

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE – CAMPUS RAVENNA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN BIOLOGIA MARINA

Strumenti *GIS* per la Pianificazione Spaziale e l'identificazione delle interazioni tra usi
del mare e conservazione ambientale: Il caso studio dell'acquacoltura in Campania

Tesi di laurea in Pianificazione Spaziale e Monitoraggio Dell'ambiente Marino

Relatore

Dott.ssa Federica Fogliani

Presentata da

Luca Lisciani

Correlatore

Dott.ssa Valentina Grande

III Sessione

Anno accademico 2019/2020

1. INTRODUZIONE	1
1.1. Pianificazione spaziale	1
1.1.1. Conservazione ambientale	3
1.1.2. Usi del mare	6
1.1.3. L'acquacoltura.....	8
1.2. Strumenti a supporto della pianificazione spaziale	18
1.2.1. I Sistemi Informativi Geografici (GIS).....	18
1.2.2. Analisi multicriteria	21
1.3. Caso studio	24
1.3.1. Il PO FEAMP della Regione Campania	24
1.3.2. Area di Studio	26
2. SCOPO	30
3. MATERIALI E METODI.....	31
3.1. Identificazione criteri e implementazione del database per l'analisi multicriteria	32
3.1.1. Identificazione criteri	32
3.1.2. Raccolta e messa a sistema dei dati.....	33
3.2. Elaborazione dei dati spaziali per l'analisi multicriteria.....	34
3.2.1. Produzione dei vincoli	35
3.2.2. Produzione dei fattori	36
3.2.3. Standardizzazione	37
3.3. Analisi Multicriteria.....	38
3.3.1. AHP – <i>Analytic Hyerarchical Process</i>	39
3.3.2. WLC - <i>Weighted linear combination</i>	41
3.3.3. Analisi di sensibilità e verifica	42
4. RISULTATI.....	43
4.1. Mappa delle aree idonee	43
4.2. Mappe dei Fattori.....	46
4.3. Mappe di idoneità per l'acquacoltura in Campania	49
4.3.1. <i>Suitability</i> dell'intera area di studio	49
4.3.2. <i>Suitability</i> delle aree idonee all'acquacoltura	54
5. DISCUSSIONE.....	56
5.1. Mappa di <i>Suitability</i>	56
5.2. Ulteriori implementazioni.....	62
6. CONCLUSIONI	63
7.1. BIBLIOGRAFIA.....	64
7.2. SITOGRAFIA.....	79

1. INTRODUZIONE

1.1. Pianificazione spaziale

La biodiversità del nostro pianeta sta cambiando con modalità poco prevedibili e una velocità particolarmente elevata, rispetto a quanto avvenuto nelle ere geologiche passate.

Le attività antropiche hanno una responsabilità diretta nei processi di cambiamento, nella sottrazione della biodiversità e sul degrado degli ecosistemi (Cantasano *et al.*, 2020; Dornelas *et al.*, 2014), che vengono sfruttati anche fino alla soglia di tolleranza biologica (Halpern *et al.*, 2008). Gli ecosistemi marini sono minacciati da impatti multipli e cumulativi (figura 1.1), tra i quali, l'inquinamento e il sovrasfruttamento delle risorse e il cambiamento climatico (Halpern *et al.*, 2008; Micheli *et al.*, 2013; Halpern *et al.*, 2015; Steffen *et al.*, 2015). Per questo motivo si è reso necessario incrementare le misure atte alla gestione e alla conservazione dell'ambiente marino, puntando sulla redistribuzione delle attività dell'uomo in mare e lungo la fascia costiera.

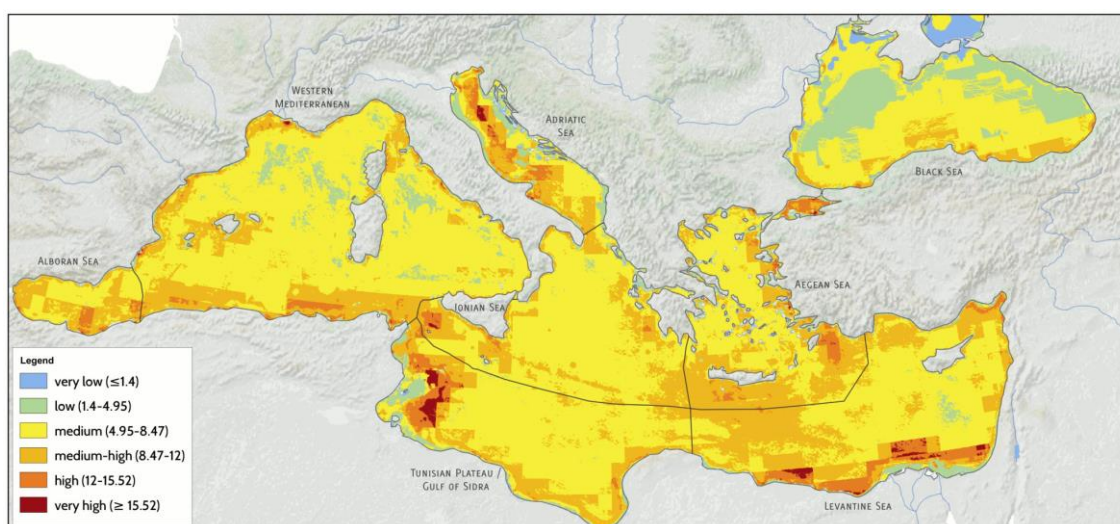


Figura 1.1 – Distribuzione spaziale degli impatti cumulativi negli ecosistemi marini del Mediterraneo e del Mar Nero (Micheli *et al.*, 2013). I colori corrispondono alle diverse categorie di impatto elencate in legenda.

Lo strumento che consente di fronteggiare le problematiche relative alla presenza di elevate fonti di stress nell'ambiente marino, tra le quali la drastica diminuzione degli stock ittici, la distruzione degli habitat, come anche la presenza di aree sovrasfruttate, è quello della Pianificazione Spaziale Marittima (MSP – Maritime Spatial Planning) (Al Amin *et al.*, 2020). Come spiegato nello studio di Kidd (2019), la MSP viene definita come un “processo pubblico di analisi e allocazione della distribuzione spaziale e temporale delle attività umane nelle aree marine, per raggiungere gli obiettivi ecologici, economici e sociali specificati attraverso un processo politico”. Lo scopo principale della pianificazione spaziale è quello di gestire l'uso

antropico dello spazio marittimo, spesso percepito come proprietà pubblica, aperto allo sfruttamento ed infinitamente rinnovabile, così compromettendo la resilienza ecologica degli ecosistemi e la fornitura dei servizi che ne derivano (McKinley *et al.*, 2019; Noble *et al.*, 2019a).

La MSP si fonda su principi ecologici finalizzati alla tutela e al mantenimento della diversità delle specie native, della diversità ed eterogeneità degli habitat, delle popolazioni delle specie chiave e della connettività, al fine di raggiungere un buon stato ecologico (Foley *et al.*, 2010). Tra gli strumenti attualmente disponibili per la conservazione e il monitoraggio degli ambienti marini si evidenziano: l'istituzione di Aree Marine Protette (AMP) e di siti Natura 2000 (Direttiva "Habitat" 92/43/CE), la Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE (Water Framework Directive - WFD) e la Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino 2008/56/CE (Marine Strategy Framework Directive - MSFD). Quest'ultima, nell'articolo 3, definisce il buono stato ecologico (Good Environmental Status - GES) come: "lo stato ecologico delle acque marine tale per cui queste preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari ed oceani che siano puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e l'utilizzo dell'ambiente marino resta ad un livello sostenibile, salvaguardando in tal modo il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future". L'obiettivo della MSFD è il raggiungimento e mantenimento di un buon stato ecologico, traguardo ancora lontano secondo lo studio Frascchetti *et al.* del 2018.

In questo contesto risulta necessaria una corretta gestione delle attività antropiche tramite la pianificazione spaziale marittima che si basa sull'identificazione dei bisogni ambientali e delle priorità di conservazione (Johnson *et al.*, 2020). Il mare e le coste sono motori dell'economia e il loro potenziale può essere ottimizzato solo attraverso precise misure di tutela ambientale, che necessitano di piani di gestione integrati atti a limitare i danni favorendo al tempo stesso lo sviluppo economico (Portman *et al.*, 2013).

Questo è il principio della "Crescita Blu", un processo di crescita sostenibile promosso dalla Comunità Europea che mira a implementare i settori dell'economia blu, basata sul mare e le sue risorse, tutelando innanzitutto gli ecosistemi marini (Cappelletto *et al.*, 2018; Mulazzani *et al.*, 2017).

Nel 2014, è stato istituito dall'Unione Europea un quadro per l'MSP, nell'intento di promuovere la crescita sostenibile delle economie marine (Direttiva 2014/89/UE).

La pianificazione spaziale dell'ambiente marino ha consentito lo sviluppo di piani di gestione atti al collegamento di interi litorali regionali. La conoscenza della distribuzione di habitat e specie sul territorio assume così un ruolo fondamentale nel contesto della pianificazione

spaziale (Fraschetti *et al.*, 2018), consentendo anche di fornire un quadro per l'ubicazione responsabile dell'attività di acquacoltura (Jossart *et al.*, 2020).

Vista la vastità degli usi, le potenzialità dello spazio marino e i conseguenti conflitti tra gli interessi territoriali dei fruitori, per una pianificazione spaziale marittima efficace è necessario il coinvolgimento degli *stakeholder*, ovvero di ciascuno dei soggetti direttamente o indirettamente coinvolti che possano contribuire a definire le priorità, gli obiettivi e i criteri della MSP (Noble *et al.*, 2019b). Inoltre i gestori dell'ambiente marino e i *decision-makers* hanno bisogno di strumenti nuovi per sviluppare sistemi gestionali capaci di ridurre le pressioni antropiche sull'ambiente marino (Furlan *et al.*, 2020).

1.1.1. Conservazione ambientale

L'attività di pianificazione spaziale dell'ambiente marino è praticata da inizio millennio (Ehler e Douvere, 2010). Nel 2013 sono state effettuate le prime valutazioni dei bisogni ambientali e delle priorità di conservazione per il bacino del Mediterraneo, come rappresentato in figura 1.2 (Giakoumi *et al.*, 2013). Negli anni successivi, diversi studi hanno avuto come focus la conservazione marina con l'obiettivo di individuare e mappare aree critiche per la conservazione e il mantenimento dei servizi relativi ecosistemici nel Mediterraneo (es. Progetto CoCoNet, progetto GEO-HABIT, progetto EMODnet, studio MedTrends, ecc.).

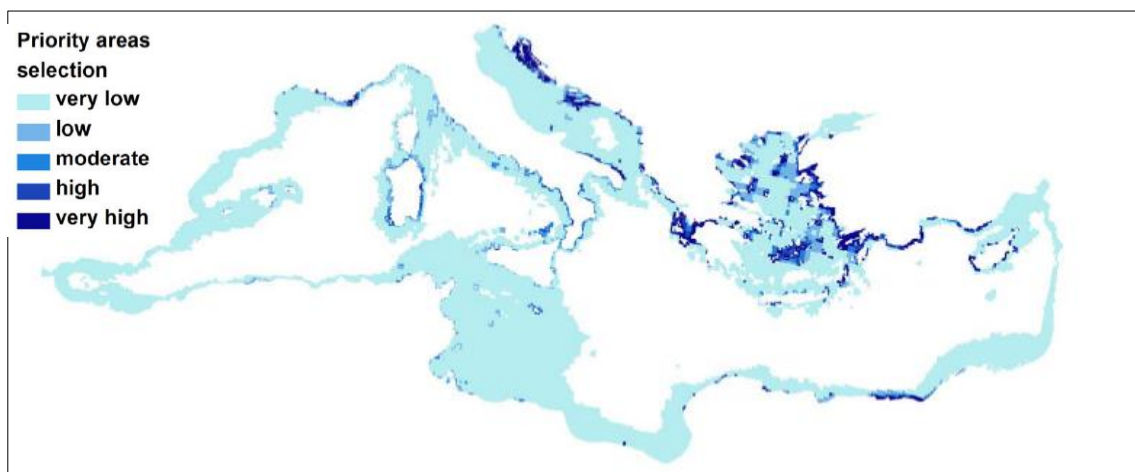


Figura 1.2 - Aree a priorità di conservazione nel Mar Mediterraneo (Giakoumi *et al.*, 2013).

Conosciuto come *hotspot* di biodiversità, il bacino mediterraneo è ricco di endemismi, con una biodiversità che rappresenta circa il 7.5 % delle specie marine conosciute sul pianeta (figura 1.3), un dato impressionante considerando le sue dimensioni limitate (comprende lo 0.82% della superficie totale e lo 0.32% del volume totale degli oceani) (Coll *et al.*, 2010).

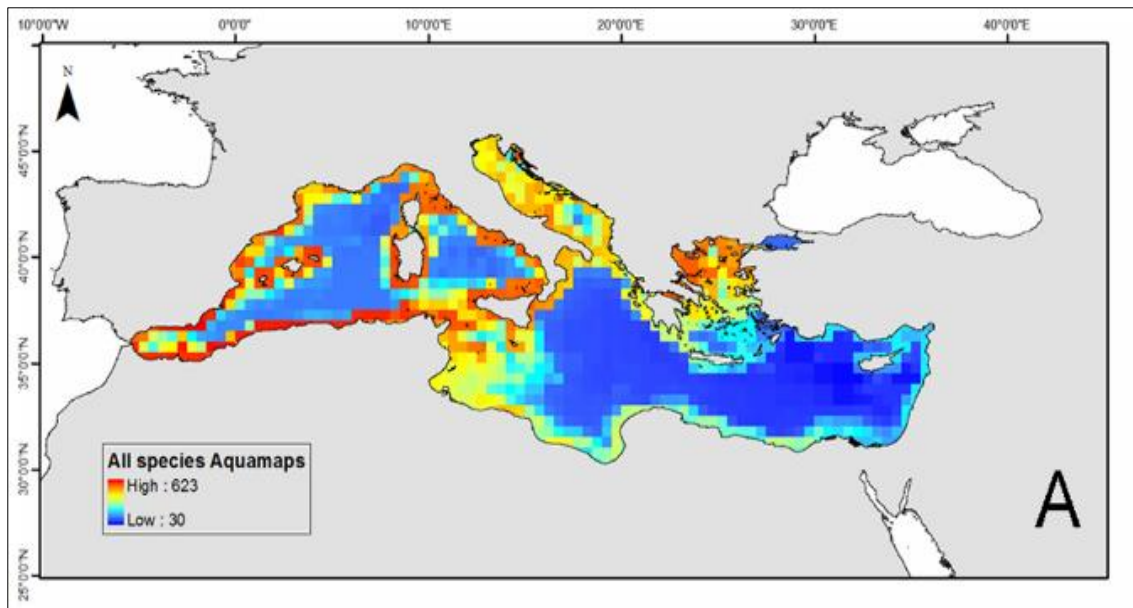


Figura 1.3 - Predizione spaziale dei pattern di distribuzione della ricchezza specifica in Mediterraneo, basata sui modelli AquaMaps (Coll *et al.*, 2010).

Le sue acque e gli ambienti circostanti sono tra le regioni a conservazione prioritarie per l'elevato numero di endemismi, l'alta biodiversità ecosistemica e la necessità di contrastare le crescenti attività umane. Presentando eccezionali valori estetici e culturali, il Mediterraneo rappresenta anche una risorsa vitale per lo sviluppo del turismo e altre attività marittime e costiere (Ramieri *et al.*, 2019).

I 22 paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo hanno una popolazione complessiva di quasi 500 milioni di persone. Circa un terzo di esse, a cui si aggiungono circa 200 milioni di turisti stagionali, abitano i 46.000 km del litorale (Portman *et al.*, 2012). Le intensificate attività marittime e costiere sono spesso responsabili della perdita di biodiversità. Ad oggi, secondo l'UNEP/MAP e Plan Bleu (2020), oltre il 20% delle specie valutate sono considerate sotto minaccia di estinzione.

La perdita della biodiversità altera la capacità degli ecosistemi naturali di fornire beni e servizi utili all'economia umana. Negli ultimi decenni, è aumentata la consapevolezza della necessità di tutelare la biodiversità degli ecosistemi naturali attraverso azioni di conservazione degli stock di risorse naturali (Buonocore *et al.*, 2020).

Lo sviluppo di strumenti adeguati a conseguire una corretta gestione dell'ambiente passa attraverso l'integrazione di elementi ecologici, economici e sociopolitici all'interno di un quadro interdisciplinare (Groot *et al.*, 2002). I sistemi socio-ecologici sono infatti sistemi adattivi complessi in cui dimensioni sociali e bio-geofisiche interagiscono su molteplici scale

temporali e spaziali. La comprensione delle relazioni tra sistemi ecologici e sociali è particolarmente importante per raggiungere la sostenibilità (Lazzari *et al.*, 2019).

La gestione delle risorse marine, attuata con la ricerca, il monitoraggio, lo sviluppo delle politiche e la loro applicazione, è diventata più complessa con la crescita della globalizzazione e delle sue conseguenze, quali il sovrasfruttamento delle risorse disponibili e conflitti d'interesse. In questo contesto, la determinazione dei livelli di sfruttamento sostenibile delle risorse naturali non è più l'unica preoccupazione di responsabili politici e gestori dell'ambiente marino., Il tema dei diritti territoriali e dei settori concorrenti per lo sfruttamento economico degli stessi spazi è emerso come nuovo argomento di conflitto (Levin *et al.*, 2014; Mazor *et al.*, 2014). Affrontare i conflitti spaziali è diventato il problema pressante per la gestione delle risorse marine nel XXI secolo (Winther *et al.*, 2020). Non farlo comporta non solo costi economici, ma anche una serie di danni all'ambiente e alle comunità locali dipendenti da tali risorse per il cibo, l'energia, il sostentamento e l'identità (Brodie Rudolph *et al.*, 2020; Carr, 2020; Manea *et al.*, 2020, Picone *et al.*, 2017).

Per proteggere e gestire efficacemente le risorse naturali su scale locali, regionali o nazionali, i *decision-makers* hanno bisogno di conoscere quantitativamente gli stock naturali e i relativi servizi ecosistemici. Negli ultimi decenni si è sviluppato un crescente interesse verso strumenti per la quantificazione degli stock naturali e la trasmissione della loro importanza ai responsabili politici e gestori locali (Mellino *et al.*, 2015). Alcuni autori hanno stimato il valore del capitale naturale e dei servizi correlati in diversi ecosistemi marini e terrestri usando metodi di valutazione economica. Altri invece hanno applicato metodi di contabilità biofisica per valutare il valore del capitale naturale e dei servizi ecosistemici, fornendo una prospettiva complementare alla valutazione economica delle risorse (Buonocore *et al.*, 2019). I sistemi di contabilità del capitale naturale considerano la natura e gli habitat come risorse che forniscono alla società un flusso di servizi. La contabilità ecosistemica mira a rendere trasparente il flusso di servizi provenienti da diversi tipi di ecosistemi e a renderli comparabili nel tempo e nello spazio. Questa contabilizzazione necessita di una quantificazione dell'estensione e dello stato di ecosistemi e dei relativi servizi, di una valutazione monetaria di quello che offrono e del loro sfruttamento. È inoltre indispensabile una revisione periodica delle attività in relazione al cambiamento dei flussi ecosistemici (Chen *et al.*, 2020) altamente sfruttati dalle attività umane, che rimuovono, alterano o distruggono gli habitat naturali (Buonocore *et al.*, 2020).

È previsto un aumento del trasporto di gas nei prossimi anni, che raggiungerà i 750 milioni di tonnellate nel 2025 (1.5 volte i numeri del 2006, di 500 milioni), coinvolgendo il lavoro di quasi 7000 petroliere. I contratti di esplorazione dei fondali marini per le attività di estrazione, che oggi controllano quasi il 20% della superficie del Mediterraneo, sono previsti in raddoppio per i prossimi 5 anni.

I progressi tecnologici consentono l'esplorazione e l'estrazione di petrolio e gas per procedere in ambienti sempre più difficili. I pozzi operano in acque profonde fino a 2450 m. I limiti dell'esplorazione delle risorse di petrolio e gas, così come l'estrazione in alto mare, non si basano sui limiti fisici dell'oceano profondo o delle latitudini polari, ma sul prezzo di mercato (FAO, 2020).

La popolazione delle zone costiere è in rapido aumento, così come il fabbisogno di prodotti ittici, in particolar modo quelli derivanti da acquacoltura (Murata *et al.*, 2019).

La flotta di pescherecci del Mediterraneo conta 76280 unità, che nel 2018 hanno sbarcato quasi 800,000 tonnellate di pesce, con un ricavo totale alla prima vendita di circa 3,4 miliardi di dollari (USD). Secondo le stime FAO (2018), a questi numeri vanno aggiunte anche le circa 190,000 tonnellate di *bycatch* e "scarti", quasi il 20% del pescato annuo totale.

Nonostante ciò, negli ultimi anni si è registrata una diminuzione della percentuale degli stock in sovrasfruttamento (a partire dall'88 per cento nel 2012 fino al 75 per cento nel 2018), e del rapporto di sfruttamento medio, che è diminuito da 2.9 a 2.4 volte superiore il tasso massimo di mortalità da pesca a rendimento sostenibile (*Maximum Sustainable Yield*, MSY) (FAO, 2020).

La produzione dell'acquacoltura è invece prevista in crescita, dalle 280000 tonnellate odierne a 600000 tonnellate, con un incremento del 112% nei prossimi 15 o 20 anni.

I risultati di Medtrends, uno studio del WWF (Piante e Ody., 2015), forniscono un quadro globale e integrato della crescita delle attività economiche marittime nel Mediterraneo, e prevedono nei prossimi quindici anni lo sviluppo di tutti i settori (turismo, trasporti, acquacoltura, impianti offshore ecc.) con l'esclusione di quello della pesca professionale (figura 1.5). È prevista una crescita ancor più rapida di settori emergenti come le risorse rinnovabili, la biotecnologia e l'estrazione mineraria nei fondali marini, nonostante vi siano ancora incertezze sulla loro possibile evoluzione.

La cooperazione in questi settori è fondamentale al fine di assicurare nell'ambiente marino la sostenibilità, riducendo la pesca eccessiva, decongestionando il traffico marittimo, gestendo i conflitti generati dalle operazioni di sfruttamento delle risorse sottomarine di gas naturale e petrolio (Ramieri *et al.*, 2019), concetto ben noto ormai da diversi anni (Caddy *et al.*, 1999).

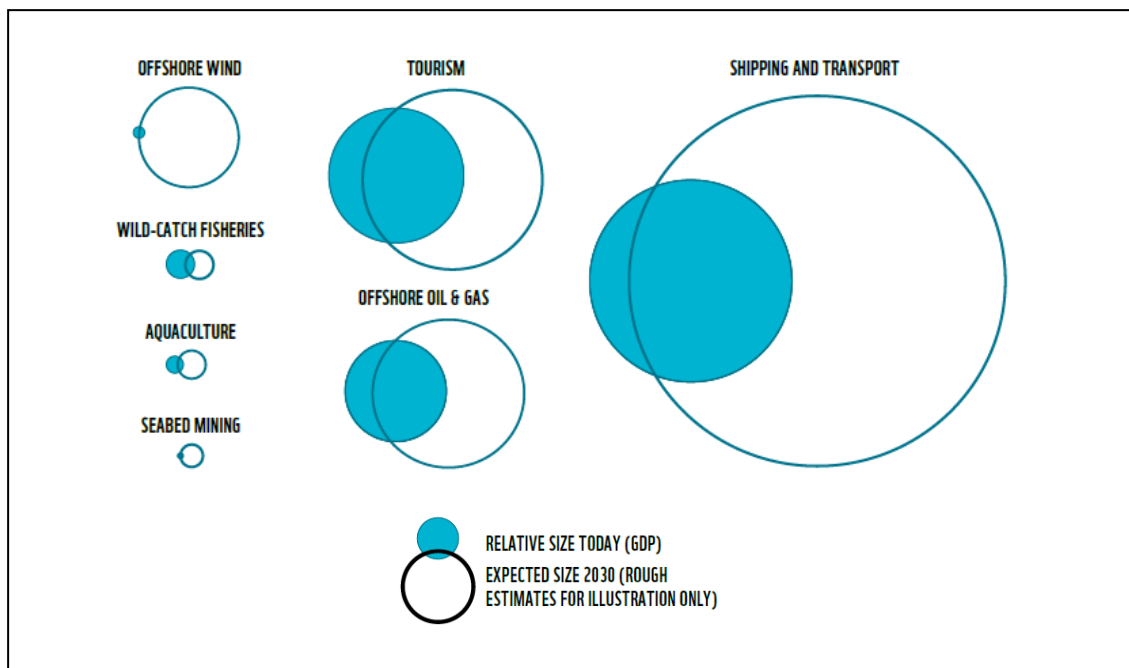


Figura 1.5 – Stime approssimative delle dimensioni relative dei settori marittimi su scala globale basate sul GDP (Gross Domestic Products) del 2005 e la loro crescita prevista per il 2030 (proiezioni sviluppate dal WWF) (Piante e Ody., 2015).

1.1.3. L'acquacoltura

1.1.3.1. Origini, aspetti economici, sostenibilità

Si presume che l'attività di acquacoltura abbia avuto origine oltre 5 mila anni fa. Questa veniva praticata già nell'antico Egitto, dove si riconosce, nella tomba del faraone Aktihetep (risalente a 4.500 anni fa) la figura di un pescatore intento a catturare le tilapie in uno stagno.

Questa attività ebbe inizio nello stesso periodo anche nella Cina imperiale. Le prime testimonianze a riguardo descrivono la costruzione di stagni per l'allevamento dei pesci oltre alla raccolta di note, datate intorno al 1100 a.C., sul comportamento e sull'accrescimento di questi, prodotta dal sig. Fang, itticoltore considerato fra i padri della piscicoltura cinese. Pochi secoli dopo, intorno al 500 a.C., sempre in Cina, fu redatto da Fan Li il primo trattato di piscicoltura.

Sul territorio italiano, l'acquacoltura marina è un'attività praticata sin dall'antichità. Sono state rinvenute molteplici testimonianze storiche tra i quali testi antichi, mosaici e resti di manufatti, che risalgono all'epoca degli Etruschi e dei Romani, dimostrazioni che forniscono una precisa conoscenza di come queste popolazioni fossero dedite a tali attività, favorite anche dall'alta diversità ambientale del territorio italiano. Infatti, l'arma vincente per la crescita e lo sviluppo dell'acquacoltura in Italia, è stata la capacità di adattarsi e di sfruttare a proprio vantaggio la moltitudine e la diversità dei siti disponibili. L'acquacoltura italiana è il risultato di una forte

interazione tra potenzialità degli ambienti e capacità di trasformazione degli stessi da parte delle comunità locali e, in tempi più moderni, da parte delle imprese. (Salvador., 2012).

L'acquacoltura nel territorio italiano si è sviluppata in epoca romana nei laghi costieri, nelle lagune e in apposite peschiere alimentate con acqua marina, garantendo la produzione di molluschi (principalmente ostriche) e pesci (come orate e spigole), prodotti pregiati per i quali abbondavano citazioni nei ricettari dell'epoca (es. "*De re coquinaria*" di Apicio del I secolo d.C.). La tradizione più antica e consolidata è quella dell'acquacoltura nelle lagune costiere, dov'è nata appunto la piscicoltura marina tradizionale italiana.

Nel 1741, Stephen Ludwig Jacobi eseguì la prima fecondazione artificiale di uova di trota di ruscello, tecnica che riscoperta un secolo dopo (1842) dal prof. Coste del Collegio di Francia, che permise l'avvio della troticoltura nel mondo Nord-occidentale.

In epoca più moderna, nella seconda metà del ventesimo secolo, modelli più avanzati hanno permesso lo sviluppo di impianti anche al di fuori dei siti tradizionali, evolvendosi nella cosiddetta vallicoltura.

