono essere promosse in una varietà di contesti di pesca, è un passo cruciale nell'identificazione e nell'applicazione di buone pratiche. Queste condizioni abilitanti includeranno sia fattori sociali che di governance, all'interno del contesto ambientale naturale..
- **Riconoscere i ruoli degli effetti sinergici e cumulativi** – L'azione/inazione relativa agli stress non climatici e/o agli eventi in altri settori potrebbero influenzare la resilienza climatica del settore della pesca. Saranno necessari elementi di approcci multi-rischio (stress climatici e non climatici) e multisettoriali (pesca e altri settori) per aumentare la resilienza climatica del settore della pesca.
- **Ricerche di casi studio rilevanti** – Ci saranno sicuramente altre esperienze oltre a quelle direttamente correlate ai problemi della pesca e ai casi di studio esaminati in questo rapporto che possono essere applicate allo sviluppo di misure di gestione della pesca adattabili al clima. Questi possono includere pratiche locali e storiche che si sono sviluppate nel corso di lunghi periodi di tempo per aiutare le comunità umane ad adattarsi alle condizioni ambientali (e sociali) fluttuanti. Questi possono essere sottoposti a valutazione simulata utilizzando i materiali forniti dalla presente pubblicazione
- **Utilizzare sistemi e regole semplici di approccio preliminare** – In situazioni con sistemi con risorse insufficienti o senza una gestione consolidata della pesca, semplici approcci basati su regole possono essere utilizzati come punto di partenza.
- **Organizzare una rete multidisciplinare di professionisti** – Sarebbe un mezzo ideale per facilitare le interazioni e l'avanzamento di misure di gestione della pesca adattabili al clima in una varietà di circostanze e di ambienti diversamente coinvolti nelle crisi.

- **Praticare una gestione adattativa in caso di cambiamenti climatici** – Gli esperimenti naturali indotti dai cambiamenti climatici e che si svolgono su uno scenario globale forniscono opportunità ideali per praticare una gestione adattativa. Quando le cose vanno male, la gestione spesso prova una serie di misure e strategie alternative, anche se la situazione è percepita come una crisi queste alternative possono essere affrettate, casuali e mal concepite e implementate. Riconoscere tali situazioni come opportunità di apprendimento e trattarle come esperimenti pratici, aumenterebbe il loro valore per adattare la gestione della pesca al cambiamento climatico. Sono necessarie linee guida su come massimizzare il contenuto informativo di tali esperimenti di gestione adattabile, in particolare in condizioni di crisi, e su come condividere meglio queste esperienze di apprendimento.

