

Tirocini formativi in ISPRA: esperienze

Anno 2023



QUADERNI
EDUCAZIONE E FORMAZIONE
AMBIENTALE

5/2025



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Tirocini formativi in ISPRA: esperienze

Anno 2023

QUADERNI
EDUCAZIONE E FORMAZIONE
AMBIENTALE

5/2025

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Quaderni di Educazione e Formazione Ambientale 5/2025
ISBN 978-88-448-1268-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Alessia Marinelli - **ISPRA** – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Foto di copertina: Alessandro Calabrese – [Galleria fotografica ISPRA](#)

Coordinamento pubblicazione online

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Impaginazione testi

Elvira Gatta e Beatrice Fernandez

ISPRA – Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro
Area educazione e formazione ambientale - Servizio per l'educazione e formazione
ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione

(Luglio 2025)

Coordinamento tecnico e responsabile del progetto

Elvira Gatta

ISPRA – Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro
Area educazione e formazione ambientale - Servizio per l'educazione e formazione
ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione

Revisione ed *editing* testi

Elvira Gatta e Vincenza Cipollone

ISPRA – Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro
Area educazione e formazione ambientale - Servizio per l'educazione e formazione
ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione

Elaborazioni statistiche

Raccolta e preparazione dei dati

Vincenza Cipollone

ISPRA – Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro
Area educazione e formazione ambientale - Servizio per l'educazione e formazione
ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione

Classificazione ed elaborazione dei dati

Simona Buscemi

ISPRA - Servizio per l'informazione, le statistiche ed il reporting sullo stato dell'ambiente

Sommario

PREFAZIONE	5
INTRODUZIONE	7
Parte 1 – I tirocini	8
1. Elaborazione di indicatori per la Pubblica Amministrazione tratti dai documenti settoriali di riferimento per EMAS (G. Amato, B. D'Alessandro)	9
2. <i>Mola mola</i> nel Mediterraneo, stato delle conoscenze, distribuzione e stagionalità in un'area campione del Mediterraneo occidentale” (E. Ciavoni, A. Arcangeli)	13
3. Progettazione di un <i>database</i> e <i>Web App</i> per il monitoraggio dell'inquinamento dell'aria (M. Colapinto, A. Scaramella)	19
4. Analisi della zona riparia: dal telerilevamento (QBR-GIS) al monitoraggio sul campo (RiVe) (M. Cossu, L. Mariani, P. De Fioravante)	24
5. Il Riutilizzo delle acque reflue in Europa: opportunità e sfide per un futuro sostenibile (E. Dlseppi, G. Farabegoli)	30
6. Livello del mare lungo le coste italiane (<i>Sea level along the Italian coast</i>) (A. Foucher, A. Orasi, M. Picone)	36
7. Analisi e sviluppo di un indicatore di circolarità applicabile alle bioraffinerie (C. Galizia, G. Farabegoli)	43
8. L'impatto della tassonomia UE nella Certificazione Ecolabel UE e EMAS (C. F. G. De Las Heras, R. Alani)	52
9. Metodologie di calcolo per la valutazione di processi di <i>Land Degradation</i> e <i>desertificazione</i> (G. Guidotti, N. Riitano)	59
10. Analisi e confronto dei processi di trattamento delle acque reflue nelle raffinerie italiane e recupero delle acque (R. Mancini, R. Borghesi)	65
11. Istituti giuridici, procedure e prassi per la tutela risarcitoria contro i danni ambientali (M. Marinaro, D. Montanaro)	72
12. Proposte metodologiche per la valutazione dell'impatto della frammentazione del territorio sul degrado del suolo (S. Mastrofini, N. Riitano)	78

13.	La cessazione della qualifica di rifiuto (<i>End of Waste</i>) (<i>S. Montalbano, F. Minniti</i>)	86
14.	La valutazione dei servizi <i>marine-based tourism</i> sulle coste italiane (<i>V. Reas, A. Capriolo, R. A. Mascolo</i>)	91
15.	Confronto degli eventi marini estremi da misurazione da remoto e in situ nei mari italiani (<i>L. Romengas, A. Orasi, M. Picone</i>)	96
16.	Nexus Assessment tra il <i>Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework</i> della Convenzione ONU sulla Diversità Biologica e gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (<i>L. Saccone, V. Rastelli</i>)	102
17.	Caratterizzazione del popolamento a policheti dell'area marina antistante la Tenuta Presidenziale di Castel Porziano ai fini della valutazione degli impatti antropici (<i>A. Tuzio, P. Tomassetti</i>)	111
18.	Utilizzo di sistemi informativi geografici per lo sviluppo di indicatori in Carta della Natura (<i>M. Zingaro, C. D'Angeli</i>)	118
19.	Cooperazione internazionale ambientale: indicatori e strumenti per la valutazione e il monitoraggio (<i>N. Zinna, G. Finocchiaro</i>)	124
Parte 2 – Analisi statistiche		127
1.	Il/la tirocinante (<i>S. Buscemi</i>)	128
2.	Lo svolgimento del tirocinio (<i>V. Cipollone</i>)	133
Appendice		139
1.	Struttura organizzativa ISPRA (<i>E. Gatta, V. Cipollone</i>)	140

PREFAZIONE

ISPRA annovera fra i suoi fini istituzionali l'educazione e la formazione ambientale e crede fermamente nell'importanza di tali attività per lo sviluppo, nelle nuove generazioni, di una maggiore sensibilità ambientale ed il rispetto dell'ambiente.

In questa ottica, lo strumento formativo del tirocinio si è rivelato particolarmente efficace, consentendo ai giovani l'approfondimento di tematiche ormai di rilevanza globale, dalla biodiversità alla salvaguardia dei diversi ecosistemi, dai cambiamenti climatici allo sviluppo sostenibile, dall'economia circolare ai rifiuti, oltre la possibilità di svolgere esperienze laboratoriali.

La presente pubblicazione raccoglie elaborati che rappresentano alcune delle esperienze formative realizzate da studenti nell'anno 2023 presso l'ISPRA, nella modalità del tirocinio su tematiche ambientali, in collaborazione con Enti di alta formazione.

La raccolta è dedicata ai lavori realizzati attraverso tirocini di natura "curriculare", funzionali al conseguimento di un titolo di studio formalmente riconosciuto, svolti nell'ambito di percorsi formativi di alternanza tra studio e lavoro (art. 18, legge n. 196/1997 e successivo Decreto Ministeriale n. 142 del 25 marzo 1998).

Obiettivo di questo lavoro è la valorizzazione delle esperienze formative vissute da tanti giovani che hanno scelto - e continuano a scegliere, sempre più numerosi - l'ISPRA per completare il proprio ciclo di studi, acquisendo esperienze concrete e sviluppando competenze su tematiche ambientali, anche al fine di inserirsi più efficacemente e consapevolmente nel mondo del lavoro.

Grazie al tirocinio, reso possibile dai rapporti di collaborazione instaurati da ISPRA (nel ruolo di *soggetto ospitante*) con gli enti preposti alla formazione (cd. *soggetti proponenti*), gli studenti hanno avuto l'opportunità di approfondire, sul campo, tematiche tecnico-scientifiche, nel contesto lavorativo proprio di un ente di ricerca.

Gli studenti, affiancati da tecnici esperti che hanno supervisionato e coordinato le attività, sono stati inseriti nel contesto lavorativo e coinvolti, a fini formativi, nelle quotidiane attività tecnico-scientifiche.

Il confronto con la realtà del mondo lavorativo ha permesso loro di sviluppare competenze pratiche e tecniche, anche di tipo "trasversale", proprie di un ambiente lavorativo in cui le competenze professionali si esprimono pure attraverso *teams* di studio e/o ricerca aventi carattere multidisciplinare.

Il numero crescente delle attività formative erogate dall'Istituto, anche attraverso la modalità del tirocinio, è una delle tante evidenze che fanno di ISPRA un punto di riferimento nel panorama scientifico, nazionale ed internazionale, per la formazione in materia ambientale e che ha trovato recentemente una ulteriore autorevole conferma con l'istituzione della "Scuola di specializzazione in discipline ambientali",

inaugurata il 17 ottobre 2024, che rappresenta un modello d'eccellenza per l'alta formazione specialistica in materia ambientale.

Alfredo Ricciardi Tenore

*Dirigente del Servizio per l'educazione e formazione ambientale e
per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione*

INTRODUZIONE

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) è stato istituito con l'art. 28 del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112 recante "Disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione Tributaria" per come convertito dalla Legge 6 agosto 2008, n.133, sotto la vigilanza dell'allora Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (oggi Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica).

ISPRA, oltre le funzioni tecnico-scientifiche per la tutela dell'ambiente e l'attuazione di politiche di sostenibilità, annovera tra i propri compiti istituzionali anche la promozione e la realizzazione di programmi di educazione e formazione ambientale, sia in ambito nazionale che internazionale, rivolti ad una pluralità di destinatari (studenti, ricercatori, dipendenti delle Pubbliche Amministrazioni) e con modalità didattiche diversificate (corsi di educazione e formazione, tirocini formativi, Percorsi per le Competenze trasversali e per l'orientamento).

Questo Quaderno di Educazione e Formazione Ambientale prosegue il progetto iniziato con il precedente Quaderno n.4/2025, dedicato alle relazioni descrittive delle esperienze realizzate dai tirocinanti curriculare nel 2022, e raccoglie le relazioni descrittive delle attività formative svolte dai tirocinanti curriculare ospitati, da ISPRA, nel corso del 2023.

Anche questi tirocini su tematiche ambientali, svolti in un contesto organizzativo tipico di un ente di ricerca, hanno rappresentato per i tirocinanti una importante opportunità di crescita sia dal punto di vista personale che scientifico, attraverso un apprendimento complesso e coinvolgente caratterizzato dall'osservazione, dalla riflessione, dalla rielaborazione dell'esperienza e dalla condivisione dei risultati conseguiti e, come tutte le altre attività formative erogate da ISPRA, sono stati una leva efficace per incrementare la conoscenza, la promozione e la diffusione della cultura ambientale, uno tra i fondamentali obiettivi perseguiti dall'Istituto.

Si ringraziano, quindi, gli autori per la disponibilità dimostrata che ha reso possibile la realizzazione del Quaderno e, in particolare, si ringraziano gli esperti ISPRA per aver scelto di ricoprire il ruolo di *tutor* e per l'impegno profuso nel raggiungimento degli obiettivi formativi di ogni tirocinio, condividendo le proprie competenze professionali attraverso un processo di apprendimento partecipato.

Elvira Gatta

Responsabile Sezione per la promozione

di progetti di alternanza formazione-lavoro

Area educazione e formazione ambientale

Servizio per l'educazione e formazione ambientale e

per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione



Parte 1 - I TIROCINI

1. Elaborazione di indicatori per la Pubblica Amministrazione tratti dai documenti settoriali di riferimento per EMAS

A cura di Gabriele **Amato**, studente corso Master Management e Auditing di Sistemi Integrati per l'Ambiente, l'Energia, la Qualità e la Sicurezza per la Sostenibilità, Università di Pisa; Barbara **D'Alessandro**, tutor ISPRA, Servizio per le Certificazioni Ambientali

1.1 Introduzione

Le registrazioni *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) nel settore della Pubblica Amministrazione (PA) sono oggetto di monitoraggio e di analisi da parte del Servizio per le Certificazioni Aziendali dell'ISPRA per rilevare eventuali criticità ed esigenze della PA, connesse all'ottenimento e al mantenimento della registrazione, e individuare strumenti idonei al buon funzionamento e consolidamento dei Sistemi di Gestione Ambientale. In tale contesto, è crescente l'esigenza di diffondere in ambito nazionale le migliori pratiche *Best Environmental Management Practices* (BEMP) e gli indicatori ambientali, valorizzando i Documenti di Riferimento Settoriali (DRS) adottati dalla Commissione Europea per la PA e i settori produttivi di maggior interesse (rifiuti, turismo, agricoltura e servizi per la gestione delle tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione).

1.2 Obiettivi

Scopo del tirocinio è la redazione di un documento che consenta alle Pubbliche Amministrazioni di poter accedere ad una raccolta completa di tutte le cosiddette BEMP, cioè le migliori pratiche di gestione ambientale, i relativi indicatori ambientali, nonché, se presenti, gli esempi di eccellenza che possono essere utilmente adottati dalla stessa PA nello svolgimento delle proprie attività istituzionali.

Il lavoro ha preso spunto dal Documento di Riferimento Settoriale per le Pubbliche Amministrazioni (Decisione (UE) 2019/61), che è stato integrato con altri DRS redatti dalla Commissione Europea (Settore turismo, Settore gestione rifiuti, Settore telecomunicazioni e servizi delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione) mirando, così, ad ottenere un documento unico.

Il corpo del documento è, dunque, rappresentato dall'insieme di BEMP estratte dai DRS relativi alla Pubblica Amministrazione, al settore dei rifiuti, al settore delle telecomunicazioni e a quello del turismo, che consentano a qualunque Ente Pubblico che intenda ottenere la registrazione EMAS (o migliorare la propria dichiarazione ambientale) di poter consultare, in un unico documento integrato, tutti quegli aspetti che, direttamente o indirettamente, toccano le attività istituzionali da esso svolte.

In sintesi, si è voluto consentire a tutti gli Enti Pubblici, che intendano ottenere la registrazione EMAS (o migliorare la propria dichiarazione ambientale), di consultare

un unico documento integrato che riunisca tutte le migliori pratiche di gestione ambientale (BEMP), i relativi indicatori ambientali, nonché, se presenti, gli esempi di eccellenza, estratti da tutti i Documenti di Riferimento Settoriali che possono essere utilmente applicati alle attività istituzionali svolte dalla PA.

1.3 Attività svolta

L'esperienza formativa ha consentito al tirocinante l'acquisizione di competenze connesse alle seguenti attività: analisi DRS dedicati ai summenzionati settori produttivi al fine di individuare BEMP e indicatori ambientali potenzialmente applicabili alla PA; elaborazione dati; individuazione, per ogni tematica ambientale, di un set integrato di BEMP e relativi indicatori ambientali di immediato utilizzo da parte delle PA; elaborazione di un focus sugli appalti verdi alla luce dell'adozione del nuovo Codice Appalti.

Il punto di partenza dello studio è stato il Documento di Riferimento Settoriale per la Pubblica Amministrazione, integrato con gli altri DRS di interesse (rifiuti, turismo, agricoltura e servizi per la gestione delle tecnologie dell'informazione e della telecommunicazione), al fine di fornire agli Enti Pubblici un quadro d'insieme complessivo che possa consentire di mappare e toccare tutti gli aspetti inerenti le attività istituzionali svolte dagli stessi. La selezione, tra tutti i DRS elaborati dalla Commissione Europea, dei quattro settori sopra individuati, deve quindi essere letta in quest'ottica, al fine di poter disporre, in un unico documento, di BEMP, di indicatori ed eventuali esempi di eccellenza utilmente applicabili alle realtà della Pubblica Amministrazione.

In aderenza a quanto previsto dal DRS per la Pubblica Amministrazione, l'obiettivo dell'elaborato di tirocinio è stato quindi quello di aiutare tutte le Amministrazioni Pubbliche a concentrarsi sugli aspetti ambientali pertinenti, diretti e indiretti, e a reperire informazioni sulle migliori pratiche ambientali e su adeguati indicatori di prestazione ambientale specifici per il settore (allo scopo di misurare le proprie prestazioni ambientali), nonché esempi di eccellenza cui tendere nel proprio operato quotidiano.

Al fine di consentire quanto indicato sopra, sono state create apposite tabelle che riproducono la struttura dei singoli DRS, riportando testualmente tutti i seguenti elementi:

1. BEMP: descrizione dettagliata della migliore pratica/delle migliori pratiche di gestione ambientale;
2. indicatore utilizzato;
3. unità comune: individuazione dell'unità di misura applicata al singolo indicatore oppure indicazione della presenza o dell'assenza dello stesso;
4. principale gruppo di destinatari;

5. descrizione sintetica dell'indicatore utilizzato: descrizione puntuale di alcuni indicatori ambientali ritenuti più significativi, finalizzati al monitoraggio degli obiettivi della BEMP;

6. livello minimo di monitoraggio raccomandato;

7. esempi di eccellenza: riportati, ove disponibili, e riferiti agli indicatori ambientali con l'indicazione del relativo livello di *benchmark*;

8. Documento di Riferimento Settoriale: rappresenta il documento da cui la BEMP è stata estrappolata.

Le tabelle, così come descritte, sono state suddivise in due grandi macro-sezioni:

- strutture comunali sostenibili, tra le quali rientrano le sottosezioni inerenti uffici, mense e centri dati;

- territorio comunale sostenibile, composta da BEMP relative ad energia, mobilità, suolo, aria, rumore, acqua, rifiuti, appalti verdi e turismo.

Lo studio si è concluso con un'analisi dei cosiddetti "Appalti Verdi". In particolare, si è ritenuto utile inserire un *focus* sulla materia in considerazione del ruolo strategico svolto dallo strumento degli "Appalti Verdi" nel promuovere lo sviluppo sostenibile e l'economia circolare e alla luce dell'adozione del nuovo Codice degli Appalti, entrato in vigore a partire dal 1^o luglio 2023. Quest'ultimo riporta un quadro di sintesi di tutta la normativa in vigore e un'analisi dettagliata di alcuni articoli "a vocazione ambientale" del nuovo Codice, anche sottolineando il ruolo che può svolgere la registrazione EMAS in tale contesto, con l'indicazione di quali parti sono state inserite *ex novo* e quali si pongono in continuità con la norma precedente.

1.4 Conclusioni

L'auspicio è che il documento redatto possa essere utilizzato alla stregua di uno strumento operativo e di lavoro quotidiano da parte di tutte quelle Pubbliche Amministrazioni che hanno già ottenuto la registrazione EMAS o che sono interessate a rendere maggiormente sostenibili le loro attività e la loro azione nella gestione del territorio, tenendo costantemente in considerazione il ruolo di guida e di esempio che un Ente Pubblico può e deve assumere nei confronti dei propri cittadini.

1.5 Sitografia

https://green-business.ec.europa.eu/index_it

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-activities-z/best-environmental-management-practice_it?etrans=it

https://commission.europa.eu/about-european-commission/departments-and-executive-agencies/joint-research-centre_it

https://green-business.ec.europa.eu/eco-management-and-audit-scheme/emas-resources/emas-publications/emas-sectoral-reference-documents_it?etrans=it

https://green-business.ec.europa.eu/eco-management-and-audit-scheme/about-emas/who-emas_it?etrans=it

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/emas/documentazione-1/documenti-settoriali-di-riferimento-dsr>

<https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/it/node/509>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/certificazioni/ipp/gpp>

<https://gpp.mite.gov.it/Home/ContestoNormativo#1>

https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2023_0036.htm#094

https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2016_0050.htm#144

2. *Mola mola* nel Mediterraneo, stato delle conoscenze, distribuzione e stagionalità in un'area campione del Mediterraneo occidentale”

*A cura di Emma **Ciavoni**, studentessa di Scienze e gestione della natura, Alma Mater Studiorum Università di Bologna; Antonella **Arcangeli**, tutor ISPRA, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell’ambiente e per la conservazione della biodiversità*

2.1 Introduzione

Il tirocinio curriculare è stato svolto nell’ambito del progetto [*Life CONCEPTU Maris*](#). Il progetto formativo ha avuto l’obiettivo di colmare la carenza di dati sulle specie *target* di cetacei, tartarughe marine e macro-fauna marina nel Mediterraneo. Inoltre, ha mirato a sostenere la tutela di queste specie mediante il monitoraggio visivo, la valutazione di possibili minacce come il traffico navale e i rifiuti marini, il prelievo e l’analisi di campioni d’acqua per rilevare DNA ambientale e isotopi stabili.

Nello specifico, il progetto *Life CONCEPTU Maris* effettua un monitoraggio sistematico continuativo utilizzando i traghetti di linea come piattaforme di osservazione delle specie menzionate e mira a integrare tecniche visive e nuove tecnologie quali il DNA ambientale, analisi degli isotopi stabili e sensoristica. Inoltre, l’utilizzo di traghetti di linea rende possibile il coinvolgimento diretto dei principali attori dell’industria marittima, del pubblico in generale attraverso attività specifiche di *Citizen Science* e di *stakeholder* multisettoriali, tra cui enti nazionali, regionali e locali, organizzazioni internazionali per la conservazione, rappresentanti della comunità scientifica e del settore della *green* e *Blue economy*.

2.2 Obiettivi

L’esperienza formativa ha mirato al conseguimento di due principali obiettivi:

- 1) formazione teorica e pratica in campo per la raccolta dati e il riconoscimento delle principali specie di mega e macro-fauna presenti in Mediterraneo;
- 2) svolgimento dell’attività prevista per il lavoro di tesi e per la preparazione dell’elaborato finale.

2.3 Attività svolta

Durante il tirocinio sono state svolte le seguenti attività, in linea con gli obiettivi sopra riportati:

- 1) tre imbarchi a bordo dei traghetti di linea lungo la rotta Civitavecchia-Barcellona per la raccolta dei dati visivi di mega e macro-fauna (soprattutto cetacei e tartarughe marine) e dei principali impatti antropici (presenza di traffico marino e rifiuti galleggianti), per un totale di nove giorni di attività. Nello specifico, è stato effettuato un imbarco al mese, da novembre a gennaio. L'attività di monitoraggio è stata svolta in *passing mode* da tre osservatori esperti dal ponte di comando della nave, dalla mattina fino al tramonto, con rotazioni e pause. In caso di avvistamento di specie, sono state compilate apposite schede e presa la posizione con il GPS, l'ora, l'angolo di avvistamento, la direzione di nuoto (o di volo in caso di uccelli), il comportamento, il numero di individui, il sesso (se possibile), la distanza e il nome della specie, applicando il metodo di raccolta dati del "*distance sampling*". Nel periodo oggetto del tirocinio, le specie sono state avvistate prevalentemente nella sub-area delle Baleari, fatta eccezione per quattro avvistamenti (berte minori, un pesce luna, un piccolo delfino, e una tartaruga) nell'area del Tirreno settentrionale. Nella Tab 2.1 sono riportati gli imbarchi e gli avvistamenti effettuati

Tab 2.1 – Imbarchi e avvistamenti effettuati

Data imbarco	Avvistamento cetacei	Avvistamento altre specie	Orario avvistamento
7-8 novembre 2023		1 tartaruga <i>Caretta caretta</i>	12:06
7-8 novembre 2023	1 delfino <i>Delphinus delphis</i>		14:16
7-8 novembre 2023		2 berte maggiori <i>Colonectris diomedea</i>	16:23
12-13 dicembre 2023	3 stenelle <i>Stenella coeruleoalba</i>		11:13
2-13 dicembre 2023	4 stenelle in associazione con un delfino		12:04
16-17 gennaio 2024	16 stenelle (4 gruppi diversi da 2+2+2+10)		9:54, 10:26, 10:58, 16:35
16-17 gennaio 2024	2 balenottere <i>Balaenoptera physalus</i>		10:46
16-17 gennaio 2024	6 tursiopi <i>T. truncatus</i> (2 gruppi da 2+4)		15:12, 16:57
16-17 gennaio 2024		2 pesci luna <i>Mola mola</i>	14:53, 15:42
16-17 gennaio 2024		1 tartaruga <i>Caretta caretta</i>	16:12
16-17 gennaio 2024		21 berte minori <i>P. yelkouan</i> (10 gruppi da 1+1+1+7+3+1+2+1+3+1)	13:32, 13:34, 13:36, 13:38, 13:42, 14:02, 15:35, 15:52, 16:00, 16:08

Fonte: elaborazione a cura degli Autori

-
- 2) il lavoro sull'elaborato finale universitario è stato incentrato sull'analisi dei dati relativi alla specie *Mola mola* (pesce luna). I dati oggetto di analisi erano stati raccolti dal precedente [progetto FLT MED NET](#).
- 3) Le attività riguardanti la tesi sono state le seguenti:
- **ricerca sistematica della letteratura scientifica** per quanto riguarda la biologia della specie *Mola mola* a scala globale e in particolare nel Mar Mediterraneo, al fine di verificare lo stato di conoscenze sulla specie. In questa fase sono state utilizzate diverse piattaforme bibliografiche (*Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*) ed è stata condotta una accurata fase di *screening* a più step, estraendo i dati attraverso categorie appositamente predefinite. La creazione di una stringa di ricerca è stata essenziale per ottenere risultati il più possibile accurati. Dopo alcuni tentativi iniziali, è stata individuata una stringa di ricerca che soddisfacesse l'obiettivo dell'analisi. Nella Tab 2.2 sono riportati tutti i termini inclusi nella stringa di ricerca finale

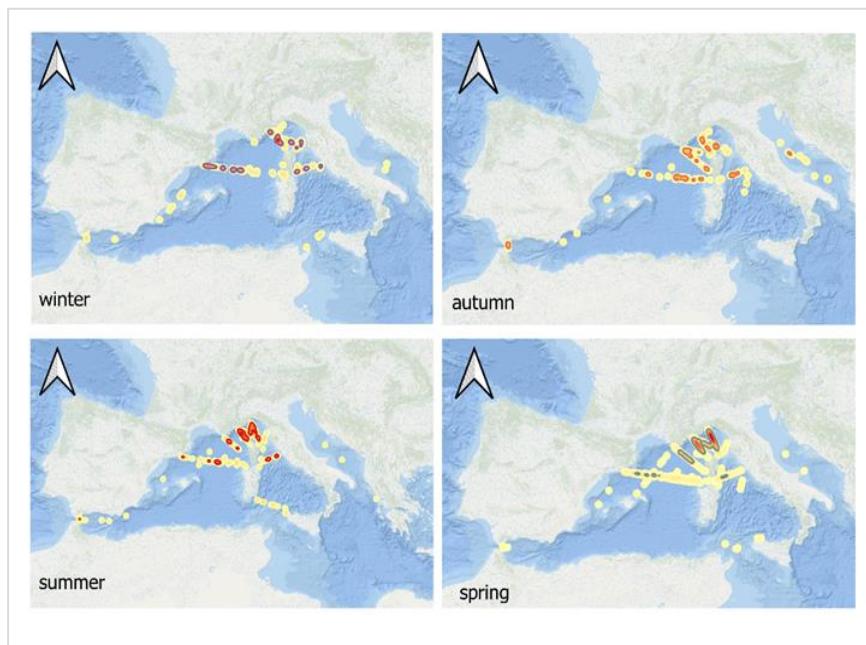
Tab 2.2 – Termini usati per la stringa di ricerca

Term 1	AND	Term 2	AND	Term 3
“Mola mola”		“ecology”		“Mediterranean”
OR “M. mola”	OR	“biology”		
	OR	“distribution”		

Fonte: elaborazione a cura degli Autori

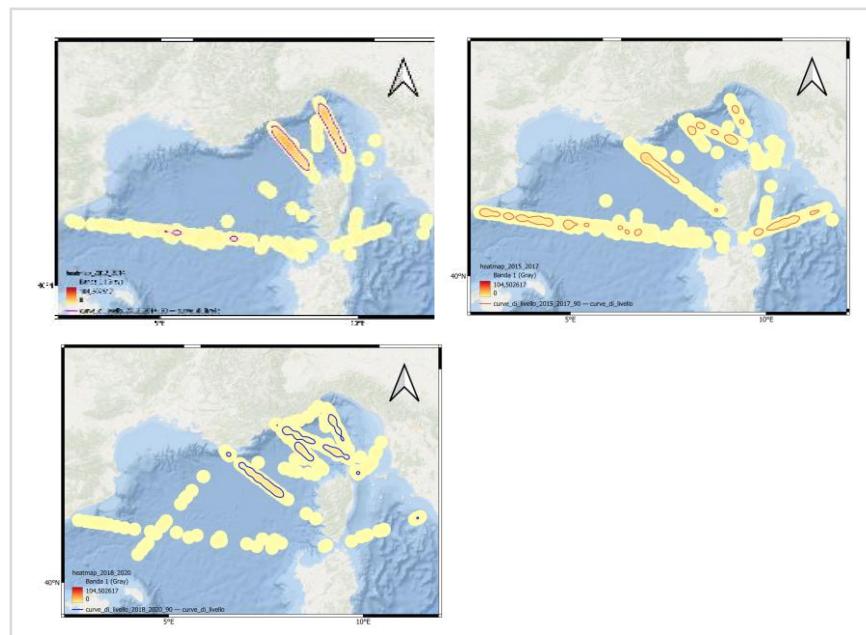
- **pulizia, validazione e preparazione della serie storica dei dati** di presenza della specie disponibile dai progetti FLT MED NET e Life CONCEPTU Maris: i dati sono stati visualizzati in ambiente GIS e sono stati filtrati in base alla serie temporale di interesse;
- **analisi dati sulla presenza, distribuzione e stagionalità** della specie in un'area del Mediterraneo occidentale: i dati sono stati manipolati utilizzando varie metodologie (*Kernel Density Estimation*, *occupancy analysis*, calcolo del tasso di incontro) su diverse scale temporali (stagionale, intero periodo, trienni), (Figg 2.1 e 2.2).

Fig 2.1 – Kernel Density Estimation stagionale



Fonte: elaborazione a cura degli Autori

Fig 2.2 – Kerner Density Estimation su scala temporale (trienni 2012-2014, 2015-2017, 2018-2020)



Fonte: elaborazione a cura degli Autori

-
- **investigazione sulla correlazione tra la specie e parametri ambientali:** è stata indagata l'eventuale influenza di alcune variabili ambientali (temperatura superficiale e clorofilla α) sulla presenza della specie attraverso un'analisi di correlazione.

2.4 Conclusioni

L'esperienza formativa, finalizzata alla redazione della tesi di laurea, ha offerto, una prima valutazione sulla presenza e distribuzione spaziale del pesce luna nel Mar Mediterraneo. fornendo, nello specifico, un'analisi su larga scala sia spaziale (Mediterraneo occidentale) sia temporale (14 anni). Lo studio ha anche valutato i benefici dei programmi di monitoraggio a lungo termine, che permettono una raccolta continua di dati, consentendo così il confronto tra stagioni e anni diversi e facilitando l'analisi di aree *offshore* di difficile accesso. Sebbene i risultati ottenuti non possano essere considerati conclusivi e richiedano ulteriori approfondimenti, rappresentano un primo passo verso la comprensione dell'ecologia di questa specie, ancora poco studiata e scarsamente rappresentata nella ricerca, specialmente nel contesto del Mediterraneo.

I risultati della ricerca hanno rivelato che il pesce luna tende a preferire in modo costante determinate aree all'interno dell'area di studio, in particolare il Mar Mediterraneo nord-occidentale e lo Stretto di Gibilterra. Sulla base di queste osservazioni, è stato possibile identificare alcuni spostamenti stagionali nella distribuzione della specie, probabilmente influenzati dalla produttività (utilizzando come variabile *proxy* la clorofilla- α) e dalle variazioni della temperatura superficiale del mare. Inoltre, i modelli stagionali di latitudine sembrano essere coerenti con quanto riportato dagli studi condotti nell'Oceano Atlantico. Pertanto, tutti i metodi applicati, come le mappe di rilevamento/non rilevamento, le mappe di frequenza di incontri e la stima della densità tramite *Kernel*, si sono dimostrati strumenti analitici utili per esaminare la distribuzione spaziale e individuare potenziali cambiamenti tra stagioni e anni. Tuttavia, una comprensione più approfondita dei possibili fattori alla base della distribuzione è stata raggiunta grazie ai risultati delle analisi di correlazione.

Per concludere, sebbene siano state fornite evidenze preliminari che richiedono ulteriori analisi per essere confermate, lo studio ha offerto le preziose informazioni, arricchendo la letteratura scientifica esistente e avanzando la comprensione dell'ecologia spaziale di questa specie oggetto poco conosciuta nell'area. Le

informazioni della ricerca saranno utili per orientare in modo più efficace le ricerche future, aumentando la consapevolezza ecologica riguardo la specie *Mola mola*, in particolare nel Mar Mediterraneo.

2.5 Bibliografia e Sitografia

Progetto Life CONCEPTU MARIS "CONservation of CEtaceans and Pelagic Sea TURTles in Med Managing Actions for their Recovery In Sustainability"

E. C. Pope et al., 2010. *The biology and ecology of the ocean sunfish Mola mola: a review of current knowledge and future research perspectives*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, Vol. 20, no. 4, pp. 471-487

L. Sousa et al., 2016. *Environmental influence on the seasonal movements of satellite-tracked ocean sunfish Mola mola in the north-east Atlantic*. Animal Biotelemetry, 4:7

I. Potter et al., 2011. *Horizontal movement of ocean sunfish, Mola mola, in the northwest Atlantic*. Mar Biol, 158:531–540

<https://www.lifeconceptu.eu/>

3. Progettazione di un *database* e *Web App* per il monitoraggio dell'inquinamento dell'aria

*A cura di Manuel **Colapinto**, studente di Ingegneria dell'informazione, Informatica e Statistica, Sapienza Università di Roma; tutor ISPRA, Antonio **Scaramella**, Servizio per il sistema informativo nazionale ambientale*

3.1 Introduzione

L'obiettivo principale del tirocinio è stato applicare, nell'ambito dell'informatica applicata alla gestione dei dati ambientali, le competenze teoriche acquisite nel percorso di studi universitario.

L'attività formativa si è inserita nel progetto di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, curato dal Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA) di ISPRA; iniziativa volta alla raccolta, gestione e accessibilità dei dati ambientali relativi agli inquinanti atmosferici per ogni regione italiana, attraverso la progettazione di un *database* e la realizzazione di una *web app* per la visualizzazione e il *download* delle statistiche sugli inquinanti.

L'esperienza formativa ha evidenziato l'importanza della collaborazione e dell'approccio multidisciplinare per il raggiungimento di obiettivi complessi, fornendo al contempo una preziosa esperienza pratica nel campo dell'informatica applicata.