L'acquacoltura marina è iniziata con l'allevamento delle specie che frequentano naturalmente aree costiere confinate, come le spigole e le anguille, grazie alla loro capacità di sopportare gli stress dovuti alle variazioni termiche e di salinità. Queste si sono rivelate anche le specie più "attrezzate" per sopportare le manipolazioni umane, caratteristiche del processo produttivo, quali la raccolta e il trasporto di giovani esemplari, la selezione ed il loro trasferimento nelle peschiere di sverno, ed infine l'alloggiamento nei vivai.

Nel processo evolutivo dell'acquacoltura italiana possiamo identificare alcune tappe e temi che nel tempo hanno attirato maggiormente l'attenzione delle istituzioni, dei cittadini e naturalmente delle imprese.

L'acquisizione di nuove tecniche di riproduzione dei pesci marini, avvenuta nel XX secolo grazie allo sviluppo della ricerca scientifica, è stato un passo fondamentale per fronteggiare la crescente domanda alimentare della popolazione mondiale. In particolare, per questo genere di attività, la ricerca pubblica ha avuto come "beneficiari" i settori produttivi privati.

In Italia, lo sviluppo dell'attività di acquacoltura "moderna" ha origine nel secondo dopoguerra. In particolare, la troticoltura ha rappresentato l'espressione di punta dell'acquacoltura italiana. La crescita di questa attività è stata accompagnata dalla rapida evoluzione di ulteriori tecniche produttive. In particolar modo è stata osservata l'evoluzione dei settori della riproduzione artificiale, dell'ittiopatologia, della mangimistica e della tecnologia di allevamento. La ricerca applicata sull'argomento ha inoltre consentito l'ideazione di soluzioni nuove, come l'introduzione di sistemi per ossigenare le acque, il controllo computerizzato dei parametri

chimico-fisici dell'acqua e di sistemi sempre più sofisticati per la selezione delle specie da allevare.

Ben presto è sorta la necessità di un'istituzione in grado di rappresentare queste nuove attività, portando alla costituzione dell'API (Associazione Piscicoltori Italiani) a Padova che si configura quale organismo professionale di categoria, costituito nel giugno del 1964, e che da quel momento riunisce un numero sempre crescente di piscicoltori. Oggi sono associate all'API oltre 300 imprese di ogni tipo di allevamento, che costituiscono circa il 90% della produzione nazionale.

Altri passi importanti per lo sviluppo dell'acquacoltura italiana si individuano nella messa a punto delle prime tecniche di allevamento intensivo (soprattutto per quanto riguarda la fase dell'ingrasso) che si sono sviluppate negli anni Settanta in seguito ad approcci per prove ed errori, sostenute dal supporto della ricerca scientifica.

In quegli anni, tutta l'attenzione è stata dedicata al mantenimento e alla cura degli animali in ingrasso, con sforzi crescenti per la formulazione di mangimi appropriati alle nuove specie allevate.

Gli anni Settanta sono considerati il punto di svolta nella piscicoltura marina, grazie alla messa a punto di nuove tecniche di riproduzione. I sistemi di allevamento diventano quindi in grado di coprire l'intero ciclo biologico delle specie allevate, dalla riproduzione fino al raggiungimento delle dimensioni idonee alla commercializzazione.

In questo contesto nasce la necessità di attribuire al reparto una qualifica in grado di attestarne l'appartenenza al settore agricolo. Questo compito sarà svolto dalla dirigenza API, associazione che già all'epoca aveva l'obiettivo di raccordarsi con gli allevatori di salmonidi in Europa. Sarà poi la stessa API una delle associazioni fondatrici della "Fédération Européenne de Salmoniculture" (ora FEAP), che nasce nel 1968.

Gli anni Ottanta vedono invece lo sviluppo della cosiddetta "Grande Distribuzione Organizzata" nel nostro Paese con una conseguente crescita anche del consumo di prodotti ittici. Lo sviluppo della piscicoltura avviene, in questa fase, attraverso l'introduzione di tecniche ed esperienze già collaudate nella zootecnia terrestre. Il concomitante impoverimento degli stocks ittici naturali, inoltre, ha contribuito allo sviluppo di interessanti spazi per il pesce allevato. In questi anni, all'API vengono associati anche allevatori di altre specie, come l'anguilla, allora ancora emergenti nel settore dell'acquacoltura, generando un'ulteriore espansione dell'associazione. Si inseriscono in questo ambito i pionieri della maricoltura, rappresentanti di un'attività ancora agli esordi. La questione dell'inquadramento agricolo dell'attività di acquacoltura diventa sempre più fondamentale. In questi anni l'Italia accede per la prima volta

ai contributi comunitari per la realizzazione di impianti di acquacoltura e sostiene la FAO, con il progetto Medrap, contribuendo all' avviamento di questa attività anche in altri paesi del Mediterraneo come Grecia e Turchia, che oggi hanno grande rilevanza in questo settore produttivo.

Il successivo decennio introduce lo sviluppo di nuove tecniche produttive, supportate dalle nuove tecnologie esistenti (quali sistemi computerizzati per il monitoraggio delle condizioni ambientali), dal miglioramento delle tecniche di prevenzione delle patologie e dalla sperimentazione di nuovi mangimi in grado di soddisfare le diverse esigenze delle specie in allevamento.

Gli anni Novanta vedono l'API impegnata nella realizzazione di forme collettive di gestione delle produzioni, tramite cooperative e associazioni di produttori. Nonostante non si riscontri l'immediata adesione degli operatori del comparto, l'API, da questo momento, è sempre più espressione di tutta l'acquacoltura italiana.

Nei primi anni Novanta, il Parlamento italiano approva la Legge 102/1992, che inquadra l'acquacoltura esercitata in acque dolci e salmastre quale attività agricola ai sensi del Codice Civile. Solo le attività di allevamento per mezzo di gabbie in mare, che vede il suo sviluppo durante questi anni, ne resta escluso.

Nel nuovo millennio cresce l'attenzione dei consumatori verso i prodotti alimentari come il pesce, alimento ricco di fattori nutrizionali. I prodotti dell'acquacoltura garantiscono qualità nutrizionali, salubrità, freschezza e accessibilità dei costi.

Sono questi gli anni in cui si rafforza la rappresentanza istituzionale dell'associazione, che in virtù delle norme nazionali di settore, si inserisce in tutti gli organismi preposti alla gestione del comparto di acquacoltura, sia a livello regionale che nazionale.

In particolare, si consolida l'inquadramento giuridico con l'estensione del riconoscimento di "attività agricola" anche agli allevamenti in mare e si rafforza il ruolo dell'associazione stessa. L'associazione guadagna importanza anche a livello europeo. L'API diviene, infatti, l'elemento trainante del FEAP (Federation of European Aquaculture Producers) e si fortifica il suo ruolo anche all'interno degli organi di consultazione della UE, come nel gruppo di lavoro Acquacoltura del COPA-COGECA (che da molti anni era guidato da un rappresentante dell'API che partecipa ai lavori del WG2 ACFA) (Salvador, 2012). Solo recentemente è stato osservato il consolidarsi del ruolo socio-economico dell'allevamento di specie ittiche e della loro riproduzione in ambiente artificiale, rendendo queste attività totalmente indipendenti dal settore pesca.

Il primo passo per la presa di autonomia dell'acquacoltura dal resto delle attività ittiche è stato definito dall'ampliamento del concetto giuridico di imprenditore acquicolo (D.Lgs. 228/2001) con l'inclusione della figura di allevatore di animali che utilizza le acque dolci, salmastre e marine. Emerge in questi anni, conseguentemente all'inquadramento economico e giuridico, l'importanza del riconoscimento di un ruolo nella dimensione territoriale e spaziale di questa attività.

Il ruolo spaziale dell'acquacoltura è stata la causa più volte di conflitti di interesse nel territorio italiano. In molti casi, infatti, sulle stesse aree marine e costiere insistono interessi economici di diverse attività, che spaziano dal settore della pesca a quello dei trasporti, dalla navigazione al turismo. Questo problema viene affrontato nella seconda e nella terza Relazione sulla Coesione Economica e Sociale (2001-2004), documento in cui, al fine di rafforzare il ruolo e l'identità dell'acquacoltura, la nuova dimensione della coesione territoriale viene affiancata da quelle economica e sociale.

Nell'ambito dell'Unione Europea, l'identità economica dell'acquacoltura è evidenziata nei principi della Politica Comune della Pesca (PCP). Tra gli obiettivi della PCP sono da evidenziare la ricerca di una stabilizzazione dei mercati, attuabile tramite il miglioramento dell'approvvigionamento e la valorizzazione dei prodotti, in grado di assicurare prezzi ragionevoli per i consumatori e contribuire al rilancio delle attività nelle aree strettamente dipendenti da queste.

Il regolamento (CE) 1198/2006, concernente il fondo europeo per la pesca (FEP), esplicita ulteriormente la dipendenza economica e sociale di alcune regioni dalle attività di pesca e acquacoltura. Proprio secondo il FEP, se si vuole soddisfare la crescente richiesta alimentare, ma allo stesso tempo assicurare l'appropriato sfruttamento delle risorse acquatiche, l'acquacoltura rappresenta l'asse prioritario da sostenere.

Come esplicitato da Cozzolino (2012), sebbene sia evidente che il ruolo giuridico dell'acquacoltura si sia affermato sia in ambito comunitario che nazionale, da un punto di vista economico l'interesse per il settore risulta essere ancora marginale.

Eppure, mentre i livelli di produzione della pesca si trovano in uno stato stazionario a causa del superamento dei limiti di sostenibilità delle attività di cattura, l'acquacoltura si inserisce nell'ambito delle attività produttive emergenti nel settore alimentare, con elevati tassi di crescita. Infatti, Secondo le statistiche pubblicate dalla FAO nel 2010, la produzione mondiale della pesca (stimata pari a circa 90 milioni di tonnellate annuali) è rimasta sostanzialmente stabile nel primo decennio del nuovo millennio. Al contrario, la produzione dell'acquacoltura,

incluse quella delle piante acquatiche (stimata intorno a 68 milioni di tonnellate) è in continua crescita dagli anni Cinquanta.

Sono ormai più di 350 le specie d'acqua dolce o marina che vengono allevate in tutto il mondo, con una concentrazione maggiore dell'attività nelle regioni asiatiche. Nel contesto europeo si contano circa 2,37 milioni di tonnellate di prodotto, costituito per oltre un terzo dall'allevamento di specie salmonicole.

Considerando invece le attività di acquacoltura nell'areale mediterraneo, le produzioni più significative sono rappresentate da spigole e orate con circa 250.000 tonnellate.

In Italia, come si può notare dai dati ISPRA (figura 1.6), i due sistemi di allevamento più rilevanti dal punto di vista produttivo, sono la piscicoltura (rappresentata principalmente dalla troticoltura) e la molluschicoltura.

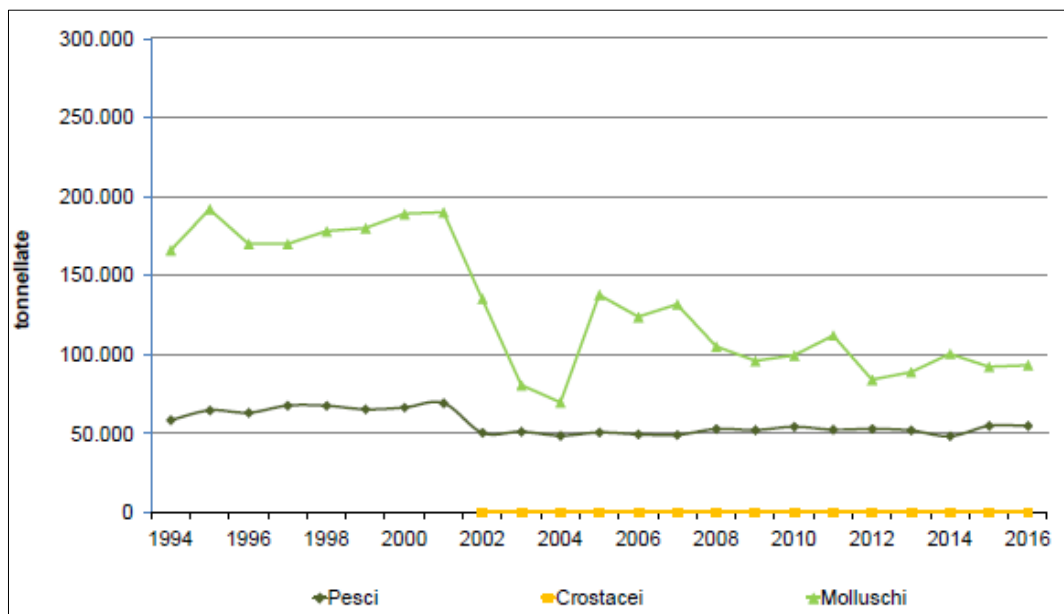


Figura 1.6 – “Serie storica (1994-2006) della produzione nazionale di acquacoltura di pesci, molluschi e crostacei” sviluppata da ISPRA (https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/stato-ambiente/annuario-2018/2_Pesca.pdf).

Dalla serie storica della produzione nazionale in acquacoltura di pesci, molluschi e crostacei rappresentata in figura è facilmente osservabile la decrescita della capacità produttiva del comparto della piscicoltura successivamente al 2001.

Questa situazione si è verificata in conseguenza del fatto che non sono state affrontate problematiche quali la riduzione del numero di impianti, il calo delle produzioni di anguilla tramite allevamento intensivo e la drastica diminuzione delle produzioni vallive tradizionali come l'allevamento estensivo di spigole, orate, anguille e muggini, causando la riduzione delle produzioni visibile in figura 1.7 (Bronzi *et al.*, 2012).

Quasi la metà della produzione complessiva dell'acquacoltura italiana (il 45.7%) è costituita da specie non indigene. Queste ultime contribuiscono nell'ambito della piscicoltura per il 68.2% della produzione totale dei pesci (notare che queste specie interessano esclusivamente le produzioni in acqua dolce), mentre nel caso della molluschicoltura e nella crostaceicoltura contribuiscono rispettivamente per il 32,5% e il 90,1% della produzione totale.

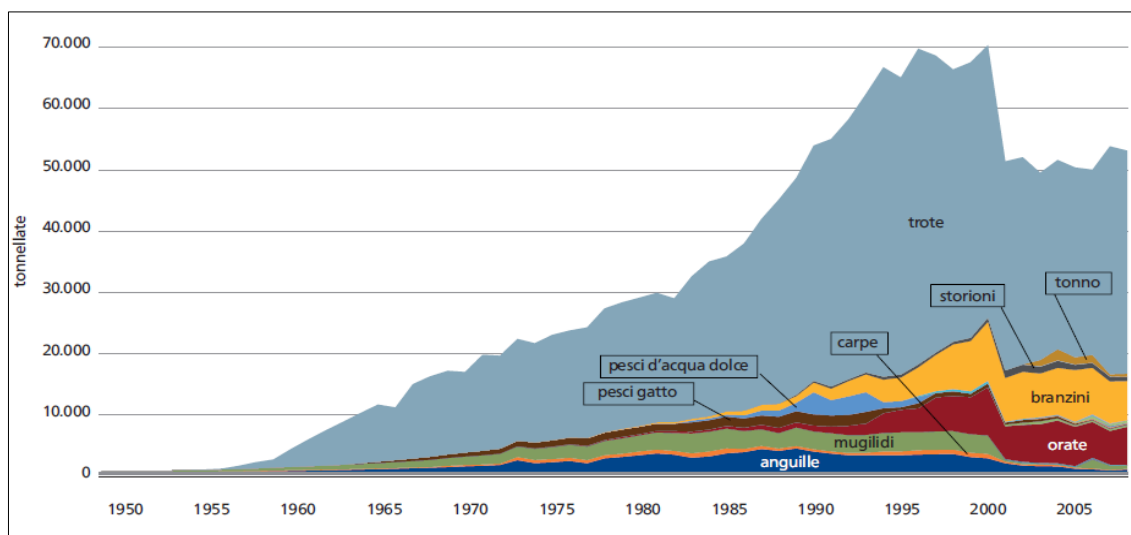


Figura 1.7 - Andamento delle produzioni annuali per specie della piscicoltura nel periodo 1950-2009 (1950-2001: FAO - FishStat, elaborati; 2002-2008: MiPAAF; 2009: Unimar) (Bronzi *et al.*, 2012).

La nuova Politica Comune della Pesca (Regolamento 1380/2013/UE) ha fissato gli obiettivi di europei di crescita e sviluppo sostenibile per il periodo 2014-2020, mirando a promuovere lo sviluppo delle produzioni di acquacoltura negli Stati membri, favorendone lo sviluppo nelle aree costiere e rurali, in modo tale da ridurre la necessità di importare prodotti ittici dall'estero, possibilmente fino al 70%. Gli obiettivi di sviluppo e crescita per l'acquacoltura in Italia sono stabiliti dal Piano Strategico per l'Acquacoltura in Italia 2014-2020, redatto ai sensi della PCP (art.34) (Regolamento UE N. 508/2014) e il Programma Operativo del Regolamento sul Fondo Europeo per gli Affari Marittimi e la Pesca (FEAMP), approvati dalla Commissione europea nel novembre 2015.

Con la diversificazione dei prodotti e dei loro processi produttivi, oltre alla modernizzazione e realizzazione di nuovi insediamenti produttivi, si prevede per il 2025 un incremento del 35.2% nelle produzioni di questo settore, corrispondente ad un incremento del valore economico pari al 47.6 % rispetto al 2013.

Il miglioramento dell'utilizzo dello spazio marino e costiero, e l'identificazione di nuove zone allocate per l'acquacoltura renderà possibile la produzione di ulteriori 190.441 tonnellate di prodotti ittici per un corrispondente valore di 580 milioni di euro.

Lo sviluppo economico dell'acquacoltura italiana ha seguito un iter pertinente alle dichiarazioni del rapporto di Brundtland (1987), secondo cui "Lo sviluppo è sostenibile se soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le possibilità, per le generazioni future, di soddisfare i propri bisogni". Un concetto che implica quindi dei limiti, individuabili nello stato di organizzazione tecnologica e sociale, nella capacità umana di utilizzare le risorse ambientali e in quello della biosfera di assimilarne gli effetti.

La necessità di disporre di un ambiente particolarmente sano ha reso necessario lo sviluppo di tecnologie sempre più all'avanguardia, che hanno a loro volta consentito al settore di sviluppare modalità di controllo e razionalizzazione degli impatti, sia diretti che indiretti, che queste attività hanno sull'ambiente circostante.

La ricerca italiana è attualmente impegnata nella messa a punto di sistemi di monitoraggio per il controllo dell'impatto ambientale e della valutazione dei rischi, in risposta ad uno dei mandati della Conferenza sulla Biodiversità (CBD, 1992), al fine di supportare lo sviluppo e l'applicazione di un approccio ecosistemico anche nel settore dell'acquacoltura (Cataudella, 2012).

Sono di recente sviluppo le tecniche di acquacoltura biologica. Questa, nel 2000, secondo le stime più ottimistiche, garantiva una produzione mondiale inferiore alle 10.000 tonnellate, che sono aumentate considerevolmente nei 10 anni successivi fino al raggiungimento della produzione di 120.000 tonnellate, concentrata soprattutto nelle regioni asiatiche.

Le informazioni relative a queste produzioni sono però molto lacunose e vanno quindi considerate con cautela. Non esiste infatti un sistema specifico di rilevazioni statistiche e in un contesto ampio come quello mondiale le definizioni e i sistemi di certificazione non sono sempre sovrapponibili.

Gli standard per le pratiche di acquacoltura biologica erano solitamente propri dei singoli allevatori europei, basate su alcuni principi generali, come la protezione dell'ambiente, l'uso di alimenti appositamente formulati, appropriati trattamenti sanitari e l'esclusione di qualsiasi manipolazione genetica per garantire il rispetto del benessere animale (Lembo *et al.*, 2002).

I *Basic Standard* per l'acquacoltura biologica sono stati approvati nel settembre 2005 ad Adelaide, in Australia, durante l'Assemblea dell'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) (Luttikholt, 2007).

Nonostante l'acquacoltura biologica costituisca oggi solo una piccola porzione dei sistemi di acquacoltura applicati in tutto il mondo, con l'approvazione del reg. (CE) 834/2007, relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici, sono state aperte per il

mercato europeo nuove ed interessanti prospettive. È stata così sancita l'importanza dell'acquacoltura biologica, ponendo le basi per uno sviluppo duraturo del settore.

Con l'entrata in vigore del reg. (CE) 710 del 2009, relativo ai sistemi produttivi dell'acquacoltura biologica, si è affermata la necessità di mantenere e valorizzare i tratti distintivi dell'acquacoltura biologica rispetto a quella convenzionale.

Per la redazione di questo regolamento è stato necessario il lavoro coordinato di esperti e *stakeholders*, dello SCOF (Standing Committee on Organic Farming), della Direzione generale della pesca marittima e acquacoltura (PEMAC IV), insieme alla Direzione generale sviluppo agroalimentare e della qualità (SAQ X) e dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, capitanati dalla Direzione Generale Agri di Bruxelles e dalla Direzione Generale Mare, che sono stati in grado di mettere d'accordo i rappresentanti di 27 Paesi europei.

Grazie alla clausola di revisione prevista dal regolamento, sono stati apportati contributi negli anni successivi, come quello del Gruppo Unione europea del IFOAM nel 2010 (un dossier che ha evidenziato luci e ombre della nuova regolamentazione).

Elementi qualificanti il regolamento sono:

- la valutazione dell'idoneità dei siti destinati all'acquacoltura biologica e la redazione di piani di monitoraggio con attenzione alle problematiche ambientali;
- l'applicazione del metodo biologico di allevamento in ogni fase della vita dell'animale allevato;
- la considerazione di tutte le esigenze peculiari di ciascuna specie;
- la risposta alle esigenze nutrizionali degli animali;
- la prevenzione delle malattie e riduzione dei trattamenti veterinari;
- lo sviluppo di "liste positive", cioè elenchi allegati al regolamento delle materie prime, prodotti per la pulizia e disinfezione, ecc. ammessi.

Bisogna considerare l'acquacoltura biologica come un'opportunità e non come un'attività che compete per le produzioni convenzionali, in quanto questa si rivolge ad una tipologia molto specifica di consumatori e comunque ben si colloca, ampliandone la gamma, in una tradizione italiana delle produzioni biologiche, che ha assunto posizioni di prestigio nel mercato internazionale (Lembo *et al.*, 2002).

In Italia la Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura del MiPAAF ha sostenuto lo sviluppo di ricerche coordinate sull'acquacoltura biologica, al fine di stimolare la ricerca di evidenze scientifiche a supporto di un modello produttivo, in grado di dare nuove opportunità competitive alle nostre imprese settoriali (Cataudella, 2012).

1.1.3.2. Le Zone Allocate per l'Acquacoltura (AZA)

La potenzialità di adattamento degli impianti di acquacoltura è conseguente alla capacità di selezionare e attribuirvi le appropriate dimensioni e una corretta pianificazione nel tempo, al fine di allevare rispettando i regolamenti e le norme di conservazione, evitando o mitigando i conflitti generati dalla presenza delle numerose attività presenti in mare.

In base alla risoluzione del 2012 del Consiglio Generale del Mediterraneo (FAO GFCM/36/2012/1) sulle Zone Allocate per l'Acquacoltura (AZA) e alla Comunicazione della Commissione sulla promozione dell'acquacoltura (0494 del 2012), sono definite come AZA le “aree nelle quali non vi sono interferenze con altri utilizzatori e dove le condizioni ambientali per lo sviluppo dell'acquacoltura consentono di minimizzare gli impatti ambientali”.

Lo sviluppo delle AZA è già stato promosso e applicato a livello europeo, con una variabilità di norme ancora molto alta, a causa delle diverse politiche e legislazioni locali (Sanchez-Jerez *et al.*, 2016).

In accordo con la FAO (2015), la selezione delle AZA gioca un ruolo determinante per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura con un approccio ecosistemico (Ecosystem Approach to Aquaculture - EAA) (Brigolin *et al.*, 2017).

Secondo la Risoluzione FAO, e come definito nel Piano Strategico per l'Acquacoltura 2014-2020, le AZA rappresentano l'applicazione di un sistema di pianificazione spaziale a livello locale o nazionale, atto a determinare un'area marittima in cui viene data priorità allo sviluppo delle attività locali di acquacoltura nelle zone costiere, col fine di incentivare l'acquacoltura marina sostenibile nel Mediterraneo evitando conflitti con le altre attività.

L'istituzione di nuove AZA nelle aree di interesse deve inoltre essere conforme con i piani strategici per l'acquacoltura già esistenti e seguire una serie di principi, quali:

- rispetto dei canoni stabiliti dall' EAA, promuovendo lo sviluppo sostenibile, l'equità e la resilienza dei sistemi ecologici e di quelli sociali ad essi collegati;
- coerenza con l'approccio ICZM (Integrated Coastal Zone Management);
- presenza di un approccio partecipativo e trasparente;
- basare l'identificazione sulle migliori informazioni disponibili sul campo amministrativo, sociale, economico e ambientale;
- assicurare l'affidabilità delle informazioni e facilitare il dialogo tra gli *stakeholders* e gli altri usufruenti dello spazio pubblico marino;
- presenza di un monitoraggio obbligatorio, specifico per ogni AZA, flessibile e in grado di tenere in considerazione le dimensioni di queste;

- il processo di preparazione delle AZA deve essere seguito e coordinato dalla principale autorità responsabile a livello locale per la pianificazione dell'uso delle aree marine.

Ogni AZA dovrà poi essere preparata in collaborazione con le diverse autorità e *stakeholders* inclusi nelle attività. Per supportare lo sviluppo delle AZA in Mediterraneo e nel Mar Nero, è stata sviluppata una guida nel 2019 da Macias e colleghi, intesa come uno strumento pratico e completo per comprendere meglio la selezione del sito e la sua pianificazione. La guida tiene in considerazione una serie di aspetti specifici tra i quali l'utilizzo del sistema informativo geografico, i criteri di esclusione e l'individuazione di possibili conflitti.

1.2. Strumenti a supporto della pianificazione spaziale

1.2.1. I Sistemi Informativi Geografici (GIS)

I Sistemi Informativi Geografici (GIS), anche noti come Sistemi Informativi Territoriali (SIT), nascono alla fine degli anni 80', come strumenti per la gestione e l'analisi dell'informazione geografica (Carrion *et al.*, 2009). Questi sistemi trovano applicazione in vari settori, tra i quali la ricerca per la conservazione ambientale all'urbanistica, il turismo, il trasporto pubblico, il geomarketing (Nowak *et al.*, 2020).

La struttura di un GIS è costituita da un sistema di hardware, software, dati, procedure e algoritmi matematici predisposti per l'elaborazione, la modifica e la catalogazione di dati geografici.

Gli oggetti del mondo reale vengono espressi in ambiente GIS tramite informazioni geografiche configurate in due o tre dimensioni e disponibili in due formati rappresentati in figura 1.8 e definiti di seguito:

- **vettoriale**: dati sotto forma di elementi geometrici semplici o complessi, in grado di rappresentare gli oggetti all'interno dell'ambiente GIS. I fenomeni geografici sono rappresentati da punti, linee e poligoni;
- **raster**: matrici di pixel (o celle), ciascuna caratterizzata da una localizzazione geografica ed un valore che rappresenta le condizioni dell'area coperta dalla cella;

La localizzazione della cella è definita dalla sua posizione nelle righe e nelle colonne della matrice. Ogni cella ha un valore, che rappresenta il fenomeno ritratto nel *raster*.