## Bibliografia consultata

- AA.VV. 2016 - *The Mediterranean region under climate change – A scientific update* - 22nd Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP22, Marrakech, 2016) Edition: Allenvi / IRD Editions Editors: Thiébaud S., Moatti J.P - pp.248
- Albano, P.G., Steger, J., Bošnjak, M., Dunne, B., Guifarro, Z. et al., 2021. *Native biodiversity collapse in the eastern Mediterranean*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 288, 20202469.
- Albano, P.G., Sabbatini, A., Lattanzio, J., Päßler, J.F., Steger, J., Hua, Q., Kaufman, D.K., Szidat, S., Zuschin, M., Negri, A. Alleged Lessepsian; 2022 - *Foraminifera prove native and suggest Pleistocene range expansions into the Mediterranean Sea*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2022, 700, 65–78.
- Anderson, L.W.J.; 2005 - *California's reaction to Caulerpa taxifolia: a model for invasive species rapid response*. Biological Invasions 7: 1003–1016. <https://doi.org/10.1007/s10530-004-3123-z>
- Antão, L.H.; Bates, A.E.; Blowes, S.A.; Waldock, C.; Supp, S.R.; Magurran, A.E.; Dornelas, M.; Schipper, A.M.; 2020 *Temperature-related biodiversity change across temperate marine and terrestrial systems*. Nat. Ecol. Evol. 2020, 4, 927–933. [CrossRef] [PubMed]
- Azzola A., Bianchi C.N., Merotto L., Nota A., Tiralongo F., Morri C., Oprandi A.; - 2024 - *The Changing Biogeography of the Ligurian Sea: Seawater Warming and Further Records of Southern Species*. Diversity 2024,16,159. <https://doi.org/10.3390/d16030159> Azzurro, E., Bolognini, L., Dragičević,
- Azzurro, E., Sbragaglia, V., Cerri, J., Bariche, M., Bolognini, L., Ben Souissi, J. & Moschella, P. 2019. *Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: A large-scale survey based on local ecological knowledge*. Global Change Biology 25(8): 2779–2792.
- Azzurro E., Bessi Stancanelli (2017), Vincenzo Di Martino and Michel Bariche, *Range expansion of the common lionfish Pterois miles (Bennett, 1828) in the Mediterranean Sea: an unwanted new guest for Italian waters* BiolInvasions Records Volume 6, Issue 2: 95–98
- Azzurro E., (2018) *Detecting the occurrence of indigenous and non-indigenous megafauna through fishermen knowledge: A complementary tool to coastal and port surveys* Marine Pollution Bulletin, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.016>
- Azzurro E., Sbragaglia V., Cerri J., Bariche M., Bolognini L., Souissi J.B., ... & Gianni F. (2019). *Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: A large-scale survey based on local ecological knowledge*. Global Change Biology. First published: 20 May 2019. doi:<https://doi.org/10.1111/gcb.14670>
- Azzurro E., Moschella P., Maynou F. (2011) *Tracking signals of change in Mediterranean fish diversity based on local ecological knowledge*. PLOS ONE, 6, e24885.
- Azzurro E., Soto S., Garofalo G., Maynou F. (2013) *Fistularia commersonii in the Mediterranean Sea: invasion history and distribution modeling based on presence-only records*. Biological Invasions, 15, 977-990.
- Azzurro E., Bahri T., Valbo-Jørgensen J., Ma X., Strafella P. & Vasconcellos M., eds. 2024. *Fisheries responses to invasive species in a changing climate – Lessons learned from case studies*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 704. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1400en>
- Azzurro E., Sbragaglia V., Cerri J., Bariche M., Bolognini L., Ben Souissi J., Busoni G., Coco S., Chryssanthi A., Fanelli E., Ghanem R., Garrabou J., Gianni F., Grati F., Koltari J., Letterio G., Lipej L., Mazzoldi C., Milone N., Pannacciulli F., Pešić A., Samuel-Rhoads Y., Topçu N.E., Vargiu G., Saponari L., Moschella P., Tomanic J. – (2019) - *Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: A large-scale survey based on local ecological knowledge* – Glob. Change Biol. 2019;00:1–14. [wileyonlinelibrary.com/journal/gcb](https://www.wileyonlinelibrary.com/journal/gcb)
- Azzurro E. (2008) *The advance of thermophilic fishes in the Mediterranean sea: overview and methodological questions*. In: CIESM workshop monographs. pp Page, CIESM, Monaco. UNEP-MAP-RAC SPA. Action Plan Concerning Species Introductions and Invasive Species in the MediterraneanSea; RAC/SPA:Tunis, Tunisia, 2005; p. 30.
- Azzurro E. & Cerri, J. 2021. *Participatory mapping of invasive species: A demonstration in a coastal lagoon*. Marine Policy 126: 104412.
- Ba K, Thiaw M, Lazar N, Sarr A, Brochier T, Ndiaye I, et al. (2016) *Resilience of Key Biological Parameters of the Senegalese Flat Sardinella to Overfishing and Climate Change*. PLoS ONE 11(6): e0156143. doi:10.1371/journal.pone.0156143
- Bahri T., Vasconcellos M., Welch D.J., Johnson J., Perry R.I., Ma X. & Sharma R., eds. 2021. *Adaptive management of fisheries in response to climate change*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 667. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3095en>
- Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F., eds. 2018. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*.
- Bergamasco A., Malanotte-Rizzoli P. - (2010) - *The circulation of the Mediterranean Sea: a historical review of experimental investigations* - Advances in Oceanography and Limnology., 1:1, 11-28, DOI: 10.1080/19475721.2010.491656 To link to this article: <https://doi.org/10.1080/19475721.2010.491656>
- Bianchi C.N. *Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea*. Hydrobiologia 2007, 580, 7–21.
- Bianchi C.N., Morri C., Chiantore M., Montefalcone M., Parravicini V., Rovere, A. 2012 - *Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change*. In *Life in the Mediterranean Sea: A Look at Habitat Changes*; Stambler, N., Ed.; Nova Science: New York, NY, USA, 2012; pp. 1–55.
- Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Francour P., Morri C., Parravicini V., Templado J.; Zenetos A. *The changing biogeography of the Mediterranean Sea: From the old frontiers to the new gradients*. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova 2013, 75, 81–84.
- Bianchi, C. N., and Morri, C. (2000). *Marine biodiversity of the mediterranean sea: situation, problems and prospects for future research*. Mar. Pollut. Bull. 40, 367–376. doi: 10.1016/S0025-326X(00)00027-8
- Bianchini M. L., Ragonese S. - *Presenze di specie ittiche esotiche come possibili indicatori di cambiamenti climatici: il caso dello Stretto di Sicilia*
- Blanchard, J.L. & Novaglio, C., eds. 2024. *Climate change risks to marine ecosystems and fisheries – Projections to 2100 from the Fisheries and Marine Ecosystem Model Intercomparison Project*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 707. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1379en>
- Boudouresque, C. F., Harmelin, J. G., Harmelin-Vivien, M. L., Quignard, J. P. (1994) *Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators*. Marine Pollution Bulletin, 28, 523-526.
- Brander K. M. - 2007 - *Global fish production and climate change*. PNAS vol.104; no. 50
- Bricelj M. and Shumway E. *Paralytic Shellfish Toxins in Bivalve Molluscs: Occurrence, Transfer Kinetics, and Biotransformation* Reviews in Fisheries Science, 6(4): 315–383 (1998)
- Canals A., Varela Martínez C., Diogène J. and Ana Gago-Martínez 2015 *Risk characterisation of ciguatera poisoning in Europe* "Final Scientific Report" on Risk characterization of ciguatera food poisoning in Europe of the Specific Agreement no. 1 "MANAGEMENT AND SCIENTIFIC COORDINATION" within the Framework Partnership Agreement GP/EFSA/AFSCO/2015/03 "Risk characterization of ciguatera food poisoning in Europe".EXTERNAL SCIENTIFIC REPORT doi:10.2903/sp.efsa.2021.EN- 6647
- Céline M.; 2024 *Barrier Multiscale modelling of dispersal pathways for the invasive blue crab larvae Callinectes sapidus in the Mediterranean Sea* DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4501075/v1>
- Charalampos D., Marika G., Argyro Z., Maria Corsini Foka, Ioannis Giovos Paraskevi K. Karachle, Fournari – Konstantinidou I., Kytinou E., Yiannis Issaris, Ernesto Azzurro, Luca Ca-