3.2 Obiettivi

Gli obiettivi sono stati molteplici:

- realizzazione di una *web app* tesa a migliorare l'accesso e l'analisi dei dati ambientali che ha richiesto la progettazione e la normalizzazione del *database* con la gestione e organizzazione dei dati relativi agli inquinanti atmosferici, con particolare attenzione alla qualità e all'integrità dei dati;
- sviluppo della *web app* attraverso la realizzazione di un'interfaccia intuitiva per la visualizzazione e il *download* delle statistiche sugli inquinanti per regione e anno;
- collaborazione con il tutor ISPRA per la corretta implementazione delle tecnologie e delle metodologie funzionali al progetto;
- semplificazione dell'accesso ai dati da parte degli utenti grazie alla realizzazione di un sistema di filtri e di un formato di *download* compatibile.

3.3 Attività svolta

Il tirocinio ha previsto lo svolgimento di attività tecniche relative alla gestione dei dati e allo sviluppo dell'applicazione *web*.

Di seguito il dettaglio.

3.3.1 Studio e introduzione ai dati raccolti

Il progetto ha avuto inizio con un'analisi approfondita dei dati ambientali relativi all'*ossido di azoto (NO2)* e alle *particelle sottili (PM10)*, contenuti in documenti *Comma-Separated Values (CSV)*. Durante questa fase iniziale, si è compresa la struttura dei dati e del funzionamento delle stazioni di rilevamento, gettando le basi per comprendere anche le specificità dei *dataset*; ciò ha permesso di valutare la qualità e la struttura delle informazioni, preparando così i dati per le fasi successive.

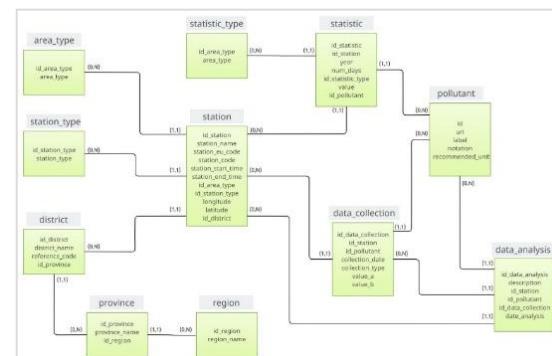
3.3.2 Normalizzazione e preparazione dei dati

La normalizzazione dei dati, passaggio molto importante per garantire l'integrità e l'accuratezza nelle analisi future, ha incluso la standardizzazione degli attributi, la risoluzione di eventuali inconsistenze e l'eliminazione di irregolarità nei dati. Questa attività ha reso i dati omogenei e pronti per essere caricati all'interno del *database*.

3.3.3 Analisi e progettazione del *database*

La fase di progettazione del *database* è stata realizzata attraverso una serie di *step* metodici: redazione di un documento dettagliato sui requisiti del *database*, arricchito di specifiche tabelle e di attributi; realizzazione di un *diagramma Entità-Relazione (ER)*, che illustra la struttura e le relazioni tra le entità; miglioramento della visualizzazione delle relazioni tra tabelle e attributi con l'inserimento di un *dizionario dei dati* e rappresentazioni *Unified Modeling Language (UML)* (Fig 3.1).

Fig 3.1 - Diagramma UML



Fonte: elaborazione degli Autori

Infine, è stato completato lo schema relazionale del *database*, definendo le chiavi primarie e i vincoli di *foreign key*, per garantire coerenza e integrità referenziale.

3.3.4 Implementazione del *database* in *PostgreSQL*

Per l'implementazione del *database*, è stato scelto *PostgreSQL*, un sistema di gestione di *database* relazionali *open-source*, gestito tramite *pgAdmin 4*, un'interfaccia grafica per la gestione di *database* *PostgreSQL*. Grazie al supporto di *PostgreSQL*, si è proceduto con la realizzazione delle strutture di tabelle e relazioni definite nella fase progettuale.

3.3.5 Popolazione del *database*

Prima di avviare la popolazione del *database*, è stato eseguito un *backup* completo per preservare i dati originali. Utilizzando script in linguaggio *Python*, un linguaggio di programmazione adatto all'elaborazione e gestione dei dati, sono stati trasferiti i dati dai *file Comma-Separated Values (CSV)* alle tabelle del *database*, nel rispetto dei vincoli di integrità impostati. Gli *script Python* hanno permesso di gestire l'inserimento in modo efficiente e sicuro, sfruttando la portabilità e l'efficienza di questo linguaggio.

3.3.6 Realizzazione della *Web App* per il *download* delle statistiche

Nell'ultima fase, è stata sviluppata una *web app* interattiva per la visualizzazione e il *download* delle statistiche sugli inquinanti. Il lavoro è iniziato con il *dump* (esportazione) del *database* e la creazione di due viste (*query* predefinite per aggregare e visualizzare dati in modo strutturato):

- *download infoaria*: include tutte le combinazioni di regione, inquinante e anno con *link* per il *download* diretto.
- *statistiche*: fornisce dettagli sui livelli degli inquinanti per regione, stazione, anno e tipologia di statistica.

Con il supporto di *Geoserver*, un *server open-source* per la pubblicazione di dati geografici, è stato realizzato un *layer* chiamato "*statistiche*" per visualizzare i dati su una mappa interattiva. La *web app* è stata progettata utilizzando *Sinacloud* ed *Experience*, piattaforme per lo sviluppo e la gestione di applicazioni *web*, implementando una schermata principale che presenta una tabella con tutti i dati presenti (Fig 3.2) alla quale è possibile applicare filtri (Figg 3.3 e 3.4). Inoltre, la *web app* consente di effettuare il *download* dei dati richiesti, restituendo un documento *CSV* con le informazioni selezionate (Fig 3.5).

Fig 3.2 - Schermata principale

Fonte: schermata da applicazione web sviluppata durante il tirocinio – Elaborazione propria su progetto ISPRA

Fig 3.3 - Barra laterale dei filtri

Fonte: schermata da applicazione web sviluppata durante il tirocinio – Elaborazione propria su progetto ISPRA

Fig 3.4 - Barra laterale dei filtri applicati

Fonte: schermata da applicazione web sviluppata durante il tirocinio – Elaborazione propria su progetto ISPRA

Fig. 3.5 - Documento CSV risultante (ordinato per colonne per maggior leggibilità)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	FID	regione	stazione	id_inquinante	inquinante	anno	tipo_statistica	valore		
2	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1ddb	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 sup50		26		
3	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dda	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 sup45		36		
4	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd9	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 media_yy		26		
5	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd8	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 minimo		8		
6	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd7	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc5		11		
7	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd6	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc25		16		
8	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd5	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc50		22		
9	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd4	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc75		31		
10	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd3	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc90.4		47		
11	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd2	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 nd_over50		58		
12	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd1	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 perc99.2		70		
13	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dd0	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 massimo		90		
14	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 copertura		1		
15	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dce	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 superamenti_ma		0		
16	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 superamenti_ma20		1		
17	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 superamenti_ma15		1		
18	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 range_y		(20,30]		
19	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 mappa_y		3		
20	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 superamenti_d		0		
21	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 superamenti_d45		1		
22	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 range_d		(3,35]		
23	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 range_d45		(3,35]		
24	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 mappa_d		3		
25	statistiche.fid-5bfe27df_18944a60892_-1dcf	Abruzzo	PE - VIA SACCO		5 PM10	2018 mappa_d45		3		

Fonte: elaborazione degli Autori – Output generato dall'applicazione web sviluppata durante il tirocinio ISPRA

3.4 Conclusioni

Il tirocinio presso ISPRA è stato un'esperienza altamente formativa, che ha permesso di applicare le competenze acquisite durante il percorso di studi in un contesto lavorativo reale.

Lo sviluppo di una *web app* ha consentito di comprendere l'importanza di una progettazione accurata che garantisca qualità e integrità dei dati e ne assicuri una buona accessibilità ad utenti non tecnici.

Le attività svolte, dalla gestione dei dati alla realizzazione della *web app*, hanno evidenziato l'enorme utilità del coniugare competenze informatiche e di ricerca ambientale, nell'ottica della gestione e risoluzione di problematiche complesse.

4. Analisi della zona riparia: dal telerilevamento (QBR-GIS) al monitoraggio sul campo (RiVe)

A cura di Marco **Cossu**, studente di Ecologia ed Etiologia per la conservazione della natura, Università degli Studi di Parma; Lorella **Mariani** e Paolo **De Fioravante**, tutor ISPRA, Servizio per il Sistema Informativo Nazionale Ambientale

4.1 Introduzione

La vegetazione riparia svolge un ruolo fondamentale all'interno degli ecosistemi fluviali, contribuendo, tra l'altro, alla purificazione delle acque, alla conservazione della biodiversità e alla prevenzione dell'erosione del suolo. Questo studio si propone di valutare la qualità del bosco ripario utilizzando due metodologie basate sull'applicazione di indici complementari: l'indice RiVe (*Riparian Vegetation Index*), che adotta un approccio partecipativo su scala locale, e l'indice QBR-GIS (*Qualitat del Bosc de Ribera*), basato su tecniche di telerilevamento per l'analisi su larga scala.

L'Indice RiVe misura la qualità ecologica del bosco ripario attraverso diversi sub-indicatori che prendono in considerazione differenti aspetti dell'ecosistema. Tra questi, due elementi chiave caratterizzano l'indice: l'invasività della vegetazione, suddivisa in due strati di altezza, uno compreso tra 1 e 3 metri e l'altro sopra i 3 metri.

L'Indice QBR è stato ideato per valutare la qualità degli habitat fluviali, con particolare attenzione alla vegetazione riparia. L'implementazione in ambiente *Geographic information system (GIS)* di questo indice, denominata *QBR-GIS*, utilizza tecnologie di telerilevamento e sistemi informativi geografici per eseguire valutazioni su larga scala con un'elevata precisione. Sebbene l'indice *QBR* tradizionale si basi su osservazioni dirette e rilevazioni in campo, l'adattamento GIS consente di effettuare analisi a distanza, integrando dati spaziali. Gli indicatori e sub-indicatori utilizzati nell'indice *QBR-GIS* possono variare leggermente a seconda delle implementazioni e degli obiettivi dello studio, ma rimangono ancorati ai principi del modello *QBR* originario, adattati per l'analisi da remoto.

Queste metodologie offrono un'importante base per elaborare politiche ambientali più informate e per implementare strategie sostenibili di gestione delle risorse idriche, in linea con gli obiettivi della [Direttiva Quadro sulle Acque](#) (DQA) e della [Nature Restoration Law](#).

4.2 Obiettivi

Lo scopo dello studio è stato fornire una metodologia per il monitoraggio della zona riparia o corridoio ecologico da implementare nelle attività di monitoraggio all'interno della *Direttiva quadro sulle acque* (WFD UE 2000/60) integrando l'analisi delle zone ripariali nel contesto più ampio della legge sul ripristino della natura (*Nature Restoration Law*). L'obiettivo principale è quello di valutare lo stato ecologico

del bosco ripario sia a scala locale, grazie alla partecipazione dei cittadini, sia a scala regionale con metodi da remoto.

In particolare, si evidenziano due principali obiettivi:

1. implementazione e valutazione di una nuova metodologia di monitoraggio sul campo che prevede il coinvolgimento dei cittadini, denominata "*RiVe*", ed implementazione del relativo calcolo dell'Indice *RiVe*;
2. condurre un'analisi della qualità delle zone riparie utilizzando tecniche di telerilevamento (*QBR-GIS*) a scala regionale.

L'indice *QBR-GIS* sfrutta il telerilevamento per l'analisi iniziale, mentre l'indice *RiVe* promuove un approccio partecipativo pratico (*Citizen Science*). L'applicazione combinata di queste metodologie in uno specifico caso di studio (Torrente Idice) ha fornito un'analisi più completa della salute dell'ecosistema ripario, evidenziando il valore degli approcci partecipativi e delle conoscenze locali nella gestione sostenibile degli ecosistemi fluviali. Infine, questa metodica può essere considerata un utile strumento per le politiche ambientali e la gestione sostenibile delle risorse idriche e del territorio, ai sensi della Strategia Europea per la Biodiversità 2030.

4.3 Attività svolta

Nell'ambito delle attività di tirocinio, sono state svolte azioni mirate all'implementazione del progetto *RiVe* e all'applicazione del metodo *QBR-GIS* per il monitoraggio della vegetazione riparia. Il progetto ha seguito un percorso strutturato in più fasi, che ha incluso sia l'approccio partecipativo attraverso la *Citizen Science*, coinvolgendo la comunità locale, sia l'analisi su scala più ampia mediante tecniche avanzate di telerilevamento. Questo doppio approccio ha permesso di ottenere una valutazione dettagliata e integrata della qualità delle zone riparie, con un'attenzione particolare alle problematiche legate alla gestione sostenibile di questi ecosistemi.

La prima attività ha riguardato la formazione dei cittadini volontari, direttamente coinvolti nella raccolta dei dati. È stato organizzato un *training* specifico, che ha fornito ai partecipanti tutte le competenze necessarie per il riconoscimento delle specie *target* e la corretta compilazione delle schede di monitoraggio. Questa fase ha richiesto la preparazione di materiali educativi e lo svolgimento di incontri formativi, volti a garantire che la raccolta dei dati fosse svolta in maniera precisa e affidabile. Oltre alla trasmissione delle competenze tecniche, la formazione ha rappresentato un'importante occasione di interazione tra esperti e cittadini, favorendo il dialogo e la creazione di un ambiente collaborativo. In alcuni casi, è stato possibile sviluppare un processo di co-creazione del disegno sperimentale, permettendo ai volontari di contribuire attivamente all'elaborazione delle strategie di monitoraggio.

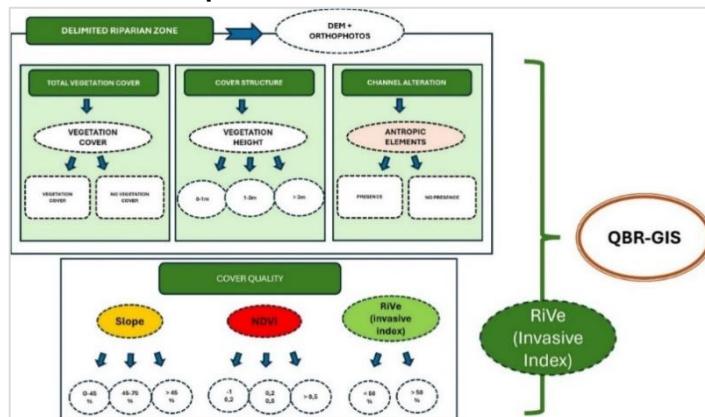
Successivamente, sono state supportate le attività di raccolta dati sul campo. I volontari hanno delimitato aree di campionamento e hanno compilato le schede di

monitoraggio, seguendo le modalità previste dal protocollo *RiVe*. In questo processo, sono stati utilizzati sia supporti cartacei sia strumenti digitali, come l'app *ODK Collect* (*Open Data Kit*). Quest'ultima si è rivelata particolarmente utile, in quanto ha facilitato la raccolta dei dati anche in zone con connessione *internet* limitata, garantendo così una partecipazione ampia e autonoma da parte dei volontari. La combinazione di diversi strumenti ha permesso di massimizzare l'efficienza e l'affidabilità del processo di raccolta dati.

Una parte significativa del tirocinio è stata dedicata all'analisi dei dati raccolti. L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sono state effettuate utilizzando strumenti statistici descrittivi per riassumere la copertura, nei due strati vegetativi, delle specie *target* identificate nelle aree di campionamento. Inoltre, è stato calcolato l'Indice *RiVe*, un indice sviluppato all'interno del progetto che ha permesso di valutare in maniera oggettiva la qualità del bosco ripario lungo i tratti fluviali esaminati. Grazie a questo indice, è stato possibile individuare aree critiche che necessitano di interventi di riqualificazione o di conservazione, offrendo informazioni utili per la gestione sostenibile degli ambienti fluviali.

Parallelamente, è stato svolto un lavoro sull'implementazione del metodo *QBR-GIS* per l'analisi su scala regionale delle zone riparie (Fig 4.1). In questo contesto, sono stati elaborati dati ottenuti attraverso tecniche avanzate di telerilevamento, come il *LiDAR* (*Light Detection and Ranging*), tramite l'utilizzo del *software QGIS* per elaborare i modelli digitali di elevazione (*DEM*) e il *Canopy Height Model* (*CHM*). Questi strumenti hanno permesso di analizzare la struttura della vegetazione riparia in modo preciso e dettagliato, identificando aree di interesse ecologico. È stato inoltre calcolato l'*NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Fig 4.2) e integrato il sub-indice di invasività della metodologia *RiVe*, integrando i dati locali con l'analisi su larga scala. Questo approccio ha fornito una visione complessiva della qualità della fascia riparia, permettendo di identificare le aree che necessitano di interventi prioritari.

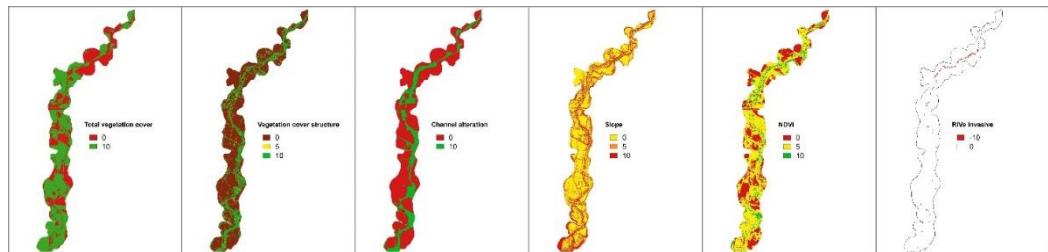
Fig 4.1 – Flusso di lavoro utilizzato per il calcolo del QBR-GIS



Fonte: elaborazione degli Autori

Nel complesso, le attività svolte durante il tirocinio hanno fornito un contributo significativo alla comprensione della qualità ecologica delle zone ripariali, evidenziando l'importanza di un approccio integrato che combina la raccolta dati partecipativa con l'uso di tecnologie avanzate per l'analisi su scala regionale.

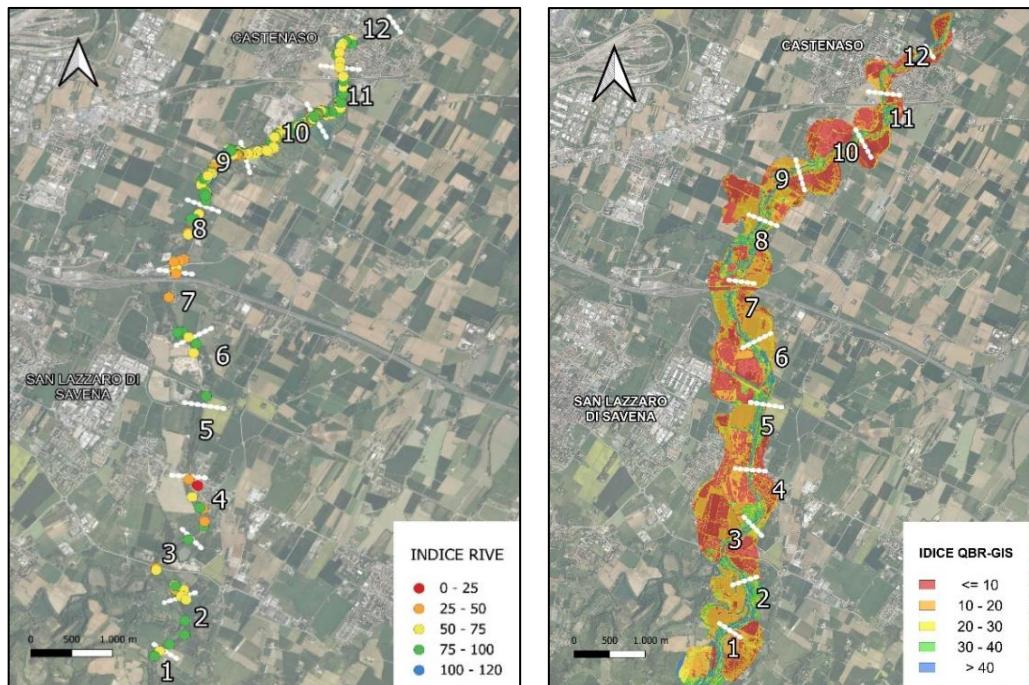
Fig 4.2 - Raster indicatori dell'indice QBR-GIS, da sx a dx: Total vegetation cover, Vegetation cover structure, Channel alteration, Slope, NDVI, RiVe invasive



Fonte: elaborazione degli Autori

Infine, è stato generato un *raster QBR-GIS* (Fig 4.3), assegnando un punteggio di qualità della zona riparia. I risultati ottenuti hanno permesso di identificare aree con elevata criticità e necessità di interventi di rispristino, con aree integre da conservare.

Fig 4.3 - Rappresentazione georeferenziata delle classi dell'Indice RiVe (dx) e delle classi di qualità dell'indice QBR-GIS (sx)



Fonte: elaborazione degli Autori

4.4 Conclusioni

L'analisi approfondita dei dati di monitoraggio del bosco ripario, condotta attraverso l'applicazione degli indici *QBR-GIS* e *RiVe*, ha fornito una visione chiara della qualità ecologica della fascia riparia lungo il torrente Idice. Un aspetto distintivo di questa ricerca è stato l'uso dell'indice *RiVe*, che ha permesso un coinvolgimento attivo dei cittadini nella raccolta dei dati. Questo approccio ha dimostrato come la *Citizen Science* possa svolgere un ruolo fondamentale non solo nell'educazione ambientale, ma anche nella conservazione degli ecosistemi, valorizzando l'inclusione della comunità nel monitoraggio ambientale. Parallelamente, l'impiego dell'indice *QBR-GIS* ha evidenziato l'efficacia del telerilevamento nella valutazione su vasta scala degli *habitat* ripari, suggerendo che questa tecnologia giocherà un ruolo sempre più centrale nel futuro del monitoraggio ambientale.

La combinazione di questi due approcci ha consentito di superare le limitazioni tipiche di ciascuna metodologia, offrendo una visione complessiva che integra il dettaglio locale fornito dall'indice *RiVe* con l'analisi su scala più ampia del *QBR-GIS*. I risultati complessivi sottolineano l'efficacia di un approccio integrato nella gestione sostenibile delle zone ripariali, combinando il potenziale del telerilevamento con il valore aggiunto della partecipazione comunitaria. Tale integrazione si allinea con gli obiettivi della *Direttiva Quadro sulle Acque (DQA)* e della *Nature Restoration Law*, dimostrando l'importanza di un approccio olistico e partecipativo alla conservazione degli ecosistemi fluviali.

La metodologia *RiVe* è attualmente applicata anche in altri contesti geografici, come i bacini dell'Ombrone e dell'Aniene, con previsioni di estensione a ulteriori contesti sia nazionali che europei. Le prospettive future nell'ambito del telerilevamento sono particolarmente promettenti, con una previsione di crescente utilizzo di questa tecnologia, che potrà essere affiancata da ulteriori iniziative di *Citizen Science*. Questo sviluppo permetterà analisi su scala ancora più ampia e con un livello di dettaglio maggiore, migliorando la capacità di monitoraggio degli ecosistemi.

Inoltre, grazie alla pubblicazione dei dati raccolti attraverso l'infrastruttura tecnica del *Network Nazionale della Biodiversità*, è garantita una maggiore trasparenza e accessibilità alle informazioni per cittadini e decisori politici.

4.5 Bibliografia e Sitografia

Corenblit, D., Steiger, J., & Gurnell, A. M. (2007). *The biogeomorphological life cycle of poplars during the fluvial geomorphological succession: A special focus on Populus nigra L.* *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(4), 438-447

Gumiero, B., Rinaldi, M., & Harvey, G. L. (2013). *Fluvial geomorphology and aquatic habitat: linking science and management*. *Geomorphology*, 180, 17-31

-
- Gumiero, B., Rinaldi, M., Belletti, B., Lenzi, D., & Puppi, G. (2015). *Riparian vegetation as indicator of channel adjustments and environmental conditions: the case of the Panaro River (Northern Italy)*. *Aquatic sciences*, 77, 563-582
- Gurnell, A. M., Bertoldi, W., & Corenblit, D. (2012). *Changing river channels: The roles of hydrological processes, plants and pioneer fluvial landforms in humid temperate, mixed load, gravel bed rivers*. *Earth-Science Reviews*, 111(1-2), 129-141
- Munné, A., Prat, N., & Thoms, M. C. (2003). *Using the riparian quality index to assess environmental condition of rivers and streams in Catalonia (Spain)*. *Hydrobiologia*, 510(1-3), 111-122
- Osterkamp, W. R., & Hupp, C. R. (2010). *Fluvial processes and vegetation—glimpses of the past, the present, and perhaps the future*. *Geomorphology*, 116(3-4), 274-285
- Segura-Mendez, N. H., de Barros Ferraz, S. F., Llusia, D., & Vallejos, R. (2023). QBR-GIS: *A new approach to assessing riparian quality integrating citizen science, GIS and machine learning*. *Ecological Indicators*, 152, 107365
- Steiger, J., Tabacchi, E., Dufour, S., Corenblit, D., & Peiry, J. L. (2005). *Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within alluvial channel–floodplain river systems: a review for the temperate zone*. *River Research and Applications*, 21(7), 719-737

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060>

5. Il Riutilizzo delle acque reflue in Europa: opportunità e sfide per un futuro sostenibile

*A cura di Elena **D'Iseppi**, studentessa di Biotecnologie per le biorisorse e lo sviluppo ecosostenibile, Università di Verona; Genève **Farabegoli**, tutor ISPRA, Servizio per i rischi e la sostenibilità ambientale delle tecnologie, delle sostanze chimiche, dei cicli produttivi e dei servizi idrici e per le attività ispettive*

5.1 Introduzione

In Europa, i sistemi di affinamento dell'acqua in grado di trattare le acque reflue al fine di consentirne il riutilizzo, si trovano soprattutto nelle aree costiere, nelle isole dei paesi meridionali e nelle zone densamente popolate dei paesi del nord.

L'acqua trattata viene usata principalmente per scopi agricoli, urbani e industriali. Tra questi, l'irrigazione agricola rappresenta il settore di riutilizzo più rilevante a livello mondiale ed europeo incidendo per circa un quarto del totale dell'acqua dolce prelevata. Di conseguenza, l'uso delle acque reflue affinate in agricoltura rappresenta una grande opportunità per ridurre la scarsità idrica in Europa.

Fondamentale è che le acque reflue destinate a riutilizzo per scopi irrigui o civili debbano rispettare parametri rigorosi all'uscita degli impianti di trattamento per garantire che non risultino tossiche o nocive per l'uomo (ad esempio per contatto diretto o ingestione indiretta) e per l'ambiente.

In Italia, il riutilizzo delle acque reflue è, ancora oggi, regolato dal Decreto Ministeriale n. 185 del 12 giugno 2003, che stabilisce che le acque possono essere considerate recuperate e pronte all'uso se rispettano requisiti chimico-fisici e microbiologici stabiliti nella tabella dell'allegato al Decreto. Ma questa normativa presenta delle criticità, tra le quali la mancanza di una valutazione del rischio complessiva, necessaria per stimare e ridurre i potenziali rischi per la salute pubblica e per l'ambiente.

Nonostante alcune applicazioni di riutilizzo siano già sviluppate, vi sono ancora diversi ostacoli che ne limitano una più ampia diffusione in Europa, come regolamenti incoerenti, ostacoli commerciali, metodi non ottimali per la selezione delle tecnologie di trattamento e barriere economiche. Anche il basso prezzo dell'acqua dolce rispetto all'acqua affinata, la mancanza di incentivi economici nonché la scarsa propensione a livello pubblico e di governo verso il riutilizzo dell'acqua, rappresentano ulteriori freni all'adozione di queste pratiche.

5.2 Obiettivi

Gli obiettivi di questo studio di tirocinio sono stati quelli di analizzare lo stato attuale del riutilizzo delle acque reflue in Europa, con particolare attenzione all'uso agricolo, che rappresenta un'importante opportunità per contrastare la scarsità idrica.

Inoltre, sono state esaminate le criticità del [Decreto Ministeriale n. 185/2003](#), evidenziando la necessità di integrare una valutazione del rischio più completa per garantire la sicurezza ambientale e sanitaria.

È stato, inoltre, valutato il nuovo [Regolamento \(UE\) 2020/741](#), che introduce un approccio globale alla gestione del rischio e promuove pratiche di riutilizzo idrico più sostenibili.

Infine, si è esplorato il riutilizzo delle acque reflue industriali e si sono affrontate le principali problematiche normative, economiche e tecnologiche che ostacolano una maggiore diffusione di queste pratiche.

5.3 Attività svolta

5.3.1 Analisi dello stato attuale del riutilizzo delle acque reflue in Europa

Diversi Stati membri dell'Unione Europea, tra cui Cipro, Grecia, Spagna, Francia, Italia e Portogallo, hanno sviluppato normative e linee guida specifiche per il riutilizzo dell'acqua. In particolare, il Portogallo ha adottato un approccio che prevede una rigorosa valutazione del rischio, tenendo conto di fattori geografici, domanda e offerta di acqua e dell'analisi costi-benefici per stabilire la fattibilità di progetti di riutilizzo.

In particolare, preme notare che nelle linee guida portoghesi per il riutilizzo delle acque, gli *standard* di qualità sono stabiliti in base a una valutazione del rischio e a misure preventive che riducono al minimo i rischi, già in linea con il Regolamento (UE) 2020/741.

5.3.2 Analisi della normativa in Italia e principali aspetti del Regolamento (UE) 2020/741

Secondo il D.M. n. 185/2003, le destinazioni di uso ammissibili delle acque reflue recuperate sono:

- a) irriguo: per l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive;
- b) civile: per il lavaggio delle strade nei centri urbani; per l'alimentazione dei sistemi di riscaldamento o raffreddamento; per l'alimentazione di reti duali di adduzione, separate da quelle delle acque potabili, con esclusione dell'utilizzazione diretta di tale acqua negli edifici a uso civile, ad eccezione degli impianti di scarico nei servizi igienici;

c) industriale: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

Aspetto importante del D.M. 185/2003 è che stabilisce che le acque possono essere considerate recuperate e pronte all'uso solo se rispettano requisiti chimico-fisici e microbiologici stabiliti nella tabella dell'allegato al Decreto, valida per tutti gli usi citati e non prevedendo dei casi sito specifici

Il Regolamento (UE) 2020/741, in vigore dal 26 giugno 2023, invece, contiene prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua e mira a favorire il riutilizzo delle acque reflue per fini irrigui in agricoltura, migliorando la sostenibilità del sistema alimentare europeo e proteggendo salute pubblica e ambiente (Tab 5.1).

Tab 5.1 – Prescrizioni di qualità delle acque affinate a fini irrigui in agricoltura

Classe di qualità delle acque affinate	Obiettivo tecnologico indicativo	Prescrizioni di qualità				
		E. coli (numero/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidità (NTU)	Altro
A	Trattamento secondario, filtrazione e disinfezione	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1 000 ufc/l se vi è rischio di diffusione per via aerea
B	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 100	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	In conformità della direttiva 91/271/CEE (allegato I, tabella 1)	–	Nematodi intestinali (uova di elminiti): ≤ 1 uovo/l per irrigazione di pascoli o colture da foraggio
C	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 1 000			–	
D	Trattamento secondario e disinfezione	≤ 10 000			–	

Fonte dei dati: prescrizioni minime di qualità delle acque, tab.2 Allegato I del Regolamento (UE) 2020/741

Lo scopo del Regolamento, infatti, è favorire una maggiore diffusione del riutilizzo delle acque reflue in agricoltura, laddove opportuno ed efficiente in termini di costi, qualora gli Stati lo desiderino o ne abbiano necessità.

Garantire in modo coordinato la sicurezza delle acque trattate a fini irrigui in agricoltura significa anche promuovere l'economia circolare permettendo di recuperare i nutrienti dalle acque trattate e applicarli ai raccolti mediante tecniche di fertirrigazione, favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici, contribuire agli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60) e al buon funzionamento del mercato interno. Questi indirizzi si inseriscono anche nel *Green Deal* europeo che punta a ridurre l'inquinamento da eccesso di nutrienti attraverso una strategia denominata "dal produttore al consumatore".

Il riutilizzo delle acque e la gestione dei nutrienti rientrano tra le azioni promosse dal nuovo Piano per l'Economia Circolare.

Inoltre, nei diversi ambiti di applicazione, definisce gli obblighi del gestore degli impianti di affinamento e gli obblighi in materia di qualità delle acque affinate. Infatti, il Regolamento individua 11 elementi principali, suddivisi nelle parti A, B e C, che costituiscono la base dell'approccio globale proposto per un piano di gestione dei rischi. Infine, stabilisce che la valutazione del rischio può essere effettuata con metodi

qualitativi e semiquantitativi tenendo conto anche degli obblighi e delle prescrizioni stabiliti dalla normativa nazionale o locale pertinente.

5.3.3 Focus sul riutilizzo delle acque reflue industriali

Le acque reflue industriali comprendono tutte quelle acque provenienti da edifici o impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, escludendo le acque reflue domestiche e le acque meteoriche. Rientrano in questa categoria anche le acque che, pur essendo entrate in contatto con sostanze inquinanti, non sono direttamente correlate al processo produttivo. All'interno di un complesso industriale, l'acqua viene impiegata principalmente per diverse finalità:

- il raffreddamento (35%-75%) che avviene attraverso scambiatori di calore con un riutilizzo continuo dell'acqua e scarichi minimi;
- l'alimentazione delle caldaie (2%-6%) utilizzata per produrre vapore;
- l'acqua di processo (22%-52%) destinata ai cicli produttivi e scartata al termine del loro impiego;
- l'acqua per i servizi igienici (2%-15%), il cui consumo varia in funzione dei lavoratori del complesso.

Numerose sono le tipologie di acque reflue industriali, classificabili in base alle varie attività di impresa, e le cui produzioni specifiche variano in base al settore industriale in cui si opera. Nella maggior parte dei casi, come i reflui di installazioni quali raffinerie di petrolio, reflui tessili, conciari etc. contenenti una serie di sostanze pericolose e nocive non possono essere riutilizzati per usi diversi da quello industriale.

Invece, alcuni esempi di reflui che potrebbero avere un potenziale riutilizzo per usi civili, ambientali e financo in agricoltura, potrebbero essere quelli caseari, da aziende vinicole, reflui da macellazione, da birrifici, etc.., ovviamente sempre a valle di un opportuno trattamento depurativo e un'analisi di rischio sito-specifica, ai sensi del nuovo Regolamento (UE) 2020/741.