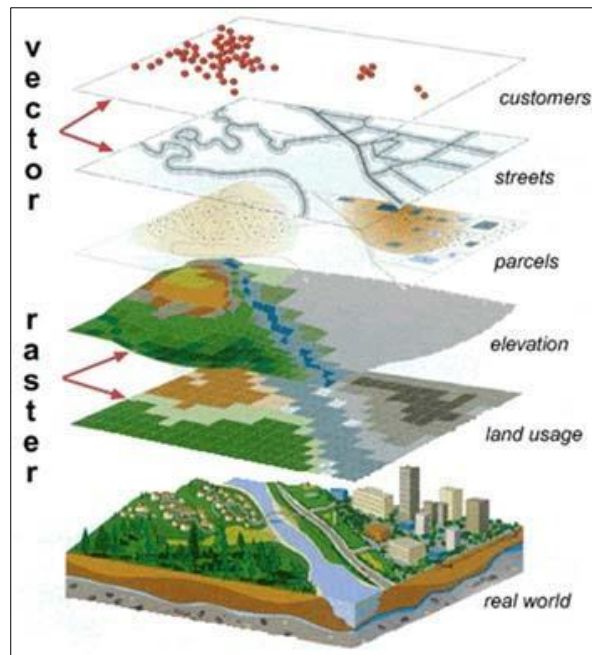


Figura 1.8 - Esempi di mappe "vettoriali" e "raster" nel GIS

(<https://www.lacombecounty.com/index.php/mapping-technology-sp-12584/what-is-gis>).

I dati di tipo **raster** sono utili per rappresentare superfici in costante cambiamento, come l'elevazione, o parametri chimico-fisici dell'ambiente. La matrice di celle è una struttura dati semplice, facilmente sfruttabile dai computer per fare calcoli analitici.

I dati rappresentati nelle celle possono essere (figura 1.9):

- **Nominal data**: dati categorizzati con nomi. Il valore è un codice di tipo arbitrario.
Es: Usi del suolo.
- **Ordinal data**: dati categorizzati, con nomi e rango. I valori sono in ranghi numerici.
Es: mappe di *suitability*
- **Interval data**: Intervalli di dati con differenze significative ordinati numericamente. Es: differenze di concentrazione.
- **Ratio data**: misurano un fenomeno continuo con uno punto 0 naturale.
Es: Densità di popolazione.

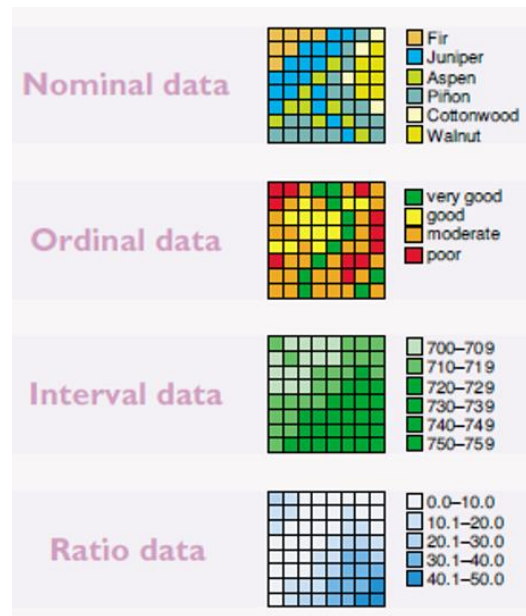


Figura 1.9 - Categorizzazione dei dati Raster.

I dati di tipo **vettoriale** sono utili per rappresentare elementi discreti del mondo reale sotto forma di punti, linee e poligoni. I punti sono coppie di coordinate geografiche x,y, le linee sono set di coordinate spaziali che definiscono una sagoma, mentre i poligoni sono set di coordinate

spaziali che definiscono un confine racchiudente un'area. Le mappe vettoriali risultano più simili alle mappe geografiche, grazie alla capacità dei vettori di rappresentare gli oggetti accuratamente. I vettori contengono degli attributi, dati specifici dell'oggetto che ne descrivono determinate proprietà. I tipi di attributi più comuni sono:

- *descriptive string*: fornisce al vettore un nome o ne caratterizza una categoria, condizione o tipo;
- *coded value*: rappresenta un tipo di caratteristica. Può essere un valore numerico o una stringa abbreviata;
- *discrete numeric value*: rappresenta qualcosa che viene contato;
- *real numeric value*: rappresenta dati continui che vengono misurati o calcolati, come distanza, area o flusso;
- *object identifier*: viene visualizzato raramente, ma è la chiave per accedere agli attributi in database esterni.

Raster e vettoriali sono inoltre dotati di **metadati**, informazioni aggiuntive, caratteristiche dei dati stessi, come il titolo, il tipo e l'origine, l'autore, la data dell'ultima modifica, l'anteprima ecc. Possono anche includere altre informazioni, come descrizioni sui tempi e le modalità di acquisizione, sull'accuratezza e la precisione, nonché le restrizioni associate all'utilizzo e alla condivisione dell'elemento. Queste informazioni possono servire per scoprire e convalidare l'utilità degli elementi.

Il **Geodatabase** è una raccolta di dati GIS di vari tipi (geometrie, tabelle ed immagini) accessibili e memorizzati in una cartella di file system comune, un database Microsoft Access, o un Database Management System (DBMS) relazionale multiutente (come Oracle, Microsoft SQL Server, Postgresql, Informix, o IBM DB2). La banca dati centralizzata permette l'archiviazione, la fruibilità e l'editing di notevoli quantità di dati geografici (vettoriali, *raster*, ecc.) ad un numero consistente di utenti contemporaneamente, da qui il nome di "*Multiuser Geodatabase*". Lavorare in un Geodatabase permette inoltre di definire:

- relazioni spaziali tra i vettori (siano essi punti, linee o poligoni) collegati o adiacenti in un GIS sono definite dalla "topologia" utile per individuare ed eliminare errori di digitalizzazione, sovrapporre mappe, aumentare la velocità di processing, ecc. (Goodchild, 2009);
- relazioni tra oggetti attraverso un campo comune (chiave esterna) tra due o più tabelle. Una relazione può essere: 1 a 1 se c'è una corrispondenza univoca in entrambi i versi, cioè ad ogni record di una tabella A corrisponde uno e un solo record della tabella B, e viceversa; 1 a N quando c'è una corrispondenza univoca in un solo verso: ad ogni record

di una tabella A corrisponde uno e un solo record della tabella B, ma diversi record della tabella B possono corrispondere ad un record della tabella A; oppure N a M con un a corrispondenza non univoca in entrambi i versi: ad ogni record di una tabella A possono corrispondere uno o più record di una tabella B, e viceversa.

I progressi nella tecnologia del Sistema di Informazione Geografica (GIS) hanno contribuito allo sviluppo di molti settori della pianificazione scientifica e territoriale (tra cui il MSP), grazie alla sua capacità di integrare grandi quantità di dati provenienti da un'ampia varietà di fonti per contribuire a risolvere i problemi ambientali (D'Auria et al., 2018; Dias *et al.*, 2020; Noble *et al.*, 2019b).

Essendo in grado di fornire una piattaforma spaziale comune, il GIS è considerato un sistema di supporto decisionale efficace. Può aiutare a modellare e visualizzare complessi compromessi tra le alternative di gestione affrontando l'incertezza (ad es. processi casuali o carenze di dati), funzionare a una molteplicità di scale (ad es. locali, nazionali, globali) e allo stesso tempo rappresentare nello spazio esigenze specifiche (Furlan *et al.*, 2020).

1.2.2. Analisi multicriteria

La “*Multicriteria Evaluation*” (MCE), o “*Multicriteria Decision Analysis*” (MCDA), è definita come la valutazione di un set di alternative basata su criteri multipli, dove i criteri sono indicatori e/o caratteristiche quantitative di diversa natura, tramite le quali è possibile valutare le alternative. In particolare, la MCE “*spatially explicit*” richiede informazioni sulla distribuzione spaziale dei valori dei criteri. (Malczewski, J. 2006).

L'MCE è stata sviluppata come strumento di supporto per le decisioni spaziali riguardo la pianificazione dell'uso del suolo (Vergara-Solare et al., 2019). L'applicazione dell'MCE nelle analisi di “*spatial suitability*” (indagini svolte per determinare il grado di idoneità di un sito allo svolgimento di determinate attività) ha permesso il riconoscimento delle esigenze economiche, ambientali, politiche e sociali nel processo di analisi, diventando fondamentale tra le operazioni di supporto decisionale (Jiang *et al.*, 2000).

Inoltre, la MCE permette di gestire molteplici criteri nel medesimo campo di interesse e di definirne le priorità in accordo con le preferenze degli *stakeholders* (Bakirman *et al.*, 2020; Wood e Dragicevic, 2007).

La procedura da seguire in un'analisi multicriteria è descritta di seguito (Domazetović *et al.*, 2019).

1. Definizione di un obiettivo: prima di iniziare a svolgere le analisi, è necessario definire l'obiettivo che di solito coincide con la determinazione delle aree più idonee allo sviluppo dell'attività oggetto di studio

2. Identificazione dei **criteri**, cioè gli elementi di giudizio che contribuiscono alla valutazione delle alternative (Carver, 1991): successivamente è necessario determinare i criteri utili per lo sviluppo delle analisi, che saranno poi classificati in vincoli e fattori.

3. Elaborazione dei dati e standardizzazione: tramite digitalizzazione vengono sviluppati in ambiente GIS i *layers* contenenti le informazioni utili dei criteri scelti.

Quelli che esprimono sulla mappa geografica l'informazione di idoneità o non idoneità del sito analizzato (**vincoli**) vengono raggruppati per ottenere un *layer* "maschera" da applicare alla mappa di *suitability* finale. I vincoli sono quelle condizioni che rendono una zona inadatta, la loro mappatura permette quindi di identificare ed escludere le aree non idonee evitando conflitti nel processo decisionale (Dapueto *et al.*, 2015). Mentre i vincoli definiscono l'idoneità (o la non idoneità) dell'area in esame allo svolgimento delle attività, i fattori permettono di esprimere il grado di idoneità dell'area, misurato su una scala ordinale.

I criteri che rappresentano la distribuzione spaziale di diversi tipi di informazioni (**fattori**), con scale e grandezze proprie, devono essere standardizzati per eseguire il confronto e le analisi su una scala di valori unificata (Karnatak *et al.*, 2007). I criteri standardizzati assumono dunque valori non dimensionali, ossia non più dipendenti dall'unità di misura. L'approccio di standardizzazione usato è quello del DMS (*Decision maker standardization*), che prevede la standardizzazione dei criteri su una scala di valori ordinali, basata sulle esperienze di valutazione di idoneità dei *decision-makers*.

4. Assegnazione dei pesi ai fattori per la MCE: i fattori sono i criteri scelti per effettuare le vere e proprie analisi matematiche. Ai fattori sono assegnati dei pesi, valori che rispecchiano la loro rilevanza nel caso specifico.

Il "metodo di comparazione a coppie" sviluppato da Saaty nel 1977 nel contesto dell'AHP (*Analytic hierarchy process*) è utilizzato per assegnare una serie di pesi relativi per ciascun fattore analizzato. In questa fase, gli operatori conferiscono il peso dei fattori in base ai pareri degli esperti e all'importanza del criterio preso in considerazione (Chandio *et al.*, 2013). Effettuando confronti a coppia tra ogni fattore, l'operatore definisce dei pesi relativi, chiamate preferenze, per differenziare l'importanza dei criteri. Le preferenze indicano come un fattore sia effettivamente più o meno importante rispetto all'altro fattore con cui viene confrontato. I valori dei pesi relativi corrispondono a diversi livelli di importanza che vengono descritti nella seguente immagine (figura 1.10) (Divu *et al.*, 2020). Generalmente, i criteri di ponderazione

sono ottenuti intervistando (per mezzo di questionari) i diversi esperti (acquacoltori, ricercatori, alti funzionari e collaboratori di MPA). I risultati di ogni esperto vanno quindi convertiti in pesi normalizzati, poi mediati per ridurre la soggettività degli esperti e aumentare il livello di accuratezza dei giudizi (Pour e Oja, 2020).

Intensity of importance	Definition
1	Equal importance
2	Weak
3	Moderate importance
4	Moderate plus
5	Strong importance
6	Strong plus
7	Very strong or demonstrated importance
8	Very, very strong
9	Extreme importance

Figura 1.10 - Scala di importanza relativa dei fattori secondo Saaty

(https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382012000100006).

5. Aggregazione dei fattori per lo sviluppo della mappa di *suitability*: l'aggregazione dei fattori avviene per mezzo della WLC (*Weighted Linear Combination*), uno dei metodi decisionali più utilizzati in ambiente GIS, in quanto facilmente implementabile utilizzando operazioni di "algebra delle mappe" e sovrapposizione geospaziale (Cao *et al.*, 2019).

Inoltre, la combinazione lineare è un metodo intuitivo e potente per creare scenari realistici di facile comprensione per i *decision-makers* (Malczewski *et al.*, 2000).

La WLC si sviluppa applicando la seguente equazione:

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij}$$

Dove A_i è il punteggio di idoneità finale in ogni pixel, " x_{ij} " è il punteggio del pixel "i" rispetto al criterio "j", e il peso " w_j " è un peso normalizzato in modo tale che la sommatoria dei pesi equivalga ad 1 (Wood e Dragicevic, 2007).

Per semplificare i calcoli, può risultare conveniente eseguire la WLC con un numero di fattori limitato che a tal fine vengono raggruppati in "**macrofattori**" (categorie in grado di esplicitare principali argomenti di interesse relativi alla realizzazione dell'opera in esame) (Buitrago *et al.*, 2005). Viene eseguita una WLC all'interno di ogni macrofattore assegnando un peso ad ogni fattore appartenente al gruppo. I risultati vengono utilizzati per le WLC finali, assegnando ai macrofattori pesi diversi per ogni scenario.

6. Controllo della qualità del modello: la modellizzazione quantitativa tramite GIS, come l'MCE, produce risultati sotto forma di mappe senza alcuna indicazione circa il livello di errore associato a tali risultati.

L'analisi di sensibilità è considerata un valido metodo di valutazione della robustezza ed è definita come una procedura per determinare in che modo la linea d'azione raccomandata è influenzata da cambiamenti negli input dell'analisi (Wood e Dragicevic, 2007).

La robustezza dei modelli dipende intrinsecamente dalla qualità dei dati spaziali utilizzati e dalla qualità del modello in cui i dati interagiscono. Tuttavia, è possibile verificare la bontà del risultato della procedura tramite la sovrapposizione dei dati reali già presenti sul territorio e coincidenti con l'obiettivo dello studio e una valutazione delle congruenze (Dapueto *et al.*, 2015; Divu *et al.*, 2020; Feizizadeh e Blaschke, 2013, Nath *et al.*, 2000).

1.3. Caso studio

1.3.1. Il PO FEAMP della Regione Campania

Il PO FEAMP è il Programma Operativo nazionale per la sostenibilità della pesca e dell'acquacoltura, con particolare riguardo alla crescita competitiva e all'occupazione, finanziato dal Fondo Europeo per gli Affari Marittimi e la Pesca (FEAMP) nel periodo di programmazione 2014-2020, uno dei cinque fondi strutturali e di investimento europei (fondi SIE).

Il PO FEAMP si preme di affrontare diverse priorità strategiche rappresentate di seguito in figura 1.11).

Queste priorità sono articolate in obiettivi specifici, i quali vengono attuati tramite misure "a titolarità" o "a regia". Si intendono "a titolarità regionale" i progetti per i quali l'Amministrazione regionale è anche beneficiario, che può realizzarli avvalendosi di 'soggetti attuatori' da selezionare con le procedure di evidenza pubblica previste dalla normativa vigente.

Si dicono "a regia" i progetti per i quali i beneficiari sono soggetti diversi dall'Amministrazione regionale, ovvero, in questo caso specifico, proprietari di imbarcazioni da pesca e/o armatori, pescatori professionali, piccole e medie imprese, operatori del settore singoli o associati, associazioni nazionali di categoria, cooperative ed enti pubblici.


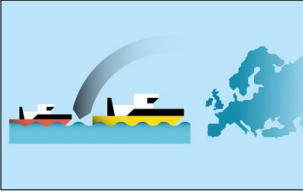
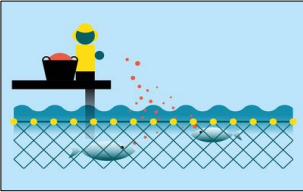
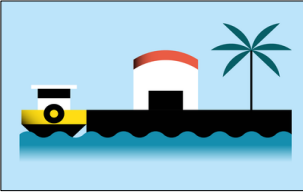
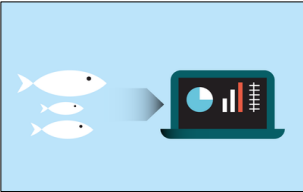
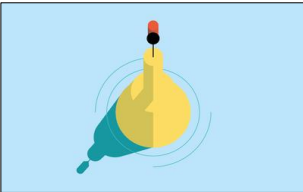
	<p>Priorità 1: Promuovere una pesca sostenibile sotto il profilo ambientale, efficiente in termini di risorse, innovativa, competitiva e basata sulle conoscenze</p>
	<p>Priorità 2: Favorire un'acquacoltura sostenibile sotto il profilo ambientale, efficiente in termini di risorse, innovativa, competitiva e basata sulle conoscenze</p>
	<p>Priorità 3: Promuovere l'attuazione della Politica Comune della Pesca</p>
	<p>Priorità 4: Aumentare l'occupazione e la coesione territoriale</p>
	<p>Priorità 5: Favorire la commercializzazione e la trasformazione</p>
	<p>Priorità 6: Favorire l'attuazione della Politica Marittima Integrata (PMI)</p>

Figura 1.11 – Le 6 Priorità del PO FEAMP 2014-2020
(<https://pofeamp.politicheagricole.it/it/le-priorit%C3%A0/>).

Per l'attuazione del PO FEAMP sono stati stanziati 537 milioni di euro. La Direzione Generale della Pesca Marittima e dell'acquacoltura del Ministero delle Politiche Agricole si occupa dell'amministrazione di queste risorse che vengono poi gestite dalle Regioni.

La dotazione finanziaria assegnata alla Regione Campania ammonta a circa 73,2 milioni di euro per la crescita, la competitività e l'innovazione delle micro e piccole medie imprese del settore, con particolare riguardo alla pesca costiera artigianale, che risulta numericamente la più rappresentata nel settore peschereccio campano (dati del Ministero delle Politiche Agricole, <http://www.regione.campania.it/regione/it/news/primo-piano/pesca-e-acquacoltura-73-milioni-per-il-comparto?page=1>).

1.3.2. Area di Studio

La Regione Campania (figura 1.12) è una regione del Sud Italia, abitata da una popolazione di circa 5,800,000 abitanti. Con un'area totale di 13,671 km², è la prima regione d'Italia (a pari merito con la Lombardia) per densità di popolazione secondo i dati ISTAT del 2019.

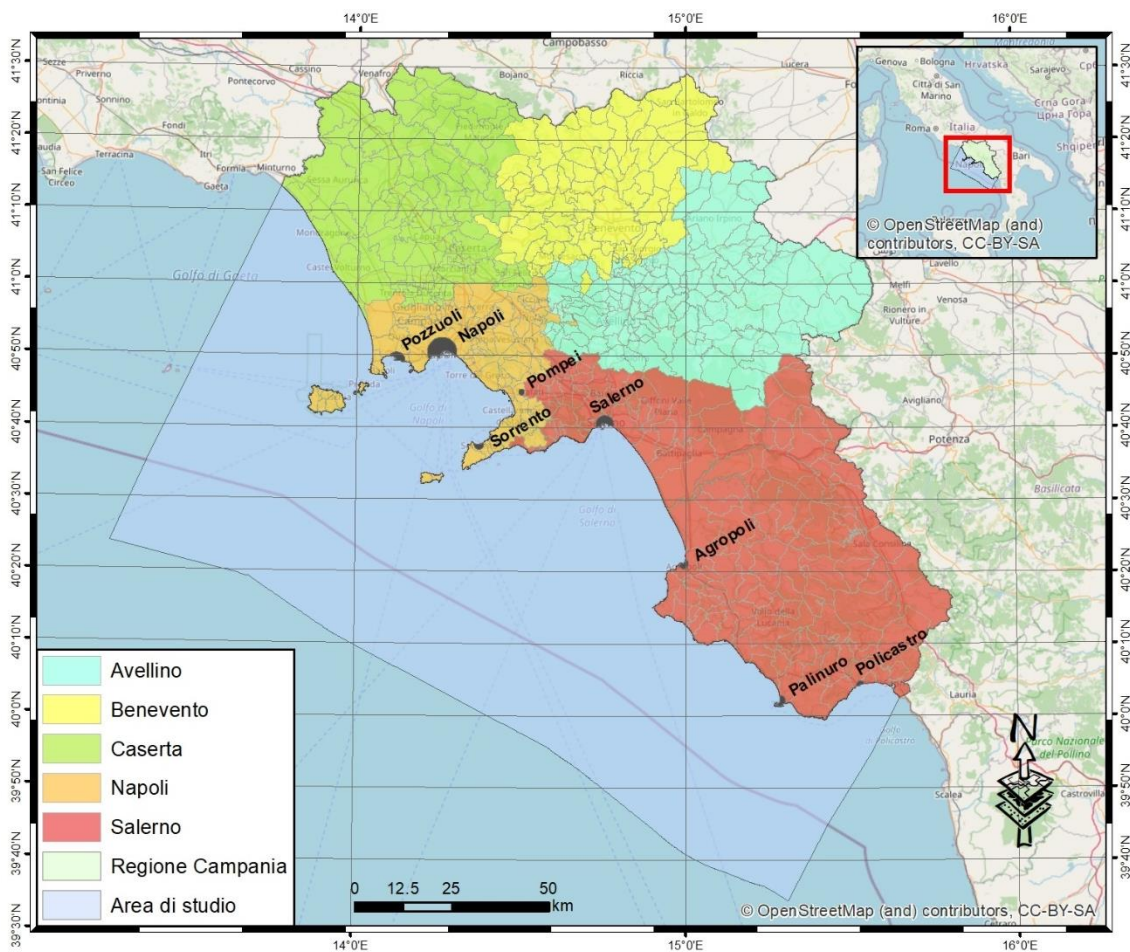


Figura 1.12 - Mappa della regione Campania e dell'area di studio.

I paesaggi marini della regione Campania sono dominati da strutture geologicamente giovani e processi sedimentari. Questa area marina è composta da tre bacini principali (Baia del Volturno, Baia di Napoli e Baia di Salerno) e da numerosi bacini minori. Si sviluppa sul margine orientale del Mar Tirreno sul confine tra la catena montuosa degli Appennini e l'area di estensione del Tirreno, dove la tettonica del Quaternario ha profondamente influenzato le caratteristiche del territorio.

I processi sedimentari relazionati alle dinamiche dei fiumi Sele e Volturno hanno contribuito notevolmente alla definizione dei substrati nelle aree antistanti i bacini idrografici principali. Nella Baia di Napoli, la presenza di vulcani attivi, i Campi Flegrei e Somma Vesuvio hanno influenzato significativamente gli habitat marini e costieri (Violante *et al.*, 2012).

Le sue molteplici peculiarità paesaggistiche e morfologiche, insieme ad un clima mite e alla presenza massiccia di siti storici e archeologici la rendono un'importante destinazione turistica. È caratterizzata anche da un'intensa attività commerciale, focalizzata nel Golfo di Napoli, esteso 385 km su cui si affacciano 25 comuni e comprendente anche il porto di Napoli, un importante hub commerciale nel Mar Mediterraneo (Buonocore *et al.*, 2020).

La flotta regionale contava a fine 2015 poco più di mille battelli, l'85% dei quali adibiti a connotazioni di pesca tipicamente artigianale, in grado di operare solo nel sotto costa o difficilmente oltre le 6 miglia di distanza dalla costa (figura 1.13).

flotta	n.	GT	kW	LFT
circuizione	31	826	5523	511
draga idraulica	14	142	1976	174
reti e passivi minori <6	204	204	976	998
reti e passivi minori >6	739	1818	27671	5810
strascico divergente ≥ 12m e < 18m	78	1295	10327	1055
strascico divergente ≥ 18m e < 24m	38	2627	11566	816
Totale	1104	6912	58039	9364

Figura 1.13 - Flotta peschereccia in Campania (2014) in termini di n. di stazza (espressa in gigatonnellate) di potenza motore (espressa in Kilowatt) e di lunghezza (espressa in metri come Lunghezza Fuori Tutto) (http://www.agricoltura.regione.campania.it/FEAMP/pdf/LINEE_GUIDA_2014-2020.pdf).

La piccola pesca, nonostante contribuisca al 35% delle catture regionali, grazie all'alto valore commerciale delle specie target proprie di questa pesca, garantisce quasi il 50% del valore della produzione. Secondo le elaborazioni Itafishstat su dati Mipaaf del Programma Nazionale raccolta dati alieutici, sono state circa 8,500 le tonnellate di sbarcato nel 2015 che, con un

prezzo medio di 6.01 euro al chilogrammo, hanno garantito oltre 50 milioni di euro di entrate per il settore.

I livelli di consumo di prodotti ittici in Campania sono superiori del 39% rispetto alla media nazionale. L'apporto produttivo della flotta campana compensa meno del 5% della richiesta della regione mentre quasi il 98% dei prodotti ittici, sono di importazione. Circa un terzo della produzione è destinato all'esportazione.

Sviluppare misure di riconversione verso attività che permettano di ridurre la dipendenza dalle importazioni è uno dei modi per far fronte alla tendenza negativa che caratterizza il comparto pesca marittima campana, al momento evidentemente in crisi.

L'attività di acquacoltura in Campania risulta dislocata principalmente lungo il litorale costiero del Golfo di Pozzuoli fino all'area orientale del Golfo di Napoli ed al Golfo di Castellammare di Stabia (figura 1.14).

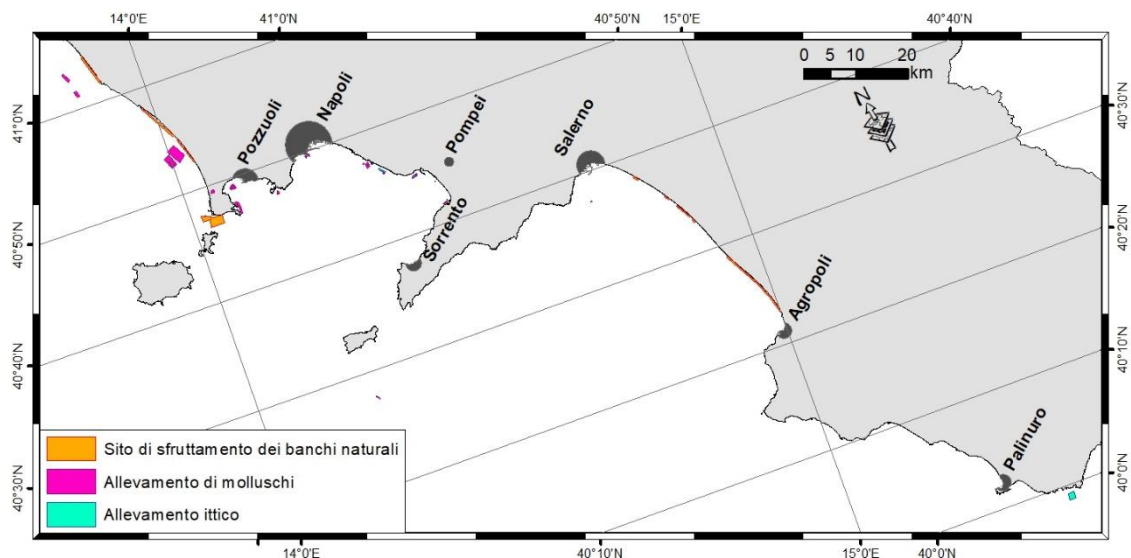


Figura 1.14 - Mappa degli impianti di acquacoltura e dei siti di sfruttamento dei banchi naturali di molluschi bivalvi presenti sul territorio campano.