striota, Manuela Falautano, Anastasios Kalimeris and Stelios Katsanevakis - 2022 - *Updating the occurrences of Pterois miles in the Mediterranean Sea, with considerations on thermal boundaries and future range expansion* Mediterranean Marine Science Indexed in WoS (Web of Science, ISI Thomson) and SCOPUS The journal is available on line at <http://www.mediterranean-sc.net> DOI: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.21845>

Cherif S, Doblas-Miranda E, Lionello P, Borrego C, Giorgi F, Iglesias A, Jebari S, Mahmoudi E, Moriondo M, Pringault O, Rilov G, Somot S, Tsikliras A, Vila M, Zittis G 2020 Drivers of change. In: *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future*. First Mediterranean Assessment Report [Cramer W, Guiot J, Marini K (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, pp. 59-180, doi:10.5281/zenodo.7100601.

Cheung, W. W. L., Watson, R., and Pauly, D. (2013). *Signature of ocean warming in global fisheries catch*. Nature 497, 365–368. doi: 10.1038/nature12156

Coll M, Carreras M, Cieřroles C, Cornax M-J, Gorelli G, et al. (2014) *Assessing Fishing and Marine Biodiversity Changes Using Fishers' Perceptions: The Spanish Mediterranean and Gulf of Cadiz Case Study*. PLoS ONE 9(1): e85670. doi:10.1371/journal.pone.0085670 CIESM. Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota. In: Briand F, editor. N° 35 in CIESM Workshop Monographs; 2008. 152 p.

CBD. *Pathways of Introduction of Invasive Species, Their Prioritization and Management*. UNEP/CBD/SBSTTA/18/9/Add.1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal. 2014; p. 18. Available online: <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-en.pdf>.

Crales Maria M., Laurent Chėrubin, Ryan Gandy, Lysel Garavelli, Mohamed Ali Ghannami, Claire Crowley; 2019 *Blue crab larval dispersal highlights population connectivity and implications for fishery management* Mar Ecol Prog Ser 625: 53–70

Damalas D., Maravelias CD., Osio GC, Maynou F, Sbrana M, Sartor P (2015) *“Once upon a Time in the Mediterranean” Long Term Trends of Mediterranean Fisheries Resources Based on Fishers' Traditional Ecological Knowledge*. PLoS ONE 10(3): e0119330. doi:10.1371/journal.pone.0119330

Drakulović D., Dulčić J., Fanelli E., Magaletti E. (2018) *Detecting the occurrence of indigenous and non-indigenous megafauna through fishermen knowledge: A complementary tool to coastal and port surveys*. Marine Pollution Bulletin.

Dulčić, J., Dragićević, B., Grgićević, R., and Lipej, L. (2011). *First substantiated record of Lessepsian migrant - the dusky spinefoot Siganus luridus (Actinopterygii: Perciformes: Siganidae) - in the Adriatic Sea*. Acta Ichthyol. Piscat. 41, 141–143. doi: 10.3750/AIP2011.41.2.12

Dulčić, J., and Grbec, B. (2000). *Climate changes and Adriatic ichthyofauna*. Fish. Oceanogr. 9, 187–191. doi: 10.1046/j.1365-2419.2000.00128.x

Dulčić, J., Pallaoro, A., Dragićević, B., and Stagić Radica, N. (2010). *First record of dwarf flathead Elates ransonnetii (Platycephalidae) in The Adriatic Sea*. Cybium 34, 222–233.