Infatti, paragonando i dati sulla caratterizzazione di specifici reflui dell'industria alimentare con la caratterizzazione di un reffluo civile, è possibile ipotizzare la tipologia di reffluo più promettente in vista di un suo riutilizzo non industriale. Il tipico reffluo civile ha un rapporto COD/BOD₅ tra 1,8 e 2,2, dove il rapporto COD/BOD₅ rappresenta un indice che identifica la biodegradabilità di un reffluo, ed in seguito ad opportuni trattamenti può essere affinato e raggiungere la qualità richiesta per essere riutilizzato anche in agricoltura.

Effettuando un confronto con i valori riportati in Tab 5.2, il reffluo vinicolo sembrerebbe avvicinarsi a *range* promettenti.

Tab 5.2 - Caratterizzazione dei reflui vinicoli

Parametro	Unità	Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
Domanda Chimica di Ossigeno (COD)	mg/L	320	49105	11886
Domanda Biologica di Ossigeno (BOD ₅)	mg/L	203	22418	6570
Carbonio Organico Totale (TOC)	mg/L	41	7363	1876
pH		2.5	12.9	5.3
Conduttività Elettrica (EC)	mS/cm	1.1	5.6	3.46
Solidi Totali (TS)	mg/L	748	18332	8660
Solidi Totali Volatili (TVS)	mg/L	661	12385	5625
Solidi Sospesi (SS)	mg/L	66	8600	1700
Fosforo Totale (TP)	mg/L	2.1	280	53
Azoto Totale (TN)	mg/L	10	415	118
Compensi Fenolici Totali (TPh)	mg/L	0.51	1450	205

Fonte dei dati: Garbuglia A. (2022) "Processi di depurazione delle acque reflue industriali con particolare attenzione al trattamento dei reflui vinicoli"

5.4 Conclusioni

Il riutilizzo delle acque reflue rappresenta una risorsa cruciale per affrontare le sfide legate alla scarsità idrica in Europa. Tuttavia, per promuovere questa pratica in modo efficiente e sicuro, è necessario affrontare diverse problematiche regolatorie, economiche e tecnologiche. L'introduzione del Regolamento (UE) 2020/741 rappresenta un passo importante verso la standardizzazione delle pratiche di riutilizzo delle acque reflue, fornendo una solida base per la gestione del rischio e incentivando una maggiore adozione del riutilizzo delle acque reflue affinate.

Analizzate diverse tipologie di reflui industriali per valutarne la potenziale idoneità all'uso irriguo, civile e ambientale e confrontando le loro caratteristiche con quelle di un refluo civile urbano medio è stato possibile identificare alcune tipologie di reflui industriali che potrebbero essere adatte per usi diversi da quello industriale, previa applicazione di trattamenti adeguati. Tuttavia, per le altre tipologie di reflui industriali citate, sembra improbabile che possano soddisfare i requisiti minimi di qualità richiesti per l'uso irriguo. Di conseguenza, queste saranno più adatte per un riutilizzo in contesti urbani e industriali, a condizione che vengano sottoposte a trattamenti idonei. Comunque, oltre ai trattamenti chimico-fisici, è sempre necessario implementare un piano di gestione del rischio secondo le nuove linee guida del Regolamento UE 2020/741.

5.5 Bibliografia

Rebelo A., Farabegoli G. et al. (2018), Report on Urban Water Reuse. IMPEL report no 2018/07, 79 pages. Brussels, ISBN 978-2-931225-26-4

Decreto n.185 del 12/06/2023. Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152

Regolamento UE 2020/741 del 25/05/2020 recante prescrizioni minime per il riutilizzo dell'acqua

Garbuglia A. (2022). Tesi di laurea "Processi di depurazione delle acque reflue industriali con particolare attenzione al trattamento dei reflui vinicoli", Università Politecnica delle Marche

6. Livello del mare lungo le coste italiane (*Sea level along the Italian coast*)

A cura di Alice **Foucher**, studentessa di *Statistical Methods and Applications, European Master in Official Statistics*, Sapienza Università di Roma; Arianna **Orasi** e Marco **Picone**, tutor ISPRA, Area per il monitoraggio dello stato fisico del mare e per la climatologia marina

6.1 Introduzione

Le attività formative si sono focalizzate sull’analisi delle dinamiche del livello del mare lungo le coste italiane in relazione a variabili meteorologiche (pressione atmosferica, temperatura dell’aria, vento).

Questo studio si è inserito in un contesto di crescente attenzione al cambiamento climatico, un fenomeno globale che comporta conseguenze significative come l’innalzamento dei mari.

La ricerca si è focalizzata su un *database* storico fornito dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN), che comprendeva misurazioni dal 2000 al 2022, e ha richiesto l’uso di strumenti avanzati per la gestione, l’elaborazione e l’analisi dei dati, inclusi metodi di imputazione dei dati mancanti e modelli statistici complessi.

L’obiettivo generale è stato quello di sviluppare modelli che non solo descrivessero con precisione le dinamiche locali del livello del mare, ma che fossero anche in grado di integrare conoscenze fisiche pregresse per fornire un’interpretazione coerente e robusta dei risultati.

6.2 Obiettivi

Questo lavoro ha mirato a comprendere e modellare la complessa relazione tra le variabili meteorologiche e le variazioni del livello del mare lungo le diverse coste italiane.

Uno degli aspetti centrali è stato l’uso delle variabili atmosferiche più rilevanti (pressione, temperatura dell’aria e vento) per spiegare le fluttuazioni locali del livello del mare.

A tal fine, è stato sviluppato un approccio basato su modelli [ARIMAX](#) (*Autoregressive Integrated Moving Average with exogenous variable(s) (X)*) *bayesiani*, capaci di sfruttare la struttura temporale dei dati e di integrare conoscenze fisiche come l’effetto barometrico inverso. L’attenzione è stata rivolta anche alla capacità di questi modelli di adattarsi alle caratteristiche specifiche delle coste italiane, considerando la loro diversità geografica e climatica.

Inoltre, l'integrazione di principi fisici, come l'espansione termica dell'acqua o l'effetto del vento sui movimenti costieri, ha fornito una base teorica per interpretare i risultati dei modelli. Questo approccio ha permesso di combinare dati empirici e conoscenze teoriche per ottenere una rappresentazione più accurata dei fenomeni studiati.

6.3 Attività svolta

6.3.1 Esplorazione dei Dati (*Exploratory Data Analysis*)

L'esplorazione preliminare dei dati, una fase cruciale del progetto, ha permesso di preparare un *dataset* coerente e di qualità per la modellazione successiva.

I dati utilizzati, coprono un periodo di 22 anni (2000-2022) e provengono da cinque stazioni lungo le coste italiane. Questi dati comprendevano misurazioni del livello del mare e variabili meteorologiche associate, come pressione atmosferica, temperatura dell'aria e del mare, velocità e direzione del vento.

6.3.1.1 Selezione e pulizia dei dati

La prima attività è consistita nel selezionare le stazioni di studio, scelta basata sulla completezza e qualità delle misurazioni disponibili. Durante questa fase, è stato necessario affrontare problemi di imputazione di dati mancanti e individuazione e trattamento dei valori estremi.

6.3.1.2 Destagionalizzazione

Un passaggio fondamentale è stato separare le componenti cicliche dovute alle maree, dagli effetti meteorologici. Attraverso un'analisi armonica delle maree, il segnale del livello del mare è stato scomposto in componenti stagionali e non stagionali. Questo processo ha permesso di isolare i residui del livello del mare, rappresentando variazioni attribuibili esclusivamente ai fattori meteorologici.

6.3.2 Modellazione con ARIMAX *bayesiano*

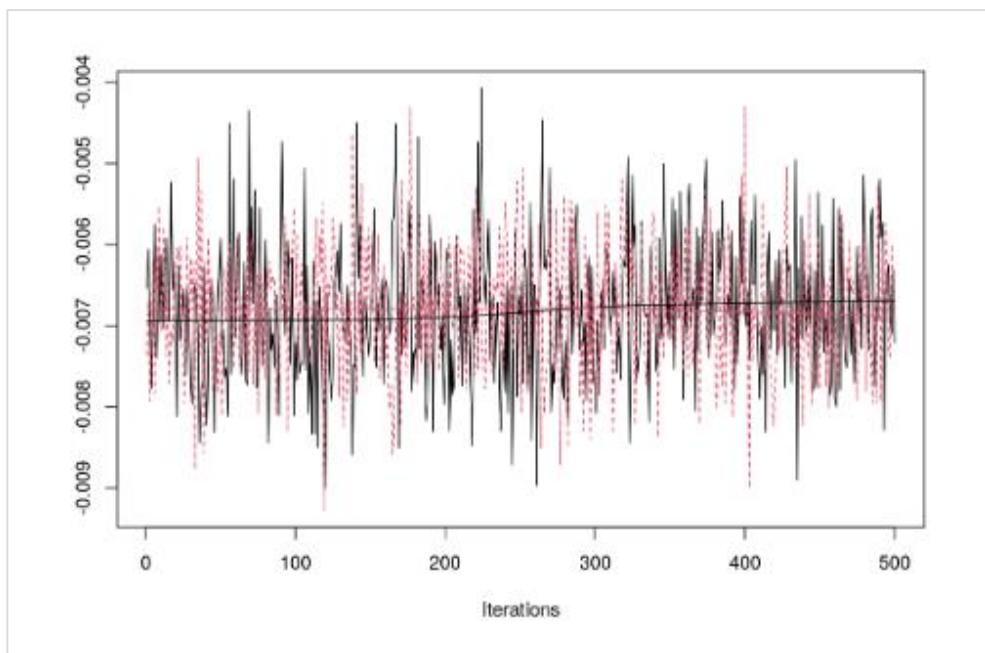
La modellazione si è basata su un approccio ARIMAX, che combina l'analisi delle serie temporali con l'integrazione di variabili esogene, come le nostre variabili meteorologiche. La prospettiva *bayesiana* ha ulteriormente migliorato il modello, integrando conoscenze fisiche e fornendo una rappresentazione probabilistica dell'incertezza nei dati. Vediamo quali vantaggi significativi ha offerto l'approccio *bayesiano*:

- **integrazione delle conoscenze fisiche:** le relazioni conosciute tra variabili, come l'effetto barometrico inverso, sono state incluse nel modello sotto forma di *prior distributions*, migliorando la capacità di interpretazione;
- **gestione dell'incertezza:** attraverso le distribuzioni a posteriori, è stato possibile quantificare l'incertezza associata a ciascun parametro stimato, fornendo una visione completa del fenomeno studiato;
- **robustezza:** il modello ha mostrato una maggiore resistenza a problematiche come l'eteroschedasticità e le relazioni non lineari.

Il modello è stato implementato in tre fasi principali:

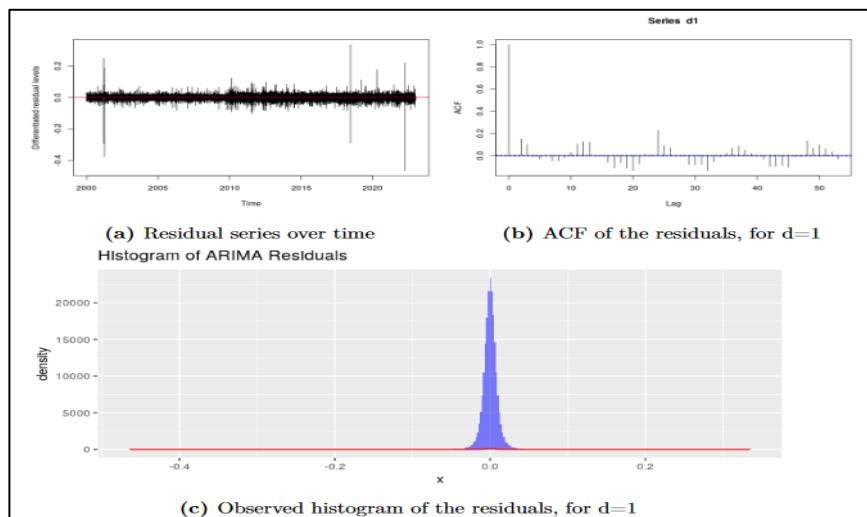
- **definizione delle prior distributions:** i coefficienti del modello sono stati definiti basandosi su conoscenze fisiche note. Ad esempio, la relazione inversa tra pressione atmosferica e livello del mare segue la teoria idrostatica ($1 \text{ hPa} \approx 1 \text{ cm}$). Per il vento, sono stati usati coefficienti basati sulla direzione della costa;
- **stima tramite MCMC:** l'algoritmo *Hamiltonian Monte Carlo (HMC)*, implementato tramite il [software Stan](#), è stato utilizzato per stimare i parametri;
- **validazione:** la validità del modello è stata verificata analizzando la convergenza dei coefficienti, l'assenza di autocorrelazione residua e la normalità dei residui (in Figg 6.1 e 6.2).

Fig 6.1 – Tracce di convergenza dei coefficienti: Traceplot dei coefficienti della pressione atmosferica



Fonte: Rete Mareografica Nazionale, ISPRA

Fig 6.2 - Assenza di autocorrelazione residua e Test di normalità sui residui: ipotesi sui residui



Fonte: Linked ISPRA, RMN dataset (www.mareografico.it)

Campi di studio: Sea level and meteorological measurements at the Carloforte station (January 2000 - December 2022).

Nota esplicativa: I grafici centrali riguardano la normalità dei residui (densità e QQ-plot). I grafici inferiori mostrano l'ACF e il PACF dei residui.

6.3.3 Fattori meteorologici chiave

La modellazione ha permesso di identificare e quantificare l'influenza delle principali variabili meteorologiche sul livello del mare.

Le relazioni emerse dai modelli ARIMAX *bayesiani* sono coerenti con fenomeni fisici noti e offrono un'idea dell'ordine di grandezza dei loro effetti (Tab 6.1).

Tab 6.1 – Riassunto dell'ordine di grandezza per le stazioni principali

Variabile	Effetto stimato	Stazione di riferimento
Pressione atmosferica	-6.8 mm/hPa	Carloforte
Pressione atmosferica	-11,8 mm/hPa	Ancona
Temperatura dell'aria	+0.4 mm/°C	Carloforte
Temperatura dell'aria	+0.6 mm/°C	Crotone (2018-2022)
Vento (onshore)	fino a ± 0.5 mm/m/s	Tutte le stazioni

Fonte: Rete Mareografica Nazionale, ISPRA

6.3.3.1 Pressione atmosferica

La pressione atmosferica si è confermata come la variabile più influente, con un rapporto negativo significativo. L'effetto barometrico inverso implica che una

diminuzione di 1 hPa nella pressione atmosferica comporta un aumento del livello del mare di circa 6-12 mm a seconda della stazione.

Ad esempio, per la stazione di Carloforte, una riduzione di 10 hPa nella pressione atmosferica provoca un aumento del livello del mare di circa 6.8 cm.

Questo effetto è particolarmente evidente durante i cicloni o depressioni atmosferiche, che generano improvvisi aumenti del livello del mare.

6.3.3.2 *Temperatura dell'aria*

La temperatura dell'aria ha un effetto positivo sul livello del mare, principalmente attraverso due meccanismi: l'espansione termica dell'acqua e lo scioglimento dei ghiacci a lungo termine. Tuttavia, il suo impatto è più contenuto rispetto alla pressione atmosferica.

Nei modelli, un aumento di 1°C della temperatura dell'aria corrisponde a un incremento del livello del mare di circa 0.3-0.6 mm. Questo effetto è moderato ma persistente, riflettendo l'importanza delle tendenze di riscaldamento a lungo termine.

6.3.3.3 *Vento*

L'influenza del vento è complessa e dipende sia dalla direzione che dall'intensità. Il vento proveniente dal mare (*onshore*) tende ad aumentare il livello del mare spingendo l'acqua verso la costa, mentre il vento verso il mare (*offshore*) lo riduce.

Nei modelli linearizzati, l'effetto del vento varia da **±0.1-0.5 mm/m/s**, a seconda della costa e dell'orientamento rispetto alla direzione del vento predominante. Ad esempio, a Carloforte, un vento di 10 m/s dal mare può sollevare il livello del mare fino a **5 mm**, mentre lo stesso vento verso il mare lo abbassa di una quantità simile.

6.4 Conclusioni

Questo studio ha messo in evidenza il ruolo centrale della pressione atmosferica come principale determinante delle variazioni del livello del mare lungo le coste italiane, seguita dalla temperatura dell'aria e dal vento. Queste relazioni, osservate e quantificate nei modelli *bayesiani*, confermano fenomeni fisici consolidati, come l'effetto barometrico inverso, l'espansione termica dell'acqua e l'influenza complessa delle dinamiche del vento.

L'approccio *bayesiano* si è rivelato particolarmente potente nel contesto di questo studio, consentendo di integrare conoscenze fisiche pregresse nei modelli e di trattare in modo efficace l'incertezza intrinseca nei dati. Questa metodologia ha, non solo migliorato l'accuratezza delle previsioni, ma anche reso i risultati più interpretabili e utili per la comprensione dei fenomeni analizzati.

I risultati di questo lavoro hanno una rilevanza diretta per la definizione di strategie locali di adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare: per la progettazione e la gestione delle infrastrutture costiere, utili per proteggere le coste da eventi estremi e innalzamenti graduali del livello del mare e per la pianificazione dell'uso del suolo nelle aree costiere, evitando edificazioni in zone particolarmente vulnerabili e promuovendo interventi di rinaturalizzazione delle coste.

Lo studio svolto costituisce una base importante, ma apre anche la strada a nuove domande di ricerca e applicazioni. Ad esempio, l'aggiunta di variabili come la salinità e le correnti marine potrebbe affinare ulteriormente i modelli e fornire una comprensione più completa delle dinamiche costiere; Inoltre, l'approccio adottato potrebbe essere applicato ad altre aree del Mediterraneo o ad altre regioni costiere globali con problematiche simili, favorendo un confronto tra diverse dinamiche locali. Infine, i modelli sviluppati potrebbero essere estesi per studiare scenari di lungo termine legati al cambiamento climatico, aiutando a prevedere l'impatto di fenomeni come l'aumento della temperatura globale e lo scioglimento dei ghiacci.

6.5 Bibliografia

H. Bâki Iz - All Earth, 34:1, 81-89, DOI: 10.1080/27669645.2022.2095715 – (2022) - *Validating predictability of a sea level rise at a tide gauge station*

Susana M. BARBOSA, Maria Eduarda SILVA, Maria Joana FERNANDES - Time Series Analysis in the Geosciences pp 157–173 – (2008) - *Series Analysis of Sea-Level Records: Characterising Long-Term Variability*

George BOX, Gwilym JENKINS - Holden-Day (1970) - *Time Series Analysis: Forecasting and Control*

Ing. Devis CANESSO, Dott. Marco CORDELLA, Ing. Giovanni ARENA - ISPRA (2012) - Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici

Adam T. DELVIN, David A. JAY, Stefan A. TALKE, Edward D. ZARON, Jiayi PAN, Hui LIN – (2017) - *Coupling of sea level and tidal range changes, with implications for future water levels*

Andrew GELMAN - Department of Statistics and Department of Political Science - Columbia University (2006) - *Prior distributions for variance parameters in hierarchical models*

Benoit MEYSSIGNAC, Anny CAZENAVE - Journal of Geodynamics Volume - 58, July 2012, Pages 96-109 - *Sea level: A review of present-day and recent-past changes and variability*

Marceau MICHEL, Said OBAKRIM, Nicolas RAILLARD, Pierre AILLOT, MONBET - ASCMO (2022) - *Learning for statistical downscaling of sea states*

PASARIC Miroslava, ORLIC Mirko - Sea Level Changes: Determination and Effects. (1992), vol. 69 - *Response of the Adriatic sea level to the planetary-scale atmospheric forcing*

Valérie MONBET, Pierre AILLOT, Marc PREVOSTO - Probabilistic Engineering Mechanics (2007) - *Survey of stochastic models for wind and sea state time series*

Maria OLIVEIRA, Rosa CRUJEIRAS, Alberto RODRIGUEZ-CASAL - *Journal of Statistical Software*, volume 61 (9), pages 1-26 (2014) - NPCirc: An R Package for Nonparametric Circular Methods

Mohamed SHALTOUT - Alexandria University – (2015) - Mediterranean Sea level Variability in Relation to Tidal and Meteorological Forces

Alec STEPHENSON - (2016) - Analysis of Tides and Analysis of Tides Using TideHarmonics

7. Analisi e sviluppo di un indicatore di circolarità applicabile alle bioraffinerie

*A cura di Chiara **Galizia**, studentessa di Biotecnologie per le biorisorse e lo sviluppo ecosostenibile, Università di Verona; Genèvre **Farabegoli**, tutor ISPRA, Servizio per i rischi e la sostenibilità ambientale delle tecnologie, delle sostanze chimiche, dei cicli produttivi e dei servizi idrici e per le attività ispettive*

7.1 Introduzione

L'economia circolare descrive un modello di produzione e consumo concepito per affrontare le sfide ambientali globali, tra cui il cambiamento climatico e la gestione dei rifiuti. Essa, promuove un uso efficiente e ciclico delle risorse e dei prodotti, riducendo le emissioni di CO₂ e la dipendenza da materiali non rinnovabili, offrendo nuove opportunità di ricerca e sviluppo, promuovendo l'innovazione in molteplici settori industriali.

La transizione verso un'economia circolare è sostenuta dal piano d'azione presentato dalla Commissione Europea nel 2020, che ha come obiettivi la riduzione dei rifiuti e la sostenibilità ambientale entro il 2050, e la sua misurazione è facilitata da indicatori specifici che consentono di valutare la circolarità delle imprese lungo l'intera catena del valore, dalla progettazione alla produzione fino al fine vita dei prodotti. Questi strumenti permettono di identificare rischi, fissare obiettivi di miglioramento e monitorare i progressi aziendali verso una maggiore sostenibilità.

7.2 Obiettivi

L'obiettivo principale di questo tirocinio è stato lo sviluppo di un indice di circolarità (Ic) destinato ad una bioraffineria che utilizza rifiuti organici come materia prima, progettato con la possibilità di applicazione in contesti impiantistici differenti. La bioraffineria si propone di produrre biomateriali (*hydrochar*) e biocombustibili (biodirogeno), integrando il sequestro della CO₂.

7.3 Attività svolta

Per lo sviluppo di tale indice è stato utilizzato come riferimento uno studio di LCA (*Life Cycle Assessment*) applicato al caso di una bioraffineria alimentata da siero di formaggio.

L'attività si è concentrata sull'individuazione dei fattori-chiave per valutare l'efficienza e la sostenibilità di impianti come le bioraffinerie, in relazione all'economia circolare.

I fattori-chiave identificati riguardano il consumo di risorse, l'energia, il recupero di materiali di scarto e gli aspetti economico-sociali. Ogni fattore è classificato in base

alla sua importanza su una scala a tre livelli ovvero "alta, media, bassa" e viene associato a sotto-fattori misurabili, che possono avere valori positivi o negativi.

L'implementazione pratica dell'indice prevede l'uso di un foglio *excel* che, mediante l'inserimento di dati legati ai fattori-chiave e ai rispettivi sotto-fattori, restituisce il valore dell'indice di circolarità (I_c), utile per classificare il livello di circolarità di un impianto e per promuovere una gestione più efficiente e sostenibile delle risorse.

Trasformando i risultati dell' I_c in una scala qualitativa suddivisa in cinque livelli si raggiunge la prioritizzazione in termini di circolarità, dove: $I_c < 0$ significa Circolarità negativa; $I_c = 0$ nessun *input* per l'economia circolare; $0 < I_c \leq 0.5$ Circolarità bassa; $0.5 < I_c \leq 1.5$ Circolarità media; $I_c > 1.5$ Circolarità alta.

7.3.1 Applicazione ai casi studio

Lo strumento di calcolo è stato applicato a due casi di studio: il primo, una bioraffineria che sfrutta il siero di latte come substrato nei diversi processi chimici, fisici e biologici per il recupero di energia e materia, sotto forma di biocarburanti e bioprodotti.

Il secondo ha riguardato un impianto a digestione anaerobica, anch'esso alimentato con siero di latte, utilizzato come scenario di confronto per poter analizzare i risultati ottenuti per entrambi i processi.

In Tabb 7.1 e 7.2 sono riportati, rispettivamente, lo strumento di calcolo per il caso studio di una bioraffineria e di un impianto a digestione anaerobica.

Tab 7.1 – Strumento di calcolo per il caso studio di una bioraffineria

ID	Fattore chiave	Fattori e sotto-fattori chiave	Valore del fattore chiave (F_{key})	Valore del sotto-fattore chiave ($f_{i,s-key}$)	Fattore chiave	Sotto-fattore chiave	Valore del sotto-fattore chiave ($f_{i,s-key}$)	Fattore di ponderazione ($f_{i,w}$)	$f_{i,s-key} \times f_{i,w}$
1	Consumo di risorse	9		1					
	Utilizzo di rifiuti come materia prima in ingresso all'impianto	+	5.00		1	1	0.03	0.15	
	Utilizzo materie prime a esaurimento in ingresso all'impianto (es. lignite)	-	-9.00		1	0	0.00	0.00	
	Sostituzione lignite nella combustione per la produzione di energia termica	+	4.00		1	1	0.02	0.10	
2	Aspetti economici	9		1					

	Vantaggio economico	+	1.50		1	1	0.01	0.01
	Incentivi economici	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Materie prime derivanti da biomassa	+	3.50		1	1	0.02	0.08
	Materie prime derivanti da comb. fossili	-	-4.50		1	0	0.00	0.00
	Immissione nel mercato del prodotto in uscita (ammendante ed energia)	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Reagenti a basso costo	+	2.00		1	1	0.01	0.02
	Necessità di automazione parametri e analisi di controllo	-	-1.50		1	1	0.01	-0.01
	Necessità di reagenti di "alta qualità"	-	-3.00		1	1	0.02	-0.06
3	Recupero dei materiali di scarto (uscite)	9		1				
	Sequestro della CO2 (emissioni ridotte)	+	2.50		1	1	0.02	0.04
	Produzione di polidrossialcanoati (PHA) da substrato utilizzato	+	0.50		1	1	0.00	0.00
	Produzione di aggregati utilizzabili come materiale da costruzione	+	1.50		1	1	0.01	0.01
	Riduzione delle emissioni dovute al processo di produzione dell'hydrochar	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Trattamento dei prodotti in uscita (acque di processo, digestato)	-	-4.00		1	0	0.00	0.00
	Maggiori emissioni in atmosfera dovute a produzione di ammendante	-	-5.00		0	0	0.00	0.00
	Utilizzo del prodotto gassoso in uscita (biogas/H2) come prodotto energetico	+	2.50		1	1	0.02	0.04
	Utilizzo frazione solida in uscita come ammendante/fertilizzante in agricoltura	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	ΣKF +++			3	18			
4	Impiego di sostanze utili al processo	5		1				
	Modifica al pH e alla salinità delle acque	-	-2.00		1	1	0.03	-0.05
	Necessità di impiego di sostanze da estrazione mineraria (es. zinco in IBES)	-	-0.50		1	1	0.01	0.00

	Necessità di sostituzione della soluzione anodica	-	-1.00		1	1	0.01	-0.01
	Impatti dovuti alla produzione di reagenti utili al processo (es. MDEA)	-	-1.50		1	1	0.02	-0.03
	Utilizzo di ammine per il trattamento del biogas	+	2.00		1	1	0.03	0.05
	Miglioramenti dei processi attraverso utilizzo di reagenti	+	3.00		1	1	0.04	0.12
5	Bilancio energetico		5	1				
	Consumo elevato di energia per il funzionamento dell'impianto	-	-5.00		1	1	0.07	-0.33
	Alto contenuto energetico per coprire fabbisogno del processo	+	3.50		1	1	0.05	0.16
	Recupero di energia dal processo di separazione della CO2	+	1.50		1	1	0.02	0.03
6	Riutilizzo di prodotti di scarto (ingressi)		5	1				
	Evitato smaltimento in discarica per il prodotto in ingresso	+	3.00		1	1	0.04	0.12
	Sversamento nell'ambiente dei reflui di produzione	-	-5.00		1	0	0.00	0.00
	Acqua in uscita utilizzabile per la fertirrigazione delle colture	+	2.00		1	1	0.03	0.05
7	Aspetti sociali		5	1				
	Incremento dei posti di lavoro	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Rischio biologico per lavoratori per presenza di possibili agenti patogeni	-	-0.50		1	0	0.00	0.00
	Emanazione cattivi odori	-	-1.00		0	0	0.00	0.00
	Elevato spazio di ingombro dell'impianto	-	-1.00		0	0	0.00	0.00
	Ridotto spazio di ingombro dell'impianto	+	1.50		1	1	0.02	0.03
	ΣKF ++			4	15			
8	Ricircolo delle acque in uscita dagli impianti di trattamento		1	1				
	Riutilizzo delle acque all'interno del processo	+	1.00		1	1	0.10	0.10

	Reintegro delle acque per determinati processi	-	-1.00		1	1	0.10	-0.10
	$\Sigma KF +$			1	2			
$\sum (f_{i,s-key} \times f_{i,w})$							0.57	
N_i							1.00	
I_C							0.57	

Fonte: elaborazione a cura di C. Galizia

Tab 7.2 – Strumento di calcolo per il caso studio di un impianto a digestione anaerobica

ID Fattore chiave	Fattori e sotto-fattori chiave	Valore del fattore chiave (F_{key})	Valore del sotto- fattore chiave ($f_{i,s-key}$)	Fattore chiave	Sotto- fattore chiave	Valore del sotto- fattore chiave ($f_{i,s-key}$)	Fattore di ponderazione (f_i)	$f_{i,s-key} \times f_{i,w}$
1	Consumo di risorse	9		1				
	Utilizzo di rifiuti come materia prima in ingresso all'impianto	+	5.00		1	1	0.04	0.20
	Utilizzo materie prime a esaurimento in ingresso all'impianto (es. lignite)	-	-9.00		0	0	0.00	0.00
	Sostituzione lignite nella combustione per la produzione di energia termica	+	4.00		0	0	0.00	0.00
2	Aspetti economici	9		1				
	Vantaggio economico	+	1.50		1	1	0.01	0.02
	Incentivi economici	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Materie prime derivanti da biomassa	+	3.50		1	1	0.03	0.10
	Materie prime derivanti da comb. fossili	-	-4.50		0	0	0.00	0.00
	Immissione nel mercato del prodotto in uscita (ammendante ed energia)	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	Reagenti a basso costo	+	2.00		1	1	0.02	0.03

	Necessità di automazione parametri e analisi di controllo	-	-1.50		1	1	0.01	-0.02
	Necessità di reagenti di "alta qualità"	-	-3.00		0	0	0.00	0.00
3	Recupero dei materiali di scarto (uscite)	9		1				
	Sequestro della CO2 (emissioni ridotte)	+	2.50		1	0	0.00	0.00
	Produzione di poliidrossialcanoati (PHA) da substrato utilizzato	+	0.50		1	1	0.00	0.00
	Produzione di aggregati utilizzabili come materiale da costruzione	+	1.50		1	0	0.00	0.00
	Riduzione delle emissioni dovute al processo di produzione dell'hydrochar	+	1.00		0	0	0.00	0.00
	Trattamento dei prodotti in uscita (acque di processo, digestato)	-	-4.00		1	1	0.03	-0.13
	Maggiori emissioni in atmosfera dovute a produzione di ammendante	-	-5.00		1	1	0.04	-0.20
	Utilizzo del prodotto gassoso in uscita (biogas/H2) come prodotto energetico	+	2.50		1	1	0.02	0.05
	Utilizzo frazione solida come ammendante/fertilizzante agricoltura	+	1.00		1	1	0.01	0.01
	ΣKF +++			3	14			
4	Impiego di sostanze utili al processo	5		1				
	Modifica al pH e alla salinità delle acque	-	-2.00		0	0	0.00	0.00
	Necessità di impiego di sostanze da estrazione mineraria (es. zinco in IBES)	-	-0.50		0	0	0.00	0.00

	Necessità di sostituzione della soluzione anodica	-	-1.00		0	0	0.00	0.00
	Impatti dovuti alla produzione di reagenti utili al processo (es. MDEA)	-	-1.50		1	1	0.02	-0.03
	Utilizzo di ammine per il trattamento del biogas	+	2.00		1	1	0.03	0.06
	Miglioramenti dei processi attraverso utilizzo di reagenti	+	3.00		1	1	0.05	0.14
5	Bilancio energetico	5		1				
	Consumo elevato di energia per il funzionamento dell'impianto	-	-5.00		1	1	0.08	-0.38
	Alto contenuto energetico per coprire fabbisogno del processo	+	3.50		1	1	0.05	0.19
	Recupero di energia dal processo di separazione della CO2	+	1.50		1	0	0.00	0.00
6	Riutilizzo di prodotti di scarto (ingressi)	5		1				
	Evitato smaltimento in discarica per il prodotto in ingresso	+	3.00		1	1	0.05	0.14
	Versamento nell'ambiente dei reflui di produzione	-	-5.00		1	0	0.00	0.00
	Acqua in uscita utilizzabile per la fertirrigazione delle colture	+	2.00		1	0	0.00	0.00
7	Aspetti sociali	5		1				
	Incremento dei posti di lavoro	+	1.00		1	1	0.02	0.02
	Rischio biologico per lavoratori per presenza di possibili agenti patogeni	-	-0.50		1	1	0.01	0.00
	Emanazione cattivi odori	-	-1.00		1	1	0.02	-0.02
	Elevato spazio di ingombro dell'impianto	-	-1.00		1	1	0.02	-0.02
	Ridotto spazio di ingombro dell'impianto	+	1.50		0	0	0.00	0.00
	ΣKF ++			4	13			

8	Ricircolo delle acque in uscita dagli impianti di trattamento	1		1				
	Riutilizzo delle acque all'interno del processo	+	1.00		1	1	0.20	0.20
	Reintegro delle acque per determinati processi	-	-1.00		0	0	0.00	0.00
	$\Sigma KF +$			1	1			
							$\sum (f_{i,s-Key} \times f_{i,w})$	0.37
							N_f	1.00
							I_c	0.37

Fonte: elaborazione a cura di C. Galizia

7.4 Conclusioni

In relazione ai risultati ottenuti, possiamo concludere che la bioraffineria ha mostrato un indice di circolarità medio ($I_c = 0,57$), mentre l'impianto di digestione anaerobica ha ottenuto un indice più basso ($I_c = 0,37$).