Questa attività non ha subito negli ultimi quarant'anni particolari incrementi, rimanendo in condizioni strutturali e organizzative alquanto stagnanti, con meno di 100 dipendenti e un valore complessivo del settore di circa 5 milioni di euro.

Lo stato stazionario dell'acquacoltura campana è dovuto sostanzialmente al frazionamento delle realtà produttive, ai forti conflitti per l'utilizzo delle poche aree disponibili, alle scarse dotazioni degli impianti, dalla scarsa competitività commerciale sui mercati nazionali e regionali, nonché dalla natura stessa del prodotto, che non garantisce prestazioni costanti ed è fortemente influenzato dalle condizioni ambientali. La debolezza dell'acquacoltura campana fonda le basi proprio su l'insufficiente organizzazione del comparto.

Nonostante ciò, in Campania sono presenti tutte le condizioni necessarie per procedere alla valorizzazione del settore, allo stesso modo delle altre realtà italiane ed europee (Linee guida PO FEAMP Campania 2014-2020).

Le molteplici pressioni antropiche che caratterizzano il territorio espongono gli ecosistemi a notevoli stress (Mellino *et al.*, 2014). Al fine di preservare la biodiversità marina, mantenendo le importanti attività economiche del territorio, sono state istituite, lungo il litorale campano, diverse Aree Marine Protette (AMP). Tra queste Santa Maria di Castellabate (SMC), Costa degli Infreschi e della Masseta (CIM) e Punta Campanella (PC) sono le AMP a Sud di Napoli. Le prime due aree protette, situate lungo la costa del Parco Nazionale del “Cilento, Vallo di Diano e Alburni”, sono state istituite entrambe nel 2009 dal Ministero dell’Ambiente. Le due AMP hanno un’estensione di 7095 e 2332 ha, con una linea costiera rispettivamente di 18 e 14 km. “Punta Campanella” è una AMP situata nella Penisola Sorrentina del Golfo di Napoli. È stata istituita nel 1997 dal Ministero dell’Ambiente. Copre una superficie di circa 1500 ha, con una costa di circa 40 km.

Nella regione settentrionale del territorio campano sono state istituite le MPA “Regno di Nettuno” (estesa su 11256 ha), “Parco sommerso di Baia” (180 ha scarsi) e “Parco sommerso di Gaiola”, l’MPA meno estesa della Campania (poco più di 40 ha).

Storicamente, il Golfo di Napoli (in particolare la zona del Golfo di Pozzuoli) rappresenta una delle aree costiere più studiate e conosciute d’Italia e del Mar Mediterraneo (Gaglioti *et al.*, 2020), grazie alla presenza di istituzioni scientifiche coinvolte nella ricerca in campo marino da più di un secolo e mezzo. Tra queste, ricordiamo la Stazione Zoologica Anton Dohrn, la cui fondazione risale al 1872, che vanta ricchissimi archivi storici sulla biodiversità del golfo, conservati in maniera quasi impeccabile (Groeben., 2002) e contenenti informazioni su numerose specie.

2. SCOPO

Lo scopo di questo studio è quello di individuare le zone idonee per l'attività di acquacoltura in Campania tramite la pianificazione spaziale marittima, attraverso la mappatura, la classificazione e l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche, biologiche, socio-economiche del territorio costiero e marino in ambiente GIS.

Per il raggiungimento dello scopo sono stati fissati diversi obiettivi:

- Acquisizione di tutte le informazioni necessarie per definire lo stato dell'arte e propedeutiche all'identificazione delle AZA in campana;
- Digitalizzazione dei dati collezionati tramite GIS, inclusione di quelli ritenuti utili nel Geodatabase di progetto con relativa metadattazione sul catalogo di metadati FEAMP;
- Svolgimento delle Analisi Multicriteria per l'individuazione dei siti idonei allo sviluppo di impianti di acquacoltura nella regione Campania.

Questo lavoro si inserisce nell'ambito del progetto PO FEAMP Campania e più precisamente nei seguenti *Work Packages* (WPs):

- La prima parte del lavoro è inquadrabile nel WP1 della misura 2.51 (Stato delle conoscenze del settore acquacoltura): Azione 1.1 (Analisi di processo per la definizione delle Zone Allocate per l'Acquacoltura; raccolta informazioni amministrative, ambientali e settoriali disponibili) e Azione 1.2 (Aree interdette all'acquacoltura).
- La digitalizzazione e l'analisi delle informazioni necessarie tramite il GIS, è svolta nell'ambito della WP2 (Caratterizzazione della pesca, distribuzione spaziale dello sforzo e interazioni con l'acquacoltura) e WP3 (Cartografia habitat, siti idrotermali, archeologici e aree interdette) della misura 2.51.
- La produzione dei diversi scenari e la verifica finale delle analisi sono previste dai WP6 (Restituzione carta vocazionale) e WP7 (Integrazione della carta vocazionale). Il WP6 prevede le "azioni utili alla preparazione del database a supporto della carta vocazionale, con l'integrazione dei dati per il processo di zonazione e la valutazione di idoneità per attività acquicola" (Azioni 6.1 e 6.2). Nell'ambito del WP7 si svolgeranno invece le analisi multicriteria utili alla restituzione delle carte vocazionali (Azioni 7.1 e 7.3).

3. MATERIALI E METODI

IL presente studio è stato svoto seguendo il flusso di lavoro illustrato in figura 3.1 e spiegato in dettaglio nei paragrafi che seguono.

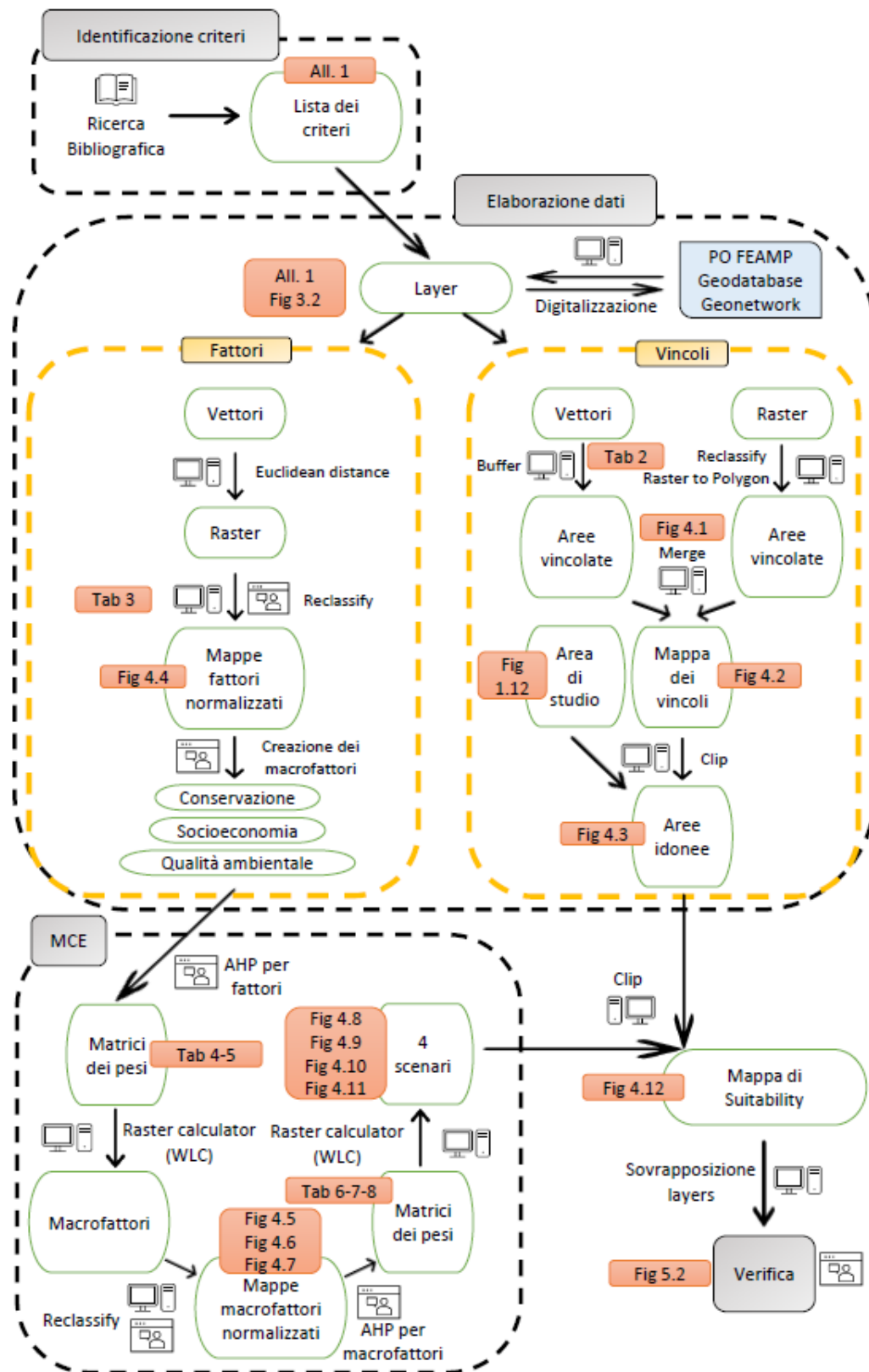


Figura 3.1 - Schema esemplificativo del lavoro svolto nel presente studio.

3.1. Identificazione criteri e implementazione del database per l'analisi multicriteria

In primo luogo, sono state valutate le caratteristiche peculiari dell'attività di acquacoltura, identificando gli aspetti comuni delle varie modalità di svolgimento dell'attività di acquacoltura in Europa e nel mondo.

Si riscontrano evidenti dissomiglianze legislative ed organizzative per l'individuazione delle aree idonee all'acquacoltura, in particolar modo su piccola scala, ad esempio tra le varie regioni italiane. Nonostante esista una grande varietà di criteri utili per questo tipo di analisi, è stato scelto di utilizzare solo i dati resi effettivamente disponibili in letteratura e, adatti ad una analisi spaziale in ambiente GIS. I dati ottenuti tramite lo studio della bibliografia, quelli collezionati dall'esplorazione di database spaziali già esistenti, ed infine, quelli digitalizzati nell'ambito di questo lavoro di tesi sono stati processati e successivamente forniti al progetto FEAMP.

3.1.1. Identificazione criteri

L'attività di individuazione dei criteri, in questo studio, si è basata esclusivamente sulla ricerca bibliografica. Le fonti bibliografiche esaminate sono state principalmente quelle relative a studi analoghi già svolti anche sul territorio italiano, deliberazioni e linee guida proposte dalle regioni, come le Linee guida per la realizzazione di impianti di maricoltura in Sicilia (Dipartimento Regionale Territorio e Ambiente), l'allegato alla deliberazione n. 3/26 del 22.1.2020 (Regione Autonoma della Sardegna), la Misura 2.51 del PO FEAMP Campania 2014/2020 e studi in letteratura come quello svolto da Dapuzo nel 2015. Per la scelta dei criteri sono state considerate le caratteristiche ambientali e gestionali necessarie per sviluppo di un impianto di acquacoltura, tra le quali la geomorfologia del fondale marino, le biocenosi da tutelare, le aree protette e i servizi sul territorio.

Le attività di acquacoltura dovrebbero essere collocate in aree ove le caratteristiche del fondale permettano in maniera ottimale il posizionamento, l'ancoraggio, le operazioni di routine nonché le operazioni di mantenimento in caso di emergenza. Inoltre, sono da escludere le aree che potrebbero rappresentare una fonte di inquinamento per il sito di allevamento. L'eccesso di nutrienti, nonché l'esposizione ad agenti tossici o pericolosi, prodotti dalle aree urbane e industriali (come porti, siti di scarico, condotte di acque reflue), possono essere causa di eventi eutrofici e distrofici ed esporre le specie allevate ad agenti tossici o patogeni e alle conseguenti contaminazioni o morie. Andrebbe evitata l'intera area di dispersione dei materiali rilasciati e

considerato il possibile effetto cumulativo prodotto dalla presenza di più fonti inquinanti (Halpern *et al.*, 2008).

È stato tenuto conto che per lo sviluppo di un impianto di allevamento sono necessarie strutture e servizi a terra, di conseguenza uno dei criteri selezionati riguarda la distanza da porti di adeguate dimensioni. Le strutture portuali dovrebbero essere valutate in base alla loro importanza commerciale, alla dimensione, alla raggiungibilità, allo spazio disponibile e alle strutture industriali e commerciali nelle aree circostanti adibite al processamento e alla vendita. Inoltre, sono state vagliate le strutture e attività che potrebbero entrare in conflitto con l'acquacoltura, in particolare per quanto riguarda l'utilizzo e lo sfruttamento dei siti, quali la pesca, il trasporto e la navigazione, o i siti d'interesse storico, turistico e naturalistico presenti sul territorio. La tabella allegata al presente lavoro di tesi riporta l'elenco dei criteri presi in considerazione, le motivazioni della scelta e la bibliografia di riferimento.

3.1.2. Raccolta e messa a sistema dei dati

Il procedimento di raccolta e messa a sistema dei dati ha coinvolto l'esplorazione dei database spaziali già esistenti e liberamente accessibili. I dati utili all'analisi spaziale multicriteria per l'individuazione di aree idonee all'acquacoltura in Campania sono stati scaricati o richiesti sulla base della specifica *data policy* e processati relativamente agli obiettivi di questo lavoro di tesi.

Parallelamente si è svolta una ricerca bibliografica e, dove ritenuto necessario, si è provveduto alla digitalizzazione manuale dei dati ritenuti idonei partendo da mappe, cartografia nautica, immagini satellitari e foto aeree.

Il lavoro è stato effettuato con l'ausilio del software ArcGIS 10.5 (© ESRI) con il quale sono stati creati dei file vettoriali con sistema di riferimento WGS84/UTM Zone 33N.

Tutte le informazioni collezionate sono state incorporate nel Geodatabase sviluppato nell'ambito del PO FEAMP Campania 2014/2020 e descritte nel relativo catalogo di metadati (<https://geonetwork.bioinfo.szn.it/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>) rendendoli fruibili all'interno del progetto in maniera trasparente. Alcuni dati, come ad esempio la distribuzione degli impianti di acquacoltura attualmente attivi in Campania, sono stati prodotti all'interno del PO FEAMP Campania ed utilizzati nel presente lavoro.

La tabella 1 dell'Allegato elenca tutti i *layers* utilizzati in questa tesi, con i link alle relative schede descrittive contenenti fonti e referenze.

3.2. Elaborazione dei dati spaziali per l'analisi multicriteria

Dopo la raccolta e la produzione dei dati spaziali, tutte le informazioni contenute nel Geodatabase sono state organizzate in 38 *layers* (figura 3.2) tramite ArcMap per poi procedere con l'elaborazione GIS dei dati e la produzione dei vincoli e dei fattori per l'analisi multicriteria.

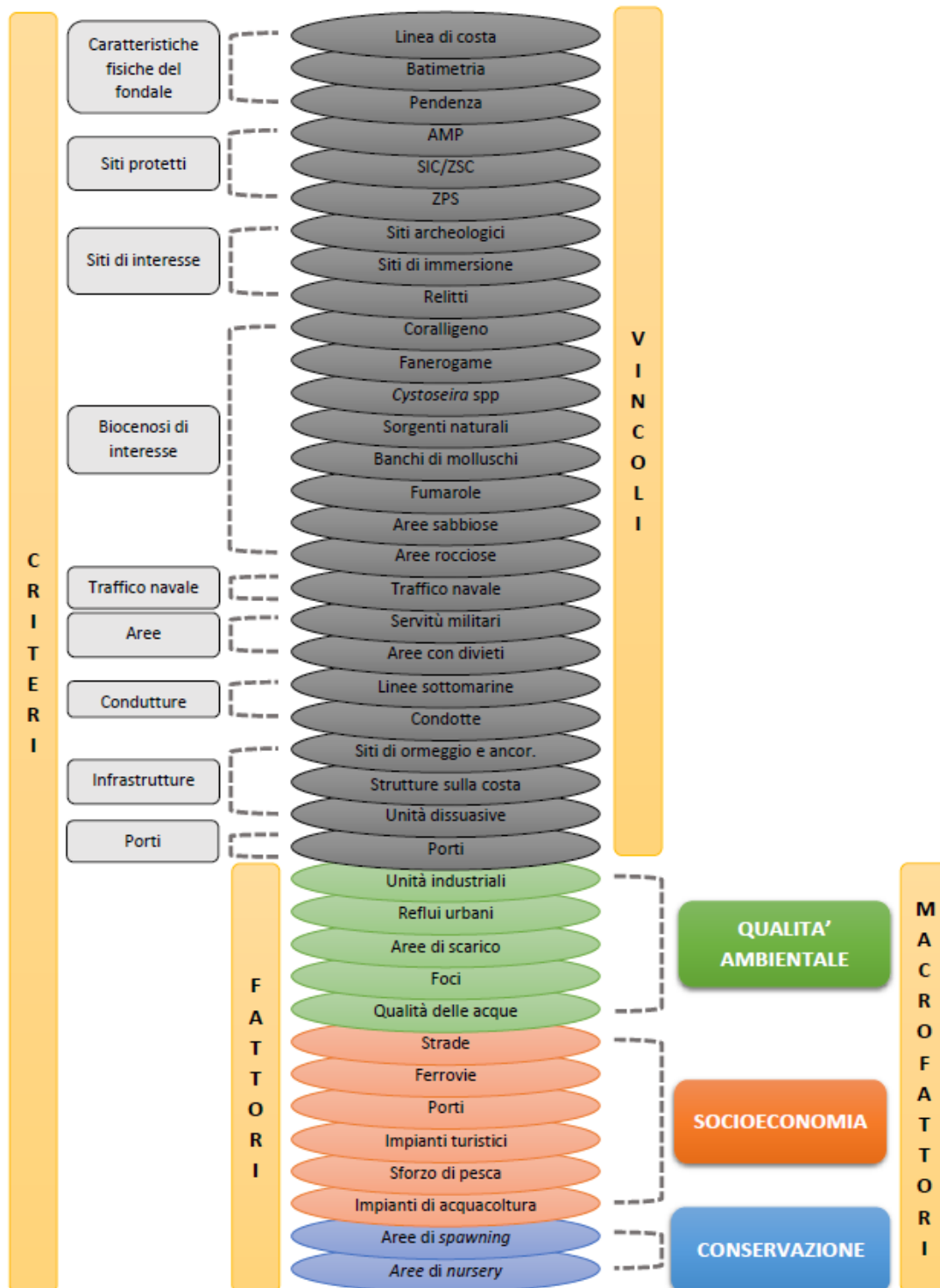


Figura 3.2 – La figura mostra i criteri e i *layers* considerati in questo lavoro di tesi e il loro raggruppamento in vincoli, fattori e macrofattori (ulteriori dettagli sono riportati nella tabella 1 in allegato).

3.2.1. Produzione dei vincoli

In primo luogo, sono state identificate ed escluse le aree non adatte a causa della morfologia del territorio, coincidenti con le aree caratterizzate da profondità superiori a 50 m e inferiori a 10 m o con una pendenza del fondale più ripida di 15°. È stata proposta una distanza di rispetto (*buffer*) dalla costa di 500 m, sulla base di indicazioni bibliografiche (in questo caso molto eterogenee) e delle caratteristiche dell'area di studio. Una distanza maggiore infatti avrebbe escluso gran parte del litorale a causa delle caratteristiche fisiche del fondale.

Successivamente, sono state identificate tutte le aree protette (totalmente marini, parzialmente marini e costieri) e le biocenosi di interesse conservazionistico, quali le biocenosi di coralligeno, le praterie di fanerogame, biocenosi a *Cystoseira* spp., sorgenti naturali, fumarole, banchi naturali di molluschi bivalvi, biocenosi delle aree sabbiose e rocciose. Considerando che questi habitat sono ecosistemi particolarmente sensibili alla pressione antropica, al *silting* di sostanza organica e alla torbidità dell'acqua, in applicazione del principio di precauzione, si è ritenuto opportuno prevedere l'attività di maricoltura ad una distanza di rispetto non inferiore a 500 m. In alcuni casi può anche essere necessario mantenersi ad una distanza maggiore a seconda delle caratteristiche intrinseche del sito.

Per tutte le aree di interesse archeologico e turistico (siti archeologici, relitti e siti d'immersione), è stata utilizzata una distanza di rispetto di almeno 500 m, ritenuta ottimale in applicazione dell'approccio precauzionale, anche se distanze maggiori possono essere valutate a seconda delle caratteristiche ambientali dell'area occupata dall'impianto (basso idrodinamismo, correnti, tipologia di fondale, ecc.) o per aree archeologiche particolarmente estese e/o sensibili.

Sono state escluse le aree interessate dalla presenza di rotte navali (turistiche e/o commerciali), prendendo in considerazione anche per queste un *buffer* di 500 m.

Infine, è consigliato evitare le zone prossime ad aree regolamentate (es. le aree militari e le aree con divieti), infrastrutture (es. barriere costiere, siti di ormeggio e ancoraggio e unità dissuasive) e aree dove il fondale viene utilizzato per impianti sottomarini (es. condotte e cavi sottomarini). Per queste aree è stata utilizzata una distanza di rispetto di 500 m. Sono stati inoltre individuati i porti con una superficie maggiore di 2 ha ai quali è stato applicato un *buffer* di 1 NM. Infatti sebbene la prossimità ad un porto sia un fattore favorevole per il funzionamento di un impianto, si deve considerare l'intralcio che questo potrebbe comportare alle attività portuali come ad esempio il traffico marittimo.

Tutti i vincoli a cui sono stati applicati dei *buffers* sono riportati in tabella 2.

Tabella 2 - Vincoli e relativi *buffers* considerati nelle analisi.

VINCOLI	<i>Buffers</i>
Linea di costa	500 m
Siti protetti	500 m
Siti di interesse	500 m
Biocenosi di interesse	500 m
Traffico navale	500 m
Aree regolamentate	500 m
Condutture	500 m
Infrastrutture	500 m
Porti	1 NM

Il processing dei *layers* e la creazione dei *buffers* sono stati effettuati in ambiente GIS tramite il software ArcGIS. I *buffers* intorno ai *layers* di natura vettoriale sono stati creati con lo strumento di geoprocessing denominato “*Buffer*”. ArcGIS. La produzione dei *buffers* ha portato alla trasformazione in dati vettoriali di tutti i *layers* rappresentanti dei vincoli. Successivamente, è stata eseguita una sovrapposizione logica di tutti i *buffers* prodotti utilizzando il parametro “*Boolean Overlay*” dello strumento di geoprocessing “*Merge*”. Il *layer* poligonale risultante insieme all’area dei fondali geomorfologicamente non idonei, sono stati sottratti all’intera area di studio (riportata in figura 1.16) tramite lo strumento di geoprocessing “*Clip*” ottenendo un *layer* rappresentante la mappa delle aree idonee all’acquacoltura in Campania (figura 4.3 del successivo capitolo).

3.2.2. Produzione dei fattori

I fattori presi in considerazione in questo studio sono:

- la distanza da fonti di inquinamento come unità industriali, siti di scarico, foci principali, foci secondarie e acque di balneazione reputate di scarsa qualità nell’anno 2018. L’idoneità è direttamente proporzionale alla distanza da questi siti;
- la distanza da infrastrutture utili come i porti, le strade e le ferrovie. Il grado di idoneità aumenta con la prossimità del sito a questi fattori;

- la distanza da siti turistici, quali gli stabilimenti balneari. Sono ritenute più idonee le aree maggiormente distanti da queste attività fortemente dipendenti dall'ambiente marino;
- le aree sottoposte a sforzo di pesca. I siti maggiormente frequentati dalle imbarcazioni sono considerati meno idonei in quanto gli impianti risulterebbero di intralcio per il traffico navale e le operazioni marittime. Per la definizione delle classi dello sforzo di pesca, è stato prima necessario escludere le aree portuali, che presentavano valori di presenza delle barche troppo alti a causa dello stazionamento delle stesse;
- la distanza da altri impianti di acquacoltura. Sono state reputate più idonee le aree prossime ad impianti già esistenti, a causa delle facilitazioni tecniche derivanti.
- le aree di *spawning* e aree di *nursery*. Essendo habitat di interesse bio-ecologico, le aree con il maggior numero di specie che utilizzano tali aree come *spawning* e/o *nursery* presentano idoneità più bassa per l'installazione di un impianto di acquacoltura.

Sulla base delle indicazioni trovate in letteratura e nelle linee guida esistenti, tutti i fattori presi in considerazione sono stati classificati in 5 classi rappresentate nei risultati in figura 4.4.

3.2.3. Standardizzazione

Questa è l'operazione fondamentale per risolvere il problema della disomogeneità dei dati. Infatti, mentre i *layers* "Area di *spawning*", "Area di *nursery*" e "Sforzo di pesca" sono stati sviluppati come file *raster*, tutti gli altri *layers* utili per le analisi, sono stati digitalizzati come file vettoriali. Un primo passo basilare è stato quindi quello di trasformare tutte le mappe in formato *raster* necessario per effettuare operazioni di *Weighted Linear Combination* tramite software GIS.

Questa trasformazione da vettoriale a *raster* è stata eseguita tramite lo strumento "*Euclidean Distance*", funzione che permette di attribuire ai singoli pixel un valore proporzionale alla distanza di questi dalle osservazioni vettoriali. I *raster* sono stati creati con una risoluzione di 1 km (valore minimo suggerito dal software per lo svolgimento delle operazioni).

Successivamente allo sviluppo dei file *raster*, si è provveduto ad omogeneizzare anche le unità di misura dei valori dei fattori. A tal proposito è risultato necessario riclassificare i valori (tramite lo strumento "*Reclassify*") suddividendoli in punteggi standardizzati, da 1 (meno adatto) a 5 (più adatto). A seconda delle caratteristiche del singolo fattore, e di quanto consigliato dalla bibliografia esaminata, sono stati suddivisi i valori nelle varie classi, come riportato in tabella 3.

Tabella 3 - Tabella di riclassificazione dei fattori.

Fattori	Macrofattori e unità di misura	Classi					
		Esclusione	Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5
Conservazione							
Area di spawning	x = % di interesse nel sito		80<x<100	60<x<80	40<x<60	20<x<40	x< 20
Area di Nursery	x = % di interesse nel sito		80<x<100	60<x<80	40<x<60	20<x<40	x< 20
Socioeconomia							
Sforzo di pesca	x= ore di presenza delle imbarcazioni l'anno	x<167.5	120<x<167.5	60<x<120	30<x<60	10<x<30	0<x<10
Porti	x= distanza da (m)		1850>x>6000	5000<x<6000	4000<x<5000	3000<x<4000	1850m<x<3000
Impianti Balneari	x= distanza da (m)		x<500	500<x<1000	1000<x<3000	3000<x<5000	x>5000
Strade	x= distanza da (m)		x>12000	9000<x<12000	6000<x<9000	3000<x<6000	x<3000
Ferrovie	x= distanza da (m)		x>12000	9000<x<12000	6000<x<9000	3000<x<6000	x<3000
Impianti di acquacoltura	x= distanza da (m)		x>5000	3000<x<5000	1000<x<3000	500<x<1000	x<500
Qualità ambientale							
Unità industriali	x= distanza da (m)		x<500	500<x<1000	1000<x<3000	3000<x<5000	x>5000
Qualità acqua "scarso"	x= distanza da (m)		x<500	500<x<1000	1000<x<3000	3000<x<5000	x>5000
Scarichi	x= distanza da (m)		x<500	500<x<1000	1000<x<3000	3000<x<5000	x>5000
Foci	x= distanza da (m)		x<500	500<x<1000	1000<x<3000	3000<x<5000	x>5000
Foci principali	x= distanza da (m)		x<1000	1000<x<2000	2000<x<5000	5000<x<10000	x>10000

Successivamente, i fattori sono stati raggruppati in “macrofattori” per diminuire il numero di *layers* e semplificare la procedura di analisi multicriteria (descritta nel prossimo paragrafo) così come suggerito in letteratura. I macrofattori considerati in questo studio sono:

- **Conservazione**, che comprende “Aree di *spawning*” e “Aree di *nursery*”, ovvero gli unici due fattori *proxy* di biodiversità presi in considerazione in questo studio.
- **Socioeconomia**, che comprende “Porti”, “Impianti turistici”, “Strade”, “Ferrovie”, “Impianti di acquacoltura” e “Sforzo di pesca”, ovvero tutti i fattori che influenzano positivamente o negativamente la gestione di un impianto di acquacoltura e/o altri settori socio-economici della Regione Campania;
- **Qualità ambientale**, che comprende “Unità industriali”, “Siti di scarico”, “Foci” e “Acque di balneazione considerate di scarsa qualità”, ovvero tutti i fattori che possono influenzare negativamente la qualità dell’acqua rendendola non idonea per l’implementazione di un impianto di acquacoltura in Campania;

3.3 Analisi Multicriteria

Completata la raccolta dei dati e la produzione dei vincoli e dei fattori, si è proceduto con l’analisi multicriteria tramite *Weighted Linear Combination* (WLC), preceduta da un *Analytic Hierarchical Process* (AHP).