Engelhard, G. H., Thurstan, R. H., MacKenzie, B. R., Alleway, H. K., Bannister, R. C. A., Cardinale, M., Clarke, M. W., Currie, J. C., Fortibuoni, T., Holm, P., Holt, S. J., Mazzoldi, C., Pinnegar, J. K., Raicevich, S., Volckaert, F. A. M., Klein, E. S., and Lescauwae, A-K. *ICES meets marine historical ecology: placing the history of fish and fisheries in current policy context*. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsv219.

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Knutsen HK, Alexander J, Barregard L, Bignami M, Bruřschweiler B, Ceccatelli S, Cottrell B, Dinovi M, Edler L, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom L, Nebbia CS, Oswald IP, Rose M, Roudot A-C, Schwerdtle T, Vleminckx C, Vollmer G, Wallace H, Arnich N, Benford D, Botana L, Viviani B, Arcella D, Binaglia M, Horvath Z, Steinkellner H, van Manen M and Petersen A, 2017. *Scientific opinion on the risks for public health related to the presence of tetrodotoxin (TTX) and TTX analogues in marine bivalves and gastropods*. EFSA Journal 2017;15(4):4752, 65 pp. doi:10.2903/j.efsa.2017.4752

FAO. 2003. *The ecosystem approach to fisheries*. In: FAO, ed. Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome, FAO.

FAO. 2020 *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020*. In General Fisheries Commission for the Mediterranean; FAO: Rome, Italy; p. 172. [CrossRef]

FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO. 628 pp.

FAO. 2023. *Agrifood solutions to climate change – FAO's work to tackle the climate crisis*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8055en>

FAO. 2024. *Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2021*. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9523en>

Fisheries Agency of Japan. 2021. *Isoyake Taisaku Guideline*, 3rd edition. Francour, P.,

Fortibuoni, T., Aldighieri, F., Giovanardi, O., Pranovi, F., and Zucchetto, M. (2015). *Climate impact on Italian fisheries (Mediterranean Sea)*. Reg. Environ. Change 15, 931–937. doi: 10.1007/s10113-015-0781-6

Fortibuoni T., Aldighieri F., Giovanardi O., Pranovi F., Zucchetto M. - *Climate impact on Italian fisheries (Mediterranean Sea)* - Data Descriptor: Fish and fishery historical data since the 19th century in the Adriatic Sea, Mediterranean SCIENTIFIC DATA | 4:170104 | DOI: 10.1038/sdata.2017.104

Fortibuoni T, Giovanardi O, Pranovi F, Raicevich S, Solidoro C and Libralato S (2017) *Analysis of Long-Term Changes in a Mediterranean Marine Ecosystem Based on Fishery Landings*. Front. Mar. Sci. 4:33. doi: 10.3389/fmars.2017.00033 Reg Environ Change DOI 10.1007/s10113-015-0781-6

Fortibuoni, T., Libralato, S., Raicevich, S., Giovanardi, O., and Solidoro, C. (2010). *Coding early naturalists' accounts into long-term fish community changes in the adriatic sea (1800-2000)*. PLoS ONE 5:e15502. doi: 10.1371/journal.pone.0015502

Fortibuoni T., Libralato S., Arneri E., Giovanardi O., Solidoro C. & Raicevich S. - *Sustainable fishing in the face of climate change*

Francour, P. et al. (1994) *Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators*. Mar. Poll. Bull. 28, 523–526

Galanidi, M.; Aissi, M.; Ali, M.; Bakalem, A.; Bariche, M.; Bartolo, A.G.; Bazairi, H.; Beqiraj, S.; Bilecenoglu, M.; Bitar, G.; et al. *Validated Inventories of Non-Indigenous Species (NIS) for the Mediterranean Sea as Tools for Regional Policy and Patterns of NIS Spread*. Diversity 2023, 15, 962. <https://doi.org/10.3390/d15090962>

Gallil, B. S. (2007). *Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea*. Mar. Pollut. Bull. 55, 314–322. doi: 10.1016/j.marpolbul.2006.11.008

Garrabou, J.; Gómez-Gras, D.; Medrano, A.; Cerrano, C.; Ponti, M.; Schlegel, R.; Bensoussan, N.; Turicchia, E.; Sini, M.; Gerovasileiou, V.; et al. *Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea*. Glob. Chang. Biol. 2022, 28, 5708–5725. [CrossRef] [PubMed]