I fattori che hanno contribuito positivamente alla circolarità in entrambi i casi riguardano l'utilizzo di risorse rinnovabili, con risparmio di combustibili fossili, l'applicazione di tecnologie che consentono un minor impiego di reagenti e il riutilizzo dei sottoprodoti.

Sono emersi anche elementi che impattano negativamente sulla circolarità, come le emissioni generate, l'uso di reagenti per l'ottimizzazione dei processi e la necessità di trattare i prodotti finali per renderli utilizzabili.

Nel confronto tra i due scenari, la digestione anaerobica ha mostrato una circolarità inferiore a causa delle emissioni dovute alla produzione di ammendante e per l'assenza di un sistema integrato per la cattura della CO_2 .

L'insieme di questi fattori ha reso il primo scenario una soluzione preferibile sotto il profilo della circolarità.

7.5 Bibliografia

Del Pero S. (2022). *Valorization of cheese whey to bioenergy and bioproducts through biorefinery: a Life Cycle Assessment approach*. Tesi di Laurea magistrale. Università degli studi di Firenze

Rebelo A., Farabegoli G., Smallenburg R., Gunput S., Slotte E., Franco A., Alessi R. (2020). *Report on good practices to promote the transition to circular economy in urban*

and industrial water management: A new water circularity index. IMPEL report no 2019/10, 68 pages. Brussels, ISBN 978-2-931225-27-1

Saaty, T. L., 1980. *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation (Il processo di gerarchia analitica: pianificazione, determinazione delle priorità e distribuzione delle risorse)*. 1^a ed. NY: McGraw-Hill, New York

8. L'impatto della tassonomia UE nella Certificazione Ecolabel UE e EMAS

A cura di **Cristina Fernandez Gomez De Las Heras**, studentessa Master Management e Auditing di Sistemi Integrati per l'Ambiente, l'Energia, la Qualità e la Sicurezza per la Sostenibilità - Master SINT - Università di Pisa; Roberta **Alani**, tutor ISPRA, Area Valutazioni economiche, contabilità e sostenibilità ambientale, percezione e gestione sociale rischi ambientali

8.1 Introduzione

Per il raggiungimento degli obiettivi del [Green Deal Europeo](#) del 2019 e del [Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza \(PNRR\)](#), volti a ridurre le emissioni di gas serra e la lotta ai cambiamenti climatici verso la neutralità climatica entro il 2050, è necessario spingere e riorientare i flussi di capitali privati verso investimenti sostenibili. Il [Regolamento \(UE\) 2020/852](#) (Regolamento sulla Tassonomia UE), oltre a rappresentare il primo fondamentale pilastro normativo europeo in materia di finanza sostenibile, nell'ambito del "[Piano d'Azione per la finanza sostenibile](#)" del 2018, introduce un sistema unificato di classificazione delle attività economiche con specifici criteri tecnici (*screening criteria*) che ne misurano l'impatto ambientale, fornendo altresì a imprese e investitori, criteri uniformi per quanto riguarda le attività economiche che possono essere considerate ecosostenibili. In base a detto [Regolamento Tassonomia UE](#) un'attività economica è considerata "sostenibile dal punto di vista ambientale" se soddisfa le seguenti condizioni:

- contribuisce in maniera sostanziale a uno dei sei obiettivi ambientali: 1) mitigazione del cambiamento climatico; 2) adattamento ai cambiamenti climatici; 3) uso sostenibile e protezione delle acque e delle risorse marine; 4) transizione verso un'economia circolare; 5) prevenzione e riduzione dell'inquinamento; 6) protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi;
- non causa danno significativo a nessuno degli altri obiettivi (princípio del *Do Not Significant Harm* - DNSH);
- rispetta alcune garanzie minime di salvaguardia sociale, come quelle descritte nelle linee guida dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) per le multinazionali o nelle convenzioni dell'Organizzazione Internazionale del Lavoro (OIL) finalizzate alla tutela di diritti umani e di diritti dei lavoratori;
- è conforme ai criteri di vaglio tecnico (*screening criteria*) che vengono specificati dalla Commissione attraverso una normativa secondaria, gli Atti Delegati.

L'impatto della Tassonomia UE, insieme ad altri strumenti legislativi come il [Regolamento \(UE\) 2019/2088](#) (*Sustainable Finance Disclosure Regulation- SFDR*), la

[Direttiva \(UE\) n.2022/2464](#) (*Corporate Sustainability Reporting Directive* - CSRD) e [la Direttiva \(UE\) 2024/1760](#) (*Corporate Sustainability Due Diligence* (CSDD) comporterà che le società dovranno fornire un *reporting* di sostenibilità certificata e sottoposta a controllo indipendente¹.

8.2 Obiettivi

Il nuovo quadro legislativo europeo sulla finanza sostenibile è stato strutturato con lo scopo di fornire strumenti per riorientare gli investimenti del settore privato verso attività sostenibili, ai fini del perseguitamento delle politiche di de-carbonizzazione al 2030 e al 2050.

La Tassonomia UE stabilisce uno standard riconosciuto in tutti i Paesi europei per cui una certa attività economica possa essere classificata sostenibile, e quindi ricevere più facilmente finanziamenti pubblici e privati. Tenuto conto che nella Tassonomia UE, le certificazioni *Ecolabel UE* (marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea) e *EMAS* (*Eco-Management and Audit Scheme*) sono definite, per alcune attività economiche, come "strumento" di conformità ai criteri di vaglio tecnico (*screening criteria*) e i *DNSH criteria* (principio del *Do Not Significant Harm* – DNSH), l'obiettivo del tirocinio è stato un'analisi approfondita di tutti gli Atti Delegati della Tassonomia UE, al fine di valutare l'impatto della Tassonomia UE nell'ambito delle certificazioni *Ecolabel UE* e *EMAS* a livello italiano.

8.3 Attività svolta

Il marchio *Ecolabel UE*, istituito nel 1992 con il Regolamento (CEE) n. 880/1992 ed oggi disciplinato dal [Regolamento \(CE\) n. 66/2010](#), è il marchio di qualità ecologica per prodotti e servizi a ridotto impatto ambientale (marchio volontario di Tipo I - norma ISO 14024).

Il Regolamento *EMAS* CE/1221/2009 – (*Eco-Management and Audit Scheme* - Schema di Ecogestione ed Audit), così come modificato anche dai Regolamenti (UE) 2017/1505 e 2018/2026, descrive un sistema di gestione ambientale a carattere volontario per le organizzazioni pubbliche e private che desiderano impegnarsi a valutare e migliorare le proprie prestazioni ambientali.

Entrambi gli strumenti sono volontari e riconosciuti a livello europeo.

¹ Aggiornamento normativo "Pacchetto Omnibus" del 26.02.2025. Il Pacchetto Omnibus è un insieme di proposte legislative della Commissione Europea per semplificare le normative sulla sostenibilità aziendale (<https://www.isprambiente.gov.it/files2025/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/pacchetto-omnibus-le-modifiche-degli-obblighi-di-rendicontazione-in-sintesi.pdf>)

Ai fini della ricerca è stata effettuata un'analisi approfondita delle attività economiche sostenibili, definite negli Atti Delegati della Tassonomia UE, al fine di identificare la presenza delle certificazioni *EMAS* ed *Ecolabel UE* come strumenti di conformità per gli *screening criteria* e i *DNSH criteria* per determinate attività economiche.

L'architettura della Tassonomia UE, regolamentata dal Regolamento (UE) 2020/852, è composta da una serie di Atti Delegati.

Il primo Atto Delegato ha definito le attività considerate sostenibili sotto il profilo dei primi due obiettivi (adattamento e mitigazione del cambiamento climatico). Il *Climate Delegated Act* è stato adottato il 4 giugno 2021 ([Regolamento delegato UE 2021/2139](#)), integrato successivamente con un atto delegato complementare ([Atto Delegato complementare 2022/1214](#)) con l'inclusione delle attività economiche legate all'energia nucleare e al metano.

Il secondo Atto Delegato ([Regolamento delegato \(UE\) 2023/2486](#)) è stato pubblicato il 27 giugno 2023, ed ha riguardato i restanti quattro obiettivi della Tassonomia UE, stabilendo i criteri di vaglio tecnico per:

- uso sostenibile e alla protezione delle acque e delle risorse marine (allegato I);
- transizione verso un'economia circolare (allegato II);
- prevenzione e riduzione dell'inquinamento (allegato III);
- protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi (allegato IV).

I settori e attività economiche della Tassonomia UE sono associati ai *codici NACE*², che possono essere imputati in modo singolo o multiplo.

Dall'analisi è emerso che le certificazioni *EMAS* ed *Ecolabel UE* sono presenti [nell'Allegato IV, protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi del Regolamento delegato \(UE\) 2023/2486](#), per l'attività economica ["Alberghi, alloggi per vacanze, aree di campeggio e alloggi simili"](#). Nel suddetto Atto Delegato è prevista, per la conformità dei criteri di vaglio tecnico, il possesso di una certificazione rilasciata da parte di terzi, nello specifico è richiesta la certificazione *EMAS* (sistema dell'UE di ecogestione e *audit* secondo la norma ISO 14001:2015) e/o il possesso del marchio *Ecolabel UE*. Al punto 2.1 ["Alberghi, alloggi per vacanze, aree di campeggio e alloggi simili"](#), dell'Allegato IV, viene indicata la tipologia di attività: *"Descrizione dell'attività. La prestazione di alloggi a breve termine per il turismo, con o senza servizi associati, compresi servizi di pulizia, di ristorazione, parcheggi, servizi di lavanderia, piscine e palestre, strutture ricreative nonché congressuali"*.

Le tipologie di strutture ricettive soggette alla Tassonomia UE sono: *"a) alberghi e motel di ogni genere; b) case di villeggiatura; c) appartamenti, bungalow, villette e cabine per visitatori; d) ostelli della gioventù e rifugi di montagna; e) aree di campeggio e aree attrezzate per camper e roulotte; f) spazi e strutture per veicoli da diporto; g)*

² Il codice NACE (*Statistical Classification of Economic Activities in the European Community*) è la classificazione standard europea delle attività economiche produttive.

aree ricreative e aree per la pesca e la caccia; h) rifugi o bivacchi per tende da campeggio o sacchi a pelo." Sono escluse le seguenti attività economiche "a) l'offerta di case e di appartamenti ammobiliati o non ammobiliati per un utilizzo più prolungato, generalmente su base mensile o annuale; b) le navi da crociera." Le attività economiche di questa categoria possono essere associate a diversi codici NACE, in particolare ai codici I55.10, I55.20 e I55.30 conformemente alla classificazione statistica delle attività economiche definita dal Regolamento (CE) n. 1893/2006. Nei criteri di vaglio tecnico, per queste attività produttive, la certificazione *EMAS* ed *Ecolabel UE* è indicata al punto 3.2. "per gli esercizi ricettivi con più di 50 dipendenti, l'attività soddisfa uno dei criteri seguenti:

- a) *l'esercizio dispone di un sistema di gestione ambientale (EMS) che prevede una certificazione da parte di terzi, come il sistema dell'UE di ecogestione e audit (EMAS), la norma ISO 14001:2015³ o equivalente, allineato alle migliori pratiche di gestione ambientale e alle prestazioni di riferimento come il documento di riferimento EMAS per il settore del turismo o norme nazionali o internazionali equivalenti;*
- b) *all'esercizio è stato assegnato un marchio Ecolabel UE per le strutture ricettive o un marchio equivalente EN ISO 14024:2018⁴ di tipo I o un marchio volontario equivalente che soddisfi requisiti equivalenti".*

Inoltre, il richiamo alla certificazione *Ecolabel UE* e alle etichette di tipo I è presente anche al punto 3 "Catena di approvvigionamento sostenibile e sistema di gestione ambientale" dove è indicato "Una congrua parte dei prodotti dell'esercizio (come gli alimenti, le bevande, i prodotti in legno – compresi i mobili – in carta, cartone e plastica) è conforme alle migliori pratiche di mercato e certificata secondo standard ambientali. L'esercizio si impegna a un miglioramento continuo della parte di prodotti certificati da una terza parte indipendente". Dove per "standard ambientali" si fa riferimento ai criteri *l'Ecolabel EU* per le strutture ricettive, in conformità della *Decisione (UE) 2017/175*, del 25 gennaio 2017. Le certificazioni *EMAS* ed *Ecolabel EU* sono state incluse nella Tassonomia UE perché sono degli strumenti di economia circolare riconosciuti a livello europeo da oltre 30 anni. Le sopraindicate certificazioni permettono alle strutture ricettive di migliorare le loro prestazioni ambientali in termini di efficientamento energetico e idrico, riduzione e gestione dei rifiuti, promuovere l'informazione e l'educazione ambientale.

8.3.1 Stato dell'arte delle certificazioni *EMAS* ed *Ecolabel UE* a livello italiano

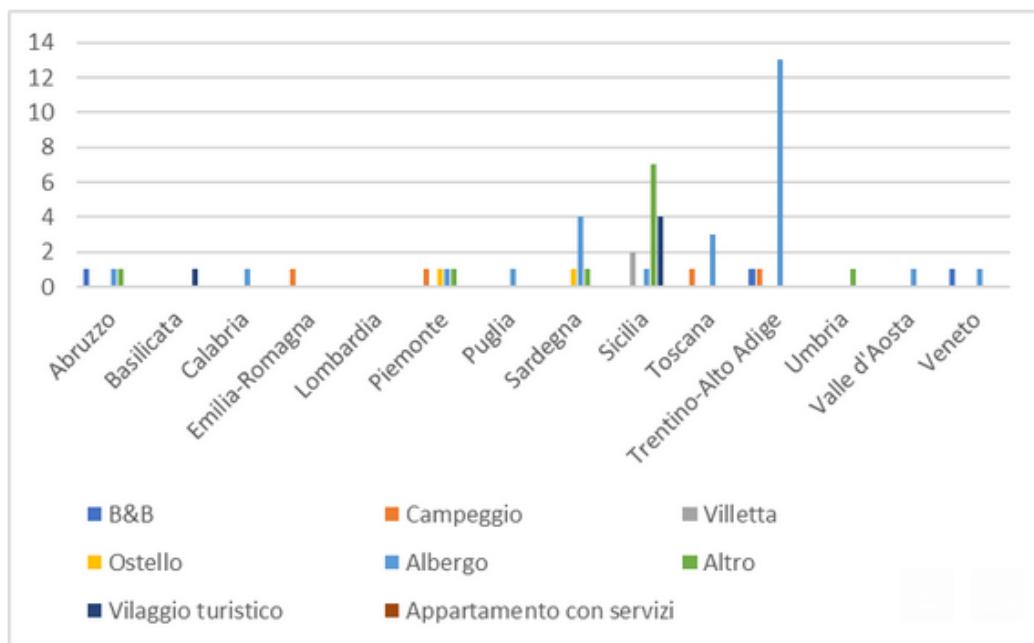
Con lo scopo di comprendere l'impatto che la Tassonomia UE avrà per il settore turistico, la ricerca, si è concentrata, inoltre, sull'analisi dello stato dell'arte delle

³ Norma ISO 14001:2015, Sistemi di gestione ambientale – Requisiti e guida per l'uso.

⁴ Norma ISO 14024:2018, Etichette e dichiarazioni ambientali – Etichettatura ambientale di Tipo I – Principi e procedure.

certificazioni *EMAS* ed *Ecolabel UE* a livello italiano. In Italia, per l'anno 2023, le strutture ricettive *Ecolabel EU* sono n° 54. Principalmente le strutture ricettive certificate *Ecolabel UE* sono: n° 3 "B&B", n° 4 "Campeggio", n° 2 "Villetta", n° 2 "Ostello", n° 27 "Albergo", n° 11 "Altro" e n° 5 "Villaggio turistico". Risultano più numerose nel Trentino-Alto Adige con n° 15 strutture certificate ed in Sicilia con n° 14 strutture certificate *Ecolabel UE* (Fig 8.1).

Fig 8.1 – Confronto tra le strutture certificate Ecolabel UE per regione e tipologia - 2023



Fonte: *The EU Ecolabel Tourist Accommodation Catalogue* - grafico rielaborato da C. Fernandez Gomez De Las Heras

In Italia, le strutture ricettive certificazione *EMAS* per l'anno 2023 sono n° 20 (Fig 8.2). Principalmente le strutture ricettive certificate *EMAS* sono: n° 13 "alberghi e alloggi simili" (codice NACE 55.10) seguito da n°5 "alloggi per vacanze e altri soggiorni di breve durata" (codice NACE 55.20) e da n° 2 "Aree di campeggio, parcheggi per veicoli ricreativi e parcheggi per roulotte" (codice NACE 55.30).

Fig 8.2 – Confronto tra le strutture certificate EMAS per regione e tipologia - 2023



Fonte: [EMAS Register](#) - grafico rielaborato da C. Fernandez Gomez De Las Heras

8.4 Conclusioni

Dall'analisi si evince che le certificazioni EMAS ed *Ecolabel UE* sono presenti in modo limitato nella Tassonomia UE, ad eccezione del settore dedicato alle strutture ricettive, dove sono state incluse tra i criteri di vaglio tecnico nell'Allegato IV del Regolamento delegato (UE) 2023/2486.

Nel 2023, le certificate EMAS ed *Ecolabel UE*, a livello italiano, non sono ancora molto diffuse nel settore turistico rispettivamente con n° 20 strutture ricettive certificate EMAS e n° 54 con il marchio *Ecolabel UE*.

Nel prossimo futuro, con l'applicazione della Tassonomia UE, è prevedibile un aumento di queste certificazioni a livello italiano ed europeo.

Attraverso l'applicazione degli schemi di *Ecolabel* e EMAS intravediamo come questi strumenti aiutino a indirizzare e chiarire se una attività è allineata ai criteri della Tassonomia UE per il settore del turismo. Questo comporterà un vantaggio per gli investitori, soggetti alla rendicontazione della Tassonomia EU, che potranno far riferimento alle certificazioni EMAS ed *Ecolabel* come "marchi" di qualità sostenibili per il settore turistico. Inoltre, saranno avvantaggiate anche le strutture ricettive che hanno intrapreso un percorso virtuoso di sostenibilità, quindi certificate EMAS o *Ecolabel UE*, essendo tali strutture conformi alla maggior parte dei criteri di vaglio tecnico della Tassonomia UE per il settore turistico e potendo così accedere più facilmente a finanziamenti pubblici e privati.

8.5 Sitografia

[Regolamento \(UE\) 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020](#)

[Regolamento delegato \(UE\) della Commissione che modifica il regolamento delegato \(UE\) 2021/2139 del 4 giugno 2021](#)

[Regolamento delegato della Commissione \(UE\) 2021/2178 del 6 luglio 2021](#)

[Regolamento delegato \(UE\) 2023/2486 -Allegato IV](#)

[Regolamento della Commissione \(CE\) n. 66/2010 del 25 novembre 2009.](#)

[Regolamento della Commissione \(UE\) 2017/1941 del 24 ottobre 2017](#)

[Regolamento della Commissione \(CE\) 1221/2009 del 29 novembre 2009](#)

[Regolamento del Parlamento Europeo e del consiglio \(CE\) n. 1893/2006 del 20 dicembre 2006](#)

9. Metodologie di calcolo per la valutazione di processi di Land Degradation e desertificazione

A cura di Giacomo **Guidotti**, studente di Monitoraggio e riqualificazione ambientale, Sapienza Università di Roma; Nicola **Riitano**, tutor ISPRA, Area per il monitoraggio e l'analisi integrata dell'uso del suolo e delle trasformazioni territoriali ed i processi di desertificazione

9.1 Introduzione

Il "degrado del suolo" è una riduzione o perdita della capacità produttiva biologica della risorsa suolo con ripercussioni anche sulla sfera sociale ed economica.

Il processo di degrado del suolo è legato all'intensificarsi dei cambiamenti climatici e all'attività antropica.

La "desertificazione" può essere intesa come stadio estremo del degrado del suolo nelle aree aride e semiaride, comportando la scomparsa graduale della biosfera.

Negli ultimi decenni, l'analisi dello stato e delle tendenze dei suoli alla desertificazione e degrado hanno acquisito sempre maggior importanza nel dibattito di interfaccia politico-scientifico.

Nel novembre 2021, infatti, la Commissione Europea ha deliberato l'approvazione della "[Strategia del suolo per il 2030](#)" con l'intento di sottolineare l'importanza della salute del suolo per il raggiungimento degli obiettivi relativi al clima e alla biodiversità, delineati nel *Green Deal*. L'obiettivo primario della *Strategia* è il conseguimento di una condizione di "buona salute" di tutti gli ecosistemi terrestri entro il 2050, tramite l'attuazione di azioni concrete entro il 2030.

La Commissione Europea ha come intento di instaurare, per i suoli, un grado di tutela analogo a quello già esistente nell'Unione Europea per l'acqua, l'ambiente marino e l'aria ed è in corso la discussione per la proposta di una direttiva per una legge sul monitoraggio del suolo.

Assume, quindi, un ruolo fondamentale la realizzazione di un sistema di monitoraggio efficace e un insieme di metodologie efficienti per la raccolta e l'analisi dei dati.

Al centro dello studio, l'ottimizzazione dei processi di calcolo per gli "indicatori di degrado del suolo" e la formulazione di una metodologia per l'individuazione delle aree maggiormente colpite nel nostro Paese, strumenti di supporto alle politiche economiche ed alla allocazione delle risorse per i territori maggiormente colpiti da questo fenomeno.

9.2 Obiettivi

Scopo del tirocinio è stata la realizzazione di una metodologia per il calcolo e la valutazione dei processi di degrado del suolo, per l'individuazione di *hotspot* di degrado sul territorio nazionale.

Si è proceduto, dapprima, all'identificazione, in maniera analitica, le zone sottoposte alle maggiori pressioni ambientali, per poter individuare, poi, le misure necessarie per una gestione o un recupero ottimale, mirato ed efficace.

Successivamente si è passati al calcolo dell'indicatore di sviluppo sostenibile proposto da UNCCD (*United Nation Convention to Combat Desertification*) SDG 15.3.1 con metodologia UNCCD, ma con dati di elaborazione di maggior dettaglio, e sulla base di questi, si è stabilito un metodo coerente e replicabile di individuazione di *hotspot* e *brightspot* per il territorio nazionale.

Tramite caratterizzazione, sia l'SDG 15.3.1 che *hotspot* e *brightspot*, sono stati analizzati per una maggiore comprensione delle cause di degrado e la loro correlazione a fattori di varia natura.

9.3 Attività svolta

Le attività svolte possono essere riassunte nel seguente diagramma in Fig 9.1:

Fig 9.1 – Diagramma riassuntivo



Il calcolo dei primi tre parametri sotto indicatori dell'SDG 15.3.1, nel primo riquadro della figura, è stato propedeutico all'elaborazione dell'indicatore tramite una loro combinazione.

L'indicatore fa parte degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite, in particolare si riferisce all'Obiettivo 15 incentrato su *"life on land"*. Il target specifico è il 15.3, nato allo scopo di combattere la desertificazione, ripristinare le terre e i suoli degradati, inclusi quelli colpiti da desertificazione, siccità e inondazioni, e di raggiungere un degrado di territorio pari a zero entro il 2030. In tal senso, l'indicatore 15.3.1 *"Portion of land that is degraded over total land area"*.

La metodologia *standard* per la sua elaborazione, attuata dalla UNCCD, prevede l'utilizzo di fonti di dati definite.

Per le attività i dati utilizzati sono stati di maggiore dettaglio, basandosi sulle indicazioni fornite da ISPRA nei *report* annuali riguardanti il consumo di suolo (Rapporto nazionale "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici").

Le elaborazioni sono state effettuate in ambiente GIS (*Global Positioning System*), attraverso strumenti di *geoprocessing* e pacchetti per il calcolo dei sottoindicatori dell'indicatore SDG 15.3.1.

Il primo sotto indicatore è la "produttività", la capacità degli organismi autotrofi di convertire il carbonio organico atmosferico in biomassa. L'indicatore normalmente utilizzato come *proxy* per la produttività primaria netta (NPP) è l'Indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI) calcolato a partire da informazioni spettrali di riflettanze dell'infrarosso e del vicino infrarosso.

Ad oggi, per valutare la variazione della produttività primaria nel tempo attraverso la risposta della produttività alle variazioni di umidità, viene usata la *Water Use Efficiency* (WUE). Essa è in grado di definire la quantità di carbonio assimilato sotto forma di biomassa o di cereali prodotti per unità di acqua utilizzata dalla cultura. A partire dalla precipitazione totalmente assimilabile su un'area la WUE tiene conto del bilancio idrico tra *run-off* (ruscellamento superficiale), *groundwater recharge* (ricarica delle falde e infiltrazioni) ed evapotraspirazione.

Il successivo sotto indicatore è riferito alla copertura di suolo e a come varia nel corso del tempo. Per raccogliere i dati necessari alla realizzazione della *baseline* 2000-2016 sono stati scaricati da [Copernicus.eu](https://copernicus.eu) i *layer* riferiti ai cambiamenti di copertura del suolo (*Land Cover Change*) avvenuti dal 2000 al 2006 e dal 2006 al 2012. Questi dati sono in grado di indicare un cambiamento in alcune caratteristiche continue del terreno, come il tipo di vegetazione o di copertura, mostrando la classe di partenza e quella di fine attraverso un codice. Si è scelto di utilizzare lo strato informativo dei *Change* perché dotato di *Minimum Mapping Unit* inferiore.

L'ultimo sotto-indicatore dell'SDG15.3.1 è la variazione del carbonio organico nei primi 30 cm di suolo (SOC - *Soil Organic Carbon*).

Per il calcolo di questa componente è stata utilizzata, dopo riproiezione e filtro areale, la *Global Soil Organic Carbon Map 1.5* [dal sito FAO](https://www.fao.org/faostat/en/#data/Soil) (FAO e ITPS, 2020) relativa al carbonio organico presente nei primi trenta cm, ritagliata sui confini nazionali. Successivamente, tramite l'importazione di un *dataset* SOC personalizzato, è stata calcolata la distribuzione delle tonnellate di carbonio per *pixel*, con riferimento temporale al 2007, anno centrale rispetto al periodo intero dei campionamenti, calcolato con media pesata delle epoche dell'intero *dataset* (per i quali sono disponibili numero di campioni suddivisi per anno di raccolta). Ottenuti questi tre sotto indicatori, sono stati combinati per il calcolo dell'SDG 15.3.1 per un periodo di *baseline* 2000-2015 e uno di *reporting* 2004-2019. Infine, sono stati confrontati e

combinati, tramite calcolo *raster* condizionale in *software GIS*, per determinare la *Land Degradation* 200-2019 SDG 15.3.1. L'SDG è stato caratterizzato con *file* relativi ad Aree Protette, incendi, *Digital Elevation Model*, distanza dalla costa e copertura di suolo. Per ognuno di questi elementi, deciso un parametro specifico variabile in funzione del dato, sono state individuate delle categorie: la distanza dalla costa individua aree costiere e non; la copertura di suolo per indicare la copertura stessa e dedurne l'uso; il DEM per separare *spot* di pianura, 0-300 m, collina, 300-600m, e montagna, superiore ai 600 m e infine gli incendi per una classificazione in base alla loro estensione.

Si è proceduto, poi, separando le aree degradate, *hotspot* di degrado, da quelle migliorate, *brightspot* tramite la selezione di un filtro in grado di raggiungere l'obiettivo. *Hotspot* e *brightspot* sono stati, poi, caratterizzati con gli stessi parametri usati precedentemente per l'SDG.

9.4 Conclusioni

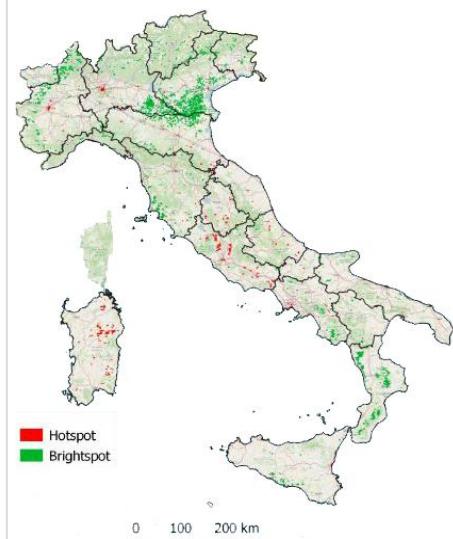
L'unione dei tre sotto indicatori tramite calcolo SDG per i due periodi, *baseline* e *reporting*, e la loro successiva combinazione per formare la *Land degradation* SDG 15.3.1 delineano un quadro generale dal quale possono essere tratte delle considerazioni, valide anche per *hotspot* e *brightspots* (Fig 9.2). Le regioni di centro e nord ovest, unitamente alle isole, sono quelle con maggior consumo e degrado di suolo, ma i motivi possono non essere comuni.

Le isole Sicilia e Sardegna, a causa dei campi fotovoltaici, hanno tassi di degrado molto alti, che nel medio periodo dovrebbero, però, arrestarsi poiché la costruzione di impianti ha raggiunto un picco che rallenterà per poi fermarsi.

Le altre regioni, invece, sono interessate, principalmente, da costruzione di opere artificiali e deterioramento del suolo già presente. Le aree convertite a zone abitative o industriali risultano essere in aumento.

Particolarmente rappresentativa di un altro fenomeno di degrado, la desertificazione, è la Sardegna. Diversi studi effettuati sul campo, confermano il verificarsi del fenomeno nelle aree agricole. L'insieme di diversi fattori tra i quali la siccità, le cattive

Fig 9.2 - Hotspot e brightspot



Fonte: basemap - OSM

pratiche di gestione e i numerosi incendi che hanno interessato continuamente l'area, stanno aggravando il fenomeno che sembra non fermarsi.

Le cause di degrado su aree montane come gli appennini non trovano risposta fra le spiegazioni precedenti. Si potrebbe ipotizzare una causa non dovuta all'attività diretta dell'uomo, ma nel cambiamento climatico indotto indirettamente dalle attività umane, oppure in una gestione selvicolturale. Tuttavia, si può notare come la superficie degradata sia concentrata a quote inferiori, diminuendo all'aumentare dell'altitudine, le aree maggiormente degradate sono quelle più vicine alla linea di costa. Soprattutto nei primi metri, il degrado è molto alto principalmente per la presenza delle opere di difesa della costa dall'erosione e per la costruzione di infrastrutture portuali. Nelle zone costiere il *trend* registrato è di miglioramento, specie nelle aree di spiaggia libera dove le aree dunali rivestono un ruolo fondamentale nella protezione degli ecosistemi costieri. Allontanandosi dalla costa si osserva una graduale e costante diminuzione del degrado e un aumento del miglioramento.

Sono molte le aree protette che hanno l'obiettivo di contribuire all'arresto della perdita di biodiversità tramite una gestione e protezione degli ecosistemi e quindi indirettamente del suolo.

Prendendo in considerazione tutte le 875 aree protette italiane, le zone maggiormente caratterizzate da fenomeni di degrado sono generalmente di dimensioni contenute. Quelle maggiormente degradate sono spesso frammentate o vicino ad aree urbanizzate

Dalla Fig 9.2 si potrebbe, erroneamente, concludere che siano presenti più aree di miglioramento che di degrado, ma non è per forza così. Per la selezione di entrambe è stato deciso di scegliere un'area di selezione. Il fenomeno di degrado, molto spesso, non è continuo ed omogeneo sul territorio, a differenza di quello di miglioramento che riguarda perlopiù aree continue.

Basti pensare a fenomeni come frammentazione, o, più in generale, a interventi relativamente piccoli, ma distribuiti in maniera eterogenea. Questo tipo di mosaico che si andrebbe a creare verrebbe quindi escluso dalla selezione.

Come prevedibile, la maggior parte degli *hotspot* coincidono con le aree urbane o suburbane, mentre i *brightspot* riguardano aree montane e una buona parte della foce del fiume Po, in Pianura Padana.

Nella regione Emilia-Romagna, principalmente nelle zone agricole, è possibile osservare una discreta concentrazione di *brightspot*.

Nella zona del delta del Po e nelle aree interne sono stati attuati vari progetti di miglioramento del settore agricolo con progetti come *HelpSoil* con lo scopo di rendere più efficiente il settore agricolo, dall'uso dei fitosanitari alla gestione della risorsa.

Tutte le elaborazioni sono state, poi, validate tramite generazione di punti sul territorio nazionale, una selezione casuale e una fotointerpretazione, confrontando immagini del periodo di *baseline* con quelle di *reporting*, osservando i fenomeni di degrado o miglioramento del suolo.

Nel 2024 è stata approvata la [restoration law](#) che mira a ripristinare gli ecosistemi degradati e migliorare la biodiversità nei paesi membri; quindi è necessario individuare le aree dove agire.

9.5 Bibliografia

FAO and ITPS (2020). *Global Soil Organic Carbon Map V1.5: Technical Report*. Roma, FAO

Motroni, A., Canu, S., Bianco, G., Loj, G. (2009). *Monitoring Sensitive Areas to Desertification in Sardinia: The Contribute of The Regional Agrometeorological Service*

Munafò M. (Ed.). (2023). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2023. Report SNPA 37/23

United Nations (2017). *United Nations Convention to Combat Desertification*. The Global Land Outlook, first edition. Bonn, Germany

10. Analisi e confronto dei processi di trattamento delle acque reflue nelle raffinerie italiane e recupero delle acque

*A cura di Rosa **Mancini**, studentessa di Biotecnologie per le biorisorse e lo sviluppo ecosostenibile, Università degli Studi di Verona; Roberto **Borghesi**, tutor ISPRA, Servizio per i Rischi e la sostenibilità ambientale delle tecnologie*

10.1 Introduzione

I "reflui" sono definiti come acque che, a seguito del loro utilizzo in vari processi - quali quelli industriali, civili e agricoli - hanno perso le caratteristiche originarie, rendendosi inadeguate a un impiego diretto.