3.3.1. AHP – Analytic Hierarchical Process

Come precedentemente descritto nel paragrafo 1.2.2, prima di procedere con l'analisi multicriteria è necessario assegnare dei pesi ai fattori. Per l'assegnazione dei pesi è stato seguito il processo analitico gerarchico o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). I calcoli sono stati effettuati utilizzando un'applicazione web implementata da Goeper et al. nel 2018 per semplificare questa operazione

(<https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc1.php?t=AHP+priorities&n=5&new=Go>).

La prima fase consiste nel compilare la matrice di “*pairwise comparison*” con tutti i criteri secondo una scala da 1 a 9, nella quale 1 = *Equal Importance*, 3 = *Moderate importance*, 5 = *Strong importance*, 7 = *Very strong importance* e 9 = *Extreme importance*. L'applicazione in automatico ci fornisce una indicazione sulla bontà della scelta, calcolando un *Consistency Ratio* (CR) che deve restare sotto il 10%.

Una AHP è stata eseguita per associare i pesi all'interno dei 3 macrofattori (“Conservazione”, “Socioeconomia” e “Qualità ambientale”). Il macrofattore “Conservazione” è costituito solo da due layers (“Area di spawning” e “Area di nursery”), ai quali è stata data la stessa rilevanza. Per questo motivo non è stato necessario eseguire l'AHP, mentre le matrici per l'assegnazione dei pesi per gli altri due macrofattori sono mostrati nelle tabelle 4 e 5.

Tabella 4 – Tabella dei pesi assegnati ai fattori del macrofattore “Socioeconomia”.

Fattori	Unità Industriali	Qualità acqua "scarso"	Siti di scarico	Foci	Foci principale
Unità Industriali	1	0.33	0.33	1	0.14
Qualità acqua "scarso"	3	1	1	5	0.5
Siti di scarico	3	1	1	3	0.2
Foci	1	0.2	0.33	1	0.14
Foci principali	7	2	5	7	1
Pesi	0.06	0.21	0.16	0.06	0.50
CR = 2.41%					

In tabella 4 sono espressi i pesi assegnati a ciascun fattore del macrofattore “Socioeconomia”, quello a cui è stata attribuita maggiore rilevanza è la distanza dai porti. Il peso risultante dall'AHP è di 0.34. La distanza dai siti di acquacoltura già esistenti e lo sforzo di pesca sono stati valutati di pari e secondaria importanza rispetto alla distanza dai porti. I pesi loro attribuiti sono rispettivamente di 0.23 e 0.24. Segue la distanza dagli impianti turistici, il cui peso risultante è 0.12. Infine, la presenza di strade e di ferrovie risultano i fattori di minor importanza. Il peso attribuito ad entrambe è di 0.03.

Tabella 5 - Tabella dei pesi assegnati ai fattori del macrofattore “Qualità ambientale”.

Fattori	Porti	Impianti turistici	Strade	Ferrovie	Impianti di acquacoltura	Sforzo di pesca
Porti	1	4	7	7	2	2
Impianti turistici	0.25	1	7	7	0.25	0.25
Strade	0.14	0.14	1	1	0.17	0.14
Ferrovie	0.14	0.14	1	1	0.17	0.14
Impianti di acquacoltura	0.5	4	6	6	1	1
Sforzo di pesca	0.5	4	7	7	1	1
Pesi	0.34	0.12	0.03	0.03	0.23	0.24
CR = 6.95%						

Per quanto riguarda i fattori che compongono il macrofattore “Qualità ambientale” (tabella 5), la presenza di foci di grossa portata è sembrato il parametro principale da considerare. I fiumi presi in considerazione per la creazione di questo layer, hanno la caratteristica di avere ampi bacini idrici e considerevole lunghezza. Sul loro corso, e su quello dei loro affluenti sono presenti numerosi siti di scarico. Questi sono fonte certa di inquinamento, poiché le loro foci rappresentano il sito finale dove tutti i rifiuti prodotti a monte vengono scaricati in mare. Il peso associato alle foci principali è di 0.5. I siti di balneazione con scarsa qualità delle acque sono risultati successivi per importanza, in quanto osservazioni di inquinamento accertato. Hanno ottenuto un peso di 0.21. Anche i siti di scarico sono risultati importanti in quanto sito certo di scarico di sostanze dannose, nonostante non vi sia specifica di una loro operatività costante nel tempo. Il loro peso è di 0.16. Le foci minori e le unità industriali sono state ritenuti fattori di minore importanza poiché non si ha certezza di come e quando contribuiscano ad eventi di inquinamento. Entrambi hanno un peso di 0.06.

L’importanza di un fattore rispetto ad un altro in relazione alle priorità dell’AHP è stata definita sulla base della ricerca bibliografica condotta per il presente lavoro di tesi. Non è stato possibile eseguire una valutazione sito-specifica per la determinazione dei pesi di ogni singolo fattore, che sarà condotta nell’ambito del PO FEAMP Campania da un team di esperti dopo un attento studio sul territorio. Per questo motivo ed anche per valutare la sensibilità del risultato di questo lavoro, sono stati proposti diversi scenari di *suitability*. Un’ulteriore AHP è stata condotta per determinare i pesi dei macrofattori e produrre i quattro scenari finali (tabelle 6,7 e 8).

Tabella 6 - Tabella dei pesi assegnati per lo scenario 1 - Priorità al macrofattore Conservazione.

Macrofattori	Conservazione	Qualità ambientale	Socioeconomia
Conservazione	1	2	2
Qualità ambientale	0.5	1	1
Socioeconomia	0.5	1	1
Pesi	0.5	0.25	0.25
CR = 0%			

Tabella 7 - Tabella dei pesi assegnati per lo scenario 2 - Priorità al macrofattore Socioeconomia.

Macrofattori	Conservazione	Qualità ambientale	Socioeconomia
Conservazione	1	1	0.5
Qualità ambientale	1	1	0.5
Socioeconomia	2	2	1
Pesi	0.25	0.25	0.5
CR = 0%			

Tabella 8 - Tabella dei pesi assegnati per lo scenario 3 - Priorità al macrofattore Qualità ambientale.

Macrofattori	Conservazione	Qualità ambientale	Socioeconomia
Conservazione	1	0.5	1
Qualità ambientale	2	1	2
Socioeconomia	1	0.5	1
Pesi	0.25	0.5	0.25
CR = 0%			

3.3.2. WLC - Weighted linear combination

Dopo aver assegnato i pesi ai fattori all'interno dei tre macrofattori, è stata eseguita una combinazione lineare pesata o *Weighted linear combination* (WLC). In questo modo sono stati creati tre *layers raster* rappresentanti la distribuzione pesata di macrofattori "Conservazione", "Socioeconomia" e "Qualità ambientale". Prima di procedere con una ulteriore WLC per la creazione dei 4 scenari finali di idoneità, i 3 *raster* sono stati normalizzati e riclassificati utilizzando lo strumento GIS denominato "Reclassify".

La normalizzazione dei dati non influenza il risultato in quanto i valori numerici sono assimilati ad una rappresentazione per classi di un giudizio che varia da pessimo a ottimo su una scala di valori da 1 a 5 (Malczewski, 2000). Qualora questa operazione non venisse eseguita, i risultati sarebbero caratterizzati da scale di valori non omogenee, e quindi difficilmente comparabili.

Dopo la normalizzazione, sono stati prodotti i 4 scenari di *suitability* per gli impianti di acquacoltura in Campania. Prima è stata eseguita una WLC non pesata, nella quale tutti e tre i macrofattori ("Conservazione", "Socioeconomia" e "Qualità ambientale") avevano la stessa importanza e successivamente altri tre scenari assegnando maggiore importanza ad un solo macrofattore alla volta, ovvero nella WLC è stato assegnato un peso di 0.5 al fattore scelto, e un peso di 0.25 agli altri due (vedi tabelle 6, 7 e 8 nel paragrafo precedente). In questo modo è stato ottenuto lo Scenario 1 (figura 4.8 del successivo capitolo) in cui nessun componente predomina sull'altro e che possiamo quindi considerare "neutro"; lo Scenario 2 (figura 4.9) in cui prevale il macrofattore "Conservazione"; lo Scenario 3 (figura 4.10) in cui è la

“Socioeconomia” a pesare di più, ed infine, lo Scenario 4 (figura 4.11) nel quale è il macrofattore “Qualità ambientale” a predominare sugli altri due.

Da questi scenari è stata estratta la superficie delle aree idonee, tramite la funzione “*Clip*” di ArcGIS e il parametro “*Boolean Overlay*”, al fine di ottenere la mappa di *suitability* delle aree idonee all’implementazione dell’attività di acquacoltura in Campania (figura 4.12 del paragrafo successivo).

3.3.3. Analisi di sensibilità e verifica

In questo lavoro di tesi l’analisi di sensibilità è stata condotta producendo diversi possibili scenari di *suitability*, con lo scopo di rappresentare 4 tra le possibili combinazioni di pesi associati ai macrofattori. In questo modo sono stati valutati i cambiamenti sulla base dell’assegnazione dei valori ai parametri decisionali: “Conservazione”, “Socioeconomia” e “Qualità ambientale”. Questo procedimento mira a migliorare il processo decisionale, fornendo più alternative agli *stakeholders*.

La verifica del modello è il controllo della qualità dei dati e dei risultati della procedura, è stata effettuata confrontando le aree idonee individuate e il loro relativo grado di *suitability* con la distribuzione attuale degli impianti di acquacoltura in Campania.

4. RISULTATI

4.1. Mappa delle aree idonee

La figura 4.1. mostra i vincoli utilizzati per la generazione della mappa dei vincoli e l'individuazione delle aree idonee per l'implementazione dell'acquacoltura in Campania. Per una rappresentazione più chiara, i vincoli sono stati suddivisi in tre categorie: vincoli abiotici (A), biotici (B) e antropici (C).

Di seguito sono riportate le caratteristiche dei vincoli di maggior rilevanza.

· **Batimetria e pendenza**

Il vincolo di maggior rilevanza è quello attinente alle caratteristiche del fondale che precludono fortemente le attività di acquacoltura, riducendo l'area disponibile dei siti idonei a 844 km².

Le isole, la penisola sorrentina e l'area antistante L'AMP "CIM" risultano essere le aree meno adatte, poiché il fondale degrada molto velocemente e sono per lo più assenti fondali con batimetria adeguata. È stata osservata la presenza di una elevata estensione di fondali idonei nelle aree meno profonde che caratterizzano il litorale casertano e salernitano fino alle coste del Cilento. La presenza dei **siti protetti** preclude le attività nella quasi totalità delle aree adiacenti le isole, il promontorio sorrentino, e degli estremi Nord e Sud delle coste del Cilento. I siti marini protetti ricoprono un'area di 833 km².

Nonostante le biocenosi di **coralligeno** siano quasi totalmente tutelate grazie all'istituzione di siti protetti, è evidente la presenza di questi organismi, non solo nelle aree limitrofe ai predetti siti (come le AMP "SMC", "CIM" e "PC"), ma anche in *patches* distribuite nel golfo di Napoli. L'estensione totale delle biocenosi di coralligeno è di 278 km².

Le **fanerogame** sono equamente distribuite lungo il litorale campano, eccezion fatta per il casertano e l'area antistante il porto di Napoli. Queste hanno un'estensione maggiore del coralligeno, essendo presenti in 488 km² di fondale.

In **traffico navale** interessa notevolmente il golfo di Napoli e il porto di Salerno, diramandosi verso le isole e il litorale sorrentino. Ha poca influenza nel Casertano e a Sud di Salerno. Le rotte di navigazione, con le relative distanze di rispetto, si estendono per 1185 km².

Le **condutture** sottomarine hanno una distribuzione simile a quella delle rotte navali. Sono maggiormente presenti intorno alle isole, essendo queste necessarie fonti di approvvigionamento. L'area di *buffer* delle condutture ha una superficie di 713 km².

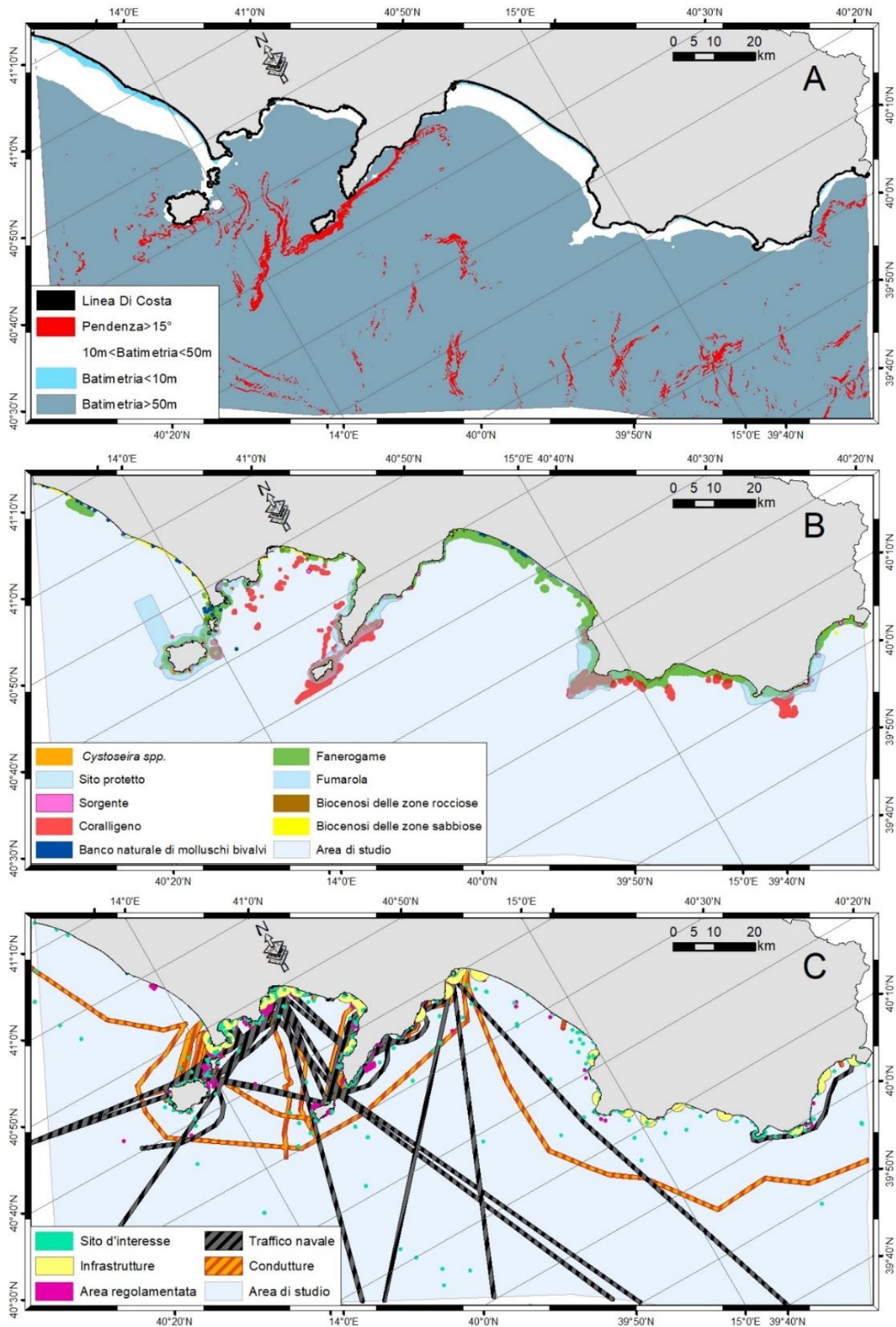


Figura 4.1 - Mappe dei vincoli. A: vincoli abiotici. B: vincoli biotici. C: vincoli antropici.

La figura 4.2 mostra la mappa complessiva dei vincoli per lo sviluppo di impianti di acquacoltura in Campania.

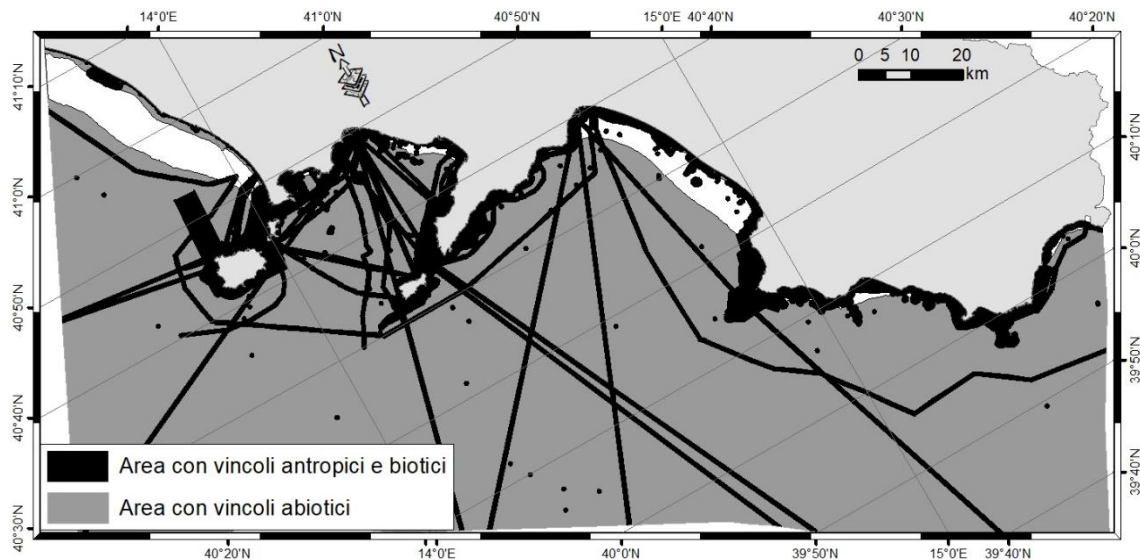


Figura 4.2 - Mappa dei vincoli.

Come si può osservare nella figura 4.2, il casertano è l'area che presenta meno vincoli. Il litorale fino al margine sud è quasi totalmente privo di attività che pregiudicherebbero l'idoneità del sito e sono presenti meno vincoli biotici.

Proseguendo nell'area flegrea si individuano vincoli sempre più numerosi e consistenti, al punto tale che non è stato possibile individuare aree idonee lungo le coste delle isole e della baia di Pozzuoli, proseguendo fino al porto di Napoli. Il Golfo di Napoli, mostra una notevole quantità di vincoli biotici, ed è caratterizzato da una elevatissima pressione antropica. Questo ha consentito l'individuazione di un numero esiguo di zone, di dimensioni non ragguardevoli, nella sola area del Pompeiano.

Allo stesso modo, anche la penisola sorrentina e le isole antistanti non presentano aree idonee in prossimità del litorale.

Si osserva che, anche qualora non fossero state presenti attività antropiche o vincoli biotici, buona parte dei litorali analizzati sarebbero stati comunque interdetti a causa delle caratteristiche del fondale (batimetria e pendenza).

Nel golfo di Salerno è presente la seconda area idonea per estensione. Questa si sviluppa lungo tutto il litorale, che presenta pochi vincoli di tipo antropico. Le limitazioni principali sono dovute alla presenza di biocenosi caratteristiche delle specie da tutelare.

La costa del Cilento è un altro punto critico principalmente a causa della scarsa idoneità dei fondali marini presenti nella zona. L'estensione dei vincoli antropici è minima se confrontata con quelli di carattere naturale. L'elevata presenza di fanerogame e coralligeno, e l'istituzione

di AMP permettono il posizionamento dei siti di acquacoltura solo in aree di limitata estensione, distribuite su tutto il territorio.

L'area totale interessata da vincoli biotici e/o antropici risulta di 844 km² (figura 4.2), mentre la superficie totale delle aree prive di vincoli presenti nella regione Campania ha un'estensione di 465 km² ed è rappresentata in figura 4.3.

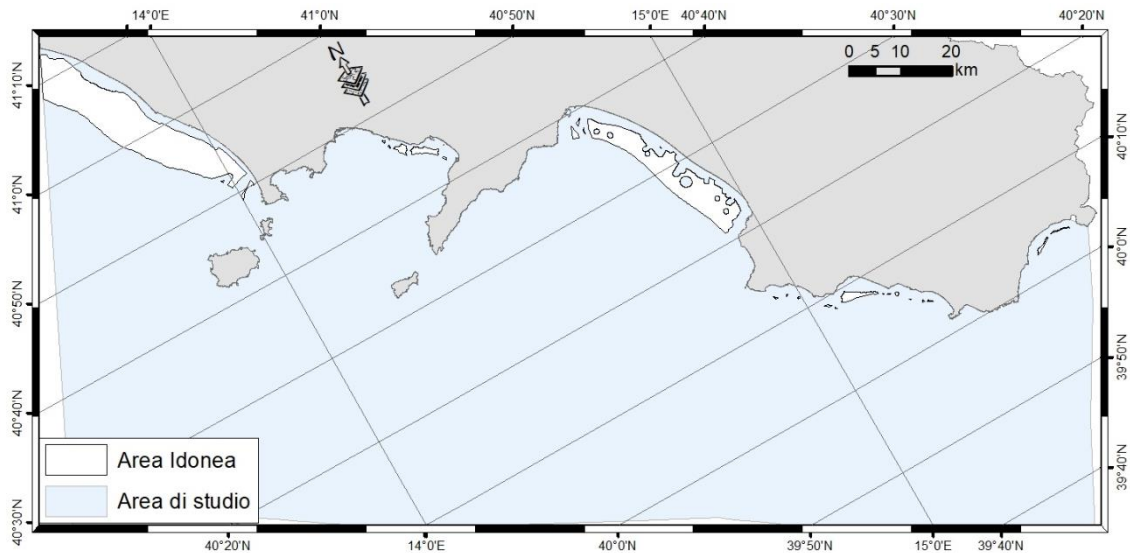


Figura 4.3 - Mappa delle aree idonee.

4.2. Mappe dei Fattori

Di seguito sono descritti i risultati della classificazione dei fattori, mostrati con le relative classi in figura 4.4. Alcuni fattori pregiudicano l'idoneità del sito in modo inversamente proporzionale alla distanza da essi: la presenza di impianti di acquacoltura già attivi, i porti e la viabilità.

Gli **impianti di acquacoltura** sono situati principalmente nel casertano, nel napoletano e vicino l'AMP "CIM".

I **porti** con una dimensione maggiore di 2 ha sono presenti in tutto il napoletano e in prossimità di Salerno. È evidente una buona presenza di aree portuali anche nel Cilento. Sono praticamente assenti porti di sufficienti dimensioni nel casertano, nell'area centrale del golfo di Salerno e sulle isole. Le aree più idonee sono quelle sufficientemente vicine alle aree portuali (per garantire la logistica), ma che rispettano comunque la distanza minima di un miglio nautico.

Le strade e le ferrovie, essendo collegate ai porti, ne riflettono la distribuzione sul territorio, con alcune eccezioni, poiché le strade sono presenti anche sulle isole e in aree relativamente meno accessibili.

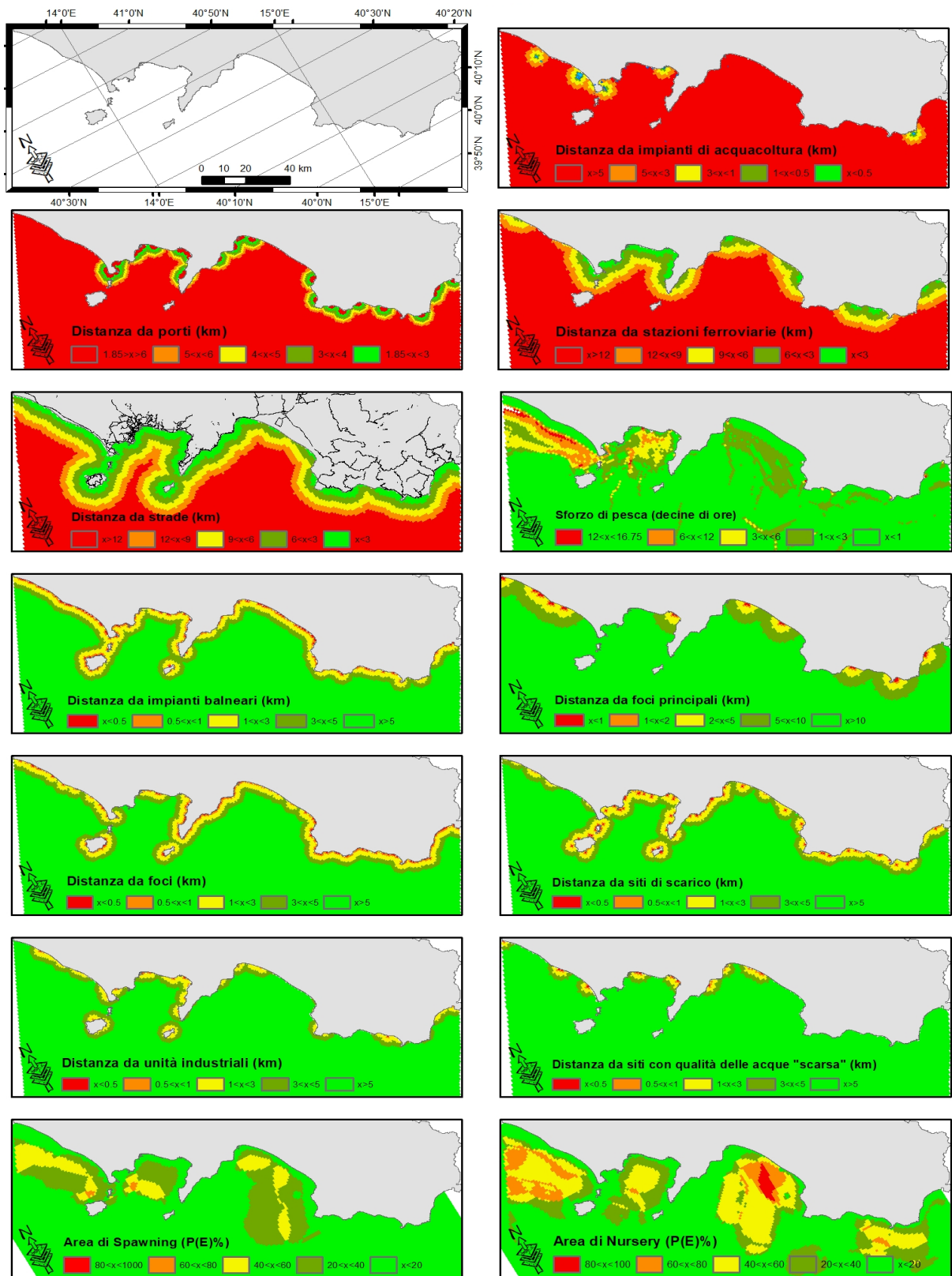


Figura 4.4 - Mappe dei fattori classificati con i relativi valori di distanza.