Giani, M., Djakovac, T., Degobbis, D., Cozzi, S., Solidoro, C., and Fonda Umani, S. (2012). *Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 115, 1–13. doi: 10.1016/j.ecss.2012.08.023

Jalut G., Amat A.E., Riera I Mora S., Fontugne M., Mook R., Bonnet L., Gauquelin T., *Holocene climatiques holocenes en Mediterranee occidentale: mise en place du climat mediterraneen*

Glamuzina B., Lorenzo Vilizzi - Marina Piria - Ante Źuljević - Ana Bratoř Cetinić - Ana Pešić-Branko Dragićević - Lovrenc Lipej - Marijana Pećarević - Vlasta Bartulović - Sanja Grđan - Ivan Cvitković - Tatjana Dobroslavić - Ana Fortić - Luka Glamuzina - Borut Mavrić - Jovana Tomanić - Marija Despalatović - Domen Trkov - Marina Brailo Šćepanović - Zoran Vidović - Predrag Simonović - Sanja Matić - Skoko - Pero Tutman *Global warming scenarios for the Eastern Adriatic Sea indicate a high risk of invasiveness of non-native marine organisms relative to current climate conditions* Marine Life Science & Technology (2024) 6:143–154 <https://doi.org/10.1007/s42995-023-00196-9>

Glamuzina L., Pešić A., Olivera Marković Jovana Tomanić Marijana Pećarević Tatjana Dobroslavić Marina Brailo Šćepanović Alexis Conides Sanja Grđan *Population structure of the invasive Atlantic blue crab, Callinectes sapidus on the Eastern Adriatic coast (Croatia, Montenegro)* DOI 10.17818/NM/2023/SI3 UDK 595.3 (261)\*595.3(262.3) “Naše more”, Special issue 70(3)/2023., pp. 153-159

Guastroni Rosenthal G., Bortot C., Dipartimento di Biologia *Analisi della preferenza tra substrati del granchio blu Callinectes sapidus Rathbun, 1896 e del granchio verde Carcinus aestuarii Nardo, 1847 in relazione alla granulometria del sedimento della Laguna di Venezia* Laureando: Claudio Bortot