L'acqua è utilizzata in molteplici contesti antropici, generando reflui con caratteristiche chimico-fisiche variabili, arricchendosi di sostanze chimiche e contaminanti. Il trattamento delle acque reflue riveste un'importanza fondamentale per diverse ragioni. In primo luogo, tali acque possono contenere agenti patogeni, sostanze chimiche tossiche e contaminanti, costituendo un significativo rischio per la salute umana e animale. In secondo luogo, in assenza di un adeguato trattamento, i reflui possono inquinare corpi idrici, come fiumi, laghi e mari, danneggiando gli ecosistemi acquatici e contribuendo alla diminuzione della biodiversità. Inoltre, il trattamento delle acque reflue consente il recupero di acqua per usi non potabili, quali l'irrigazione agricola e il raffreddamento industriale, supportando una gestione sostenibile delle risorse idriche. Un'efficace gestione del trattamento contribuisce altresì a ridurre la quantità di rifiuti solidi e inquinanti destinati alle discariche e agli ecosistemi, minimizzando così l'impatto ambientale complessivo. Infine, è opportuno sottolineare che la maggior parte dei paesi dispone di normative rigorose in materia di trattamento delle acque reflue, il rispetto di tali normative è essenziale non solo per evitare sanzioni, ma anche per garantire la salvaguardia dell'ambiente.

10.1.1 Tipologie e caratteristiche dei reflui

I reflui vengono classificati dal D. Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale) in tre tipologie distinte, ognuna caratterizzata da peculiarità specifiche:

- i Reflui Domestici vengono definiti come: *"acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche"*;
- i Reflui Industriali come: *"qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento"*;

-
- i Reflui Urbani come: *"acque reflu domestiche o il miscuglio di acque reflu domestiche, di acque reflu industriali ovvero meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato".*

In aggiunta a queste categorie, menziona un'altra tipologia di acque: le acque meteoriche di dilavamento. Sebbene tali acque siano riconducibili a fenomeni naturali, possono essere influenzate dall'attività antropica, interagendo con l'ambiente in maniera potenzialmente dannosa. Infatti, a seconda del contesto in cui si riversano e delle modalità di raccolta, le acque meteoriche di dilavamento possono trasportare sostanze inquinanti verso i corpi recettori. Le acque meteoriche di dilavamento sono costituite dalle acque piovane, che, depositandosi sul suolo, dilavano le superfici e raggiungono indirettamente i corpi recettori. Quando queste acque vengono convogliate nella rete fognaria, si mescolano con i reflui domestici e/o industriali, contribuendo alla formazione delle acque reflu urbane.

10.1.2 Impianti di trattamento presenti all'interno delle raffinerie

I reflui derivanti dalle attività industriali presentano caratteristiche specifiche in relazione ai processi produttivi da cui originano.

I reflui industriali vengono trattati con processi chimico, fisici dedicati che possono essere combinati per garantire lo smaltimento adeguato delle componenti caratteristiche dei rifiuti. Gli impianti di trattamento sono costituiti da strutture industriali in cui si eseguono una serie di operazioni finalizzate a rimuovere le sostanze inquinanti dalla fase acquosa, utilizzando sistemi meccanici e biologici. All'interno di un impianto di trattamento si possono generalmente distinguere due linee principali: la linea acque e la linea fanghi.

Nella linea acque, i liquami grezzi subiscono vari tipi di trattamento, suddivisi in fasi preliminari (grigliatura, dissabbiatura, disoleazione, equalizzazione e omogenizzazione), primarie (sedimentazione), secondarie (ossidazione, sedimentazione) e terziarie (chiariflocculazione, filtrazione, disinfezione).

Nella linea fanghi, i fanghi vengono separati dal refluo chiarificato e trattati durante le fasi di sedimentazione previste nella linea acque. Le operazioni che seguono includono: pre-ispezzimento, digestione, post-ispezzimento, condizionamento chimico e disidratazione. L'obiettivo di questa linea è duplice: da un lato, ridurre il volume dell'acqua presente nei fanghi e, dall'altro, stabilizzare il materiale organico (rendendolo imputrescibile) e distruggere gli organismi patogeni, in modo da rendere lo smaltimento finale meno costoso e meno dannoso per l'ambiente. Il refluo chiarificato viene convogliato in una condotta denominata emissario, con recapito finale nelle acque superficiali o nello strato superficiale del terreno. L'effluente finale trattato, con le adeguate caratteristiche, può essere riutilizzato, ad esempio per l'irrigazione o per l'estinzione di incendi, contribuendo così all'implementazione di un sistema economico circolare.

10.1.3 Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)

L'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) rappresenta il provvedimento necessario per autorizzare l'esercizio di un'installazione a determinate condizioni, assicurando la conformità ai requisiti stabiliti dalla Direttiva IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*), prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, come delineato nel Titolo III-bis della parte seconda del D. Lgs. 152/2006.

Questa normativa riguarda specificamente le emissioni industriali e le prestazioni ambientali associate alle migliori tecniche disponibili (BAT - *Best Available Techniques*).

Un'AIA può essere rilasciata per una o più installazioni o per parti di esse, purché localizzate sul medesimo sito e gestite dallo stesso operatore. Le tipologie di domande che possono essere presentate dal Gestore includono:

- **AIA per nuova installazione:** l'installazione non è ancora operativa e necessita dell'Autorizzazione Integrata Ambientale per poter avviare l'esercizio, richiesta dall'operatore all'autorità competente;
- **prima AIA per installazione esistente:** per un'installazione già operativa, è richiesta l'Autorizzazione Integrata Ambientale al fine di proseguire l'esercizio;
- **riesame AIA:** l'Autorità Competente può disporre un riesame, anche in termini tariffari, dell'autorizzazione dell'installazione nel suo complesso, entro quattro anni dalla pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea delle decisioni sulle *Best Available Techniques* relative all'attività principale dell'installazione, o trascorsi dieci anni dal rilascio dell'AIA o dall'ultimo riesame. Il riesame può essere avviato anche su proposta di altre amministrazioni o su iniziativa dell'operatore, in relazione a specifiche criticità o nuovi elementi istruttori acquisiti;
- **riesame avviato in adempimento della prescrizione AIA:** si attiva a seguito della presentazione da parte dell'operatore, in adempimento di una specifica disposizione contenuta nel provvedimento di AIA, di un'istanza contenente nuovi elementi istruttori;
- **AIA per modifica sostanziale:** l'operatore che intende apportare modifiche sostanziali a un'installazione già autorizzata deve richiedere il rilascio di una nuova autorizzazione;
- **aggiornamento AIA per modifica sostanziale:** si applica quando le modifiche proposte dall'operatore all'Autorità Competente non comportano effetti negativi significativi sull'ambiente.

10.1.4 Best Available Techniques (BAT)

Le Migliori Tecniche Disponibili (BAT) rappresentano le soluzioni tecniche ottimali in ambito impiantistico, gestionale e di controllo, finalizzate a garantire un elevato livello di protezione ambientale. Ciò avviene, ad esempio, attraverso la riduzione delle emissioni inquinanti e l'ottimizzazione dell'uso delle materie prime nel processo produttivo. Le BAT sono soggette a periodici aggiornamenti, in linea con le innovazioni e i progressi tecnologici conseguiti. I documenti di riferimento, noti come *BAT Reference Documents* (BRefs), sono elaborati per promuovere una conoscenza diffusa ed efficace delle BAT disponibili. Le conclusioni relative alle BAT forniscono le fondamenta tecniche necessarie per stabilire le condizioni per il rilascio delle autorizzazioni ambientali relative alle installazioni.

10.1.5 Le raffinerie italiane prese in analisi

In Italia, le raffinerie sottoposte ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) di competenza statale sono attualmente 13, distribuite in diverse regioni e prevalentemente concentrate in aree industriali e nelle vicinanze dei porti. Questa collocazione strategica facilita l'importazione di greggio e l'esportazione dei prodotti raffinati. Tra queste, si segnalano due bioraffinerie, situate a Gela e a Venezia, che rappresentano un'importante evoluzione nel settore energetico e chimico, orientata verso la produzione di biocarburanti, biochimici e biomateriali a partire da biomasse rinnovabili. Su 13 installazioni, solo 9, fatta eccezione per l'impianto *Nord di Luke oil ex ISAB- Industria Siciliana Asfalti e Bitumi* ubicato a Priolo Gargallo, trattano i reflui all'interno dello stabilimento, i restanti stabilimenti, previo adeguati trattamenti, inviano i reflui ad *Hub* consortili gestite da terzi. Per quanto riguarda il recupero e il riutilizzo delle acque, sono 8 le raffinerie che implementano tali pratiche, sebbene solo 6 di esse riutilizzino le acque di processo, con una percentuale di recupero che si attesta intorno al 30%.

Le acque soggette al recupero solitamente subiscono un processo di demineralizzazione, vengono usate come reintegro nelle torri di raffreddamento, vengono utilizzate per spegnere gli incendi e/o per i servizi interni, quali pulizia e lavaggi. In merito ai trattamenti delle acque reflue, 12 raffinerie effettuano trattamenti preliminari, tra cui la disoleazione e la coagulazione, che sono i processi più comuni in questa fase. Per quanto riguarda i trattamenti secondari, 11 raffinerie adottano pratiche quali la flocculazione e la flottazione, che rappresentano i trattamenti più frequentemente utilizzati.

Infine, 12 raffinerie implementano trattamenti terziari, con un ricorso prevalente al trattamento biologico e alla filtrazione, che sono i processi maggiormente impiegati.

Per quanto concerne la gestione dei fanghi, 9 raffinerie presentano una linea di trattamento, che include processi più comuni quali l'ispessimento e la disidratazione.

10.2 Obiettivi

Gli obiettivi principali del tirocinio hanno riguardato: l'analisi delle diverse tipologie di impianti di trattamento delle acque reflue impiegati nelle raffinerie italiane, il confronto dell'efficacia e dell'efficienza di tali impianti e la valutazione delle tecnologie più innovative e sostenibili attualmente in uso, con un *focus* sul recupero e il riutilizzo delle acque di processo nei cicli produttivi industriali.

10.3 Attività svolta

L'attività svolta durante il periodo di tirocinio ha compreso una serie di fasi mirate all'analisi approfondita dei sistemi di trattamento delle acque reflue nelle raffinerie italiane.

In particolare, sono stati raccolti i dati contenuti nella documentazione tecnica di ciascuna installazione, al fine di effettuare un'analisi comparativa delle tecnologie di trattamento adottate. Queste tecnologie includono diverse fasi di trattamento, quali i pretrattamenti, la sedimentazione primaria, i sistemi biologici, chimici e fisici, la sedimentazione secondaria e, nei casi previsti, i trattamenti terziari.

In aggiunta all'analisi delle tecnologie di trattamento, è stata condotta una valutazione delle *performance* operative degli impianti di trattamento delle acque nelle diverse raffinerie, con particolare attenzione all'efficienza e all'efficacia dei processi impiegati.

Un altro aspetto fondamentale dell'attività è stato lo studio del tipo di riutilizzo delle acque recuperate, esaminando come le acque trattate vengano riutilizzate all'interno degli impianti, ad esempio per il raffreddamento, la pulizia, l'irrigazione o altre attività interne. Questo ha permesso di valutare l'adozione di pratiche di gestione sostenibile delle risorse idriche, con l'obiettivo di ottimizzare il consumo di acqua e ridurre l'impatto ambientale complessivo delle raffinerie.

Casi di riutilizzo delle acque di processo possono essere osservati in diversi impianti:

- a Sannazzaro de Burgondi, la sezione di *Water Reuse* dell'impianto TAE tratta l'acqua destinata alla produzione di acqua demineralizzata e al reintegro del circuito di raffreddamento delle torri;
- a Cagliari, l'acqua trattata è impiegata per la produzione di vapore industriale, per il sistema antincendio e il reintegro delle torri di raffreddamento, con una parte destinata alla produzione di acqua deionizzata;
- a Livorno, l'acqua proveniente dall'impianto TAE viene riutilizzata per il raffreddamento della centrale termoelettrica e il sistema antincendio;
- a Taranto, il trattamento delle acque di falda supporta la produzione di acqua dissalata, integrando l'impianto di dissalazione dell'acqua di mare;

-
- a Milazzo, infine, le acque trattate nell'impianto T.A.P. sono utilizzate per il sistema antincendio e il reintegro del circuito di raffreddamento.

10.4 Conclusioni

L'analisi e il confronto degli impianti di trattamento delle acque reflue delle 13 raffinerie italiane evidenziano l'importanza di gestire in modo sostenibile le risorse idriche nell'industria petrolifera.

Tutte le raffinerie sono soggette a direttive comunitarie (*Industrial Emission Directive-IED*) e normative tecniche sempre più rigorose (*BAT Conclusion*). Dall'analisi svolta si riscontrano alcuni processi e tecnologie in comune applicate nelle raffinerie: i trattamenti preliminari di disoleazione e coagulazione dei reflui industriali, la flocculazione e la flottazione e trattamenti terziari quali il trattamento biologico e alla filtrazione, e nella possibilità di recupero delle acque reflue nei cicli industriali e relative percentuali.

In questo contesto, esempi virtuosi sono rappresentati dalle raffinerie che adottano sistemi di recupero delle acque in grado di soddisfare mediamente circa il 30% del proprio fabbisogno idrico, riducendo così l'impatto sulla risorsa idrica locale.

10.5 Bibliografia e Sitografia

S. Maglia, P. Pipere, L. Prati, L. Benedusi, *Gestione Ambientale – III Edizione: Manuale di diritto e gestione dell'ambiente*. Edizioni tutto ambiente, 2019

[Autorizzazione Integrata Ambientale \(AIA\) | Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Autorizzazione Integrata Ambientale \(AIA\) | Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica](#)

[Indicazioni operative per la procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA.](#)

[Indicazioni operative per la procedura di Autorizzazione Integrata Ambientale - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#)

[Migliori Tecnologie Disponibili \(BAT\) - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale](#)

[Migliori Tecnologie Disponibili \(BAT\) - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto](#)

[AIA delle seguenti installazione industriali: Raffineria di Trecate, Raffineria di Trecate - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA, Raffineria di Busalla, Raffineria di Busalla - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA, Raffineria di Venezia, Raffineria di Venezia - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA, Raffineria di Sannazzaro De' Burgondi, Raffineria di](#)

[Sannazzaro De' Burgondi - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Livorno, Raffineria di Ravenna, Raffineria di Ravenna - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Falconara Marittima, Raffineria di Falconara Marittima - Ancona - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Impianto Complesso "Raffineria + IGCC" Sarroch, Impianto Complesso "Raffineria + IGCC" Sarroch - Cagliari - Documentazione - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Taranto, Raffineria di Taranto - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Milazzo, Raffineria di Milazzo - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Gela, Raffineria di Gela - Documentazione - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria di Augusta, Raffineria di Augusta \(ex Esso\) - Documentazione - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#), [Raffineria Isab Impianti Nord e Sud Raffineria Isab Impianti Sud - Priolo Gargallo - Info - Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali - VAS - VIA - AIA](#)

11. Istituti giuridici, procedure e prassi per la tutela risarcitoria contro i danni ambientali

*A cura di Marianna **Marinaro**, studentessa Master di Diritto dell'energia, Università degli Studi di Teramo; Daniele **Montanaro**, tutor ISPRA, Area per l'accertamento, la valutazione e la riparazione del danno ambientale*

11.1 Introduzione

L'esperienza formativa è stata funzionale all'approfondimento degli aspetti normativi e tecnici in materia di danno ambientale ai sensi della parte VI del D. Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale).

L'ISPRA assicura il supporto tecnico al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) per l'esercizio delle azioni di danno ambientale, di cui lo Stato è oggi titolare esclusivo, sia in sede giudiziaria che in sede amministrativa. A tal fine, l'Area per l'accertamento, la valutazione e la riparazione del danno ambientale di ISPRA svolge, su incarico del MASE, le istruttorie di valutazione del danno ambientale e di individuazione delle misure atte a riparare il danno o a prevenirne il verificarsi. Tale attività istruttoria, compresa nelle funzioni assegnate al Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) dalla Legge 132/2016, è effettuata in sinergia con le strutture del Centro Nazionale per le Crisi, le Emergenze Ambientali e il Danno e in collaborazione con le Agenzie Regionali e Provinciali (ARPA, APPA e ARTA). Allo scopo di assicurare un'efficace interazione tra l'ISPRA e le singole Agenzie, nel 2017 è stata istituita la Rete Operativa SNPA per il Danno ambientale (confluì nelle Reti Tematiche SNPA istituite nel 2021), composta dall'ISPRA e dai Referenti scelti da ciascuna Agenzia. La collaborazione in ambito SNPA, oltre a favorire il processo istruttorio, offre anche l'opportunità di svolgere attività di studio e di ricerca, nonché di approfondire aspetti metodologici di natura tecnica e scientifica in tema di danno ambientale, una materia complessa e multidisciplinare che richiede il confronto tra diverse esperienze e professionalità.

11.2 Obiettivi

Il tirocinio ha avuto quale obiettivo principale lo sviluppo delle competenze professionali nell'ambito dell'applicazione dei criteri tecnici e legali alla base delle attività di supporto che ISPRA fornisce al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica in materia di danno ambientale, ai sensi della Parte sesta del D. Lgs. 152/2006.

11.3 Attività svolta

La prima fase del tirocinio è stata dedicata allo studio dell'evoluzione legislativa della disciplina del danno ambientale e all'esame degli aspetti principali della normativa attualmente vigente.

Successivamente, è stato approfondito il fondamentale ruolo dell'ISPRA (e, più in generale, del SNPA) in materia di danno ambientale, con particolare riferimento alle due distinte procedure per l'espletamento delle istruttorie, appositamente definite dal SNPA (Delibera del Consiglio SNPA 198/2023) al fine di assicurare l'efficace e omogeneo riscontro agli incarichi ministeriali: la *procedura di tipo A* per le valutazioni nell'ambito dei procedimenti penali in fase preliminare e la *procedura di tipo B* per i procedimenti penali in fase di giudizio, i procedimenti civili e le procedure amministrative extra-giudiziarie.

A seguito di tale approfondimento teorico, sono stati visionati gli elaborati prodotti dall'ISPRA all'esito delle istruttorie condotte nel 2023, dall'analisi dei quali sono stati ricavati alcuni dati significativi che sono stati, poi, confrontati con quelli risultanti dalle istruttorie svolte dall'Istituto negli anni precedenti.

I dati raccolti sono utili per l'elaborazione di prodotti dell'ISPRA ([Rapporti](#), [Banca Dati Indicatori Ambientali](#)) e per i contributi forniti all'esterno (rapporto Ecomafia 2024).

Da ultimo, si ha avuto modo di conoscere direttamente le attività di approfondimento e studio avviate presso l'Istituto in materia di danno ambientale.

11.4 Conclusioni

Il tirocinio ha permesso di sviluppare l'esperienza nell'approccio interdisciplinare al danno ambientale e le conoscenze di base delle norme e degli strumenti nazionali e comunitari.

L'analisi tecnico-giuridica delle istruttorie ha riguardato 74 elaborati conclusi nel 2023 (59 istruttorie di tipo A e 15 istruttorie di tipo B).

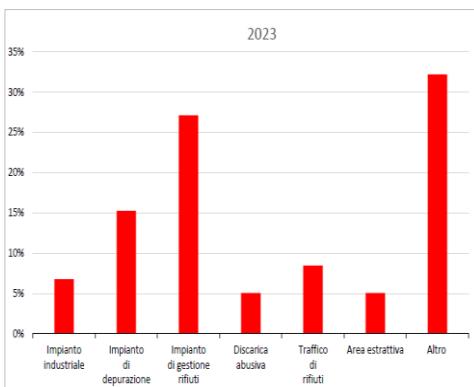
Riguardo alle *istruttorie di tipologia A*, i casi oggetto di valutazione possono essere distinti in base alla *tipologia di attività*, ossia le attività professionali da cui sono scaturiti o presso i cui siti si sono verificati i fatti illeciti e i reati che hanno portato all'avvio del procedimento penale.

Nel 2023 le istruttorie di tipo A hanno riguardato, in particolare, i fatti accaduti all'interno di siti che ospitano impianti di gestione dei rifiuti e nell'ambito di "altre attività", nello specifico riconducibili a piccole e medie imprese (Fig 11.1).

Il confronto con gli anni precedenti (Fig 11.2) fa emergere come gli impianti di gestione dei rifiuti siano sempre tra le tipologie di sito maggiormente coinvolte, con una percentuale in costante aumento. Ciò è presumibilmente da attribuirsi al rischio

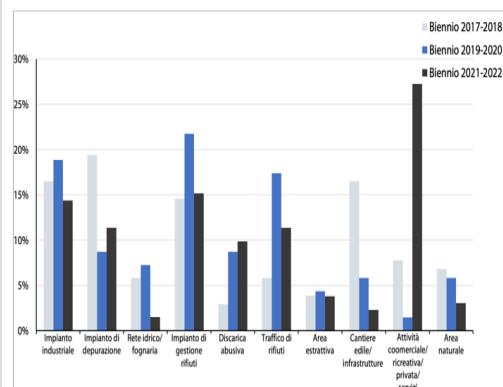
ambientale intrinsecamente legato a questo tipo di attività e alla particolare attenzione data agli aspetti autorizzativi e alla gestione dei presidi ambientali, spesso oggetto di controlli e indagini da parte delle autorità.

Fig 11.1- Tipologia di attività nei casi oggetto di istruttoria di tipo A nel 2023



Fonte: elaborazione M. Marinaro

Fig 11.2 - Tipologia di attività nei casi oggetto di istruttoria di tipo A dal 2017 al 2022



Fonte: ISPRA Rapporti 395/2023

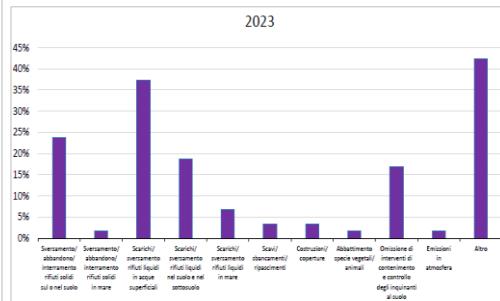
Si osserva, inoltre, un incremento dei casi riferiti ad altre generiche attività professionali, sintomo di un rafforzato controllo sui potenziali impatti ambientali derivanti da qualsiasi contesto produttivo.

Quanto alle cause/fonti di impatto ambientale (vale a dire comportamenti ed eventi in grado di determinare effetti negativi sull'ambiente), per ogni caso oggetto di istruttoria può essere necessario valutare diverse situazioni ed eventi.

Tra quelle che sono state maggiormente riscontrate nel 2023, come può notarsi dal grafico in Fig 11.3, vi sono gli scarichi/sversamenti di rifiuti liquidi in acque superficiali nonché nel suolo e nel sottosuolo, lo sversamento/abbandono/interramento di rifiuti solidi sul o nel suolo, l'omissione di interventi di contenimento e controllo degli inquinanti al suolo. La voce "altro" si riferisce a fonti di impatto indirette, ossia che non vedono un coinvolgimento diretto delle risorse naturali (acque, suolo, specie ed habitat protetti) ma che rappresentano un rischio potenziale (ad esempio, irregolarità nella gestione delle attività, carenze tecnologiche e manutentive degli impianti ecc.).

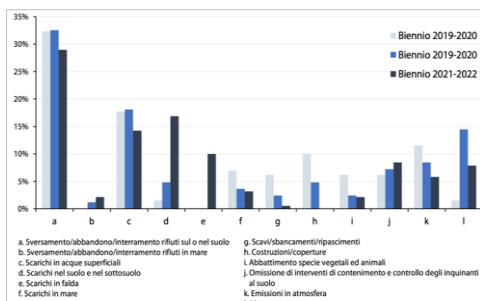
Quanto osservato per i casi istruiti nel 2023 conferma in linea generale il *trend* degli anni precedenti (Fig 11.4).

Fig 11.3 - Cause/fonti di impatto ambientale nei casi oggetto di istruttoria di tipo A nel 2023



Fonte: elaborazione M. Marinaro

Fig 11.4: Cause/fonti di impatto ambientale nei casi oggetto di istruttoria di tipo A dal 2017 al 2022



Fonte: ISPRA Rapporti 395/2023

Entrando nel dettaglio dei reati contestati nei procedimenti penali per cui sono state effettuate le istruttorie preliminari in esame, questi si riferiscono per lo più alla violazione di disposizioni del D. Lgs. n. 152/2006 in materia di gestione dei rifiuti e scarichi idrici ed emissioni in atmosfera.

Rilevante è anche il numero di contestazioni dei generici reati di danno previsti dal Codice penale (quali il danneggiamento e la distruzione di bellezze naturali) e da altri atti normativi.

Non mancano poi violazioni in materia di edilizia e paesaggio, previste nel D. Lgs. n. 42/2004 ("Codice dei beni culturali e del paesaggio"), nel D.P.R. n. 380/2001 ("Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia") e violazioni in materia di bonifica.

Infine, si osserva la ricorrente contestazione degli ecoreati di inquinamento o disastro introdotti dalla Legge n. 68/2015 che pongono l'attenzione sulle effettive conseguenze ambientali degli atti illeciti, rispecchiando il principio alla base della normativa sul danno ambientale.

La Tab 11.1 riporta la frequenza con cui i reati, appartenenti alle diverse categorie di attività illecite sopra rappresentate, esclusi gli "altri reati", sono stati contestati nei procedimenti penali (in uno stesso procedimento penale possono essere contestati diversi reati appartenenti alla medesima o a differenti tipologie di attività illecite).

Tab 11.1– Frequenza delle categorie di attività illecite contestate nei casi oggetto di istruttoria di tipo A nel 2023

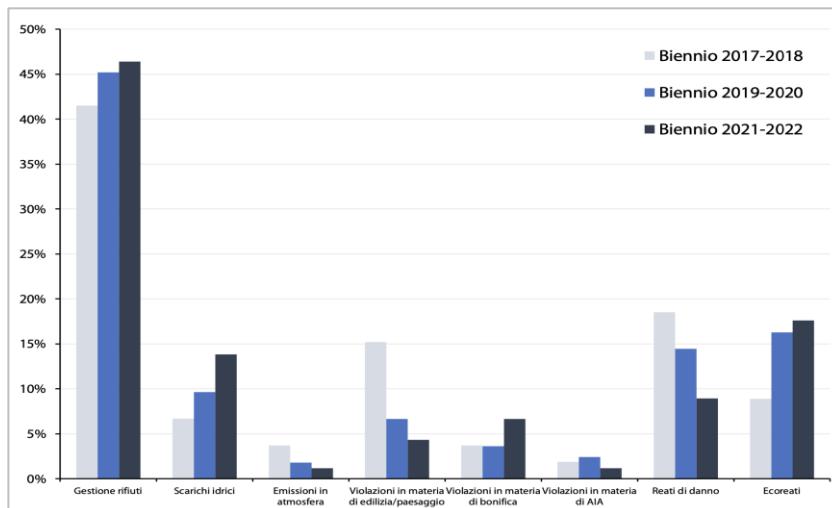
Tipo di attività illecita	N° di contestazioni	% sul totale
Gestione rifiuti	59	42,1%
Scarichi idrici	25	17,9%
Emissioni in atmosfera	3	2,1%
Violazioni in materia di	9	6,4%
Violazioni in materia di bonifica	6	4,3%
Violazioni in materia di AIA	0	0,0%
Reati di danno	8	5,7%
Ecoreati	30	21,4%
TOTALE	140	100%

Fonte: elaborazione M. Marinaro

Dal confronto con i risultati della stessa analisi condotta sui casi istruiti dal 2017 al 2022 (Fig 11.5) si evidenzia che la quota-parte più numerosa riguarda sempre i reati in materia di gestione dei rifiuti.

Si osserva inoltre che, dall'introduzione degli "ecoreati" nel Codice penale, la contestazione di questi è aumentata costantemente negli anni. Si ipotizza che la contestazione degli ecoreati stia progressivamente sostituendo quella degli altri reati di danno contro l'ambiente che, infatti, nel medesimo periodo, mostrano una minore frequenza di contestazione in continua diminuzione.

Fig 11.5 - Tipologia di attività illecite contestate nei casi oggetto di istruttoria dal 2017 al 2022



Fonte: ISPRA Rapporti 395/2023

Per quanto riguarda, nello specifico, i reati in materia di gestione dei rifiuti, come nei bienni 2017-2018 e 2019-2020, anche nel 2023 quello maggiormente contestato è risultato essere il reato di gestione di rifiuti senza autorizzazione (art. 256, co. 1, D. Lgs. 152/2006), con una percentuale del 41%, seguito dal reato di abbandono o deposito incontrollato di rifiuti (art. 256, co. 2, D. Lgs. n. 152/2006) e dal reato di attività organizzate per traffico illecito di rifiuti (art. 452 quaterdecies c.p.), entrambi con una percentuale del 19%.

Relativamente ai reati codicistici di danno, invece, le istruttorie del 2023 hanno riguardato solamente due di questi reati, ovvero il *danneggiamento* (art. 635 c.p.), contestato sei volte, e la *distruzione di bellezze naturali* (art. 734 c.p.), contestato due volte. Si tratta dei reati di danno contestati con più frequenza anche nei bienni 2017-2018 e 2019-2020.

Infine, con riferimento agli ecoreati, il reato di *inquinamento ambientale* (art. 452 bis c.p.), con una percentuale pari al 77%, è stato quello più volte contestato nel 2023, proprio come nel biennio 2017-2018 e nel biennio 2019-2020.

11.5 Bibliografia

AA.VV., *Il danno Ambientale in Italia: i casi accertati negli anni 2017 e 2018*, ISPRA Rapporti 312/2019, 2019

AA.VV., *Il danno Ambientale in Italia: attività del SNPA e quadro delle azioni 2019-2020*, ISPRA Rapporti 359/2021, 2021

AA.VV., *Il danno ambientale in Italia: attività del SNPA e quadro delle azioni 2021-2022*, ISPRA Rapporti 395/2023, 2023

AA.VV., *Metodologie e criteri di riferimento per la valutazione del danno ambientale ex parte sesta del D. Lgs. 152/2006*, Linee Guida SNPA 33/2021, 2021

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale

Delibera Consiglio SNPA 22 febbraio 2023, n. 198, Procedure SNPA per le istruttorie di danno ambientale

Direttiva 2004/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 aprile 2004 sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale

Iannone Roberto F., *Il danno ambientale: Tutela ambientale, responsabilità, determinazione del danno*, Pisa, Pacini Giuridica, 2023

Legge 8 luglio 1986, n. 349, Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale

12. Proposte metodologiche per la valutazione dell'impatto della frammentazione del territorio sul degrado del suolo

*A cura di Silvia **Mastrofini**, studentessa di Monitoraggio e riqualificazione ambientale, Sapienza Università di Roma; Nicola **Riutano**, tutor ISPRA, Area per il monitoraggio e l'analisi integrata dell'uso del suolo e delle trasformazioni territoriali ed i processi di desertificazione*

12.1 Introduzione

Oggetto del tirocinio è stato lo studio di una metodologia per la valutazione dell'impatto della frammentazione sul degrado del suolo, focalizzando l'attenzione sul paesaggio agricolo e forestale nel territorio abruzzese tra il 2000 e il 2018. La metodologia elaborata, oggetto anche di tesi di laurea, potrà essere uno strumento per la correlazione statistica tra degrado e frammentazione nell'ambito delle elaborazioni sul degrado del suolo.

L'argomento è materia dell'"ecologia del paesaggio", disciplina che cerca di stabilire relazioni quantitative fra elementi cartografici, proponendo le metriche del paesaggio quale strumento per l'analisi della frammentazione del paesaggio agricolo e del paesaggio forestale, ma non considerando, però, le relazioni che intercorrono tra la frammentazione del paesaggio e il degrado del suolo.

Infatti, in questi ultimi anni, nella pianificazione territoriale e paesaggistica a tutti i livelli territoriali è emersa la necessità di integrare, tra gli aspetti da considerare, la riduzione della frammentazione del territorio e del paesaggio quale elementi fondamentali per la salvaguardia, la conservazione e il miglioramento del patrimonio naturale dell'Unione Europea, così come indicato nel [7° Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente \(PAA - Programma di Azione per l'Ambiente\)](#). La [Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile](#), a sua volta, sottolinea la necessità di promuovere il ripristino e la riduzione della frammentazione degli ecosistemi, nonché di favorire le connessioni ecologiche tra le aree urbane e rurali, come parte degli obiettivi strategici per la sostenibilità ambientale.

12.1.1 Frammentazione del territorio

La frammentazione del territorio, una caratteristica dominante in molti paesaggi, è il processo che genera una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e seminaturali e un aumento del loro isolamento. È considerata una tra le principali minacce di origine antropica alla diversità biologica. Questo processo si verifica principalmente a causa dei fenomeni di espansione urbana che si attuano secondo forme più o meno sostenibili, ad esempio, con lo sviluppo della rete infrastrutturale.

12.1.1.1 *Indicatori*

Lo studio ha indagato la metodologia per quantificare la struttura del paesaggio tramite metriche specifiche, che valutano caratteristiche spaziali di patch e mosaici paesaggistici. Utilizzando *software* come *Fragstats* e *Guidos* integrati con *GIS* (*Geographic Information System*), sono stati analizzati gli indicatori della frammentazione paesaggistica, cruciali per comprendere configurazione e composizione del paesaggio. Con queste metriche, conosciute in letteratura come *landscape metrics*, e l'analisi della morfologia e dell'entropia spaziale, sono stati quantificati i processi di frammentazione e la coerenza interna degli indicatori nel tempo.

12.1.2 Il degrado del suolo

Il Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia all'interno dell'ISPRA definisce il degrado del suolo e del territorio come un fenomeno complesso causato da molteplici fattori che limitano o inibiscono le funzioni produttive, regolative e fruтивe nonché i servizi ecosistemici che un suolo naturale è in grado di offrire.

Le Nazioni Unite hanno adottato il [Quadro Strategico 2018-2030](#) che è impenniato sul conseguimento del *target* 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, utilizzando l'indicatore (SDGs) finalizzato a conseguire la neutralità in termini di degrado del suolo entro il 2030 (*Land Degradation Neutrality* - LDN).