Altri fattori influenzano il grado di idoneità del sito in modo direttamente proporzionale alla distanza da essi. In questo caso, le aree più prossime agli impianti balenari, i siti di scarico, le foci, le unità industriali, i siti in cui è stata riscontrata una qualità delle acque di balneazione “scarsa”, le zone di pesca, di *spawnig* e di *nursery*.

Gli impianti turistici e i **siti di scarico** sono presenti in modo uniforme su tutto il litorale campano.

Le **foci di minore portata** sono distribuite lungo tutte le coste della regione. Invece le **foci** che presentano una portata rilevante (Agnena, Alento, Bussento, Garigliano, Lambro, Mingardo, Picientino, Regi Lagni, Sarno, Savone, Sele, Tusciano e Volturno) sono maggiormente presenti nell’area del casertano. Solo la foce del Sarno caratterizza la provincia di Napoli. Il golfo di Salerno ha 2 foci importanti (Sele e Tusciano). Nel Cilento sfociano 4 fiumi oggetto di valutazione (Alento, Bussento, Lambro e Mingardo).

Le **unità Industriali** sono presenti lungo tutta la costa campana, fatta eccezione per il versante sud della penisola sorrentina, la metà meridionale del golfo di Salerno e la porzione centrale del Cilento.

I siti con un livello di **qualità “scarsa” delle acque di balneazione** in relazione al campionamento ARPA del 2018 sono presenti vicino le maggiori città, in prossimità di aree densamente industrializzate o vicino a foci particolarmente inquinate. Sono uniformemente distribuiti lungo tutte le coste campane fino a Salerno.

Gli ultimi tre fattori analizzati, lo “sforzo di pesca”, le “aree di *spawnig*” e le “aree di *nursery*”, non sono stati classificati sulla base delle distanze, ma in relazione all’intensità dei loro valori (le relative unità di misura sono specificate nel capitolo Materiali e Metodi).

Lo **forzo di pesca** nella regione Campania si concentra maggiormente nel casertano (l’area in cui sono state registrate il numero maggiore di ore di navigazione da parte di imbarcazione con tracciamento AIS/VMS) e nel golfo di Napoli. Tutta la provincia di Salerno è relativamente poco sfruttata. Le restanti aree subiscono una pressione di pesca irrilevante.

Le **aree di *spawning*** sono estese lungo tutto il litorale casertano e nei golfi di Napoli e Salerno. È stato rilevato un consistente numero di specie che utilizzano la zona come area di *spawning* anche nel Cilento.

Le **aree di *nursery*** corrispondono alle aree di *spawning* in tutto il settentrione campano, ma si estendono anche nel Cilento. Nel golfo di Salerno è presente l’area di nursery più rilevante.

4.3. Mappe di idoneità per l’acquacoltura in Campania

4.3.1. *Suitability* dell’intera area di studio

Il *layer* risultante dalla WLC del macrofattore “**Conservazione**” (figura 4.5) è molto simile ai due *layers* di partenza (“area di *spawning*” e “area di *nursery*”), trattandosi di una sovrapposizione di due *layers* molto simili. Le aree meno idonee restano i golfi di Napoli e di Salerno, e i fondali del litorale casertano, in quanto sono sia aree di *spawning* che di *nursery*. Il Cilento, le isole e il versante meridionale del sorrentino sono le regioni che presentano le aree più idonee al posizionamento di attività di acquacoltura.

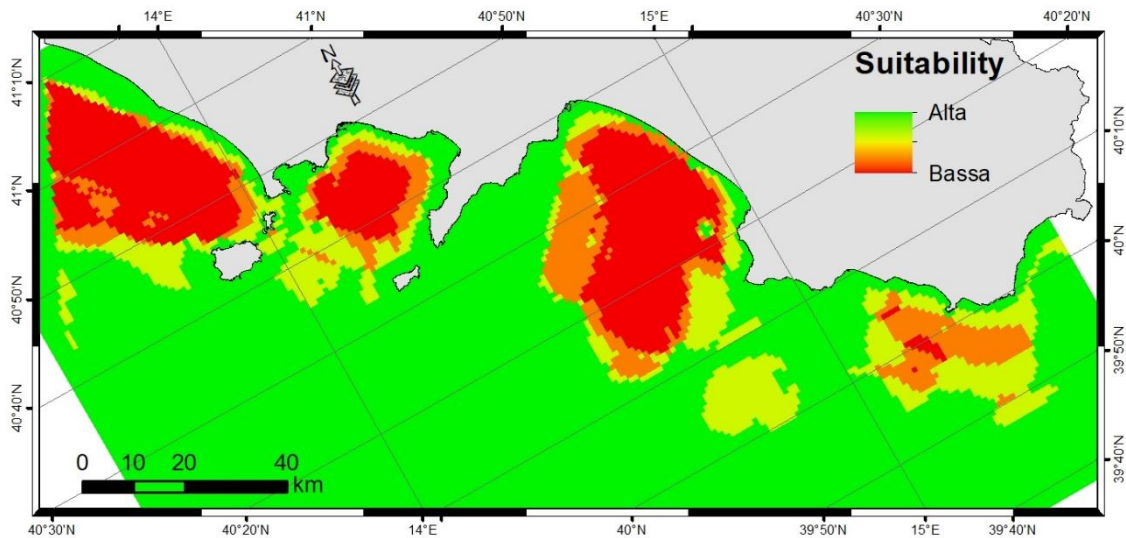


Figura 4.5 - Mappa risultante dalla WLC del macrofattore “Conservazione”.

Il risultato della WLC per il macrofattore “**Socioeconomia**” (figura 4.6) evidenzia la scarsa idoneità delle coste prospicienti al casertano e nelle aree centrali del golfo di Napoli. Presentano un elevato grado di *suitability* le aree antistanti le coste di tutta la regione, fatta eccezione per la provincia di Caserta, le isole e la zona centrale del golfo di Salerno, a causa della bassa disponibilità di servizi prossimi alle coste in quelle aree.

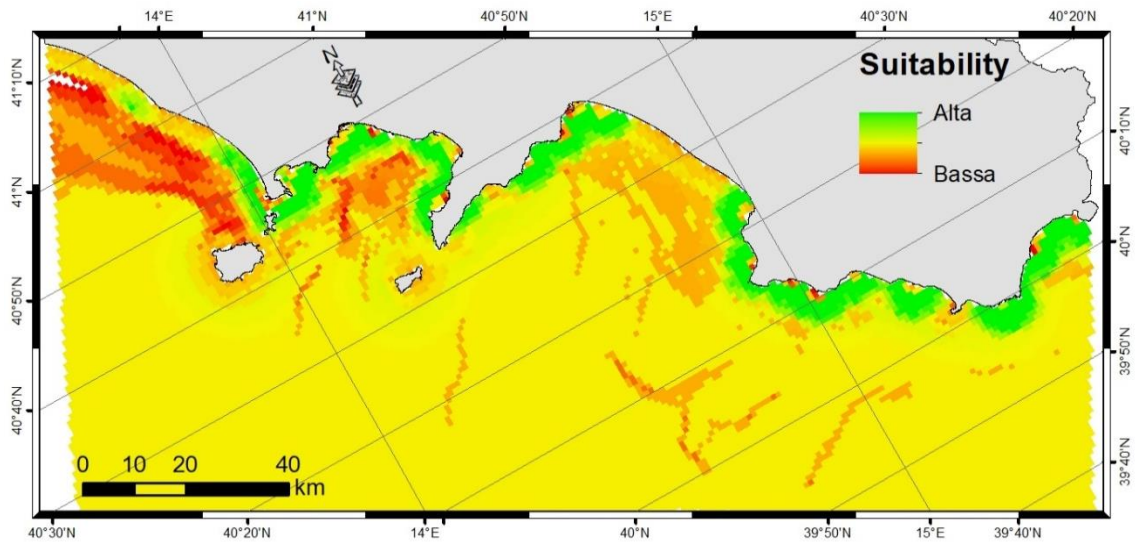


Figura 4.6 – Mappa risultante dalla WLC del macrofattore “Socioeconomia”.

Effettuando la WLC per il macrofattore “**Qualità ambientale**” (figura 4.7) si rileva un risultato opposto a quello ottenuto per il macrofattore precedente.

Le aree meno idonee sono situate in prossimità di tutta la costa campana. Le uniche eccezioni sono le isole, la baia di Pozzuoli, la penisola sorrentina e le coste settentrionali del Cilento, che comunque non presentano valori di idoneità elevati.

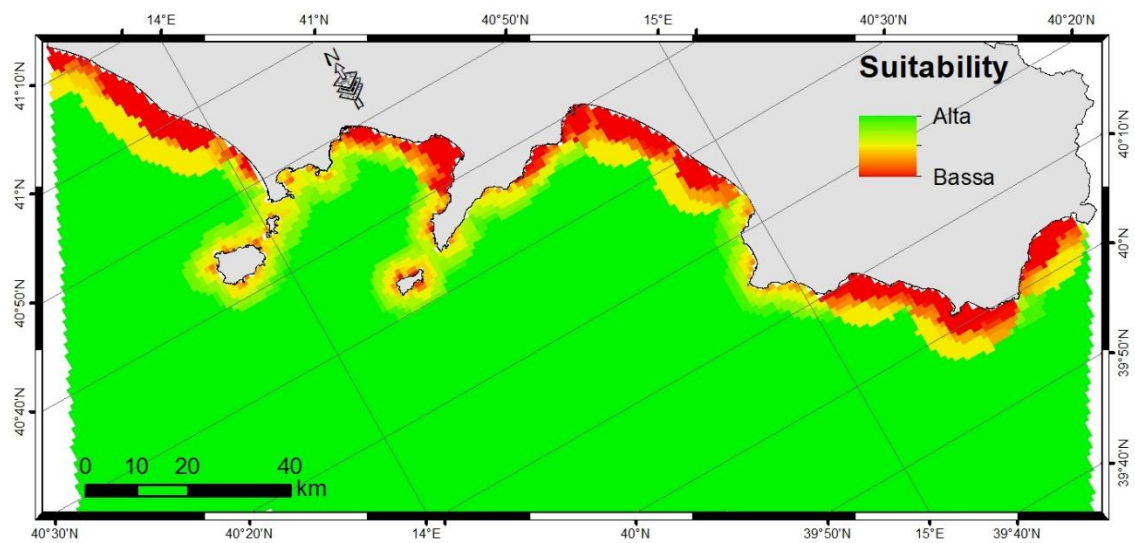


Figura 4.7 - Mappa risultante dalla WLC del macrofattore “Qualità Ambientale”.

Dalla combinazione lineare pesata dei tre *layers* descritti precedentemente in questo paragrafo, sono stati prodotti i 4 scenari di idoneità della Campania in relazione alla costruzione di impianti di acquacoltura.

Scenario 1

Il primo scenario proposto in questo studio è mostrato in figura 4.8 ed è il risultato di un'analisi multicriteria non pesata, nella quale nessuno dei tre macrofattori presi in considerazione in questo lavoro di tesi prevale sull'altro.

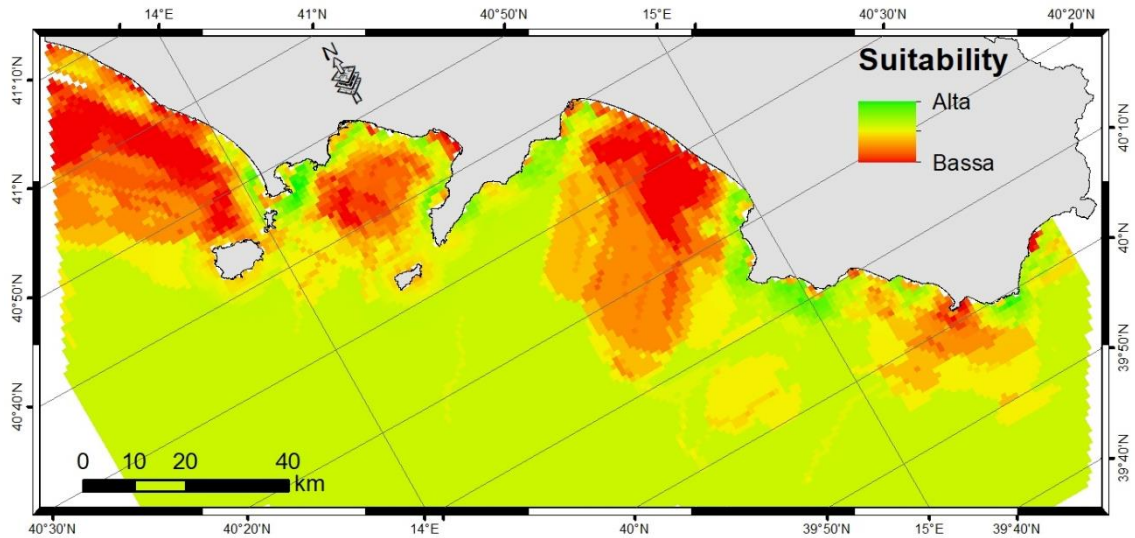


Figura 4.8 - Mappa dello Scenario 1 - WLC non pesata tra i fattori.

Le aree più idonee rilevate (in verde) sono la baia di Pozzuoli, porzioni del litorale sorrentino di piccole dimensioni, e una buona maggioranza dei fondali del Cilento. Tre macroaree non idonee (in rosso) si trovano rispettivamente di fronte alla provincia di Caserta (che risulta quasi totalmente compromessa per le attività di acquacoltura) e nei due golfi. Nel golfo di Napoli è evidente il peggioramento delle condizioni dirigendosi verso l'area centrale e più profonda, dove comunque sarebbe impossibile effettuare acquacoltura. Tre siti a bassa idoneità (in arancione), ma di dimensioni più modeste sono stati rilevati nel pompeiano, di fronte a Palinuro e Policastro.

Scenario 2

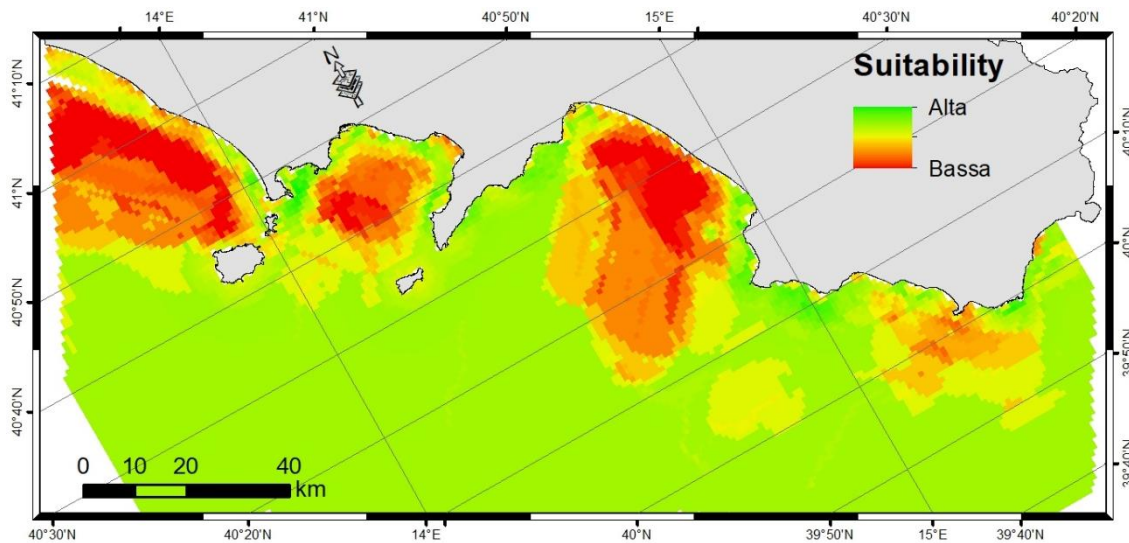


Figura 4.9 - Mappa dello Scenario 2 - WLC pesata a favore del macrofattore “Conservazione”.

Questo scenario (figura 4.9) è molto simile al risultato della WLC del macrofattore “Conservazione”. È evidente però l’influenza degli altri due macrofattori (“Qualità ambientale” e “Socioeconomia”) considerati nelle analisi, in particolare nelle aree limitrofe alle coste. Nello specifico, si nota come sia minore il livello di idoneità in prossimità dei porti principali e delle altre aree maggiormente interessate da pressioni antropiche, come il pompeiano e Palinuro. Anche il casertano rivela una diminuzione del livello di idoneità causato però dalla mancanza di servizi nell’area, come nel golfo di Salerno.

Scenario 3

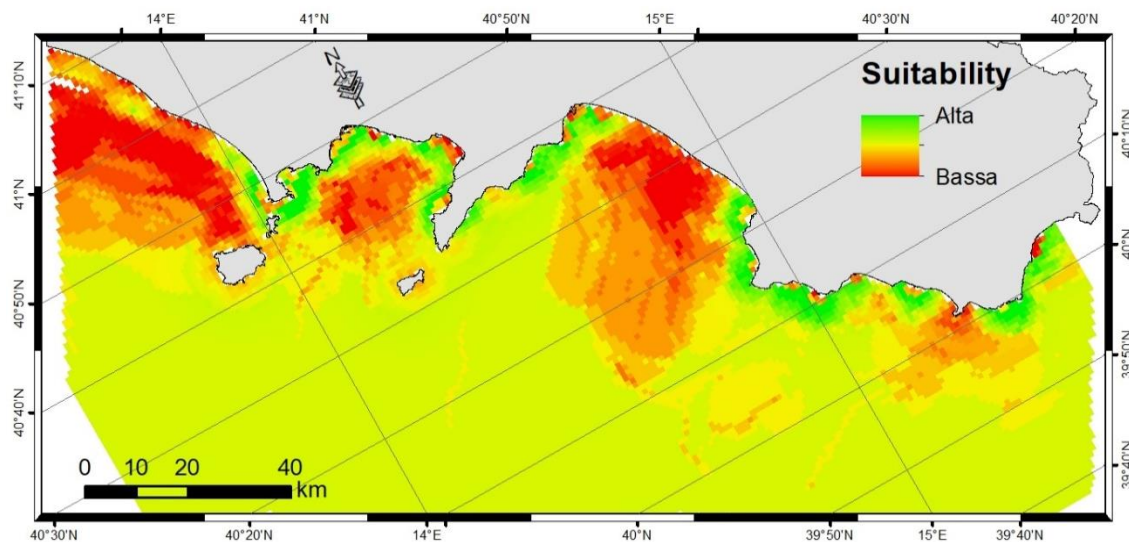


Figura 4.10 - Mappa dello Scenario 3 - WLC pesata a favore del macrofattore “Socioeconomia”.

In questo scenario (figura 4.10) risulta evidente come si riduca sensibilmente l’idoneità del mare casertano e del golfo di Salerno. In tutta la provincia di Napoli risulta la presenza di aree

ad elevata idoneità (si segnala comunque l'influenza delle aree portuali, che causano le osservazioni puntiformi di bassa qualità lungo la costa). Anche il versante settentrionale del golfo di Salerno e il Cilento presentano aree ad elevata idoneità, aventi le stesse caratteristiche del golfo di Napoli.

Scenario 4

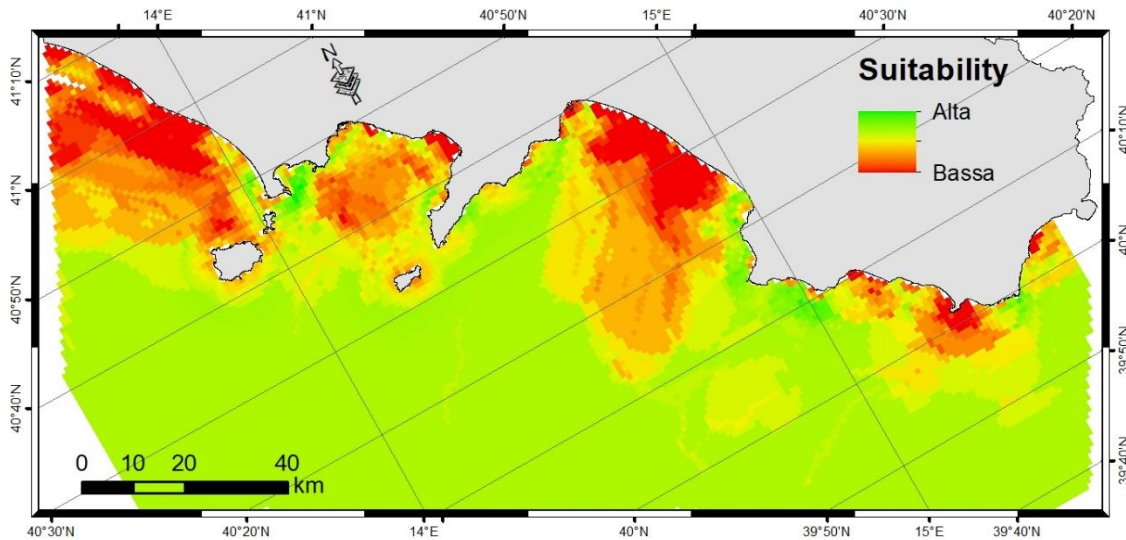


Figura 4.11 - Mappa dello Scenario 4 - WLC pesata a favore del macrofattore "Qualità ambientale".

Assegnando un maggior peso al macrofattore "Qualità ambientale" (figura 4.11), si perde idoneità in tutta l'area casertana e del golfo di Salerno. Risultano particolarmente evidenti altre zone con livelli minimi di idoneità in prossimità di Napoli, Pompei, Salerno, Palinuro e Policastro.

Le aree ad alta idoneità si riducono nell'area di Pozzuoli, nel versante sud della penisola sorrentina, nella regione settentrionale del Cilento. Una area idonea, di piccole dimensioni, è visibile tra Palinuro e Policastro.

Non sono presenti differenze sostanziali tra i 4 scenari analizzati. Le aree più idonee in tutti e 4 i casi sono quelle circostanti l'area di Pozzuoli, le aree limitrofe alle coste della provincia di Napoli (con esclusione del pompeiano), la penisola sorrentina e il Cilento (esclusa la zona di Palinuro).

4.3.2. Suitability delle aree idonee all'acquacoltura

Sovrapponendo i risultati delle quattro WLC con la mappa delle aree idonee (figura 4.3) ricavata dalla mappatura dei vincoli si ottiene la mappa di *suitability* delle aree idonee all'acquacoltura in Campania (figura 4.12).

Analizzando il territorio campano da nord a sud, individuiamo la prima ampia area utilizzabile per l'attività di acquacoltura, nel casertano. Insieme alle due aree limitrofe minori la superficie disponibile totale, nel settentrione napoletano, si sviluppa per un'estensione di 302.63 km².

Nel golfo di Napoli, a causa dei numerosissimi vincoli esistenti di diversa natura, sono utilizzabili per l'attività di acquacoltura poche aree di modeste dimensioni, individuate tra Napoli e Pompei. La superficie totale di queste aree è di 8.84 km².

La seconda area in ordine di estensione si trova nel salernitano. Insieme ad altre aree limitrofe minori la superficie disponibile totale, nel settentrione napoletano, si sviluppa per un'estensione di 142.75 km², coprendo la quasi interezza del golfo di Salerno.

Nelle coste del Cilento si trovano aree idonee di modeste dimensioni lungo tutta l'estensione del litorale, per un totale di 10.493 km² (rispettivamente 8.548 km² nell'area Nord e 1.949855 km² nell'area Sud).

Non sono presenti zone idonee per l'acquacoltura in prossimità delle isole, della baia di Pozzuoli, e del promontorio sorrentino.

Nonostante gli scenari rappresentati ritraggano analisi di diverso tipo, tutti i risultati ottenuti sembrano essere tra loro conformi. Esaminando i risultati delle analisi, si osserva che:

1. Nel casertano, l'area disponibile è molto estesa, ma all'interno di questa sono presenti pochi siti realmente idonei allo sviluppo dell'attività di acquacoltura. In particolare, il versante meridionale risulta essere il più adeguato dell'intera provincia per il posizionamento degli impianti di acquacoltura, insieme all'area antistante Mondragone.
2. Nella provincia di Napoli, le aree disponibili per lo sviluppo dell'acquacoltura presentano tutte un alto livello di idoneità.
3. Il golfo di Salerno mostra una situazione particolare. Gli estremi Nord e Sud del golfo risultano essere idonei al posizionamento di impianti delle attività di acquacoltura, mentre la parte centrale, che è anche la più estesa, presenta livelli di idoneità minimi.
4. Lungo le coste del Cilento, si trovano poche aree disponibili, con un elevato livello di idoneità.

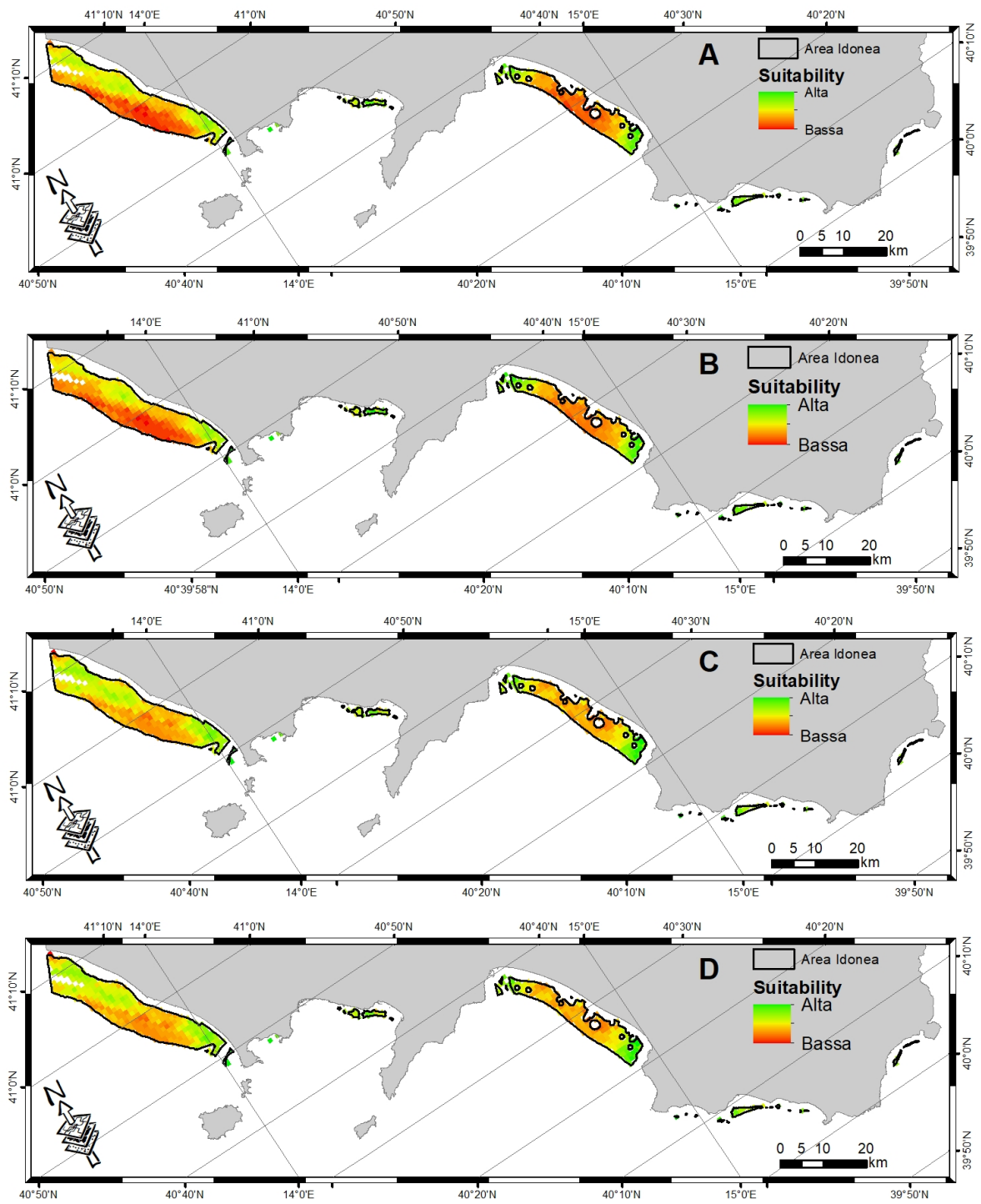


Figura 4.12 – Mappe di *suitability* risultanti nei 4 scenari. A: Scenario 1. B: Scenario 2. C: Scenario 3. D: Scenario 4.