- Hodapp, D.; Roca, I.T.; Fiorentino, D.; Garilao, C.; Kaschner, K.; Kesner-Reyes, K.; Schneider, B.; Segsneider, J.; Kocsis, Á.T.; Kiessling, W.; et al. *Climate change disrupts core habitats of marine species*. *Glob. Chang. Biol.* 2023, 29, 3304–3317. [CrossRef] [PubMed]
- Japan Metrological Agency. 2023. *Climate change in each region of Japan* [Online]. [www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw\\_portal/region\\_climate\\_change.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html) (Accessed 28/4/2023)
- Juan Francisco Fernández-Ortega, MD,\* José M. Morales-de los Santos, MD,\* Manuel E. Herrera-Gutiérrez, MD,\* Victoria Fernández-Sánchez, MD,† Paula Rodríguez Loureiro, PH.D,‡ Amparo Alfonso Rancaño, PH.D,‡ and A. Téllez-Andrade, MD§ *Seafood intoxication by Tetrodotoxin: first case in Europe* *The Journal of Emergency Medicine*, Vol. 39, No. 5, pp. 612–617, 2010
- Katsanevakis et al. (2020), *BiolInvasions Records (2020) Volume 9, Issue 2: 165–182* <https://doi.org/10.3391/bir.2020.9.2.01>
- Katsanevakis S. and Tsiamis K. *Records of alien marine species in the shallow coastal waters of Chios Island* (2009) *Mediterranean Marine Science* Volume 10/2, 2009, 99–107
- Kaplan M., Seda Yildirim, Tekirdag Namik, Durmus Cagri Yildirim *2022 Pufferfish versus lionfish: comparing risks for Turkish marine economics* <https://www.emerald.com/insight/2516-158X.htm> "2nd International Symposium on Pufferfish/Lionfish" in 2022.
- Klaoudatos D., Samaras G., Exadactylos A., Vafidis D., Apostologamvrou C., Conides A. ORALS | 2nd Field - Fisheries HydromediT 2021 | Book of Proceedings 215-219 *Effects of alien species on the sustainability of small scale fisheries (a case study of Island of Crete)*
- Kleitou P., Moutopoulos D.K., Giovos I., Kletou D., Savva I., Cai L.L. ... & Rees, S. 2022. *Conflicting interests and growing importance of non-indigenous species in commercial and recreational fisheries of the Mediterranean Sea*. *Fisheries Management and Ecology* 29(2): 169–182.
- Kleitou P., Hall-Spencer J.M., Savva I., Kletou D., Hadjistylli M., Azzurro, E., Katsanevakis, S., Antoniou C., Hadjioannou L., Chartosia, N., et al. *The Case of Lionfish (Pterois miles) in the Mediterranean Sea Demonstrates Limitations in EU Legislation to Address Marine Biological Invasions*. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 325. <https://doi.org/10.3390/jmse9030325>
- Kleitou P., Hall-Spencer J.M., Rees S.E., Kletou, D. (2022) *Guide to lionfish management in the Mediterranean*. University of Plymouth, 62 pp. Contributors: Green, S. (ecological eradication model) and Poursanidis D. (species distribution models) and the RELIONMED team: Cai L.L., Chartosia N., Hadjioannou L., Jimenez C., Karonias, T., Michael, C., Nicolaou E., Savva I., Sfenthourakis S.
- Kousteni V., Anastadiasis A., Bariche M., Battaglia P., Bonifazi A., Cetkovic I., Chimienti G., Colombo M., Constantinou C., Dalyan C., Dogrammatzi A., Domenichetti F., Elzrelli R., Fernandez-Alias A., E., Kampouris T., Kesici N. B.C., Kupper F., Lipej L., Mancini E., Manunza B., Marcos C., Mavric B., Mavruk S., Mutulu E., Özvarol Y., Papadimitriou E., Pesic A., Perez Ruzafa A., Pey A., Poursanidis, D., Rizgalla, J., Samaha, Z., Stipa M. G., Trovo D., Tureli C., Ventura P., Yacoubi L., Zaccchetti L., & Zava B. (2022). *New records of rare species in the Mediterranean Sea* (May 2022). *Mediterranean Marine Science*, 23(3), 417–446. <https://doi.org/10.12681/mms.28372>
- Kovac'ić, M.; Gerovasileiou, V.; Patzner, R.A. *Fishes in Marine Caves*. *Fishes* 2024, 9, 243. <https://doi.org/10.3390/fishes9060243>
- Lejeune C., Chevaldonné P., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., Perez T. 2010 - *Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea Trends in Ecology and Evolution* Vol.25 No.4 25(4):250-260
- Libralato, S., Christensen, V., and Pauly, D. (2006). *A method for identifying keystone species in food web models*. *Ecol. Model.* 195, 153–171. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.11.029
- Libralato S, Caccin A and Pranovi F (2015) *Modeling species invasions using thermal and trophic niche dynamics under climate change*. *Front. Mar. Sci.* 2:29. doi: 10.3389/fmars.2015.00029
- Libralato, S., Christensen, V., Pauly, D., 2006. *A method for identifying keystone species in food web models*. *Ecol. Model.* 195, 153–171.
- Libralato, S., Coll, M., Tudela, S., Palomera, I., Pranovi, F., 2008. *A new index to quantify ecosystem impacts of fisheries as the removal of secondary production*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 355, 107–129.
- Lipej, L.; Kovac'ić, M.; Dulc'ić, J. *An Analysis of Adriatic Ichthyofauna—Ecology, Zoogeography, and Conservation Status*. *Fishes* 2022, 7, 58. <https://doi.org/10.3390/fishes7020058>