La UNCCD (*United Nations Convention to Combat Desertification*) (2017) ha proposto una metodologia finalizzata alla valutazione qualitativa secondo un approccio che prevede l'utilizzo combinato dei seguenti tre sub-indicatori, lasciando la possibilità di inserirne altri ritenuti importanti a livello di singolo Paese: la copertura del suolo e i suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo (stimata attraverso l'indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e il contenuto in carbonio organico.

12.1.2.1 *Land Degradation (SDG 15.3.1)*

Gli indicatori utilizzati in questo elaborato sono stati: la Carta del degrado del suolo realizzata dall'ISPRA, sulla base della metodologia di calcolo UNCCD per l'indicatore SDG 15.3 utilizzando come riferimento temporale una baseline dal 2000 al 2015 e un periodo di reporting dal 2004 al 2019, e la Carta degli *hotspot* di degrado del suolo realizzata sulla base della Carta del degrado utilizzando l'algoritmo di "autocorrelazione spaziale *Getis-Ord*".

La mappa del degrado è stata realizzata analizzando tre sub-indicatori elencati nel precedente paragrafo.

La mappa degli *hotspot* di degrado del suolo in Abruzzo è stata realizzata partendo dalla mappa del degrado del suolo, sulla quale è stata successivamente applicata [HotSpot Analysis](#), utilizzando la statistica *Getis-Ord*.

12.2 Obiettivi

Obiettivo principale è stato sviluppare un'analisi approfondita delle metodologie di monitoraggio della frammentazione territoriale, attraverso la comparazione delle metriche proposte dalla *Landscape Ecology* applicate a due paesaggi principali, agricolo e forestale, nella regione Abruzzo. L'indagine ha incluso l'analisi delle variazioni nella frammentazione del territorio tra il 2000 e il 2018, scelto per la disponibilità dei dati [CORINE Land Cover](#) (CLC) e per la sua rilevanza nel contesto della *Land Degradation Neutrality* promossa dalla UNCCD. Obiettivo chiave è stato, poi, esplorare le correlazioni tra frammentazione e degrado del suolo, individuando le metriche più efficaci nell'evidenziare i legami tra questi fenomeni, come la metrica [MESH](#), risultata particolarmente idonea a misurare l'impatto delle barriere paesaggistiche.

Si è inteso, così, fornire una base di conoscenza utile per la pianificazione territoriale e la gestione delle risorse naturali, evidenziando l'importanza dell'ecologia del paesaggio nelle politiche di gestione sostenibile del territorio.

12.3 Attività svolta

Nell'elaborato sono stati utilizzati dati di base quali le mappe *Corine Land Cover*, i limiti amministrativi ISTAT e i dati relativi al degrado del suolo. Questi dati hanno fornito il punto di partenza per le successive analisi e rielaborazioni.

Tab 12.1 - Riclassificazione delle classi MSPA

Classi MSPA	Codice	Sottoclassi
Background	0	Non foresta
Branch	1	Connessioni
Branch inside	101	
Bridge	33	
Bridge inside	133	
Bridge Edge inside	135	
Bridge in Edge	35	
Loop	65	
Loop in Edge	67	
Loop inside	165	
Edge	3	Margine
Edge inside	103	
Islet	9	Arene residuali
Core	17	Nucleo
Core inside	117	
Core -Opening	100	Apertura nel nucleo
Perforation inside	105	Classi Interne
Bridge in perforation inside	137	
Loop in perforation inside	169	
Border-Opening	220	Apertura nel confine

Fonte: elaborazione a cura di S. Mastrofini su cartografia Corine Land Cover con software di analisi spaziale e statistica

Si è proceduto, poi, ad una riclassificazione della CLC per identificare i due paesaggi, utilizzando il sistema di riferimento [LAEA ETRS 1989](#), scelto per garantire uniformità nei risultati su scala europea. Il paesaggio forestale in questo studio include le sottoclassi CLC 311, 312, 313 e il paesaggio agricolo le sottoclassi 211, 212, 213, 221, 222, 223, 231, 241, 242, 243 e 244.

Sul software *Guidos* è stata effettuata l'analisi della morfologia dei pattern spaziali (*Morphological Spatial Pattern Analysis* - MSPA) e il calcolo dell'entropia.

Su foglio di calcolo sono state, poi, effettuate le stime delle differenze di superfici tra il 2000 e il 2018 a seguito

delle elaborazioni *raster*, mentre per il calcolo dell'entropia è stato utilizzato il *software GidOS* avendo impostato come dato di input i *raster* binari tematici di ogni paesaggio.

Per ciascuno dei quattro *raster* dell'MSPA sono state riclassificate le classi, come mostrato in Tab 12.1 e calcolati per ognuno di essi i seguenti parametri: area (km^2), area (ha), percentuale dell'area e le principali statistiche (media, mediana, range, massimo e minimo) e le relative differenze tra il 2000 e il 2018. Analogamente, per ciascuno dei quattro *raster* dell'entropia sono stati calcolati area (km^2 e ha), percentuale dell'area e statistiche di sintesi (media, mediana, range, massimo e minimo), oltre alla realizzazione di un grafico che mostra la relazione tra superficie e i valori di entropia. Per ogni valore di entropia, è stata inoltre calcolata la variazione percentuale della superficie tra il 2000 e il 2018.

Per svolgere l'analisi delle metriche del paesaggio con il *software Fragstats* è stato scelto di considerare le celle circostanti in tutte le direzioni: nord, sud, est, ovest e diagonali, impostando l'opzione "8 cell neighborhood". Successivamente sono state svolte due analisi a scala di paesaggio e a finestra mobile di 10 km di lato.

Raccolti i *raster* delle metriche, dell'MSPA, dell'entropia, della mappa del degrado e degli *hotspot* di degrado del suolo, è stata generata una griglia di dimensioni 1 km x 1 km su *ArcMap* per condurre l'analisi dei centroidi. Attraverso un codice univoco per ogni cella della maglia è stata eseguita l'analisi di correlazione su tutte le variabili finora citate.

Prima di elaborare i dati con R, si è proceduto in *excel* a eliminare i valori anomali e nulli, corrispondenti ai centroidi fuori dal confine abruzzese (valori pari a -999 o 1000, dovuti a differenze di formato in Bit). Conclusa questa fase, sono stati generati quattro file *excel*, due per ogni anno e per ciascun paesaggio, pronti per essere processati con uno *script* su R.

12.4 Conclusioni

12.4.1 Paesaggio forestale

Dai risultati ottenuti dall'analisi MSPA si evince che, la superficie della maggior parte delle classi è rimasta pressoché stabile nel periodo in esame o ha subito una leggera decrescita, ad eccezione della classe "non foresta", quindi è possibile ipotizzare che la maggior parte della superficie occupata dalle classi che hanno subito una decrescita si sia convertita in "non foresta" (Tab 12.2).

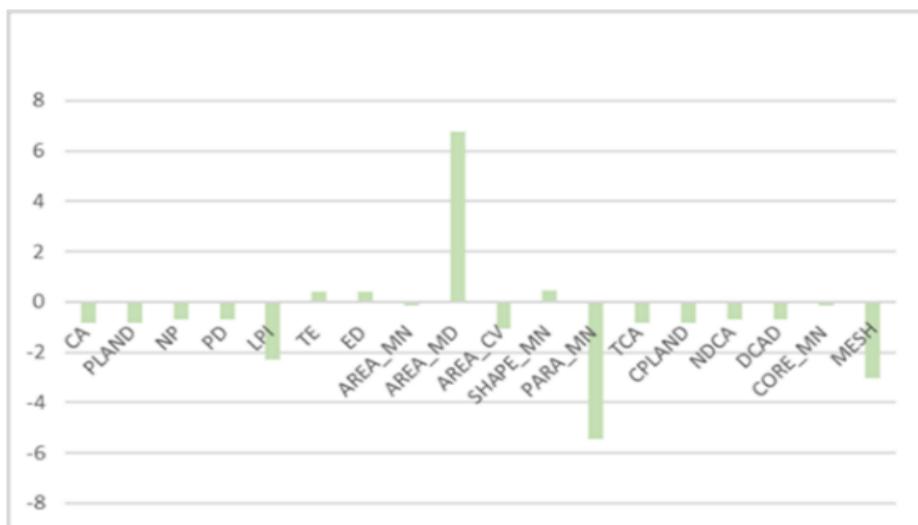
Tab 12.2 - Tabella sulle variazioni delle classi dell'analisi morfologica nel paesaggio forestale tra il 2000 e il 2018

Classi aggregate	Somma superficie 2000 (km ²)	Somma superficie 2018 (km ²)	Variazione (km ²)	Variazione %	% Classe/totale (2000)	% Classe/totale (2018)	Differenza
Apertura nel confine	240.77	224.82	-15.95	-6.62	2.23%	2.09%	0.15%
Apertura nel nucleo	60.18	58.60	-1.58	-2.63	0.56%	0.54%	0.01%
Aree residuali	26.79	26.67	-0.12	-0.45	0.25%	0.25%	0.00%
Classi Interne	46.71	45.36	-1.35	-2.89	0.43%	0.42%	0.01%
Connessioni	295.42	295.48	0.06	0.02	2.74%	2.74%	0.00%
Margine	720.80	723.08	2.28	0.32	6.69%	6.71%	-0.02%
Non foresta	7383.51	7426.81	43.30	0.59	68.53%	68.93%	-0.40%
Nucleo	1999.84	1973.00	-26.84	-1.34	18.56%	18.31%	0.25%
Totale	10774.03	10773.83					

Fonte: elaborazione a cura di S. Mastrofini su cartografia Corine Land Cover con software di analisi spaziale e statistica

Dall'analisi dei valori restituita dall'elaborazione dell'entropia emerge chiaramente un trend di crescita nei valori di entropia nel periodo compreso tra il 2000 e il 2018, indicando un'accentuata tendenza alla frammentazione.

Fig 12.3 - Variazione percentuale delle metriche del paesaggio



Fonte: elaborazione a cura di S. Mastrofini su cartografia Corine Land Cover con software di analisi spaziale e statistica

I risultati derivanti dall'analisi delle metriche confermano i risultati delle due precedenti analisi (Fig 12.3).

Dal grafico della correlazione sul paesaggio forestale nel 2000 e nel 2018 si evince la presenza di valori di correlazione negativa tra l'entropia e alcune metriche che rappresentano l'area delle classi (CA, PLAND, AREA_MN), questa informazione consente di capire che all'aumentare dell'area della classe diminuisce la frammentazione.

L'entropia risulta essere correlata positivamente anche con le classi che rappresentano la forma (PARA_MN e SHAPE_MN) e l'aggregazione delle patch (MESH, NP e PD); all'aumentare dell'aggregazione, dell'irregolarità della forma e del numero delle *patch* aumenta la frammentazione.

Nel grafico che rappresenta i valori degli indici di correlazione tra le variazioni delle metriche nei 18 anni considerati e gli indicatori della *Land Degradation*, è evidente che la variazione della metrica MESH è molto alta (0.41) nelle aree *Hotspot* di degrado, questo potrebbe voler indicare che laddove la differenza è alta è diminuita la compattezza e c'è degrado.

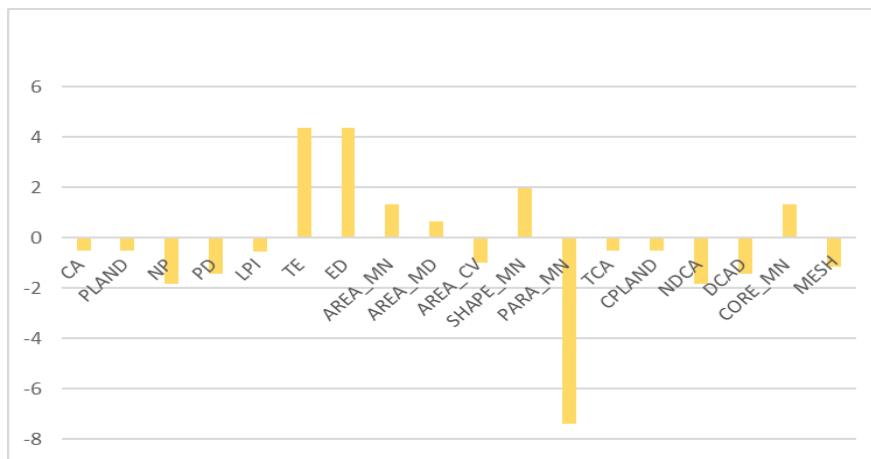
12.4.2 Paesaggio agricolo

Nel paesaggio agricolo, le classi della metrica MSPA aumentano tutte tranne la classe nucleo, a differenza di quanto avviene nel paesaggio forestale. Questo indica che probabilmente il paesaggio agricolo ha sostituito quello forestale con classi marginali, non con la classe nucleo.

Dai risultati della mappa sull'entropia si evince che le aree caratterizzate da un aumento della frammentazione sono le aree in corrispondenza di tutta la costa, con valori pari ad un intervallo 23-40.

Dall'analisi a scala di paesaggio risulta che la frammentazione è aumentata come indicato dall'aumento della metrica MESH, e che questo paesaggio diminuisce in termini di superficie probabilmente a causa della scomparsa di alcune patch (NP). Le *patch* rimaste si sono allontanate e hanno assunto una forma più irregolare (PD, TE e SHAPE).

Fig 12.4 - Variazione percentuale delle metriche del paesaggio



Fonte: elaborazione a cura di S. Mastrofini su cartografia Corine Land Cover con software di analisi spaziale e statistica

Nel paesaggio agricolo del 2018 le variazioni più significative mostrano una modifica della conformazione dei margini, lo si può notare dai valori di ED, TE e PARA_MN (Fig 12.4).

L'analisi di correlazione non ha portato a risultati rilevanti.

Dall'analisi di coerenza interna si evince che alcune metriche risultano essere ridondanti per cui una selezione di un sottogruppo di metriche risulterebbe più efficace nella descrizione del fenomeno, ossia: CA o PLAND, NP, PD, LPI, TE, ED, AREA_MN, SHAPE_MN, PARA_MN, CORE_MN e MESH.

Il degrado risulta nella componente forestale correlato positivamente all'indicatore *mesh density* di frammentazione, nella condizione di partenza e nella variazione delle metriche; quindi, un alto grado di frammentazione e un alto grado di variazione della frammentazione possono dirsi, in questa tesi, concuse del degrado.

Per il paesaggio agricolo i valori restituiti dalle correlazioni risultano diversi dal paesaggio forestale e più deboli, questa differenza può essere giustificata con la limitata diffusione dei cambiamenti di copertura del suolo di questo tipo. I cambiamenti di copertura da agricolo ad altro e viceversa, sono concentrati infatti, nelle aree di pianura e costiere (es. Piana del Fucino e Costa Pescarese).

Dal punto di vista delle politiche e vista l'urgenza della attuazione di misure normative dell'arresto e la limitazione della frammentazione, questo *framework* metodologico si presta ad essere applicato per la valutazione delle trasformazioni sia avvenute che pianificate.

12.5 Bibliografia e Sitografia

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. "Carbonio organico del suolo e impatto del consumo di suolo." *Indicatori Ambientali*, <https://indicatoriambientali.isprambiente.it/it/suolo/carbonio-organico-del-suolo-e-impatto-del-consumo-di-suolo>. Accesso 13 gennaio 2024

Munafò, M. (a cura di), 2023. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2023. Report SNPA 37/22

Nagendra H., Southworth J., Tucker C. (2010) "Fragmentation of a landscape: Incorporating landscape metrics into satellite analyses of land-cover change". *Landscape Research*, 27:3, 253-269

Turner M. G., (2005). "Landscape Ecology: What Is the State of the Science?" 36:319-344

Vogt P., Riitters, K., Rambaud P., d'Annunzio R., Lindquist E., Pekkarinen A. (2022). "GuidosToolbox Workbench: spatial analysis of raster maps for ecological Applications". *Ecography*, Volume 2022, Issue 3, Software note, 1-7

13. La cessazione della qualifica di rifiuto (*End of Waste*)

A cura di Sofia **Montalbano**, studentessa di Engineering Sciences, Università degli studi di Roma Tor Vergata; Francesca **Minniti**, tutor ISPRA, Centro Nazionale dei rifiuti e dell'economia circolare

13.1 Introduzione

L'attività formativa del tirocinio ha riguardato un aspetto cruciale della gestione dei rifiuti: la "Cessazione della Qualifica di Rifiuto" (*End of Waste*, EoW).

Il concetto, derivante dalla normativa europea e recepito in Italia attraverso l'art. 184-ter del D. Lgs. 152/06 (Testo Unico Ambientale), si riferisce ad un processo di recupero eseguito su un rifiuto, al termine del quale esso perde tale qualifica per acquisire quella di prodotto. Per *End of Waste* si intende, quindi, il processo di recupero che, consente ad un rifiuto di tornare a svolgere un ruolo utile come prodotto, di evitare l'accumulo di rifiuti in discarica e di ridurre la domanda di nuove materie prime, rendendo disponibili nuove risorse per l'industria.

La prima fase dell'attività ha riguardato lo studio approfondito del quadro normativo europeo e nazionale relativo alla cessazione della qualifica di rifiuto. L'attività più pratica ha riguardato, invece, l'analisi della documentazione inerente alle attività ispettive svolte nel biennio 2020-2022 dalle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APPA) nell'ambito di una Convenzione, stipulata ai sensi dell'art. 206-bis del D. Lgs. 152/06 tra ISPRA e tutte le Agenzie regionali/provinciali di cui sopra e finalizzata al monitoraggio e controllo degli impianti di gestione dei rifiuti, e nell'ambito delle attività previste presso gli impianti autorizzati «caso per caso», in conformità al disposto dell'art. 184-ter comma 3-ter del D. Lgs. 152/06.

13.2 Obiettivi

Il tirocinio si è proposto diversi obiettivi formativi:

1. **acquisizione conoscenza normativa:** approfondire il contesto legislativo che regolamenta l'*End of Waste*, sia a livello nazionale che europeo, comprendendo il ruolo delle direttive e dei decreti specifici;
2. **analisi dei processi di recupero per tipologia di rifiuto:** focus sulle tipologie di rifiuto sottoposte a recupero, come plastica, carta, vetro e metalli, e sulle tecniche necessarie per trasformarli in prodotti sicuri e utilizzabili;
3. **comprendere della gestione documentale e operativa dei rifiuti:** sviluppo delle competenze tecniche inerenti alla documentazione specifica, come i registri di carico e scarico, le dichiarazioni di conformità, i formulari di identificazione rifiuto, il Modello Unico di Dichiarazione Ambientale (MUD) ecc.;

4. **comprendere della documentazione inerente alle attività di controllo, comprese le tipologie di “non conformità” e le sanzioni associate:** analisi dei *report* ispettivi, delle “non conformità” rilevate e delle proposte di sanzioni.

13.3 Attività svolta

Il tirocinio si è articolato in diverse fasi, teoriche e pratiche, finalizzate a garantire una visione completa del percorso che porta un rifiuto a cessare tale qualifica e ad essere reintrodotto come *End of Waste*. Le principali attività condotte sono state:

1. **studio della normativa di riferimento:** la fase di studio ha interessato la normativa che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto e più in particolare l'art. 184-ter del D. Lgs. 152/06, ove sono specificati i criteri e le condizioni per la produzione di *End of Waste*. Sono stati analizzati i regolamenti comunitari e nazionali che disciplinano la cessazione della qualifica di rifiuto per alcune tipologie di rifiuto, ed in particolare il:

- [Regolamento UE n. 333/2011 per i rottami metallici](#),
- [Regolamento UE n. 1179/2012 per i rottami di vetro](#),
- [Regolamento UE n. 715/2013 per i rottami di rame](#).

Mentre, a livello nazionale:

- il [D.M. 188/2020](#) per i rifiuti di carta e cartone,
- il [D.M. 22/2013](#) per i combustibili solidi secondari,
- il [D.M. 78/2020](#) per la gomma vulcanizzata derivante da pneumatici fuori uso,
- il [D.M. 69/2018](#) per il conglomerato bituminoso,
- il [D.M. 152/2022](#) per i rifiuti inerti da costruzione e demolizione.

Ciascun Regolamento e Decreto stabiliscono criteri tecnici e requisiti di qualità per permettere a determinate categorie di rifiuti di essere reintrodotte come prodotti sicuri e conformi agli *standard* industriali, contribuendo così ad una gestione dei rifiuti sostenibile e sicura.

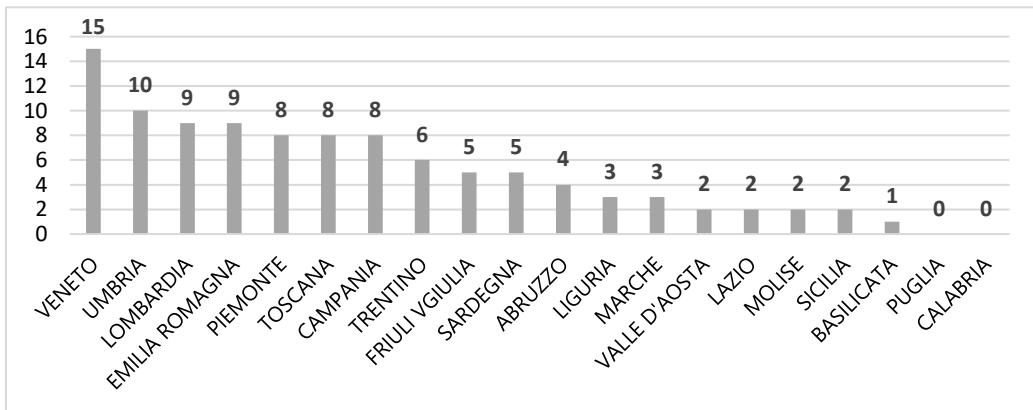
Sono state, infine, analizzate le disposizioni che regolano gli impianti autorizzati “caso per caso”, in mancanza di regolamenti comunitari o nazionali;

2. **analisi dei rapporti delle attività ispettive:** un ruolo rilevante è stato riservato alla documentazione delle ispezioni condotte dalle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente presso gli impianti autorizzati alla produzione di *End of Waste*, che ha incluso l'analisi dei rapporti ispettivi, delle modalità di compilazione dei registri di carico e scarico e dei formulari dei rifiuti. La corretta compilazione della documentazione permette di mantenere la tracciabilità dei rifiuti e di verificare che il materiale sia stato trattato in modo conforme alle autorizzazioni rilasciate;

3. **analisi delle “non conformità” rilevate:** durante le ispezioni sono state individuate alcune “non conformità”, documentate nei verbali/rapporti di attività ispettiva. Queste sono sanzionate per via amministrativa o per via penale. L’attività del tirocinio ha, dunque, interessato anche lo studio del Titolo VI della Parte IV del D. Lgs. 152/06 che disciplina il sistema sanzionatorio legato alla gestione dei rifiuti. Dall’analisi della documentazione è emerso che, tra le “non conformità” rilevate nell’ambito delle attività di controllo, le più comuni e ricorrenti sono state la non corretta gestione dei rifiuti nelle aree di stoccaggio, l’assenza di cartellonistica identificativa delle aree dei rifiuti o dei rifiuti stessi e la non corretta separazione dei rifiuti nelle diverse aree designate. Tali “non conformità” sono sanzionate per via penale, in quanto riconducibili al mancato rispetto dell’atto autorizzativo (art. 256 del D. Lgs. 152/06). Le più comuni “non conformità” di tipo amministrativo sono state, invece, la non corretta compilazione e/o gestione del Registro di carico e scarico o dei Formulari di identificazione rifiuto (art. 258 del D. Lgs. 152/06);

4. **distribuzione delle attività di controllo per regione e le tipologie di rifiuto interessate:** Nell’ambito dell’analisi della documentazione sulle attività di controllo svolte, è stato verificato, a livello regionale, il numero dei controlli svolti nel biennio 2020-2022, le tipologie di rifiuto sottoposte alle operazioni di recupero finalizzate all’EoW negli stessi impianti ed il riferimento ai diversi regolamenti europei, nazionali o “caso per caso” (Tab 13.1). I grafici che seguono illustrano, regione per regione, il numero di tali controlli, e, rispetto a questi, le tipologie di rifiuto processate ai fini dell’EoW.

Tab 13.1 - Numero controlli svolti presso impianti EoW – 2020/2022

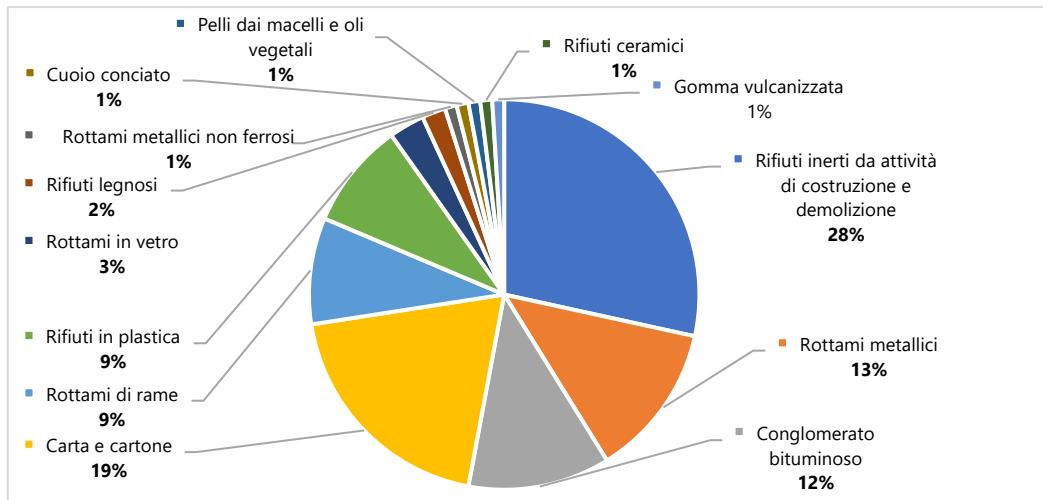


Fonte: ISPRA

Dall’analisi è emerso che la tipologia impiantistica maggiormente soggetta a controllo è stata quella relativa ai rifiuti inerti da attività di costruzione e demolizione, presenti sul territorio in elevata quantità. Gli atti autorizzativi per tali impianti facevano, tuttavia, ancora riferimento alle disposizioni del D.M. 5 febbraio 1998, in considerazione dei tempi previsti per l’adeguamento al D. M. 152/2022. A seguire in

percentuale (Tab 13.2) sono stati sottoposti a controllo gli impianti che recuperano i rifiuti di carta e cartone, gestiti secondo le disposizioni del D. M. 188/2020, i rottami metallici gestiti secondo i Regolamenti europei ed altre tipologie di rifiuti.

Tab 13.2 – Tipologie di rifiuto recuperate



Fonte: ISPRA

13.4 Conclusioni

Il tirocinio ha rappresentato un'importante esperienza formativa, fornendo una comprensione approfondita del quadro normativo e delle procedure operative che regolano la cessazione della qualifica di rifiuto. L'attività ha consentito, inoltre, di comprendere come il recupero dei rifiuti non solo riduce l'impatto ambientale, ma risponde anche ad una domanda economica concreta, facilitando il reinserimento di materiali nell'economia circolare.

In particolare, il lavoro svolto ha evidenziato:

- l'importanza di una gestione corretta dei rifiuti per garantire la sicurezza ambientale;
- l'importanza delle attività di controllo, necessarie per mantenere alti *standard* di conformità e per assicurare che il rifiuto recuperato risponda a specifiche tecniche e normative;
- la conoscenza della normativa italiana che, pur complessa, risulta efficace nel gestire le diverse fasi del recupero e nella regolamentazione delle diverse tipologie di autorizzazioni, comprese quelle "caso per caso", come previsto dall'art. 184-ter, comma 3, D. Lgs. 152/06.

Le conoscenze acquisite sono state rilevanti per comprendere le responsabilità professionali nel settore ambientale e per sviluppare una consapevolezza sul rispetto degli *standard* ambientali. Queste competenze sono indispensabili per chi opera nel campo della gestione dei rifiuti, soprattutto in un contesto in cui l'economia circolare diventa sempre più rilevante.

13.5 Bibliografia e Sitografia

[Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008](#)

[Direttiva \(UE\) 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018](#)

Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 62 del 15 maggio 2019. Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto da prodotti assorbenti per la persona (PAP), ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Decreto Ministeriale 12 giugno 2002, n. 161. Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate

Decreto Ministeriale 17 novembre 2005, n. 269. Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi provenienti dalle navi, che è possibile ammettere alle procedure semplificate

Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36. Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti

SNPA – Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Linee guida per i controlli ambientali e altre risorse tecniche per la protezione dell'ambiente.
<https://www.snpambiente.it>

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Documenti ufficiali e decreti nazionali relativi alla cessazione della qualifica di rifiuto e alla normativa ambientale in Italia. <https://www.mase.gov.it>

EUR-Lex - Accesso diretto al diritto dell'Unione Europea. Portale ufficiale per la ricerca delle direttive e dei regolamenti dell'Unione Europea, tra cui la Direttiva 2008/98/CE e le sue successive modifiche. <https://eur-lex.europa.eu>

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Informazioni e report sul monitoraggio ambientale, inclusi i controlli sugli impianti di recupero rifiuti.
<https://www.isprambiente.gov.it>

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. Sito ufficiale per accedere a decreti, leggi e regolamenti pubblicati, incluse le normative ambientali italiane.
<https://www.gazzettaufficiale.it>

14. La valutazione dei servizi *marine-based tourism* sulle coste italiane

*A cura di Vittoria **Reas**, studentessa di Economia per l'Ambiente e la Sostenibilità, Università degli Studi di Siena; Alessio **Capriolo** e Rosa Anna **Mascolo**, tutor ISPRA, Area per le valutazioni economiche, la contabilità e la sostenibilità ambientale, la percezione e gestione sociale dei rischi ambientali*

14.1 Introduzione

Il tirocinio ha avuto l'obiettivo di analizzare come i cambiamenti nella qualità e nella disponibilità del capitale naturale marino influenzino la domanda turistica nelle aree costiere italiane. L'attività formativa ha fornito un contributo rilevante a un progetto collaborativo con altri studiosi, culminato nella pubblicazione di uno studio che esplora l'applicazione della contabilità ecosistemica per il turismo marino in Italia, con un focus sui servizi forniti dalla Posidonia oceanica.

14.1.1 Descrizione del progetto

Il progetto si è focalizzato sull'indagine della relazione tra il patrimonio naturalistico marino e il turismo, con l'obiettivo di quantificare il contributo di fattori ambientali specifici alla spesa turistica sia a livello comunale che nazionale.

Nello specifico, l'analisi si è concentrata su come la presenza e la qualità del capitale naturale marino, inclusi elementi come spiagge, biodiversità e opportunità di attività ricreative, possano influenzare l'attrattività turistica delle coste italiane.

Nel quadro di tali studi, il *Nature-based Tourism* è riconosciuto come un servizio ecosistemico culturale nel sistema contabile del *System of Environmental-Economic Accounting* (SEEA).

Diversi studi europei hanno studiato e integrato attributi territoriali naturali con infrastrutture antropiche per valutare i servizi ecosistemici ricreativi.

14.1.1.1 Approccio metodologico

L'approccio metodologico adottato ha incluso le seguenti fasi:

- studio della composizione del territorio comunale in base alla disponibilità e qualità del patrimonio naturalistico marino;
- raccolta e analisi di dati provenienti da ISPRA, da statistiche nazionali (ISTAT) e da fonti secondarie (Programma Bandiera Blu, Rete Natura 2000) per costruire un quadro dettagliato delle caratteristiche ambientali e turistiche delle località costiere italiane;

-
- applicazione di un'analisi di regressione di Poisson multivariata per stimare il contributo del capitale naturale marino ai flussi turistici, considerando un periodo di otto anni (2014-2021) in 586 comuni costieri italiani.

14.2 Obiettivi

L'obiettivo principale del tirocinio è stato quantificare l'impatto dei servizi legati al turismo marino in base alle caratteristiche ambientali locali, cercando di comprendere il ruolo del capitale naturale marino sulla spesa turistica nelle aree costiere.

14.2.1 Obiettivi specifici

Gli obiettivi specifici del tirocinio comprendevano:

- identificare le caratteristiche dei territori comunali che determinano l'attrattività turistica delle coste italiane, come la qualità delle spiagge e la possibilità di attività ricreative naturali;
- effettuare analisi statistiche per stabilire correlazioni tra variabili ambientali (es. qualità e disponibilità del patrimonio marino) e flussi turistici, al fine di individuare le caratteristiche più influenti per la spesa turistica.

14.2.1.1 *Contributo del capitale naturale*

Uno degli aspetti centrali del progetto è stata l'analisi del contributo del capitale naturale, inteso come risorse marine e biodiversità, alla spesa turistica. L'indagine ha valutato come la qualità e la quantità di capitale naturale disponibile, quali spiagge ben conservate e opportunità di attività ricreative come le immersioni e il campeggio, possano influenzare positivamente la domanda turistica nelle aree costiere.

14.3 Attività svolta

14.3.1 Studio preliminare

In questa fase sono stati analizzati i dati relativi alla composizione territoriale delle aree costiere italiane, in particolare la disponibilità e la qualità del capitale naturale marino, attraverso una classificazione dei comuni costieri in base alle loro caratteristiche ambientali e ricreative.