5. DISCUSSIONE

5.1. Mappa di *Suitability*

In questo lavoro di tesi l'identificazione dei criteri e l'implementazione del database, seguite dalla digitalizzazione ed elaborazione dei dati tramite il GIS, e le successive analisi multicriteria hanno permesso di definire le aree idonee al posizionamento di siti di acquacoltura in Campania e il loro grado di *suitability* (figura 4.12).

Alcune zone lungo il litorale campano sono risultate totalmente inleggibili a causa dei vincoli di carattere antropico, molto numerosi ed estesi nelle aree maggiormente sfruttate dalle attività umane, quali il Golfo di Napoli e i Campi Flegrei.

La caratterizzazione dei fondali sia per le caratteristiche biotiche che abiotiche, insieme alla presenza dei siti protetti, impediscono le attività nella totalità delle isole campane, nella penisola sorrentina e negli estremi Nord e Sud del Cilento.

Invece tra le aree individuate come idonee, tutti gli scenari mostrano due macroaree a minore idoneità, poste rispettivamente nel margine ovest dell'area casertana e in posizione centrale nell'area del Golfo di Salerno. Osservando i risultati dell'analisi multicriteria condotta sui fattori all'interno dei macrofattori (figure 4.5, 4.6 e 4.7), risulta evidente come queste aree siano state individuate anche nei macrofattori "Conservazione" e "Socioeconomia". Questo indica che le aree meno idonee sono state riscontrate in siti con alta probabilità di presenza di aree di *spawning* e di *nursery*, e che allo stesso tempo non sono in grado di garantire i servizi necessari per lo sviluppo di siti di acquacoltura.

Il confronto dei 4 scenari (figure 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11) non ha evidenziato differenze sostanziali circa il grado di *suitability* delle aree idonee individuate.

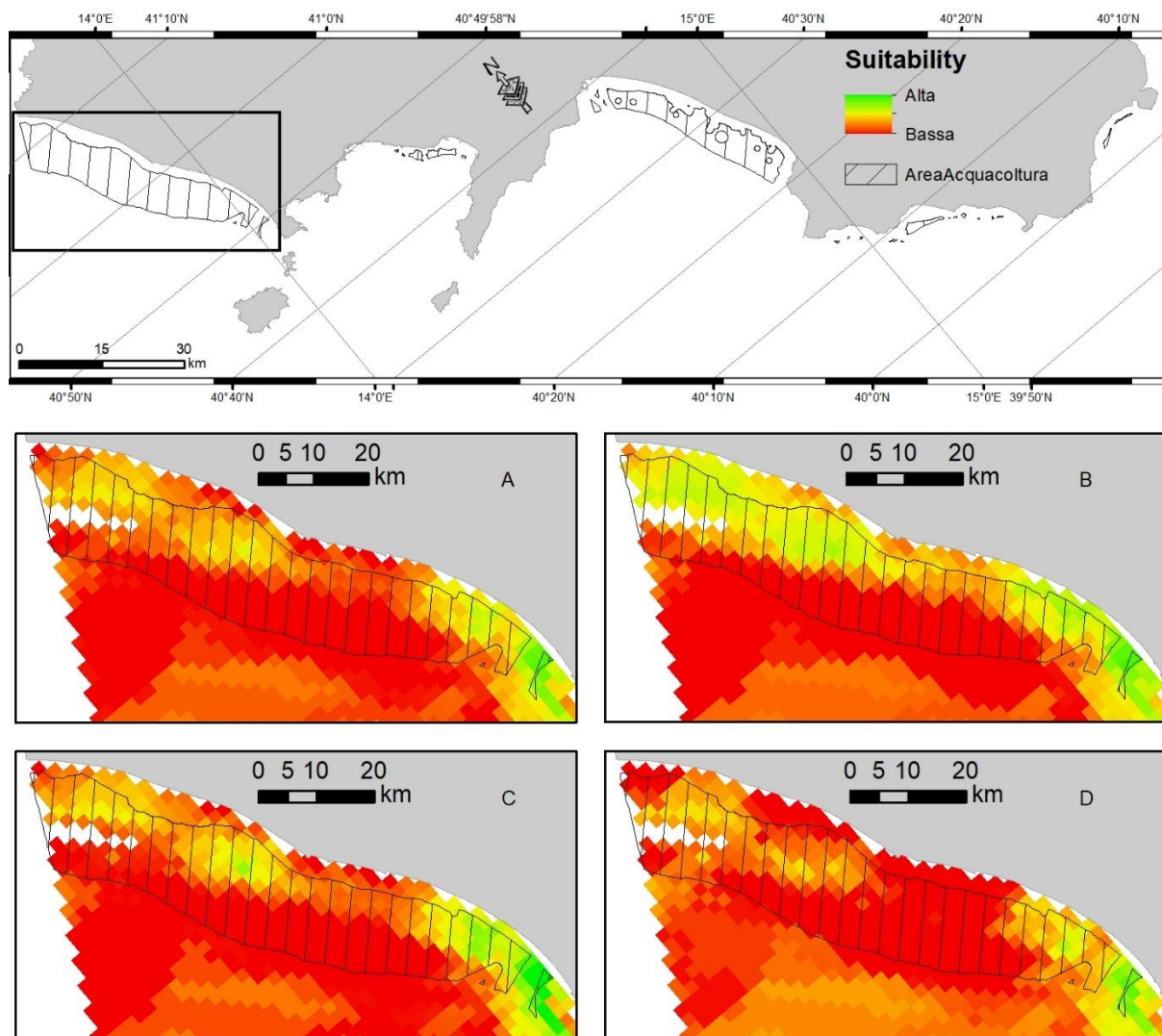


Figura 5.1 - Zoom dei 4 scenari nell'area idonea antistante il litorale casertano. A: Scenario 1. B: Scenario 2. C: Scenario 3. D: Scenario 4.

La figura 5.1 mostra uno zoom sull'area idonea più a nord della Regione Campania e confronta il risultato delle 4 analisi multicriteria condotte cambiando il peso dei macrofattori.

Come si può vedere, i risultati dei 4 scenari sono molto simili. Le aree con i livelli estremi (positivi e negativi) di idoneità rimangono tali in ogni scenario. È possibile notare maggiori differenze nelle zone con livelli di idoneità intermedi, che sembrano variare di più nei diversi scenari.

Questa considerazione si può estendere all'intera area di studio, pertanto in figura 5.2 viene riportata a titolo esemplificativo la verifica effettuata sovrapponendo il *layer* dei siti di acquacoltura attivi oggi in Campania con lo scenario 1, ovvero quello non pesato, in cui tutti e 3 i macrofattori hanno lo stesso peso e dunque la stessa importanza.

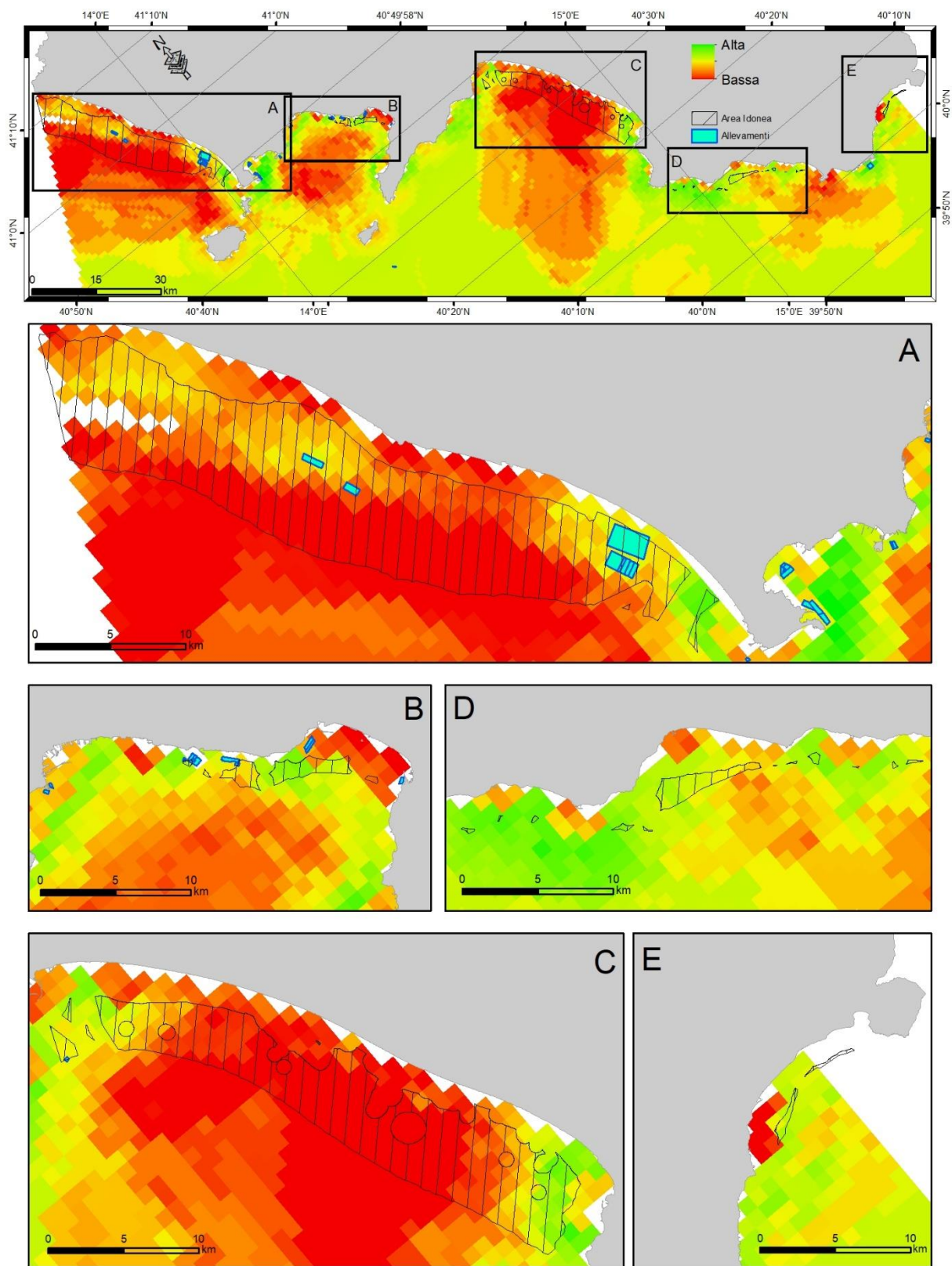


Figura 5.2 – Scenario 1 con in sovrapposizione i siti acquacoltura già presenti sul territorio

Di seguito per ogni provincia campana si rappresenta ed analizza il posizionamento degli impianti di acquacoltura già presenti sul territorio, in relazione ai siti risultati idonei dalle analisi eseguite in questo lavoro di tesi.

Provincia di Caserta (figura 5.2a)

Nella provincia di Caserta sono presenti alcuni impianti di acquacoltura.

Questi, sono posizionati all'interno dell'area risultata effettivamente disponibile per la mancanza di vincoli, e sono collocati dove il grado di idoneità dell'area risulta maggiore.

Alcuni impianti di allevamento sono presenti anche nella baia di Pozzuoli, e sono posizionati in punti ove la profondità delle acque risulta adeguata. L'intera area mostra un livello di idoneità relativamente alto, ma dalle analisi svolte è stata rilevata la presenza di un numero eccessivo di vincoli, che avrebbero dovuto inibirne l'utilizzo per questa specifica attività.

I siti di acquacoltura già presenti nel casertano sono stati posizionati tenendo sicuramente conto dei vincoli presenti sul territorio. Non sappiamo quali siano stati i criteri di valutazione per il loro posizionamento, ma sono perfettamente concordanti con i risultati dello studio.

Nella baia di Pozzuoli, al contrario, sembra che non siano stati assolutamente presi in considerazione i vincoli presenti sul territorio, fatta eccezione per la profondità del fondale (fattore strettamente necessario alla realizzazione dell'impianto). Nonostante la zona dei Campi Flegrei abbia un elevato grado idoneità, la presenza di numerosissimi vincoli non permette l'identificazione di aree adatte, nemmeno di minime dimensioni, fino ed oltre il porto di Napoli.

Il litorale napoletano prossimo alle isole di Ischia e Procida risulta quasi interamente interdetto, non solo a causa della massiccia presenza di vincoli antropici (quali condutture, relitti, siti archeologici e rotte navali), ma soprattutto dalla distribuzione dei vincoli biotici. La quasi totalità dell'area marittima che circonda le isole è tutelata dalle AMP Regno di Nettuno, Parco sommerso di Gaiola, e dal Parco archeologico sommerso di Baia. Sono inoltre presenti, anche al di fuori dei siti protetti biocenosi di coralligeno, estese praterie di fanerogame, banchi di molluschi bivalvi, grotte, fumarole, e sorgenti.

Provincia di Napoli (figura 5.2b)

Nel golfo di Napoli sono presenti impianti di acquacoltura in prossimità della zona portuale, ove sono stati rilevati molti vincoli. Il grado di idoneità del sito è comunque basso. Altri impianti sono presenti anche in prossimità delle zone rilevate disponibili all'acquacoltura, ma non esattamente al loro interno.

Nonostante i siti d'acquacoltura presenti in prossimità di Pompei siano quasi adiacenti con le aree ritenute adatte dalle analisi, questi sono stati posizionati in aree caratterizzate da bassa

idoneità. Potrebbe ritenersi opportuno spostare quei siti nelle aree adatte, che presentano invece livelli di idoneità decisamente più elevati.

Golfo di Salerno (Figura 5.2c)

Nel golfo di Salerno è presente un solo impianto di acquacoltura. Questo si trova in corrispondenza dell'area disponibile più a nord, dove il livello di idoneità è relativamente alto. Sarebbe disponibile, poiché priva di vincoli, tutta l'area meridionale, che però non è sfruttata per questo tipo di attività.

Per il posizionamento della singola struttura di acquacoltura nel golfo di Salerno sono stati presi in considerazione i vincoli presenti sul territorio. Non risulterebbe necessario apportare modifiche al presente sito.

Si rileva che l'area con alta idoneità nel versante Sud del golfo, antistante Agropoli, non è stata sfruttata.

Costa del Cilento (Figure 5.2d-e)

Nelle aree "d" ed "e" non sono presenti siti di allevamento. Lungo il litorale del Cilento è attivo un solo impianto di acquacoltura, posizionato in una zona dove è presente un numero elevato di vincoli.

Le aree disponibili nella costa del Cilento hanno tutte un buon grado di idoneità. Solo la zona immediatamente antistante Policastro è molto vicina ad un sito con bassa idoneità.

Lungo le coste del Cilento è presente un solo impianto di acquacoltura, posto all'interno di un AMP (AMP "CIM"). Essendo i siti protetti considerati come vincoli, non sarebbe possibile riproporre tale azione.

Avendo trovato aree adatte solo a distanze troppo elevate dal sito presente, non avrebbe senso proporre il riposizionamento di questo. Andrebbe effettuato uno studio approfondito su possibili migliorie da apportare all'impianto di acquacoltura per evitare gli impatti nei siti protetti.

Per il posizionamento dei prossimi impianti sono disponibili diverse aree utili, che dovranno essere tenute in considerazione.

Laddove lungo la costa della Regione Campania sia stata riscontrata una corrispondenza tra le aree idonee individuate dallo studio e gli impianti già esistenti, possiamo considerare robusta la soluzione proposta dal modello perché confermata dalla presenza di un impianto già funzionante. L'assenza di sovrapposizione tra aree idee e impianti potrebbe indicare l'inadeguatezza del modello prodotto così come carenze nelle analisi svolte per il posizionamento dei siti di acquacoltura già presenti.

In questo lavoro di tesi è stata seguita una procedura di MCE tramite AHP e WLC sulla base di studi precedenti attinenti alla selezione di siti idonei per una specifica attività e quindi già condivisa in letteratura (Aguilar-Manjarrez et al., 1995; Dapueto et al., 2015; Divu et al., 2020; Esmailpour-Poodeh et al., 2019; Hossain et al., 2009; Kihoro et al., 2013; Latinopoulos et al., 2012; Seekao e Pharino, 2016; Wood e Dragicevic., 2007).

Confrontando il presente studio con quelli appena citati si possono osservare alcune differenze e analogie nella scelta dei criteri e la classificazione dei fattori. I lavori citati considerano una serie di criteri in più rispetto a questo lavoro di tesi dove la scelta dei criteri per l'MCE è stata svolta considerando principalmente le necessità specifiche del tipo di attività e la disponibilità dei dati nell'area di studio. Ad esempio, non vengono valutati i criteri che riguardano le caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua, perché non ancora disponibili ma in fase di elaborazione nell'ambito del PO FEAMP Campania 2014/2020.

Negli studi citati precedentemente, come nel presente lavoro, i fattori sono stati raggruppati per le analisi multicriteria in macrofattori, risultanti dall'AHP e dall'MCE dei fattori che compongono i singoli gruppi. È stata osservata grande eterogeneità nella riclassificazione dei fattori. Ad esempio, Hossain et al. (2009) ha adottato una scala da 1 a 3, Aguilar et al. (1995), da 1 a 4, Dapueto et al. (2015), da 1 a 100, fino ad arrivare al lavoro di Esmailpour et al. (2019), con valori che vanno da 1 a 255.

Anche i risultati e le loro rispettive rappresentazioni sono molto eterogenei in letteratura. Tra gli studi precedentemente citati, solamente nel lavoro di Dapueto et al. (2015), è stata integrata nell'MCE la carta delle aree non idonee, sviluppata tramite l'applicazione di *buffer* intorno ai vincoli rilevati, tenuti in considerazione e ripresi anche nel presente studio. Tutti gli altri lavori presentavano solamente il grado di idoneità sull'intera mappa, espressa in modo diverso a seconda del caso studio. Alcuni autori hanno preferito creare delle classi di idoneità: 2 classi nel lavoro di Wood e Dragicevic (2007), rappresentanti solamente l'idoneità o meno dell'area d'interesse, 3 classi in quello di Hossain et al. (2009), e di Seekao e Pharino (2016), 4 classi nello studio di Kihoro et al. (2013), e 10 in quello di Dapueto et al. (2015). Nel presente lavoro e in altri studi come quello di Esmailpour-Poodeh et al. (2019), è stata adottata una scala di valori continui. Infine, sono pochi gli studi che analogamente a questo lavoro di tesi riportano tutti gli scenari prodotti come in Latinopoulos et al. (2012) e Wood e Dragicevic (2007).

La MCE per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura è materia recente e ancora poco sviluppata. Gli studi sono molto moderni e attuali, ma allo stesso tempo poco omogenei e con bassa conformità, sia su grande che su piccola scala.

5.2. Ulteriori implementazioni

L'analisi effettuata costituisce tuttavia solamente un'anticipazione di tutto il lavoro che sarà svolto per il PO FEAMP Campania 2014/2020, il quale prevede l'individuazione di aree idonee all'acquacoltura in Campania ad opera di esperti del settore a seguito di una approfondita analisi del territorio.

I risultati sono il frutto di uno studio svolto utilizzando i dati sviluppati fino al 2020. Sono quindi tuttora assenti informazioni che saranno necessarie per le analisi finali. Tra queste possiamo evidenziare le seguenti, come riportato nel PO:

- Caratterizzazione attività di pesca inclusa IUUF e ricreativa (WP2)
- Analisi e cartografia dell'oceanografia fisica, chimica e biologica e della meteorologia (WP4)
- Carta delle Aree a rischio (WP5)
- Dati che possano implementare le informazioni utili dei layer già disponibili per le analisi, sviluppate e possedute da altri enti (es. ISTAT sta procedendo con un lavoro parallelo di individuazione dei vincoli).
- Approccio partecipativo tramite LEK (*Local Ecological Knowledge*), per entrare nel merito del territorio.
- Definire il tipo di acquacoltura che si intende praticare, per adattare le ulteriori necessità previste alle future analisi.
- Creare una “*Expert Opinion*” per sviluppare scenari nuovi e più adatti alle effettive necessità degli *stakeholders* e delle associazioni.

Una volta implementati gli studi con le misure previste dal progetto, sarà necessario focalizzare le analisi su aree di intervento meno estese. Altri studi su scala locale saranno necessari per la scelta definitiva del sito di posizionamento degli impianti. Queste analisi dovranno di conseguenza entrare sempre più nello specifico fino all'assegnazione del sito e delle concessioni per il posizionamento degli impianti di acquacoltura, lavoro previsto dalle misure del PO FEAMP 2014-2020.

6. CONCLUSIONI

L'utilizzo del Sistema Informativo Geografico e di procedure di analisi moderne, come l'Analisi Multicriteria hanno consentito di raggiungere lo scopo di questo lavoro, cioè l'individuazione nel territorio Campano di aree marine idonee al posizionamento di nuove attività di acquacoltura in un contesto di pianificazione e gestione integrata dell'ambiente marino. Il GIS e la WLC si sono rivelati strumenti efficaci per lo svolgimento di un'analisi multicriteria e sebbene fino ad ora poco utilizzati per questo fine specifico, sono sempre più presenti nei progetti di pianificazione spaziale, come indicato anche nella guida per l'istituzione di AZA nel Mediterraneo e nel Mar Nero di Macias e colleghi (2019).

I risultati delle analisi svolte hanno evidenziato l'utilità di numerosi aspetti tecnici della MCE applicate al GIS, tra cui:

- la possibilità di includere nelle analisi spaziali vincoli e fattori che prima non venivano valutati, come accaduto nei casi del Cilento e della baia di Pozzuoli, dove non sono stati tenuti in considerazione alcuni vincoli;
- la facilità di identificare interazioni tra usi del mare e conservazione ambientale, come è risultato evidente nella baia di Napoli, dove sarebbe stato opportuno effettuare un posizionamento dei siti più mirato;
- la possibilità di svolgere analisi capaci di considerare tutti i fattori necessari e di garantire che l'importanza degli stessi sia riflessa nel risultato.

Per questo studio sono state messe in pratica le più recenti metodologie di analisi, che hanno permesso l'individuazione dei siti disponibili e la successiva analisi di idoneità degli stessi.

Sono quindi state sfruttate ed integrate le conoscenze pregresse sull'argomento, che ancora non erano state affrontate con questa prospettiva nel territorio campano, evidenziando le precedenti lacune e aprendo la strada per futuri miglioramenti.

Questi modelli sono inoltre molto influenzati dalla qualità dei dati utilizzati come input e delle scelte dell'operatore, soprattutto nella scelta dei pesi dei fattori. È fondamentale quindi costruire un robusto database che raccolga i migliori data spaziali disponibili, così come il coinvolgimento di tutti gli *stakeholders* che operano sul territorio interessato dall'analisi.

Solo in questo modo si pongono le basi per analisi sempre più sito-specifiche atte alla risoluzione di conflitti spaziali tra usi del mare e conservazione ambientale, come nel caso della pianificazione spaziale delle AZA in Campania.

7.1. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Manjarrez J and Ross L, 1995. Geographical information system (GIS) environmental models for aquaculture development in Sinaloa State, Mexico. *Aquac Int.* 3: 103–115. DOI: 10.1007/BF00117877
- Al Amin M, Adrianto L, Kusumastanto T, Imran Z, Kurniawan F, 2020. Participatory mapping: Assessing problems and defined marine conservation planning and zoning in Jor Bay, Indonesia. *Publishing.* 414: 2. DOI: 10.1088/1755-1315/414/1/012001
- Bakirman T and Gumusay M, 2020. A novel GIS-MCDA-based spatial habitat suitability model for *Posidonia oceanica* in the Mediterranean. *Environ. Monit. Assess.* 192: 2. DOI: 10.1007/s10661-020-8198-1
- Barillé L, Le Bris A, Gouletquer P, Thomas Y, Glize P, Kane F, Falconer L, Guillotreau P, Trouillet B, Palmer S, Gernez P, 2020. Biological, socio-economic, and administrative opportunities and challenges to moving aquaculture offshore for small French oyster-farming companies. *Aquaculture.* 521: 1-13. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735045
- Brigolin D, Porporato E, Prioli G, Pastres R, 2017. Making space for shellfish farming along the adriatic coast. *ICES J. Mar. Sci.* 74: 1541. DOI: 10.1093/icesjms/fsx018
- Brodie Rudolph T, Ruckelshaus M, Swilling M, Allison E, Österblom H, Gelcich S, Mbatha P, 2020. A transition to sustainable ocean governance. *Nat. Commun.* 11: 2-4. DOI: 10.1038/s41467-020-17410-2
- Bronzi P, Rambaldi E, Cardillo A, Dell'Aquila M, Di Dato P, Cataudella S, 2012. Lo stato dell'acquacoltura italiana. In: *Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani.* A cura di Cataudella S, e Spagnolo M. MIPAAF. pp. 335-343. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5164>
- Buitrago J, Rada M, Hernández H, Buitrago E, 2005. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. *J. Environ. Manage.* 35: 544–556. DOI: 10.1007/s00267-004-0087-9

- Buonocore E, Picone F, Donnarumma L, Russo G, Franzese P, 2019. Modeling matter and energy flows in marine ecosystems using emergy and eco-exergy methods to account for natural capital value. *Ecol. Modell.* 392, 137–138. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2018.11.018
- Buonocore E, Appolloni L, Russo G, Franzese P, 2020. Assessing natural capital value in marine ecosystems through an environmental accounting model: A case study in Southern Italy. *Ecological Modelling.* 419: 2. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2020.108958
- Caddy J, 1999. Fisheries management in the twenty-first century: will new paradigms apply?. *Rev Fish Biol Fisher.* 43: 2-13. DOI: 10.1023/A:1008829909601
- Cantasano N, Pellicone G, Ietto F, 2020. The Coastal Sustainability Standard method: A case study in Calabria (Southern Italy). *Ocean Coast Manag.* 183: 1. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104962
- Cao Y, Carver S, Yang R, 2019. Mapping wilderness in China: Comparing and integrating Boolean and WLC approaches. *Landsc. Urban Plan.g.* 192: 1-7. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2019.103636
- Cappelletto M, Fava F, Villanova M, Trincardi F, Barbanti A, Bonanno A, Nardelli B, Ciappi E, Palama D, d'Alcala R, Sarretta A, and Sprovieri M, 2018. Codevelop Research and innovation for blue jobs and growth in the Mediterranean - the BLUEMED Initiative. *Environ Eng Manag J.* 17: 2313. DOI: 10.30638/eemj.2018.230
- Carr M, 2019. Marine Spatial Planning in a Climate of Uncertainty – An Irish Perspective. *Irish Geography.* 52: 1-12. DOI: 10.2014/igj.v52i1.1375
- Carrion D, Maffei A, Migliaccio F, 2009. A database-oriented approach to GIS designing. *Appl. Geomat.* 1: 75–84. DOI: 10.1007/s12518-009-0008-y
- Carver S, 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 5: 321–323. DOI: 10.1080/02693799108927858
- Cataudella S, 2012. Alcuni aspetti evolutivi dell'acquacoltura italiana nel contesto mediterraneo. In: *Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani.* A cura di Cataudella S, e Spagnolo M. MIPAAF. pp. 323-333. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5164>

- Chandio I, Matori A, WanYusof K, Talpur M, Balogun A, Lawal D, 2013. GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review. Arab. J. Geosci. 6: 3059–3064. DOI: 10.1007/s12517-012-0568-8
- Chen W, Van Assche K, Hynes S, Bekkby T, Christie H, Gundersen H, 2020. Ecosystem accounting's potential to support coastal and marine governance. Marine Policy. 112: 1-3. DOI: 10.1016/j.marpol.2019.103758
- Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K, Ben Rais Lasram F, Aguzzi J, Ballesteros E, Bianchi C, Corbera J, Dailianis T, Danovaro R, Estrada M, Froggia C, Galil B, Gasol J, Gertwagen R, Gil J, Guilhaumon F, Kesner-Reyes K, Kitsos M, Koukouras A, Lampadariou N, Laxamana E, Cuadra C, Martin D, Mouillot D, Oro D, Raicevich S, Rius-Barile J, Saiz-Salinas J, Vicente C, Somot S, Templado J, Turon X, Vafidis D, Villanueva R, Voultsiadou E, 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. PLoS ONE. 5(8):1-3. DOI: 10.1371/journal.pone.0011842
- Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni: CRESCITA BLU, opportunità per una crescita sostenibile dei settori marino e marittimo. COM/2012/0494 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012DC0494&from=IT>
- Comunicazione della Commissione - Seconda relazione intermedia sulla coesione economica e sociale. COM/2003/0034 def. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52003DC0034&from=IT>
- Comunicazione della Commissione - Terza relazione sulla coesione economica e sociale. COM (2004) 107 def. - Non pubblicata nella Gazzetta ufficiale. http://publications.europa.eu/resource/cellar/0f9eb750-7366-4722-96e7-df19311ebab3.0008.02/DOC_2
- Cozzolino, 2002. Sostenibilità dell'acquacoltura: aspetti economici. In: Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani. A cura di Cataudella S, e Spagnolo M. MIPAAF. pp.377. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5164>

- D. lgs. 18 maggio 2001, n. 228. "Orientamento e modernizzazione del settore agricolo, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57".
<https://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/testi/01228dl.htm>
- D. lgs. 1 agosto 2003, n. 259. "Codice delle comunicazioni elettroniche".
https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2003-09-15&atto.codiceRedazionale=003G0280&elenco30giorni=false
- D. lgs. 16 gennaio 2008, n. 4. "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
<https://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/testi/08004dl.htm>
- D. lgs. 30 maggio 2008, n. 116. "Attuazione della direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e abrogazione della direttiva 76/160/CEE".
<https://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/08116dl.htm>
- D. lgs 4 agosto 2016, n. 169. "Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla legge 28 gennaio 1994, n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della legge 7 agosto 2015, n. 124".
<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/08/31/16G00182/sg>
- D.M. 30 marzo 2010. "Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione". <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2010/05/24/10A06405/sg>
- D.P.R. 12 marzo 2003, n. 120. "Regolamento recante modifiche ed integrazione al D.P.R. n. 357 dell'8 settembre 1997, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche".
https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/rete_natura_2000/D.P.R._120_del_12_marzo_2003.PDF
- D.P.R. n. 357 dell'8 settembre 1997. Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche.