- Leonart j., Lloret J., Touzeau S., Salat J., Recasens L., Sardà F. 1998 *Mediterranean fisheries, an overview* II SAP meeting, Barcelona, 13-17/10/98 17pp Reviewed by: Jean-Marc Fromentin, Dino Levi, Konstantinos I. Stergiou and Sergi Tudela
- Macali, A.; Tiralongo, F. *New record of the skipjack tuna, Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) in the Mediterranean Sea*. *Mediterr. Mar. Sci.* 2017, 18, 534–556.
- MedECC. *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin Current Situation and Risks for the Future*. In *First Mediterranean Assessment Report*; Cramer, W., Guiot, J., Marini, K., Eds.; Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP: Marseille, France, 2020; p. 632. [CrossRef]
- MINISTERO DELL'AMBIENTE 2023 - *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici* [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC\\_DOCUMENTO\\_DI\\_PIANO.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_DOCUMENTO_DI_PIANO.pdf) [https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC\\_III\\_Allegato\\_Impatti\\_e\\_vulnerabilita.pdf](https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_III_Allegato_Impatti_e_vulnerabilita.pdf)
- Moullec F, Barrier N, Drira S, Guilhaumon F, Marsaleix P, Somot S, Ulses C, Velez L and Shin Y-J (2019) - *An End-to-End Model Reveals Losers and Winners in a Warming Mediterranean Sea* *Front - Mar. Sci.* 6:345. doi: 10.3389/fmars.2019.00345
- Navia A. F., Enric Cortés, Ferenc Jordán, Víctor H. Cruz-Escalona and Paola A. Mejía-Falla P.A. - *Changes to Marine Trophic Networks Caused by Fishing*
- Odum, E. P. (1969). *The strategy of ecosystem development*. *Science* 164, 262–270. doi: 10.1126/science.164.3877.262
- Osland, M.J.; Stevens, P.W.; Lamont, M.M.; Brusca, R.C.; Hart, K.M.; Waddle, J.H.; Langtimm, C.A.; Williams, C.M.; Keim, B.D.; Terando, A.J.; et al. *Tropicalization of temperate ecosystems in North America: The northward range expansion of tropical organisms in response to warming winter temperatures*. *Glob. Chang. Biol.* 2021, 27, 3009–3034. [CrossRef]
- Pardiñas A. F., D. Campo, I. G. Pola, L. Miralles, F. Juanes and E. Garcia-Vazquez 2010 *Climate change and oceanic barriers: genetic differentiation in Pomatomus saltatrix (Pisces: Pomatomidae) in the North Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea* *Journal of Fish Biology* The Fisheries Society of the British Isles *Journal of Fish Biology* (2010) 77, 1993–1998
- Piroddi C., Marta Coll, Diego Macias, Jeroen Steenbeek, Elisa Garcia-Gorri, Alessandro Mannini, Daniel Vilas & Villy Christensen *Modelling the Mediterranean Sea ecosystem at high spatial resolution to inform the ecosystem-based management in the region* *Scientific Reports*. (2022) 12:19680 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18017>
- Poloniato, D.; Ciriaco, S.; Odorico, R.; Dulc'ić, J.; Lipej, L. *First record of the dusky spinefoot Siganus luridus (Ruppell, 1828) in the Adriatic Sea*. *Ann. Ser. Hist. Nat.* 2010, 20, 161–166.
- Poursanidis D., Stefanos Kalogirou, Ernesto Azzurro, Valeriano Parravicini, Michel Barichef, Heinrich zu Dohnaf *Habitat suitability, niche unfilling and the potential spread of Pterois miles in the Mediterranean Sea* *Marine Pollution Bulletin* 154 (2020) 111054 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111054>
- Poursanidis, D.; Kougioumoutzis, K.; Minasidis, V.; Chartosia, N.; Kletou, D.; Kalogirou, S. *Uncertainty in Marine Species Distribution Modelling: Trying to Locate Invasion Hotspots for Pterois miles in the Eastern Mediterranean Sea*. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 729. <https://doi.org/10.3390/jmse10060729>
- Pranovi F, Anelli Monti M, Brigolin D and Zucchetto M (2016) *The Influence of the Spatial Scale on the Fishery Landings - SST Relationship*. *Front. Mar. Sci.* 3:143. doi: 10.3389/fmars.2016.00143
- Raymond W.M. Kwonga, Wen-Xiong Wanga, Paul K.S. Lamb, Peter K.N. Yuc *The uptake, distribution and elimination of paralytic shellfish toxins in mussels and fish exposed to toxic dinoflagellates* *Aquatic Toxicology* 80 (2006) 82–91
- Richon C., Jean-Claude Dutay, Laurent Bopp, Briac Le Vu, James C. Orr, Samuel Somot, and François Dulac *Biogeochemical response of the Mediterranean Sea to the transient SRES-A2 climate change scenario* *Biogeosciences*, 16, 135–165, 2019
- Salgado-Hernanz, P. M., Regaudie-de-Gioux, A., Antoine, D., and Basterretxea, G. *Pelagic primary production in the coastal Mediterranean Sea: variability, trends, and contribution to basin-scale budgets*, *Biogeosciences*, 19, 47–69, <https://doi.org/10.5194/bg-19-47-2022>, 2022