14.3.2 Raccolta dati

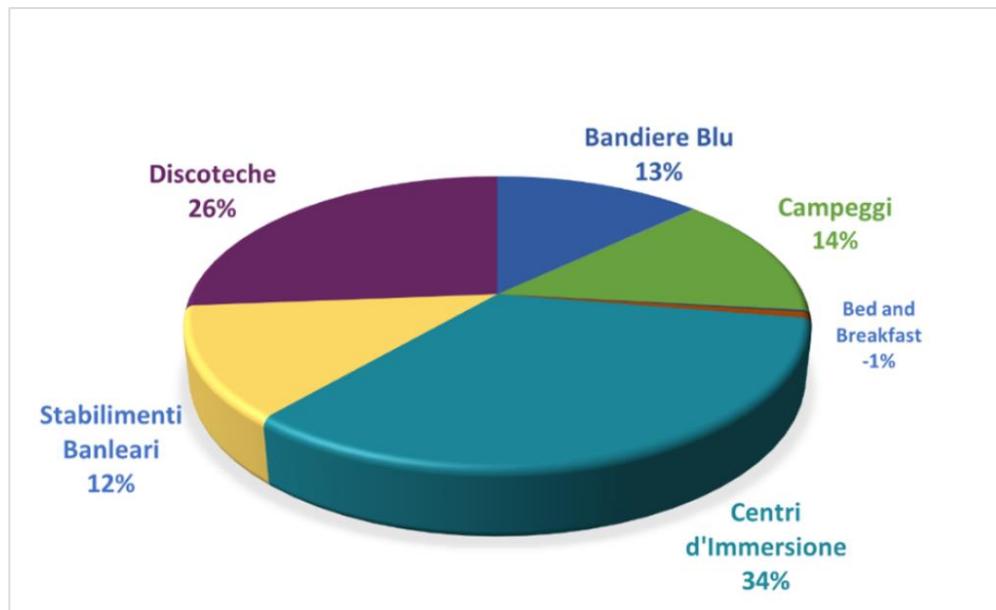
È stata creata una base dati dettagliata per 586 comuni costieri italiani, contenente informazioni relative a un arco temporale di otto anni (2014-2021) e includendo

tredici variabili indipendenti⁵. Queste variabili sintetizzano la configurazione territoriale di ogni località e comprendono la presenza di aree marine protette, l'estensione dei siti di interesse comunitario Natura 2000, il numero di spiagge Bandiera Blu, la lunghezza della costa e la tipologia di strutture ricettive, oltre che la disponibilità di stabilimenti balneari e centri d'immersione.

14.3.3 Analisi statistica

È stata implementata un'analisi di regressione multivariata di *Poisson* per stimare il contributo marginale di ciascuna variabile sul numero di arrivi turistici in ogni comune. In Fig 14.1 sono riportati i risultati dell'analisi, espressi come percentuali di contributo delle diverse variabili sul turismo balneare. La Fig 14.1 evidenzia l'impatto relativo di ciascun fattore: in particolare, i centri d'immersione hanno mostrato il maggiore contributo (34%) al flusso turistico, seguiti dalle discoteche (26%), campeggi (14%) e spiagge Bandiera Blu (13%).

Fig 14.1 – Percentuale di contributo delle caratteristiche ambientali e delle infrastrutture turistiche agli arrivi turistici nei comuni costieri italiani.



Fonte: elaborazione V. Reas (regressione statistica di tipo Poisson, in cui la variabile dipendente è rappresentata dagli arrivi turistici nei comuni costieri, mentre le variabili indipendenti sono le diverse caratteristiche turistiche e naturali all'interno dei comuni costieri (ad esempio numero di stabilimenti balneari, campeggi, spiagge bandiere blu)).

⁵ Per ciascun comune costiero sono stati considerati: numero di spiagge Bandiera Blu, ettari di Aree Marine Protette (AMP) e SIC Natura 2000 (Marini, Parzialmente connessi al mare, Terrestri), numero di alberghi, campeggi, alloggi in affitto, B&B, centri di immersione subacquea, stabilimenti balneari, discoteche e chilometri di costa comunale.

14.3.4 Interpretazione dei risultati

L'analisi ha permesso di identificare le principali variabili che influenzano positivamente la spesa turistica: le immersioni subacquee si sono rivelate il fattore più rilevante per il turismo marino (34%), grazie alla loro connessione con la biodiversità e la salute degli habitat marini. Anche le discoteche hanno mostrato un impatto significativo (26%), pur rappresentando una sfida in termini di sostenibilità ambientale. È emerso inoltre che le regioni del Sud Italia, come Sicilia, Sardegna e Puglia, possiedono un'elevata quantità di capitale naturale marino, mentre il Nord Italia ha una maggiore capacità ricettiva. Anche la Toscana ed Emilia-Romagna risultano importanti per la presenza di attività ricreative come stabilimenti balneari e discoteche. L'analisi dei dati ha evidenziato il ruolo cruciale del capitale naturale nel settore turistico, mostrando come la qualità ambientale e la presenza di infrastrutture ricreative possano amplificare l'attrattività delle località costiere.

14.4 Conclusioni

Il tirocinio ha permesso di sviluppare un'analisi dettagliata dell'interazione tra capitale naturale marino e domanda turistica nelle coste italiane. La ricerca evidenzia come l'identificazione del contributo del capitale naturale possa supportare un paradigma di turismo sostenibile, dove la crescita economica è allineata alla tutela ambientale.

Le località che offrono attività strettamente legate alla natura e all'ecosistema, come le immersioni e i campeggi, risultano particolarmente attrattive per i turisti e contribuiscono a generare ricchezza per le comunità locali.

L'esperienza di tirocinio si è inoltre rivelata un'importante opportunità di crescita professionale, offrendo stimoli rilevanti per orientare la carriera futura verso la ricerca e il dottorato, con un focus specifico sul contributo dei servizi ecosistemici allo sviluppo economico.

14.5 Bibliografia e Sitografia

Bartolini, A., Di Gennaro, V., Reas, V., Mascolo, R. A., La Notte, A., Capriolo, A., & Ferrini, S. (2024). *Ecosystem accounting for marine-based tourism provided by Posidonia oceanica in Italy. One Ecosystem*, 9, e129751

Günther, S., Thijssen, M., Maes, J., Raynal, J., & Zulian, G. (2019). Enhancing Resilience Of Urban Ecosystems through Green Infrastructure (EnRoute): Final report. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/602928>

Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E. G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A., & Ego, B. (2013). *Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal*

Ecosystem Services: A Systematic Review. PLOS ONE, 8(7), e67737.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067737>

Zulian, G., La Notte, A. L. (2022). *How to account for naturebased tourism in Europe. An operational proposal.* One Ecosystem, 7, e89312.
<https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e89312>

<http://www.bandierablu.org/common/index.asp>

<https://www.mase.gov.it/pagina/rete-natura-2000>

15. Confronto degli eventi marini estremi da misurazione da remoto e in situ nei mari italiani

A cura di Louis **Romengas**, studente di *Statistical Methods and Applications, Data Analyst*, Sapienza Università di Roma; Arianna **Orasi** e Marco **Picone**, tutor ISPRA, Area per il monitoraggio dello stato fisico del mare e per la climatologia marina

15.1 Introduzione

Negli ultimi anni, i fenomeni oceanici e atmosferici hanno suscitato un crescente interesse a causa del loro impatto sul clima, sugli ecosistemi costieri e sulle attività umane. Il tirocinio si è concentrato sull'analisi dei dati relativi alle onde estreme, provenienti dalle boe ondametriche della Rete Ondametrica Nazionale (RON) gestita dall'ISPRA, dislocate lungo le coste italiane, confrontandoli con i parametri delle onde rilevati da diversi altimetri satellitari. L'obiettivo è stato valutare se i dati satellitari possono catturare in modo affidabile gli stessi fenomeni meteorologici registrati dai dati delle boe, e se fosse possibile applicare tecniche di analisi dei valori estremi alle due fonti di misurazione, per confrontare i livelli di ritorno.

Le attività formative svolte, nello specifico, hanno cercato di dare una risposta alle seguenti domande:

1. i dati degli altimetri satellitari possono catturare le stesse condizioni meteorologiche estreme registrate dai dati delle boe?
2. come si confrontano le distribuzioni di valori estremi dei dati delle boe con quelle dei dati satellitari?
3. i livelli di ritorno tra le due fonti di dati sono comparabili?

15.2 Obiettivi

L'obiettivo principale della ricerca è stato valutare la coerenza e l'affidabilità dei dati sulle onde derivati dai satelliti in confronto alle misurazioni *in situ* delle boe, specialmente per eventi di onde estreme, attraverso:

- l'analisi dei valori estremi individuati utilizzando i metodi: del massimo a blocchi (BM - Massimo a Blocchi), del superamento di soglia (POT- *Peak Over Threshold*) e della modellazione *bayesiana* su entrambi i dati satellitari e delle boe;
- l'esplorazione delle risoluzioni spaziali e temporali delle due fonti di dati per individuare eventuali discrepanze;
- lo sviluppo di metodologie per armonizzare i dati delle boe e dei satelliti per migliorare la previsione delle condizioni marine estreme.

A tal fine, è stato necessario determinare le aree ottimali per l'estrazione dei dati satellitari intorno alle stazioni delle boe, identificare i metodi statistici -inclusi Massimo a Blocchi, *Peak Over Threshold* e approcci *bayesiani* - per stimare accuratamente i livelli di ritorno delle onde estreme, utilizzando sia i dati satellitari che delle boe ed, infine, valutare il potenziale della modellazione *bayesiana* per fornire previsioni più solide, specialmente nei casi in cui i dati sono scarsi o erratici.

L'obiettivo finale è stato fornire un confronto approfondito tra le fonti di dati delle boe e dei satelliti, e fornire alcune raccomandazioni per migliorare l'uso dei dati satellitari nelle previsioni di eventi di onde estreme.

15.3 Attività svolta

Il progetto ha analizzato un *dataset* di oltre 33 anni di dati ondometrici (1985-2018) proveniente da 13 altimetri satellitari e un *dataset* di 25 anni (1989-2014) della rete nazionale di boe italiane (RON - Rete Ondometrica Nazionale), focalizzandosi su 12 stazioni lungo la costa italiana.

Durante il tirocinio, è stata svolta un'ampia analisi dei dati, che ha incluso:

- la selezione e pre-elaborazione dei dati altimetrici satellitari da varie fonti (es. GEOSAT, ERS-1, TOPEX, SENTINEL-3A) e l'estrazione, la collocazione e l'analisi dei dati delle onde dalla rete nazionale di boe italiane;
- la definizione delle mareggiate per l'algoritmo genetico, raffinando il vettore di osservazione per isolare eventi estremi con parametri specifici di altezza significativa delle onde, durata e direzione delle onde, adattati per i dati delle boe;
- l'implementazione di un algoritmo genetico per determinare le aree ottimali di estrazione dei dati satellitari intorno alle stazioni delle boe;
- l'applicazione di tecniche di analisi dei valori estremi per valutare la compatibilità tra le due fonti di dati;
- l'applicazione di tecniche avanzate di modellazione statistica, tra cui metodi tradizionali e *bayesiani*, per stimare i livelli di ritorno degli eventi estremi di onde e confrontare i risultati tra i dati satellitari e quelli delle boe.

15.3.1 Calibrazione dei dati e definizione delle mareggiate

Per garantire coerenza tra le due fonti di dati, è stato necessario un processo di calibrazione.

Infatti, i dati satellitari, pur coprendo aree più ampie, spesso risentono di interferenze della costa, problemi atmosferici e una calibrazione dei sensori non uniforme. Questo ha comportato l'identificazione e la rimozione di valori anomali (ad esempio, SWH superiore a 30 metri) e la garanzia che i dati provenienti da diverse piattaforme

satellitari rispettassero uno standard coerente. Questa calibrazione ha assicurato una migliore corrispondenza tra le misurazioni satellitari e quelle delle boe per l'analisi degli eventi ondosi estremi.

Per poter definire le mareggiate, dovendo isolare gli eventi estremi, è stato scelto di utilizzare dei criteri specifici in funzione dell'altezza significativa delle onde (SWH). Queste tempeste sono state selezionate utilizzando i seguenti parametri:

- un'altezza significativa delle onde che supera una soglia definita per almeno 12 ore consecutive;
- una diminuzione della SWH al di sotto della soglia per non più di 6 ore;
- una direzione angolare specifica dell'onda, con una deviazione non superiore a 30 gradi rispetto alla direzione originale dei dati della boa.

15.3.2 Algoritmo Genetico per la selezione del confine ottimale

Per migliorare l'accuratezza dell'estrazione dei dati satellitari intorno alle stazioni delle boe, è stato impiegato un Algoritmo Genetico (GA) (Holland, J.H., 1975) utilizzato per determinare il riquadro di delimitazione ottimale per ciascuna boa. Questo algoritmo ha impiegato tecniche evolutive, tra cui mutazione e selezione, per adattare i riquadri di delimitazione in modo da massimizzare la correlazione tra i dati satellitari e quelli delle boe, minimizzando al contempo la copertura terrestre. La funzione di *fitness* del GA ha considerato metriche statistiche come l'indice di dispersione, la correlazione e i valori del Chi-quadrato per ottimizzare il processo di selezione. Dopo diverse interazioni, l'algoritmo ha perfezionato i riquadri di delimitazione per fornire il miglior confronto possibile tra le due fonti di dati (Fig 15.1).

Fig 15.1 – Riquadro ottimale per ciascuna boa



Fonte: Copernicus Marine Service

15.3.3 Analisi esplorativa dei valori estremi

Prima di applicare l'analisi dei valori estremi, è stata eseguita un'estesa analisi esplorativa dei dati.

Per il metodo dei Massimi a Blocchi (BM), sono state utilizzate le altezze massime annuali delle onde, provenienti sia dai dati satellitari che da quelli delle boe. A questi dati è stata applicata una distribuzione *Generalized Extreme Value* (GEV) e la qualità dell'adattamento è stata valutata tramite grafici diagnostici. I risultati hanno indicato che, sebbene la distribuzione GEV abbia catturato la tendenza generale, limitazioni, come la dimensione ridotta del campione, hanno reso difficile rappresentare l'intera gamma di valori estremi.

Nel metodo *Peak-Over-Threshold* (POT) sono state selezionate le altezze delle onde superiori a una certa soglia, utilizzando tecniche grafiche e approcci basati sui quantili per definire la soglia. Sono state testate diverse soglie e adattate distribuzioni dei valori estremi alle altezze delle onde selezionate, utilizzando sia le medie giornaliere che i picchi delle mareggiate. I risultati dei dati satellitari e delle boe hanno mostrato livelli di ritorno comparabili, sebbene i dati satellitari presentino maggiori incertezze

Il modello *bayesiano* si basa sulla Distribuzione Pareto Generalizzata (GPD), che stima i valori estremi al di sopra di una soglia. Il modello è stato adattato utilizzando la *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) con 5000 iterazioni su 4 catene. Questo ha permesso di esplorare lo spazio dei parametri in modo più approfondito e di stimare i livelli di rendimento. È stata impostata la profondità massima dell'albero a 15 per ottimizzare l'equilibrio tra il tempo di calcolo e l'esplorazione di relazioni più complesse tra i parametri.

Per valutare l'affidabilità dei risultati, sono stati confrontati i livelli di ritorno a 50 anni stimati con quelli forniti da ISPRA per varie stazioni utilizzando i dati delle boe dal 1989 al 2001. Questo confronto si basa su stime puntuali, tralasciando gli intervalli di confidenza, che a volte possono essere ampi per alcune stazioni. Tuttavia, l'obiettivo principale è stato quello di osservare le tendenze delle altezze d'onda estreme nel tempo.

La Tab 15.1 mostra i livelli di ritorno a 50 anni stimati dall'ISPRA e dell'analisi per diverse stazioni.

Tab 15.1 – Livelli di ritorno a 50 anni stimati APAT, 2023 e in questo studio per diverse stazioni

Station	APAT 2023 H_{50}	Internship H_{50}
Alghero	10.8	11.4
Catania	6.9	7.8
Crotone	6.7	7.8
La Spezia	7.8	8.5
Mazara-del-Vallo	7.4	8.4

Fonte: Rete Ondametrica Nazionale, ISPRA; Copernicus Marine Service

L'andamento complessivo rivela un aumento dei livelli di rendimento stimati rispetto a quella calcolati fino al 2021. Diversi fattori contribuiscono a questa differenza.

Il set di dati utilizzato in questa analisi copre una durata quasi doppia rispetto a quello dell'ISPRA, consentendo di selezionare un maggior numero di eventi estremi.

Sono stati migliorati i metodi di stima migliorati: ad esempio, i modelli *bayesiani* utilizzati, possono migliorare le stime del livello di ritorno.

Non è da escludere un aumento della frequenza e dell'intensità di eventi ondosi estremi in queste regioni nel corso del tempo. L'implicazione di questi elevati livelli di ritorno è significativa. Gli eventi estremi di mareggiata, di magnitudo simile al livello di ritorno di 50 anni, potrebbero diventare più intensi o frequenti in futuro.

15.4 Conclusioni

Lo studio ha rivelato che, sebbene i dati satellitari offrano una copertura spaziale più ampia, tendono a mostrare discrepanze rispetto ai dati delle boe, specialmente nella fascia più bassa dell'altezza significativa delle onde. Tuttavia, entrambe le fonti di dati hanno mostrato risultati simili per gli eventi di onde estreme. L'analisi ha evidenziato i limiti dei dati satellitari nel catturare fenomeni meteorologici estremi localizzati e ha sottolineato l'importanza di calibrare le misurazioni satellitari con i dati delle boe per risultati più affidabili. Lo studio ha anche dimostrato il potenziale della modellazione *bayesiana* per migliorare la precisione delle previsioni nelle aree dove i dati *in situ* sono limitati.

15.5 Bibliografia

APAT, 2023, *Atlante delle onde nei mari italiani – Italian Waves Atlas*, S. Corsini, L. Franco, R. Inghilesi, R. Piscopia, Rapporto Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi

Holland, J.H. 1975, *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. University Michigan Press, Ann Arbor, MI, USA

Marceau M., Obakrim S., Raillard N., Ailliot P. Monbet V., 2022. *Deep learning for statistical downscaling of sea states*, ASCMO

Wood S.N., Goude Y., Shaw S., 2015. *Generalized additive models for large datasets*, Journal of the Royal Statistical Society, Series C, 64 (1), 139-155

Monbet V., Ailliot P., Prevosto M. 2007. *Survey of stochastic models for wind and sea state time series*, Probabilistic Engineering

16. *Nexus Assessment* tra il *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* della Convenzione ONU sulla Diversità Biologica e gli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

*A cura di Ludovica **Saccone**, studentessa di Relazioni internazionali, Libera Università Maria Ss. Assunta; Valentina **Rastelli**, tutor ISPRA, Area per la conservazione e la gestione della flora, della vegetazione e delle foreste, degli habitat e degli ecosistemi dei suoli e per l'uso sostenibile delle risorse agroforestali*

16.1 Introduzione

L'idea di "sviluppo durevole" ha iniziato a diffondersi solo recentemente, trovando una sua prima definizione ufficiale nel Summit di Rio de Janeiro del giugno 1992. Questo concetto si fonda su tre dimensioni fondamentali e inscindibili: la protezione dell'ambiente, lo sviluppo economico e la giustizia sociale.

Tali principi hanno radici nella Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED), conosciuta come il "Vertice della Terra", che si tenne a Rio de Janeiro dal 3 al 14 giugno 1992. Questo evento rappresentò un punto di svolta per la tutela ambientale e la promozione dello sviluppo sostenibile. Vi presero parte 182 Nazioni, oltre 100 Capi di Stato, 16 agenzie specializzate e numerose organizzazioni intergovernative e non governative (ONG). La Conferenza, su mandato dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, si propose di elaborare strategie per ridurre il degrado ambientale attraverso la cooperazione internazionale e la creazione di un sistema economico capace di garantire una crescita sostenibile per tutti i Paesi. Tra i risultati principali della Conferenza vi fu la Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo, un documento non vincolante che raccoglie 27 principi volti a rafforzare gli obiettivi già delineati nella Conferenza di Stoccolma del 1972.

Un passaggio decisivo nella definizione del concetto di sviluppo sostenibile si ebbe con il "Rapporto Brundtland" della Commissione mondiale su Ambiente e Sviluppo (UN, 1987), in cui per la prima volta comparve il termine "*sustainable development*". Gro Harlem Brundtland lo definì come "quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri".

Oggi il concetto di sviluppo sostenibile è consolidato nell'immaginario collettivo, anche grazie all'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, adottata il 25 settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite. L'Agenda si compone di 17 obiettivi globali (*Sustainable Development Goals*, SDGs) e 169 *target*, che mirano a favorire una crescita più equa e sostenibile, coinvolgendo governi, cittadini, imprese, università e centri di ricerca. Gli SDGs affrontano questioni trasversali quali povertà, salute, istruzione, biodiversità, parità di genere e cambiamento climatico,

evidenziando la loro interconnessione: l'azione su un obiettivo ha inevitabilmente ripercussioni sugli altri.

Un elemento chiave dello sviluppo sostenibile, emerso durante l'esperienza di tirocinio, riguarda il ruolo centrale della biodiversità e il quadro istituzionale che ne regola la tutela. Attualmente la *governance* della biodiversità ruota intorno a due principi fondamentali: (i) *whole of society*, ovvero il coinvolgimento di una pluralità di attori, dai privati al mondo accademico e della ricerca, fino alla società civile nel suo complesso, e (ii) *whole of government*, che richiama la necessità di un approccio coordinato tra i diversi livelli di governo, dal nazionale al locale, per una gestione efficace delle politiche ambientali. Questi principi riflettono la necessità di una visione integrata e multilivello per affrontare le sfide ambientali globali, un aspetto che il tirocinio ha approfondito attraverso l'analisi critica degli strumenti normativi e delle strategie adottate a livello internazionale.

I due principi sono al centro del *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* (K-M GBF), adottato nel dicembre 2022 durante la quindicesima Conferenza delle Parti (COP 15) della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD). Questo accordo internazionale, frutto di quattro anni di negoziati, è nato per rispondere alle evidenze scientifiche che indicano una perdita di biodiversità senza precedenti nella storia umana. Il K-M GBF si articola in quattro obiettivi principali da raggiungere entro il 2050:

1. GOAL A: mantenere e ripristinare l'integrità degli ecosistemi, arrestare l'estinzione delle specie e garantire la conservazione della diversità genetica.
2. GOAL B: assicurare l'uso sostenibile della biodiversità e il mantenimento dei servizi ecosistemici.
3. GOAL C: garantire un'equa condivisione dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche, tutelando le conoscenze tradizionali delle popolazioni indigene.
4. GOAL D: colmare il divario di finanziamento per la biodiversità e assicurare un accesso equo alle risorse economiche per l'attuazione delle misure previste.

16.2 Obiettivi

Il tirocinio si è concentrato sull'analisi del rapporto tra due fondamentali accordi internazionali: l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile e il *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* (K-M GBF) della CBD. Attraverso lo studio di documenti ufficiali e rapporti scientifici, è stato possibile esaminare in che misura questi strumenti si influenzino reciprocamente, individuando punti di convergenza e differenze nelle strategie adottate.

L'analisi ha permesso di approfondire il ruolo della biodiversità nel quadro dello sviluppo sostenibile e di valutare l'impatto delle politiche internazionali sulla tutela

ambientale e la gestione delle risorse naturali. Adottando un approccio critico, il lavoro ha evidenziato come i due accordi, pur condividendo numerosi obiettivi, si distinguano nei livelli di impegno richiesti e nelle modalità di attuazione.

16.3 Attività svolta

Le attività formative principalmente svolte sono state la ricerca bibliografica, l’analisi dei due accordi di cui sopra, la creazione di una tabella di confronto tra di essi, ed infine la stesura dell’elaborato che presenta i risultati ottenuti.

Lo scopo dell’analisi è stato di verificare, per ogni *target* del K-M GBF, l’esistenza di un *target* corrispondente negli SDGs, e valutarne l’allineamento. Si riporta di seguito, come esempio dell’analisi effettuata, la valutazione del primo *target* del K-M GBF:

- **Target 1 K-M GBF** → *Ensure that all areas are under participatory integrated biodiversity inclusive spatial planning and/or effective management processes addressing land and sea use change, to bring the loss of areas of high biodiversity importance, including ecosystems of high ecological integrity, close to zero by 2030, while respecting the rights of indigenous peoples and local communities.*

⇒ *Target K-M GBF* pertinente e completamente allineato con SDG 15.5 che riporta quanto segue: “Adottare misure urgenti e significative per ridurre il degrado degli habitat naturali, arrestare la perdita di biodiversità e, entro il 2020, proteggere e prevenire l’estinzione delle specie minacciate”.

Terminata l’analisi, per una migliore e immediata comprensione, si è proceduto al popolamento di una tabella di sintesi, rappresentante un quadro sinottico del confronto tra i *target* del *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* e gli SDGs dell’Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile. La tabella è strutturata nel seguente modo: in orizzontale sono presenti tutti i *targets* degli SDGs dell’Agenda 2030, mentre nella colonna verticale i *targets* del K-M GBF della CBD; il loro incrociarsi determina quanto e come i due accordi si relazionano tra di loro, secondo la legenda di confronto. Di seguito (Tab 16.1) si riporta solo un estratto del quadro sinottico, relativo ai *target* dei due strumenti con le interrelazioni più forti.

Tab 16.1. Quadro sinottico del confronto tra target del Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework e gli SDGs dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (estratto)

K-M GBF	SDGs																											
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	
	1	2	3	a	b	1	2	3	4	5	6	7	a	b	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	
A																												
T 1																												
T 2																												
T 3																												
T 4																												
T 5																												
T 6																												
T 7																												
T 8																												
B																												
T 9																												

T 2 0																							
T 2 1																							
T 2 2																							
T 2 3																							

Legenda

	<i>Target K-M GBF non pertinente con SDGs</i>
	<i>Target K-M GBF pertinente con SDGs ma non allineato</i>
	<i>Target K-M GBF pertinente con SDGs e parzialmente allineato</i>
	<i>Target K-M GBF pertinente con SDGs e completamente allineato</i>
	<i>Target K-M GBF pertinente con SDGs, allineato e con obiettivi numerici più ambiziosi</i>

16.4 Conclusioni

Da questa analisi si può notare come la sostenibilità, materia “inesplorata” fino a poco tempo fa, sia diventata una realtà che investe tutti gli ambiti: dalla sanità alla moda, dal processo di produzione aziendale al risparmio energetico, dalla biodiversità all’utilizzo responsabile delle risorse.

Nell’Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile sono 17 i macro-obiettivi che tengono conto di dover implementare la sostenibilità, anche in ambiti che, a primo impatto, ne risulterebbero completamente distaccati come: il dover sconfiggere la povertà, la fame, il dover garantire un’istruzione di qualità, l’assicurare la parità di genere, e così via.

È evidente come il concetto di sostenibilità sia strettamente collegato a quello di biodiversità: l’uno rimanda all’altro in un rapporto di interdipendenza. Garantire la

conservazione e la protezione della biodiversità contribuisce a far sì che il suo utilizzo avvenga in modo sostenibile e cioè in modo sicuro, reale, privo di impatti negativi e sprechi. Il dover proteggere e conservare almeno il 30% delle zone terrestri e marine, così come il dover impedire il traffico illegale di specie protette, sono concetti in cui la sostenibilità è il motore centrale: qualsiasi azione venga fatta in ottica di protezione della biodiversità contribuisce indissolubilmente a soddisfare anche gli obiettivi che si ritrovano nell'Agenda per la sostenibilità.

Questa dicotomia intende non solo raggiungere gli scopi dei rispettivi accordi, ma salvaguardare il Pianeta Terra, proteggerlo dagli eccessi e dagli sprechi di cui l'essere umano è artefice. Garantire e promuovere una vita sana, nel rispetto della natura, dei principi e delle leggi naturali, non è più un concetto così banale e scontato come poteva sembrare qualche anno fa. Non serve andare indietro nel tempo di secoli, basta qualche decennio, fino ad arrivare agli anni '50/60: i preziosi e ricchi anni del *boom* economico in cui sregolatezza e consumismo hanno iniziato a prendere piede. La diffusione delle automobili, degli elettrodomestici nonché della televisione sono state invenzioni che hanno rappresentato e incarnato l'idea di progresso sia scientifico che tecnologico portando il Bel Paese a vivere una crescita esponenziale. Tutto ciò, oltre a velocizzare il processo di modernizzazione, ha contribuito a ignorare le famose leggi naturali citate poco sopra, promuovendo una vita dedita al consumo eccessivo e allo spreco. Non è un caso, infatti, che si faccia risalire l'inizio del consumismo proprio a questi anni.

In riferimento al *boom* economico è interessante quanto viene riportato sul sito di Rai Cultura: "Provoca inurbamento selvaggio e spopolamento delle campagne, e danneggia il paesaggio e l'ambiente in un sistema di valori in cui l'ecologia non ha ancora un posto. Sono però le prove di una modernizzazione che era ormai ineludibile, e che ancora oggi il Paese attende di perfezionare". Fu un periodo essenziale, quasi "già scritto", le cui ripercussioni ambientali le iniziamo a vedere solo oggi: all'epoca, per soddisfare l'eccessiva domanda di beni, non si badava a utilizzare processi produttivi sostenibili né a regolamentare soglie massime di emissioni in atmosfera che ciascuna azienda non doveva superare. Questi sono concetti che solo ultimamente, seppur molto timidamente, stanno penetrando nella coscienza comune: l'azienda che deve adottare un processo produttivo "*lean and clean*" è, infatti, un concetto recente.

Con ciò non si vuole intendere che l'unico responsabile della situazione attuale sia stato il *boom* economico, ma solo che un simile comportamento di massa può provocare cambiamenti irreversibili per il sistema natura. Non si vuole bocciare o snaturare il progresso scientifico né tantomeno quello tecnologico, ma solo ricordare che ogni azione comporta una reazione ed è quindi essenziale tener conto già prima di agire degli eventuali effetti negativi che un determinato comportamento potrebbe provocare, così da non metterlo in atto.

Va inoltre ricordato che non basteranno mai Convenzioni, *Framework*, decreti e leggi se a mancare è la volontà comune di voler salvaguardare il Pianeta.

16.5 Bibliografia e Sitografia

Convention on Biological Diversity (CBD), 2022. *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Conference of The Parties to The Convention on Biological Diversity Fifteenth meeting – Part II Montreal, CDB/COP/DEC/15/4/19, Canada, 19 December 2022

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019

Nazioni Unite (UN), 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development - Our Common Future*. Commissione mondiale su ambiente e sviluppo, Nazioni Unite, 20 marzo 1987

Nazioni Unite (UN), 2015. *Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile*. Assemblea Generale delle Nazioni Unite, 25 settembre 2015

<https://www.agenziacoesione.gov.it/comunicazione/agenda-2030-per-lo-sviluppo-sostenibile/>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizieispra/2022/12/conferenza-delle-nazioni-unite-sulla-biodiversita-cop-15>

<https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>

https://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Convenzione_diversita_biologica_05_06_92.pdf

<https://www.cbd.int/sp/targets/>

https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/convention-on-biological_diversity.html

<https://www.mase.gov.it/pagina/protocollo-di-cartagena-sulla-biosicurezza>

<https://www.mase.gov.it/pagina/protocollo-di-nagoya-abs>

<https://www.agenziacoesione.gov.it/wp-content/uploads/2020/04/agenda-2030-card-17-goals.pdf>

<https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>

<https://www.raicoltura.it/storia/articoli/2019/01/Il-boom-e-gli-italiani-6f9a6fc6-5e06-4df7-822c->

<717741146b7d.html#:~:text=L'economia%20del%20Paese%20sposta,gli%20anni%20del%20boom%20economico>

17. Caratterizzazione del popolamento a policheti dell'area marina antistante la Tenuta Presidenziale di Castel Porziano ai fini della valutazione degli impatti antropici

A cura di Annalisa **Tuzio**, studentessa di Ecobiologia, Sapienza Università di Roma; Paolo **Tomassetti**, tutor ISPRA, Laboratori Area biologia

17.1 Introduzione

Il presente studio è inserito nella linea di ricerca finalizzata alla comprensione dei processi che governano gli ecosistemi marini costieri. In particolare, il progetto ha mirato a delineare lo stato della qualità ecologica dell'area marina antistante la Tenuta Presidenziale di Castelporziano (TPC), la quale è stata riconosciuta come riserva naturale statale nel 1999, e la cui fascia costiera è stata identificata come SIC (Sito di Interesse Comunitario) nel 2005. Tale misura di protezione, riferendosi alla porzione terreste della fascia costiera, non ha considerato l'area marina antistante la TPC. Tuttavia, sebbene non vigesse un regime di protezione ambientale istituzionalizzato, per motivi di sicurezza, tale fascia marina è rimasta comunque una zona non antropizzata; nell'area è, infatti, vigente il divieto di pesca nella fascia costiera di 1 km dalla riva e di attività turistico-ricreative sull'arenile. Questa particolare condizione ha reso l'area un caso di studio ideale per indagare gli effetti di diverse pressioni antropiche e regimi di protezione sulle comunità bentoniche marine.

17.1.1 Studio della comunità bentonica

Le comunità bentoniche sono componenti fondamentali della struttura degli ecosistemi marini e ne determinano il funzionamento complessivo perché svolgono diversi processi ecologici essenziali, agendo su diversi livelli, non solo dimensionali, ma anche energetici; questo fa sì che il *benthos* svolga un ruolo determinante nella regolazione dell'ecosistema in quanto ne influenza diversi aspetti, come il riciclo dei nutrienti e le reti trofiche. Le comunità bentoniche, inoltre, rivestono importanti ruoli in quanto svolgono svariati servizi ecosistemici: dal consumo di anidride carbonica, alla fornitura di cibo e riparo per moltissime specie anche di pesci ed uccelli, ma anche fonti di cibo per il consumo da parte dell'uomo di specie pregiate come bivalvi, aragoste, pesci necto-bentonici, inoltre forniscono esche per la pesca ricreativa.

Per le ragioni suddette, attualmente gran parte dell'interesse dell'uomo è rivolto alla conoscenza dei processi che governano il funzionamento degli ecosistemi marini ed in particolare riveste grande importanza la valutazione della qualità dello stato ecologico degli ecosistemi, perché la buona qualità ambientale garantisce il buon funzionamento degli stessi.