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/rete_natura_2000/Regolamento_D.P.R._8_settembre_1997_n._357.PDF

D'Auria A, De Toro P, Fierro N, Montone E, 2018 Integration between GIS and Multi-Criteria Analysis for Ecosystem Services Assessment: A Methodological Proposal for the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni (Italy). *Sustainability*. 10: 2-4. DOI: 10.3390/su10093329

Dapueto G, Massa F, Costa S, Cimoli L, Olivari E, Chiantore M, Federici B, Povero P, 2015. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. *Ocean Coast Manag.* 116: 64–77. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2015.06.030

Dias B, Lima Martins B, Moraes de Sousa M, Cunha Cardoso A, Jordaan A, 2020. Prioritizing species of concern monitoring using GIS-based fuzzy models. *Ocean Coast Manag.* 188: 1-3. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2019.105073

Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (GU L 206 del 22.7.1992, pag. 7). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:IT:PDF>

Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (GU L 327 del 22.12.2000, pag. 1). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0060-20141120&from=EN>

Direttiva 2006/88/CE del Consiglio del 24 ottobre 2006 relativa alle condizioni di polizia sanitaria applicabili alle specie animali d'acquacoltura e ai relativi prodotti, nonché alla prevenzione di talune malattie degli animali acquatici e alle misure di lotta contro tali malattie. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0088&from=it>

Direttiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino

(direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0056&from=IT>

Direttiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 luglio 2014 che istituisce un quadro per la pianificazione dello spazio marittimo. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0089&from=EN>

Direttiva del Consiglio del 2 aprile 1979 concernente la conservazione degli uccelli selvatici (79/409/CEE) (GU L 103 del 25.4.1979, pag. 1). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1979L0409:20070101:IT:PDF>

Divu D, Mojjada S, Pokkathappada A, Sukhdhane K, Menon M, Mojjada R, Tade M, Bhint H, Gopalakrishnan A, 2020. Decision-making framework for identifying best suitable mariculture sites along north east coast of Arabian Sea, India: A preliminary GIS-MCE based modelling approach. *J. Clean. Prod.*: 1-14. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124760

Domazetović F, Šiljeg A, Lončar N, Marić I, 2019. GIS automated multicriteria analysis (GAMA) method for susceptibility modelling. *MethodsX*. 6: 2553–2560. DOI: 10.1016/j.mex.2019.10.031

Dornelas M, Gotelli N, McGill B, Shimadzu H, Moyes F, Sievers C, Magurran A, 2014. Assemblage time series reveal biodiversity change but not systematic loss. *Science*. 344: 1-2. DOI: 10.1126/science.1248484

Economou A, Kotsev I, Peev P, Kathiojotes N, 2020. Coastal and marine spatial planning in Europe. Case studies for Greece and Bulgaria. *Regional Studies in Marine Science* 38: 1-2. DOI: 10.1016/j.rsma.2020.101353

Ehler C and Douvère F, 2010. An International Perspective on Marine Spatial Planning Initiatives. *Environments Journal*. 37(3): 10-11. https://www.researchgate.net/publication/236131678_An_International_Perspective_on_Marine_Spatial_Planning_Initiatives

Esmailpour-Poodeh S, Ghorbani R, Hosseini S, Salmanmahiny A, Rezaei H, Kamyab H, 2019. A multi-criteria evaluation method for sturgeon farming site selection in the

- southern coasts of the Caspian Sea. *Aquaculture*. 513: 2-8. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734416
- FAO, 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. DOI: 10.4060/ca9229en
- Feizizadeh B, Blaschke T, 2013. GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran. *Nat Hazards*. 65: 2105–2124. DOI:10.1007/s11069-012-0463-3
- Foley M, Halpern B, Micheli F, Armsby M, Caldwell M, Crain C, Prahler E, Rohr N, Sivas D, Beck M, Carr M, Crowder L; Emmett Duffy J, Hacker S, McLeod K, Palumbi S, Peterson C, Regan H, Ruckelshaus M, Sandifer P, Steneck R, 2010. Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Mar Policy*. 34: 955–956. DOI: 10.1016/j.marpol.2010.02.001
- Fraschetti S, Pipitone C, Mazaris A, Rilov G, Badalamenti F, Bevilacqua S, Claudet J, Carić H, Dahl K, D’Anna G, Daunys D, Frost M, Gissi E, Göke C, Goriup P, Guarnieri G, Holcer D, Lazar B, Mackelworth P, Manzo S, Martin G, Palialexis A, Panayotova M, Petza D, Rumes B, Todorova V, Katsanevakis S, 2018. Light and Shade in Marine Conservation Across European and Contiguous Seas. *Front. Mar. Sci*. 5: 1-6. DOI: 10.3389/fmars.2018.00420
- Furlan E, Slanzi D, Torresan S, Critto A, Marcomini A, 2020. Multi-scenario analysis in the Adriatic Sea: A GIS-based Bayesian network to support maritime spatial planning. *Sci. Total Environ*. 703: 1-5. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134972
- Gaglioti M, Vega F, Musco L, Gambi M, 2020. Habitat and benthic diversity in the bay of Bagnoli and Surrounding areas (Gulf of Naples, Italy): A historical baseline for environmental restoration, *Mar. Environ. Res*. 157: 1-2. DOI: 10.1016/j.marenvres.2020.104925
- Giakoumi S, Sini M, Gerovasileiou V, Mazor T, Beher J, Possingham H, Abdulla A, Ertan M, Dendrinou P, Gucu A, Karamanlidis A, Rodic P, Panayotidis P, Taskin E, Jaklin A, Voultziadou E, Webster C, Zenetos A, Katsanevakis S, 2013. Ecoregion-Based Conservation Planning in the Mediterranean: Dealing with Large- Scale Heterogeneity. *PLoS ONE*. 8(10): 3-4. DOI: 10.1371/journal.pone.0076449

- Groebe C, 2002. The Stazione Zoologica. A clearing house for marine organisms. In: Benson, Rehbok F (Eds) Oceanographic History. The Pacific and beyond. University of Washington Press, pp. 537-538. DOI.org/10.1002/9780470015902.a0024932
- Goepel K, 2018. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. 10: 1-18. DOI: 10.13033/ijahp.v10i3.590
- Goodchild M, 2009. Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Procedia Earth and Planetary Science*. 1: 1037–1043. DOI: 10.1016/j.proeps.2009.09.160
- Groot R, Wilson M, Boumans R, 2002. A Typology for the Classification Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecol. Econ*. 41: 2. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7
- Halpern B, Benjamin, Walbridge S, Selkoe K, Kappel C, Micheli F, D'Agrosa C, Bruno J, Casey K, Ebert C, Fox H, Fujita R, Heinemann D, Lenihan H, Madin E, Perry M, Selig E, Spalding M, Steneck R, Watson R, 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*. 319: 948-52. DOI: 10.1126/science.1149345
- Halpern B, Frazier M, Potapenko J, Casey K, Koenig K, Longo C, Lowndes J, Rockwood R, Selig E, Selkoe K, Walbridge S, 2015. Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nat. Commun*. 6: 1-5. DOI: 10.1038/ncomms8615
- Hossain M, Chowdhury S, Das N, Sharifuzzaman S, Sultana A, 2009. Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh. *Landsc Urban Plan*. 90: 119–133. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.10.020
- Jiang H, Eastman R, 2000. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *Int J Geogr Inf Sci*. 14: 173–180. DOI: 10.1080/136588100240903
- Johnson A, McClintock W, Burton O, Burton W, Estep A, Mengerink K, Porter R, Tate S, 2020. Marine spatial planning in Barbuda: A social, ecological, geographic, and legal case study. *Marine Policy*. 113: 1-2. DOI: 10.1016/j.marpol.2019.103793

- Jossart J, Theuerkauf S, Wickliffe L, Morris Jr, 2020. Applications of Spatial Autocorrelation Analyses for Marine Aquaculture Siting. *Front. Mar. Sci.* 6: 2. DOI: 10.3389/fmars.2019.00806
- Karnatak H, Saran S, Bhatia K, Roy P, 2007. Multicriteria Spatial Decision Analysis in Web GIS Environment. *GeoInformatica* 11: 407–410. DOI: 10.1007/s10707-006-0014-8
- Kidd S, Jones H, Jay S, 2019. Taking Account of Land-Sea Interactions in Marine Spatial Planning. In ‘Maritime Spatial Planning’. Springer International Publishing: Cham. Eds J. Zauca and K. Gee. pp. 245–249. DOI: 10.1007/978-3-319-98696-8_11
- Kihoro J, Bosco N, Murage H, 2013. Suitability analysis for rice growing sites using a multicriteria evaluation and GIS approach in great Mwea region, Kenya. *SpringerPlus*. 2: 265. DOI: 10.1186/2193-1801-2-265
- L. 31 dicembre 1982, N. 979. “Disposizioni per la difesa del mare”. <https://www.minambiente.it/normative/1-31-dicembre-1982-n-979-disposizioni-la-difesa-del-mare-gu-18-gennaio-1983-n-16-so>
- L. 6 dicembre 1991, n. 394. “Legge quadro sulle aree protette”. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1991/12/13/091G0441/sg>
- L. 5 febbraio 1992, n. 102. “Norme concernenti l'attività di acquacoltura”. https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1992-02-17&atto.codiceRedazionale=092G0123&elenco30giorni=false
- L. 11 febbraio 1992, n. 157. “Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio”. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1992/02/25/092G0211/sg>
- L. 27 maggio 1999, n. 175. “Ratifica ed esecuzione dell'Atto finale della Conferenza dei plenipotenziari sulla Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento, con relativi protocolli, tenutasi a Barcellona il 9 e 10 giugno 1995”. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1999/06/17/099G0254/sg#:~:text=1.,9%20e%2010%20giugno%201995.>

- L. 3 ottobre 2002 n 175. "Integrazioni alla legge 11 febbraio 1992, n. 157, in materia di protezione della fauna selvatica e di prelievo venatorio, in attuazione dell'articolo 9 della direttiva 79/409/CEE". <https://www.camera.it/parlam/leggi/022211.htm>
- L. 23 ottobre 2009, n. 157. "Ratifica ed esecuzione della Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo, con Allegato, adottata a Parigi il 2 novembre 2001, e norme di adeguamento dell'ordinamento interno". <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:2009-10-23;157>
- Latinopoulos D, Konstantinou Z, Krestenitis Y, 2012. Simulation and multicriteria analysis in sustainable coastal planning: the case of aquaculture in Thermaikos Gulf, Greece. *Environ. Dev. Sustain.* 14: 1027–1043. DOI: 10.1007/s10668-012-9370-8
- Lazzari N, Becerro M, Sanabria-Fernandez J, Martín-López B, 2019. Spatial characterization of coastal marine social-ecological systems: Insights for integrated management. *Environ Sci Policy.* 92: 56–57. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.11.003
- Lembo G, Liberati M, Cataudella S, 2002. Acquacoltura Biologica. In: Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani. A cura di Cataudella S, e Spagnolo M. MIPAAF. pp. 391-393.
<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5164>
- Levin N, Coll M, Fraschetti S, Gal G, Giakoumi S, Göke C, Heymans J, Katsanevakis S, Mazor T, Öztürk B, Rilov G, Gajewski J, Steenbeek J, Kark S, 2014. Biodiversity data requirements for systematic conservation planning in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 508: 262. DOI: 10.3354/meps10857
- Linee Guida del Programma Operativo FEAMP Campania 2014-2020.
http://www.agricoltura.regione.campania.it/FEAMP/pdf/LINEE_GUIDA_2014-2020.pdf
- Luttikholt L, 2007. Principles of organic agriculture as formulated by the International Federation of Organic Agriculture Movements. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences.* 54: 348–350. DOI: 10.1016/S1573-5214(07)80008-X
- Macias J, Avila Zaragoza P, Karakassis I, Sanchez-Jerez P, Massa F, Fezzardi D, Yücel Gier G, Franičević V, Borg J, Chapela Pérez R, Tomassetti P, Angel D, Marino G, Nhhala H,

- Hamza H, Carmignac C Fourdain L, 2019. Allocated zones for aquaculture: a guide for the establishment of coastal zones dedicated to aquaculture in the Mediterranean and the Black Sea. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Studies and Reviews. 97: 1-43. <http://www.fao.org/3/ca7041en/CA7041EN.pdf>
- Malczewski J, 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *Int J Geogr Inf Sci.* 20: 703–704. DOI:10.1080/13658810600661508
- Manea E, Bianchelli S, Fanelli E, Danovaro R, Gissi E, 2020. Towards an Ecosystem-Based Marine Spatial Planning in the deep Mediterranean Sea. *Sci. Total Environ.* 715: 2-3. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136884
- Mazor T, Possingham H, Edelist D, Brokovich E, Kark S, 2014. The Crowded Sea: Incorporating Multiple Marine Activities in Conservation Plans Can Significantly Alter Spatial Priorities. *PLOS ONE.* 9: 1-2. DOI: 10.1371/journal.pone.0104489
- McKinley E, Acott T, Stojanovic T, 2019. Socio-cultural Dimensions of Marine Spatial Planning. *Maritime Spatial Planning.* Eds J. Zaucha and K. Gee. pp.151–167. DOI: 10.1007/978-3-319-98696-8_7
- Mellino S, Ripa M, Zucaro A, Ulgiati S, 2014. An emergency–GIS approach to the evaluation of renewable resource flows: A case study of Campania Region, Italy. *Ecol Modell.* 271: 103–104. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2012.12.023
- Mellino S, Buonocore E, Ulgiati S, 2015. The worth of land use: A GIS–emergy evaluation of natural and human-made capital. *Sci. Total Environ.* pp. 137-139. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.10.085
- Micheli F, Halpern B, Walbridge S, Ciriaco S, Ferretti F, Fraschetti S, Lewison R, Nykjaer L, Rosenberg A, 2013. Cumulative Human Impacts on Mediterranean and Black Sea Marine Ecosystems: Assessing Current Pressures and Opportunities. *PLOS ONE* 8: 1-4. DOI: 10.1371/journal.pone.0079889
- Mulazzani L, Malorgio G, 2017. Blue growth and ecosystem services. *Mar Pol.* 85: 17–23. DOI: 10.1016/j.marpol.2017.08.006

- Murata H, Komatsu T, Yonezawa C, 2019. Detection and discrimination of aquacultural facilities in Matsushima Bay, Japan, for integrated coastal zone management and marine spatial planning using full polarimetric L-band airborne synthetic aperture radar. *Int J Remote Sens.* 40: 1–3. DOI: 10.1080/01431161.2019.1579380
- Nath S, Bolte J, Ross L, Aguilar-Manjarrez J, 2000. Applications of Geographical Information Systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquac Eng.* 23: 233–278. DOI: 10.1016/S0144-8609(00)00051-0
- Noble M, Harasti D, Pittock J, Doran B, 2019(a). Linking the social to the ecological using GIS methods in marine spatial planning and management to support resilience: A review. *Mar Pol*, 108: 2-3. DOI: 10.1016/j.marpol.2019.103657
- Noble M, Harasti D, Pittock J, Doran B, 2019(b). Understanding the spatial diversity of social uses, dynamics, and conflicts in marine spatial planning. *Journal of Environmental Management.* 246: 1-2. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.06.048
- Nowak M, Dzió K, Ludwisiak Ł, Chmiel J, 2020. Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. *Glob. Ecol. Conserv.* 23: 1-3. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e01089
- Piante C, Ody D, 2015. Blue Growth in the Mediterranean Sea: The Challenge of Good Environmental Status. *MEDTRENDS Project.* WWF-France. pp.1-7-141. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/medtrends_regional_report.pdf
- Piano Strategico per l'Acquacoltura in Italia 2014-2020. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/8752>
- Picone F, Buonocore E, D'Agostaro R, Donati S, Chemello R, Franzese P. 2017. Integrating natural capital assessment and marine spatial planning: A case study in the Mediterranean sea. *Ecol Modell* 361: 1–13. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2017.07.029
- Portman M, Nathan D, Levin N, 2012. From the Levant to Gibraltar: A Regional Perspective for Marine Conservation in the Mediterranean Sea. *AMBIO* 41: 670–671. DOI: 10.1007/s13280-012-0298-x

- Portman M, Notarbartolo di Sciara G, Agardy T, Katsanevakis S, Possingham H, Di Carlo G, 2013. He who hesitates is lost: Why conservation in the Mediterranean Sea is necessary and possible now. *Mar Pol.* 42: 270-271. DOI: 10.1016/j.marpol.2013.03.004
- Pour N, Oja T, 2020. Simulation of Urban Expansion in Estonia for 2046 Using Cellular Automata Model Based on the CORINE Land Cover Database. In ‘Proceedings of the 2020 3rd International Conference on Geoinformatics and Data Analysis’. ICGDA 2020 (3rd). pp. 14–18. DOI: 10.1145/3397056.3397057
- Ramieri E, Bocci M, Markovic M, 2019. Linking Integrated Coastal Zone Management to Maritime Spatial Planning: The Mediterranean Experience. In ‘Maritime Spatial Planning’. (Eds J. Zaucha and K. Gee.) pp. 272-278. DOI: 10.1007/978-3-319-98696-8_12
- Randone *et al.* 2017. Reviving the Economy of the Mediterranean Sea: Actions for a Sustainable Future. WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, Italy. 64pp. https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/reviving_mediterranean_sea_economy_full_rep_lowres.pdf
- Reg. (CE) N. 1198/2006 del Consiglio del 27 luglio 2006 relativo al Fondo europeo per la pesca. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/6%252F3%252F4%252FD.60abfe63188ac6982a8a/P/BLOB%3AID%3D3401/E/pdf>
- Reg. (CE) N. 834/2007 del Consiglio del 28 giugno 2007 relativo alla produzione biologica e all’etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il regolamento (CEE) n. 2092/91. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:IT:PDF>
- Reg. (CE) N. 710/2009 della Commissione del 5 agosto 2009 che modifica il regolamento (CE) n. 889/2008 recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio per quanto riguarda l’introduzione di modalità di applicazione relative alla produzione di animali e di alghe marine dell’acquacoltura biologica. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0710&from=RO>
- Reg. (UE) n. 1380/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2013, relativo alla politica comune della pesca, che modifica i regolamenti (CE) n. 1954/2003

e (CE) n. 1224/2009 del Consiglio e che abroga i regolamenti (CE) n. 2371/2002 e (CE) n. 639/2004 del Consiglio, nonché la decisione 2004/585/CE del Consiglio (GU L 354 del 28.12.2013, pag. 22). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R1380&from=IT>

Reg. (UE) N. 508/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio del 15 maggio 2014 relativo al Fondo europeo per gli affari marittimi e la pesca e che abroga i regolamenti (CE) n. 2328/2003, (CE) n. 861/2006, (CE) n. 1198/2006 e (CE) n. 791/2007 del Consiglio e il regolamento (UE) n. 1255/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0508&from=EN>

Resolution GFCM/36/2012/1 on guidelines on allocated zones for aquaculture (AZA). https://gfcmsitestorage.blob.core.windows.net/documents/Decisions/GFCM-Decision--RES-GFCM_36_2012_1-en.pdf

Salvador P, 2002. Gli attori delle produzioni di acquacoltura. In: Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani. A cura di Cataudella S, e Spagnolo M. MIPAAF. pp. 367-373.

<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5164>

Sanchez-Jerez P, Karakassis I, Massa F, Fezzardi D, Aguilar-Manjarrez J, Soto D, Chapela R, Avila P, Macias J, Tomassetti P, Marino G, Borg J, Franičević V, Yucel-Gier G, Fleming I, Biao X, Nhhala H, Hamza H, Forcada A, Dempster T, 2016. Aquaculture's struggle for space: The need for coastal spatial planning and the potential benefits of Allocated Zones for Aquaculture (AZAs) to avoid conflict and promote sustainability. *Aquac Environ Interact*, 8: 41–54. DOI: 10.3354/aei00161

Seekao C, Pharino C, 2016. Assessment of the flood vulnerability of shrimp farms using a multicriteria evaluation and GIS: a case study in the Bangpakong Sub-Basin, Thailand. *Environ. Earth Sci.* 75: 2-6. DOI: 10.1007/s12665-01-5-5154-4

Steffen W, Richardson K, Rockstrom J, Cornell S, Fetzer I, Bennett E, Biggs R, Carpenter S, de Vries W, de Wit C, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace G, Persson L, Ramanathan V, Reyers B, Sorlin S, 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 1. DOI: 10.1126/science.1259855

- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan and Plan Bleu (2020). State of the Environment and Development in the Mediterranean. Nairobi. www.planbleu.org/soed
- Vergara-Solana F, Araneda M, Ponce-Díaz G, 2019. Opportunities for strengthening aquaculture industry through multicriteria decision-making. *Rev Aquac.* 11: 105–115. DOI: 10.1111/raq.12228
- Violante C, Mazzola S, Santucci A, 2012. ‘Geophysical Techniques For Protection And Management Of Marine Habitat: Example From The Campania Offshore, Eastern Tyrrhenian Sea’. <https://www.researchgate.net/publication/275350483>
- von Thenen M, Maar M, Hansen H, Friedland R, and Schiele K, 2020. Applying a combined geospatial and farm scale model to identify suitable locations for mussel farming. *Mar. Pollut. Bull.* 156: 1-12. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111254
- Winther J, Dai M, Rist T, Hoel A, Li Y, Trice A, Morrissey K, Juinio-Meñez M, Fernandes L, Unger S, Scarano F, Halpin P, Whitehouse S, 2020. Integrated ocean management for a sustainable ocean economy. *Nat. Ecol. Evol.* 1-2. DOI: 10.1038/s41559-020-1259-6
- Wood L, Dragicevic, 2007. GIS-Based Multicriteria Evaluation and Fuzzy Sets to Identify Priority Sites for Marine Protection. *Biodivers. Conserv.* 16, 2539–2543. DOI: 10.1007/s10531-006-9035-8

7.2. SITOGRAFIA

<http://www.fao.org/3/a-i6043e.pdf>

https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/stato-ambiente/annuario-2018/2_Pesca.pdf

<http://www.regione.campania.it/regione/it/news/primo-piano/pesca-e-acquacoltura-73-milioni-per-il-comparto?page=1>

<https://geonetwork.bioinfo.szn.it/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>

<https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc1.php?t=AHP+priorities&n=5&new=Go>

https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_73_20090610092100.pdf

http://www.arpa.sicilia.it/wp-content/uploads/2014/06/Linee_guida_per_la_realizzazione_di_impianti_di_maricoltura.pdf

http://www.agricoltura.regione.campania.it/FEAMP/pdf/LINEE_GUIDA_2014-2020.pdf

<https://pofeamp.politicheagricole.it/it/le-priorit%C3%A0/>

RINGRAZIAMENTI

In modo particolare, e come anche espresso più volte nel PO FEAMP Campania 2014/2020, l'autore intende evidenziare come la collaborazione e la trasparenza tra tutti i soggetti impegnati, sia la base di questo lavoro e del suo sviluppo. Per questo motivo si reputa doveroso ringraziare tutti i membri del progetto, che direttamente o indirettamente, hanno contribuito allo sviluppo di questo lavoro, nonostante le difficoltà che abbiamo dovuto affrontare a causa della pandemia.

Desidero ringraziare, prima di tutto, la prof.ssa Federica Foglini e la dott.ssa Valentina Grande, sempre gentili e disponibili, per avermi accolto e affidato un lavoro che mi ha coinvolto ed appassionato, ha riempito le mie giornate in questi mesi di incertezze, permettendomi di acquisire nuove e importanti conoscenze. Grazie infinitamente per avermi seguito costantemente, con una dedizione fuori dal comune, nonostante le incredibili difficoltà riscontrate a causa della pandemia. Siete state impeccabili in ogni momento e l'unico rimpianto è quello di non aver potuto partecipare in presenza a tutte le attività, per potervi conoscere e apprezzare ancora meglio.

Grazie ai collaboratori del CNR di Bologna, che ho avuto il piacere di incontrare e conoscere nel breve periodo in cui è stata resa possibile la mia presenza in sede, assolutamente fantastica.

Desidero ringraziare mia madre e mio padre, che hanno impegnato tutte le loro risorse ed energie per far realizzare il sogno di un bambino, senza smettere mai, nemmeno per un secondo, di crederci e di supportarmi, specialmente nell'ultimo e intensissimo periodo, grazie di tutto quello che avete sempre fatto per me e del bene che mi avete sempre voluto.

Ringrazio la mia bellissima fidanzata, la mia forza, il mio bene, il mio amore.

Vorrei ancora ringraziare i miei magnifici zii, fonte di ispirazione, e tutti i miei fantastici amici di Roma, i fratelli che non ho mai avuto, che mi hanno sempre incoraggiato a seguire la mia passione, e hanno sempre creduto in me, senza mai lasciarsi intimidire dai chilometri di distanza, che spesso ci hanno separato.

Desidero infine ringraziare i miei colleghi, nonché fantastici amici, di Ravenna, per aver caratterizzato e reso così belli questi ultimi due anni, facendomi sentire a casa, dove nessuno di noi lo era veramente. Vi auguro tutto il meglio e sono sicuro che lo avrete, perché ni pumpamo spacchiusi.