Sarre A., Demarcq H., Noel Keenlyside, Jens-Otto Krakstad, Salaheddine El Ayoubi, Ahmed Mohamed Jeyid, Saliou Faye, Adama Mbaye, Momodou Sidibeh & Patrice Brehmer - 2024 - *Climate change impacts on small pelagic fish distribution in Northwest Africa: trends, shifts, and risk for food security* 1 Vol.:(0123456789) OPEN www.nature.com scientificreports Scientific Reports (2024) 14:12684 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61734-8>

Savva I, Periklis Kleitou Carlos Jimenez, Niki Chartosia, Charalampos Antoniou, Andreas Georgiou, Nir Stern, Louis Hadjiioannou, Vasilis Andreou, Jason M. Hall-Spencer, Demetris Kletou *They are here to stay: the biology and ecology of lionfish (Pterois miles) in the Mediterranean Sea* - FISH J Fish Biol. 2020;97:148–162.

Schroeder K., Chiggiato J., H.L., Bryden, Borghini M., Ben Ismail S. (2016) - *Abrupt climate shift in the Western Mediterranean Sea* - *Scientific Reports* volume 6, Article number: 23009.

Seavault F, Somot S., Alias A., CLOTILDE Dubois C., Lebeauin C.-Brossier C., PIERRE Nabat P., Adloff F., De Que M. and Decharme B., (2014) - *A fully coupled Mediterranean regional climate system model: design and evaluation of the ocean component for the 1980-2012 period* - Tellus, 66, 23967, <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v66.23967>

Smalling, K.L., et al., *Young of the year bluefish (Pomatomus saltatrix) as a bioindicator of estuarine health: Establishing a new baseline for persistent organic ...*, Marine Pollution Bulletin (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.019>

Teem, J.L., Alphey, L., Descamps, S., Edgington, M.P., Edwards, O., Gemmill, N. ... & Roberts, A. 2020. *Genetic biocontrol for invasive species*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 8, 452.

Timur Yu Magarlamova,b, Irina A. Belenevaa, Alexey V. Chernysheva,c, Andrey D. Kuhlevsky a *Tetrodotoxin-producing Bacillus sp. from the ribbon worm (Nemertea) Cephalothrix simula (Iwata, 1952)* Toxicon 85 (2014) 46–51

Timur Yu. Magarlamov, Daria I. Melnikova and Alexey V. Chernyshev 2017 *Tetrodotoxin-Producing Bacteria: Detection, Distribution and Migration of the Toxin in Aquatic Systems* Toxins 2017, 9, 166; doi:10.3390/toxins9050166

Tsirintanis, K., Azzurro, E., Crocetta, F., Dimiza, M., Froglija, C., Gerovasileiou, V., Langeneck, J., Mancinelli, G., Rosso, A., Stern, N. & Triantaphyllou, M.V. 2022. *Bioinvasion impacts on biodiversity, ecosystem services, and human health in the Mediterranean Sea*. *Aquatic Invasions* 17(3): 308–352.

Ulman, Ali, Harris, Adel, Mabruk, Bariche, Candelmo, Chapman, Çiçek, Clements, Fogg, Frank, Gittings, Green, Hall-Spencer, Hart, Huber, Karp, Kyne, Kletou, Magno, Rothman, Solomon, Stern and Yildiz (2022) *Lessons From the Western Atlantic Lionfish Invasion to Inform Management in the Mediterranean*. *Front. Mar. Sci.* 9:865162. doi: 10.3389/fmars.2022.865162

Ünal, V. & Göncüoğlu Bodur, H. (2017). *The socio-economic impacts of the silver-cheeked toadfish on small-scale fishers: A comparative study from the Turkish coast*. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(2): 119-127. doi:10.12714/egejfas.2017.34.2.01

Vergés, A.; McCosker, E.; Mayer-Pinto, M.; Coleman, M.A.; Wernberg, T.; Ainsworth, T.; Steinberg, P.D. *Tropicalisation of temperate reefs: Implications for ecosystem functions and management actions*. *Funct. Ecol.* 2019, 33, 1000–1013. [CrossRef]

Vergés, A., Lanham, B.S., Kono, M., Okumura, S. & Nakamura, Y. 2022. *Differences in fish herbivory among tropical and temperate seaweeds and annual patterns in kelp consumption influence the tropicalisation of temperate reefs*. *Scientific Reports* 12, 21202. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24666-9>

Vlamiš A., Katikou P., Rodriguez Ines., Rey V, Alfonso A., Papazachariou A., Zacharaki T., Ana M. Botana and Luis M. Botana - 2015 - *First Detection of Tetrodotoxin in Greek Shellfish by UPLC-MS/MS Potentially Linked to the Presence of the Dinoflagellate Prorocentrum minimum* Toxins, 7, 1779-1807; doi:10.3390/toxins7051779

WoRMS Editorial Board. *World Register of Marine Species*. 2022. Available online: <http://www.marinespecies.org> (accessed on 25 May 2022).

Zarzczyzny, K.M.; Rius, M.; Williams, S.T.; Fenberg, P.B. *The ecological and evolutionary consequences of tropicalisation*. *Trends Ecol. Evol.* 2024, in press. [CrossRef]

Zenetos, A., Albano, P. G., López Garcia, E., Stern, N., Tsiamis, K., & Galanidi, M. (2022). *Established non-indigenous species increased by 40% in 11 years in the Mediterranean Sea*. *Mediterranean Marine Science*, 23(1). <https://doi.org/10.12681/mms.29106>

**PROGETTO PESCA FLAI CGIL**

Roma 00153 - Via Leopoldo Serra, 31  
Tel. +39 06585611 - Fax +39 0658561334  
e-mail: [progettopesca@flai.it](mailto:progettopesca@flai.it)  
[www.progettopescaflai.it](http://www.progettopescaflai.it)