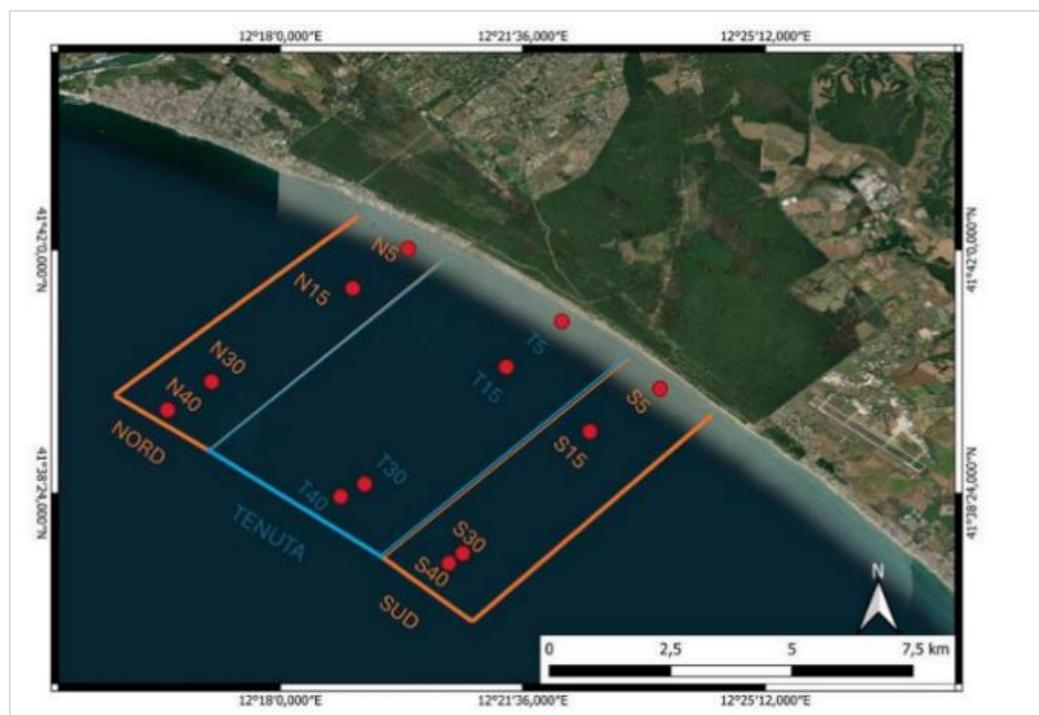
17.2 Obiettivi

Questo studio, nello specifico, si è proposto di analizzare, come indicatore della qualità ambientale, la componente a policheti della comunità bentonica che popola i fondali nell'area antistante la Tenuta Presidenziale di Castel Porziano e a caratterizzarne la sua composizione in termini di specie e di individui. Questa, è stata confrontata con la componente a policheti della comunità bentonica presente nelle due aree adiacenti. Lo scopo è stato rilevare eventuali impatti antropici, come quelli imputabili alla piccola pesca artigianale, che è interdetta nell'area prospiciente la Tenuta, ma è praticata nelle zone contigue ad essa. Detti impatti, se presenti, erano attesi come alterazioni rilevanti della composizione faunistica della componente a policheti.

17.3 Attività svolta

L'analisi è stata condotta nella zona antistante la TPC, denominata "zona T", e nelle regioni limitrofe a nord e a sud, identificate rispettivamente come "zona N" e "zona S" (Fig 17.1).

Fig 17.1 - Area di campionamento



Area di campionamento con l'indicazione dei tre transetti: Nord (N), Sud (S) e Tenuta (T). Indicati in arancio i transetti della zona a nord e sud, in blu l'area e il transetto

antistante la TPC. Per ciascun transetto sono riportate le relative profondità di campionamento, contraddistinte da punti rossi: 5, 15, 30 e 40 metri.

Queste tre aree condividono condizioni ambientali simili, data la loro vicinanza, ma si distinguono per la presenza di alcune attività antropiche.

Il campionamento è stato effettuato durante la campagna oceanografica condotta dall'ISPRA per il prelievo del sedimento a bordo della nave Astrea il 19 dicembre del 2022. Il piano di campionamento ha previsto 4 prelievi lungo 3 transetti ortogonali alla costa: uno, chiamato transetto T, posto all'interno dell'area marina antistante la TPC, e due transetti in ciascuna delle aree limitrofe a nord (transetto N) e a sud (transetto S), lungo i quali sono state collocate le stazioni di controllo. Per ogni transetto, i campioni sono stati raccolti lungo quattro stazioni a diverse profondità: 5, 15, 30 e 40 metri. Per ogni campione sono state raccolte due repliche; in totale, sono stati prelevati 24 campioni.

I prelievi sono stati effettuati utilizzando una benna *Van Veen* con un'area di presa di 0,1 m² e una capacità di 20 litri, successivamente il materiale prelevato è stato fissato tramite una soluzione di acqua di mare e formalina al 4% all'interno di barattoli adeguati ad essere utilizzati ai fini della conservazione, ognuno dei quali contrassegnato da un cartoncino su cui sono state riportate data, luogo di prelievo, profondità e lettera indicante la replica in modo da permettere il successivo riconoscimento in maniera corretta e univoca. La fase successiva ha riguardato lo studio dei campioni, i quali sono stati sottoposti ad un accurato *sorting*, che ha previsto una fase preliminare di separazione della componente animale da quella vegetale e da eventuale sedimento; la fauna è stata posta all'interno di provette di plastica di dimensioni consone alla quantità di organismi rinvenuti, all'interno delle quali è stato apposto un cartellino riportante le specifiche del campione: data, sito di campionamento, profondità e replica. Successivamente il contenuto di ogni provetta è stato versato in piccole quantità in una capsula Petri contenente acqua e poi osservato allo stereomicroscopio con ingrandimenti compresi tra il 16x e il 40x per individuare tutti gli esemplari di macroinvertebrati e separarli dal sedimento ancora presente per mezzo di peculiari pinzette. In seguito, si è provveduto alla fase di identificazione, con l'obbiettivo di arrivare a determinare il più basso livello tassonomico possibile, le specie. Per la determinazione faunistica è stato osservato ogni esemplare allo stereomicroscopio, in particolare sono stati individuati ed analizzati i caratteri diagnostici, grazie ai quali è stato possibile effettuare l'identificazione, con l'obbiettivo di arrivare a determinare il più basso livello tassonomico possibile, le specie.

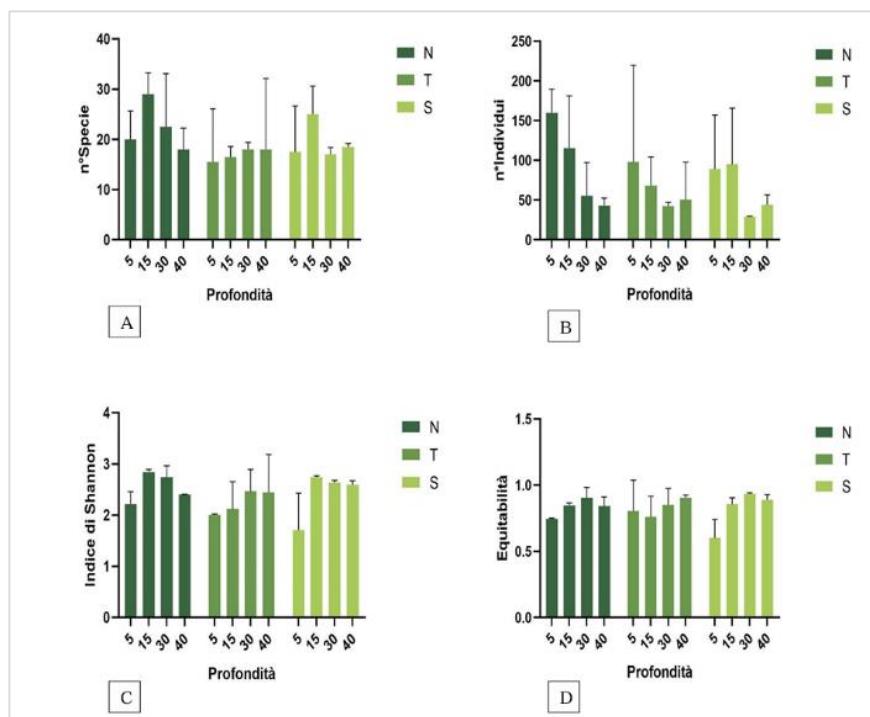
Per la nomenclatura tassonomica aggiornata si è fatto riferimento al catalogo web presente in "[The World's Register Of Marine Species](#)".

Le informazioni ottenute mediante l'identificazione tassonomica sono state organizzate in una tabella a due entrate, dove sulle righe sono state poste le specie individuate e sulle colonne sono stati ripostati i campioni per ciascun transetto (Nord,

Tenuta, Sud) e per ogni stazione (alla profondità di 5, 15, 30, 40 metri) e ciascuna replica (A e B); nelle celle sono stati riportati i dati di abbondanza in termine di numero di individui. Per ogni stazione sono stati calcolati i principali indici biotici sintetici, quali: il numero totale di specie (o Ricchezza specifica), il numero totale di individui, la diversità e l'Equitabilità, misurate rispettivamente con l'indice di *Shannon Wiener* (H') e l'indice di *Pielou* (J).

I valori ottenuti sono stati rappresentati graficamente attraverso grafici a barre (Fig 17.2) per mettere in evidenza eventuali differenze tra le diverse stazioni e profondità. Per esplorare le associazioni tra le specie e le stazioni di campionamento, è stata eseguita Analisi delle Corrispondenze (CA). Questa tecnica è stata scelta perché permette di visualizzare nello stesso piano di campionamento sia i punto-specie che i punti-stazione. Per definire se le differenze osservate attraverso le tecniche descritte fossero statisticamente significative, si è proceduto con la PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*).

Fig 17.2 – Istogrammi relativi ai vari indici biotici sintetici per ciascuna stazione nei diversi transetti

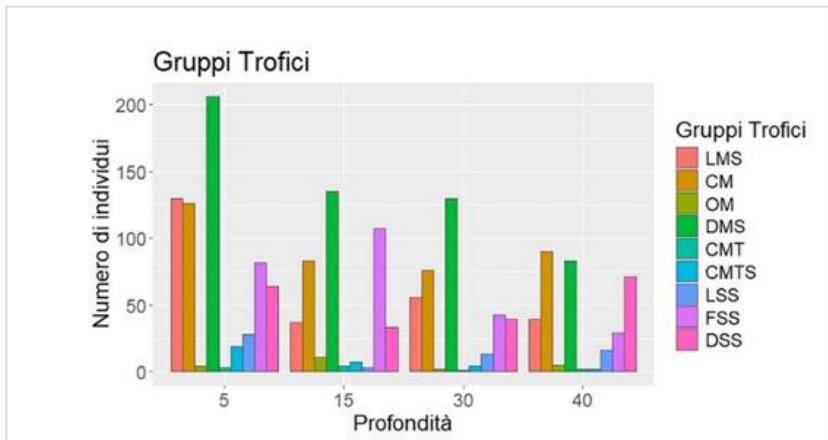


Valori medi e relative deviazioni standard del Numero di Specie (A), numero di individui (B), indice di Diversità (C), Equitabilità (D) per ciascuna profondità in metri e per ciascun transetto; N = transetto Nord, T = transetto Tenuta, S = transetto Sud.

In questo studio, la PERMANOVA a due vie è stata applicata alle stesse matrici utilizzate per l'Analisi delle Corrispondenze, considerando come fattori di

raggruppamento i siti in esame (N, T, S), la profondità (5, 15, 30, 40) e le repliche (A, B). Infine, con lo scopo di indagare sugli aspetti funzionali del popolamento, le specie presenti sono state raggruppate nei relativi gruppi trofici di appartenenza che sono risultati essere 9. Le abbondanze di questi gruppi trofici nelle diverse stazioni di campionamento sono state riportate in una tabella a due entrate, dove ogni riga della tabella rappresenta una stazione di campionamento identificata da un codice alfanumerico (ad esempio, N5.A, N15.B, T30.A), mentre le colonne indicano i diversi gruppi trofici. I valori numerici all'interno delle celle corrispondono alle abbondanze osservate per ciascun gruppo funzionale in quella specifica stazione. Successivamente i valori ottenuti sono stati rappresentati graficamente attraverso istogrammi, i quali hanno messo in evidenza i gruppi trofici più abbondanti con le relative abbondanze in termini di individui. Il grafico (Fig. 17.3) ha sottolineato come tutti i gruppi trofici sono stati trovati a ogni profondità, ma con abbondanze diverse e spesso con una diversificazione nella composizione specifica. Si è effettuata poi la CA per i gruppi trofici, e il test statistico quale la PERMANOVA.

Fig 17.3 – Istogramma relativi all'abbondanza dei diversi gruppi trofici dei policheti alle diverse profondità



Il grafico in Fig 17.3 illustra la distribuzione dei diversi gruppi funzionali alle quattro profondità esaminate (5, 15, 30 e 40 metri), le barre del grafico rappresentano le abbondanze dei gruppi trofici per profondità. Le profondità sono: 5, 15, 30, e 40 metri. I gruppi funzionali riportati di lato sono Limivori Mobili Scavatori (LMS), Carnivori Mobili (CM), Onnivori Mobili (OM), Detritivori Superficiali Mobili (DMS), Carnivori Mobili Tubicolari (CMT), Carnivori Mobili Tubicolari Sapofagi (CMTS), Limivori Scavatori Sedentari (LSS), Filtratori Sessili e Sedentari (FSS), e Detritivori Superficiali Sedentari e Sessili (DSS).

Tutte le analisi sono state eseguite utilizzando il *software* statistico Past 4.0.

17.4 Conclusioni

Il popolamento a policheti campionato presso l'area antistante la Tenuta di Castel Porziano e le zone limitrofe a nord e sud di essa è risultato ricco e diversificato, con 140 *taxa* campionati per 1783 individui. La distribuzione dei policheti è risultata coerente con alcune caratteristiche ambientali, in particolare con le variazioni della composizione granulometrica del sedimento e del regime idrodinamico, che si verificano lungo il gradiente costa-largo. Infatti, la variazione nella granulometria del sedimento e la diversa composizione del popolamento a policheti, sia in termini di specie e dei gruppi trofici riscontrata alle varie isobate, sono spiegabili alla luce della diversa intensità dell'energia idrodinamica nell'area campionata. Il popolamento a policheti, che è un buon indicatore dell'intera comunità macrobentonica, ha rivelato che quest'ultima è in buono stato e le differenze osservate nelle specie e nei gruppi trofici sono imputabili, come è da aspettarsi, alla variazione della profondità, mentre non si riscontrano differenze significative tra i transetti. A questo proposito è importante rimarcare che, dato che l'area studiata è risultata estremamente ridotta in estensione (7,5 km di costa), è verosimilmente soggetta alle stesse condizioni ambientali generali. L'unica differenza rilevante tra i fondali antistanti i tre tratti di costa antistanti la Tenuta e le zone a nord e a sud di essa è l'attività della piccola pesca artigianale, che è interdetta nel tratto di costa antistante la Tenuta (T) ma consentita lungo il tratto a Nord (N) e a Sud (S) di essa. L'elevato grado di biodiversità del popolamento a policheti e il buono stato ecologico dei fondali, che sono stati messi in evidenza dal presente studio, unitamente all'assenza di differenze significative nella composizione quali-quantitativa di detto popolamento tra i fondali della zona antistante la Tenuta e quelli delle aree adiacenti poste a nord e a sud di essa, permettono di concludere che l'attività della piccola pesca artigianale esercitata lungo tale tratto della costa laziale non genera impatti negativi sulla qualità dello stato ecologico dell'area. Quindi, si può concludere che l'attuale sistema di gestione della piccola pesca artigianale risulta completamente sostenibile in questo tratto di costa del Lazio. Questo studio, dunque, non solo ha fornito importanti informazioni sullo stato ecologico dell'area marina antistante la Tenuta di Castelporziano, ma porta a riflettere sulla gestione sostenibile delle risorse costiere.

17.5 Bibliografia e Sitografia

Somaschini A., Ardizzone G.D. & Gravina M.F. (1996). *Rappresentatività di alcuni gruppi zoobentonici nel campionamento dei fondi mobili*. Biol. Mar. Medit., 3(1), 50-57

A. Giangrande, M.F. Gravina (2015). Brackish-water polychaetes, good descriptors of environmental changes in space and time. *Transit Waters Bull.*, 9, pp. 42-55

Anderson M. J. (2014). Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA). Wiley statsref: statistics reference online, 1-15

Crespo D. & Pardal, M.Â. (2020). Ecological and Economic Importance of Benthic Communities. In W. Leal Filho, A.M. Azul, L. Brandli, A.L. Salvia, & T. Wall (Eds.), *Life Below Water. Encyclopedia of the UN Sustainable 70 Development Goals* (pp. 1-11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319_71064-8_5-1

Magni P., Vesal S. E., Giampaoletti J., Como, S. & Gravina M. F. (2023). Joint use of biological traits, diversity and biotic indices to assess the ecological quality status of a Mediterranean transitional system. *Ecological Indicators*, 147, 109939. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109939>

18. Utilizzo di sistemi informativi geografici per lo sviluppo di indicatori in Carta della Natura

*A cura di Margherita **Zingaro**, studentessa Master "Geospatial Science & Technology", Università di Roma Tor Vergata; Chiara **D'Angeli**, tutor ISPRA, Servizio per la sostenibilità della pianificazione territoriale, per le aree protette e la tutela del paesaggio*

18.1 Introduzione

L'attività di tirocinio si è inserita nell'ambito del progetto Carta della Natura di ISPRA con la finalità di sperimentare metodi alternativi per il calcolo dell'indicatore legato alla ricchezza di specie nei singoli biotopi.

Nel dettaglio lo studio ha riguardato: la ricerca bibliografica di fonti di dati sulla distribuzione della fauna italiana; la predisposizione di un database relazionale; analisi GIS (*Geographic Information System*) volte a creare le tabelle con cui popolare il database e a quantificare il valore dell'indicatore in ciascun biotopo, utilizzando tre metodologie diverse e permetterne il confronto.

18.1.1 Inquadramento del progetto

Carta della Natura è uno strumento previsto dalla Legge 394/91 ed ha due finalità principali: la rappresentazione cartografica degli *habitat* e dei paesaggi terrestri a diversi livelli di dettaglio, e la valutazione del territorio da un punto di vista ecologico-ambientale.

La rappresentazione e la valutazione degli habitat sono condotte attualmente a scala regionale; la realizzazione delle carte degli *habitat* regionali è particolarmente complessa e richiede la definizione e la digitalizzazione degli *habitat* in unità territoriali omogenee per caratteristiche spaziali e naturali definite biotopi.

Anche il processo valutativo, che avviene a livello di biotopo, è molto articolato e conduce alla restituzione di quattro indici sintetici: il *Valore ecologico*, *Sensibilità Ecologica*, *Pressione Antropica* e *Fragilità ambientale*.

Tutti e quattro gli indici vengono quantificati sulla base di diversi indicatori territoriali di tipo prevalentemente strutturale e/o compositivo aggregati attraverso processi statistici di normalizzazione e ranghizzazione.

I valori degli indicatori non sono statici ma possono variare al mutare delle condizioni, rendendo necessari aggiornamenti periodici della Carta.

Le elaborazioni vengono fatte su sistemi informativi geografici e richiedono operazioni complesse su un numero molto elevato di elementi.

Risulta quindi fondamentale applicare procedimenti quanto più efficienti possibile ed utilizzare dati di base affidabili e aggiornati.

18.2 Obiettivi

L'attività di tirocinio è stata incentrata sulla verifica dell'applicabilità di modalità alternative per la quantificazione dell'indicatore legato alla ricchezza faunistica utilizzato nella valutazione dei biotopi rappresentati nella Carta della Natura.

Il fine ultimo, infatti era quello di confrontare i valori riportati nell'ultima versione di Carta della Natura Friuli-Venezia Giulia, per l'indicatore "*Ind3ve* – presenza potenziale di vertebrati", con quelli ottenuti attraverso variazioni della metodologia fino ad ora utilizzata, al fine di migliorare l'efficienza dei processi di calcolo e semplificare l'aggiornamento.

Per raggiungere questo scopo sono stati prima di tutto messi a confronto i valori dell'indicatore calcolati a partire da dati di presenza restituiti in forma di areale, con quelli ottenuti riportando gli stessi areali su griglia con maglie quadrate di 1km di lato. Si intendeva infatti testare la fattibilità di passare da dati in forma di areale a dati in forma di griglia, più facilmente gestibili durante le analisi spaziali.

In secondo luogo, sono stati confrontati i valori dell'indicatore utilizzando dati di distribuzione della fauna disponibili a livello nazionale e regolarmente aggiornati, provenienti da fonti diverse ma sempre aggregati in maglie quadrate di 1km di lato.

18.3 Attività svolta

Per raggiungere l'obiettivo, è stata testata la fattibilità di lavorare al calcolo dell'indicatore *Ind3ve* non più con dati di presenza areali ma con dati riportati su griglia, poiché questi sono più facilmente gestibili durante le analisi spaziali.

In secondo luogo, sono stati confrontati i valori dell'indicatore *Ind3ve* utilizzando sempre il sistema della griglia e come dati di base informazioni sulla distribuzione delle specie faunistiche provenienti da diverse fonti, disponibili a livello nazionale e regolarmente aggiornati.

Per testare le ipotesi di lavoro è stata individuata un'area di studio nella regione Friuli-Venezia Giulia in cui sono stati selezionati 478 biotopi ricadenti completamente all'interno di 3 unità di paesaggio: pianura aperta, colline terrigene, e montagne carbonatiche.

La prima operazione è stata preparare le feature class cella-specie assegnando a ciascuna cella della griglia il valore di presenza delle singole specie, creando una feature class che contenesse tante copie della stessa cella quante fossero le specie presenti. La procedura è stata ripetuta per tre fonti di dati: Carta della Natura, IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), *Reporting della Direttiva Habitat*.

Una volta create le *feature class* delle griglie contenenti le associazioni cella-specie, le informazioni sono state estrate in forma tabellare per poter lavorare con il minor numero possibile di dati con geometrie, al fine di ottimizzare i processi. Successivamente è stato creato un campo comune a tutte le tabelle, ovvero l'*id* della specie, per poterle mettere in relazione e per collegare anche un file tabellare, già predisposto da ISPRA, contenente le attribuzioni specie-*habitat*.

Sulla base delle tabelle elaborate e delle loro relazioni, è stato realizzato un modello che reiterasse le operazioni finalizzate al calcolo dell'indicatore di ricchezza faunistica per ciascun biotopo ed indicasse il risultato direttamente nella tabella degli attributi della *feature class* di partenza, contenente il campione di biotopi su cui testare l'ipotesi di progetto.

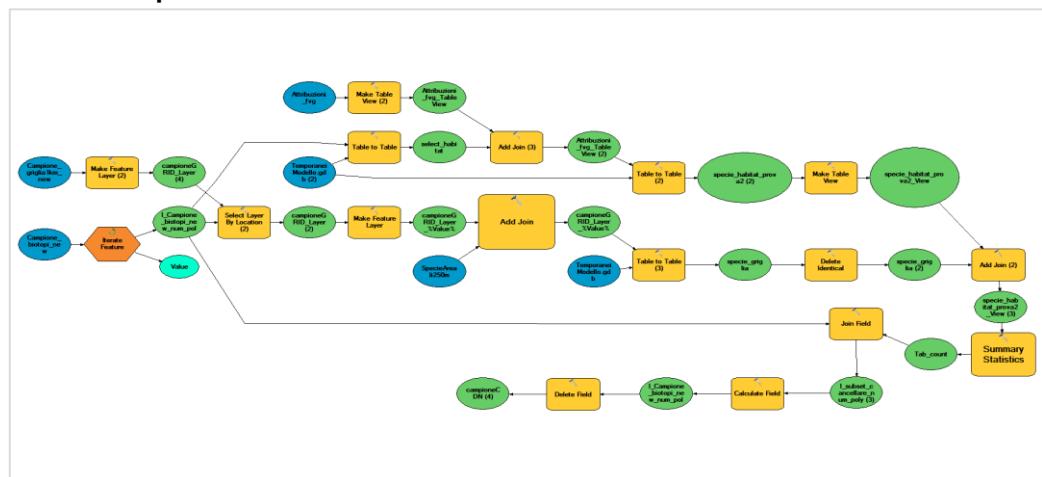
L'indicatore *Ind3ve* è stato quantificato conteggiando le specie presenti nella cella o nelle celle in cui ricadeva il biotopo, e che al contempo presentassero idoneità per l'*habitat* caratterizzante il biotopo stesso.

Per verificare che i valori dell'indicatore *Ind3ve* non cambiassero utilizzando la griglia al posto dei poligoni è stato applicato il [test di Mann-Whitney](#), mentre per confrontare i risultati ottenuti con l'uso di dati provenienti da fonti diverse sono state scelte statistiche di tipo descrittivo.

18.4 Conclusioni

Con il presente studio è stato preparato un modello per il calcolo dell'indicatore *Ind3Ve*, attualmente quantificato in Carta della Natura che può essere replicato (Fig 18.1).

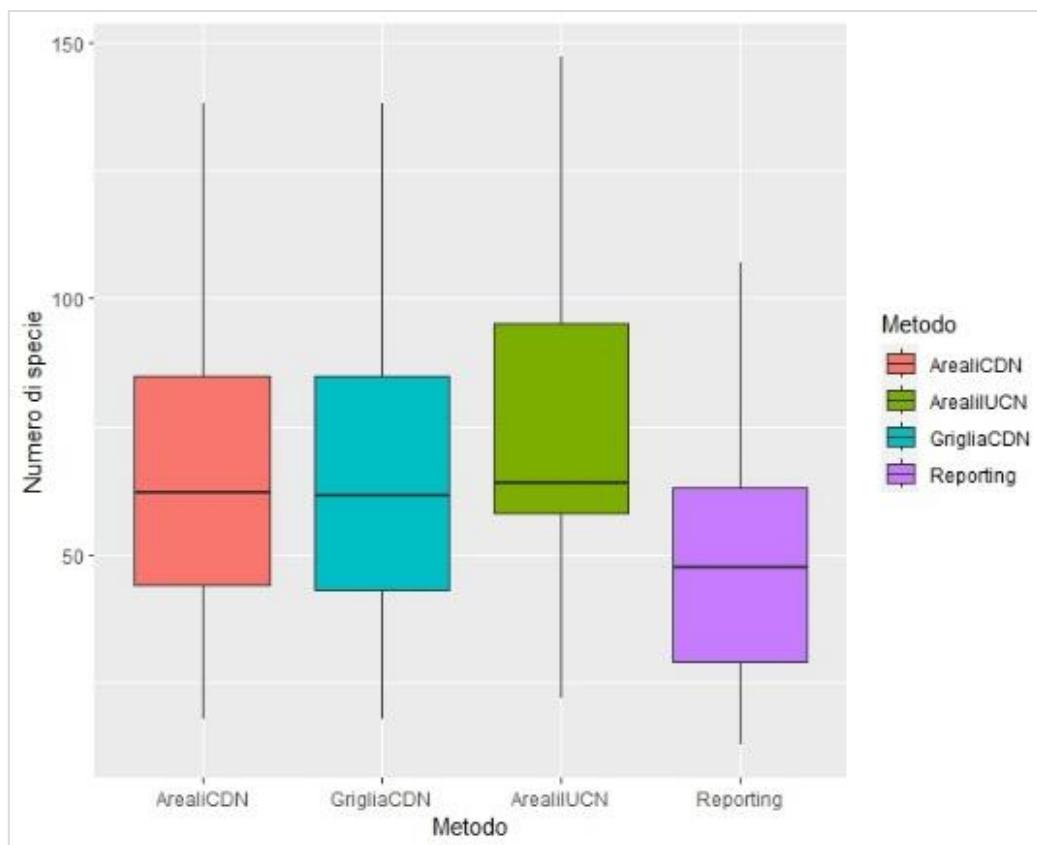
Fig 18.1 – Schema del modello finale per calcolare il valore dell'indicatore relativo alla ricchezza di specie faunistiche



Fonte dati: elaborazione realizzata utilizzando model builder in ArcGis 10.5.

I valori di ricchezza di specie nei biotopi sono molto simili utilizzando i dati di presenza di Carta della Natura in forma di areale e di griglia. Quelli ottenuti con i dati IUCN ricadono in un range più alto, ma il valore mediano resta simile a quello ottenuto con gli altri due metodi. Marcatamente differenti i risultati ottenuti con i dati di *Reporting* (Fig 18.2).

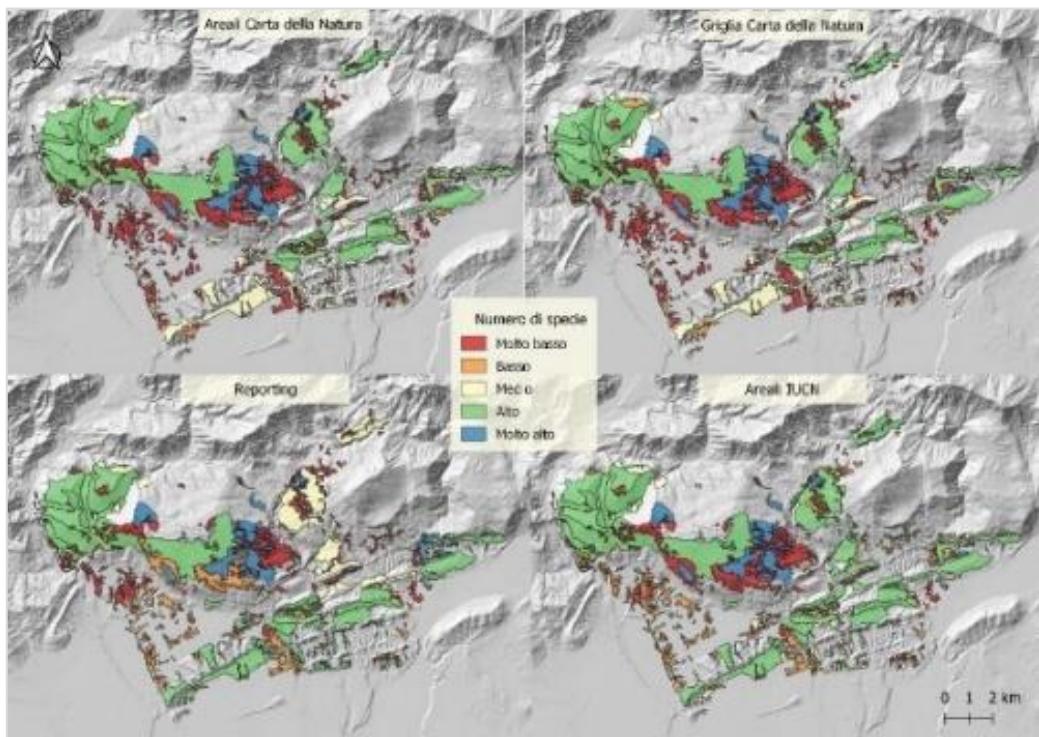
Fig 18.2 – Boxplot costruiti con i dati sulla numerosità di specie faunistiche per biotopo e per ciascuna fonte di dati utilizzata



Fonte: elaborazione a cura di M. Zingaro e C. D'Angeli

I risultati ottenuti con l'applicazione del modello sono variati in base al tipo di dato sulla distribuzione delle specie utilizzato. Nel dettaglio, sono stati ottenuti risultati molto simili utilizzando i dati di presenza di Carta nella Natura in forma di areale e di griglia (Fig 18.3). Il *test di Mann-Whitney* ha infatti confermato l'assenza di differenze significative tra i due metodi ($p=0.41$) che portano a risultati sovrappponibili. Diversamente, facendo girare il modello con dati sulla distribuzione delle specie provenienti dalle banche dati IUCN e dal *Reporting* di Direttiva, la classe relativa alla ricchezza di specie è cambiata in diversi biotopi, evidenziando come gli indicatori siano dipendenti dalla fonte di dati scelta.

Fig 18.3 – Mappe raffiguranti l'appartenenza di ciascun biotopo ad una determinata classe di ricchezza di specie per ogni fonte di dati di presenza



Fonte: elaborazione realizzata utilizzando QGIS 3.22.16

I risultati derivanti dall'attività di tirocinio hanno mostrato che l'utilizzo dei dati di presenza rappresentati su griglia restituisce valori dell'indicatore relativo alla ricchezza di fauna in termini di numero di specie comparabili a quelli ottenuti mediante i dati in forma di areale. Per l'elaborazione di nuove Carte della Natura o l'aggiornamento di quelle già prodotte, sarebbe quindi possibile calcolare l'indicatore *Ind3Ve* utilizzando gli areali in forma di griglia con il vantaggio di ridurre notevolmente il tempo richiesto per elaborare i calcoli e le analisi spaziali.

Ciò può contribuire ad ottimizzare i processi di realizzazione di Carta della Natura, facilitandone anche le modifiche e gli aggiornamenti.

18.5 Bibliografia e Sitografia

Amadei. M., Bagnaia R., Di Bucci D., Laureti L., Lugeri F.R., Nisio S., Salvucci R., 2000. *Carta della Natura alla scala 1:250.000: Carta dei Tipi e delle Unità Fisiografiche di Paesaggio d'Italia* (Aggiornamento 2003). ISPRA

BirdLife International and Handbook of the Birds of the World. 2022. *Bird species distribution maps of the world*. Version 2022.2. Disponibile su: <http://datazone.birdlife.org/species/requestdis>

Capogrossi R., Laureti L., 2021. *Carta della Natura della Regione Friuli-Venezia Giulia – standard nazionale: Carte di Valore Ecologico, Sensibilità Ecologica, Pressione Antropica e Fragilità Ambientale scala 1:25.000*. ISPRA

Cardillo, A., Augello, R., Bagnaia, R., Bianco, P., Canali, E., Capogrossi, R., Ceralli, D., Laureti, L., 2017. *Carta della Natura: strumento di conoscenza e valutazione del territorio*. Reticula 16

Ercole S., Angelini P., Carnevali L., Casella L., Giacanelli V., Grignetti A., La Mesa G., Nardelli R., Serra L., Stoch F., Tunesi L., Genovesi P. (ed.). 2021. *Rapporti Direttive Natura (2013-2018). Sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario e delle azioni di contrasto alle specie esotiche di rilevanza unionale in Italia*. ISPRA, Serie Rapporti 349/2021

IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 3, May 2017. <https://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 23/03/2023

Oriolo G., Pingitore G., Strazzaboschi L., Laureti L. 2021. *Carta della Natura della Regione Friuli-Venezia Giulia – standard nazionale: Carta degli habitat alla scala 1:25.000*. Regione Friuli-Venezia Giulia, ISPRA

19. Cooperazione internazionale ambientale: indicatori e strumenti per la valutazione e il monitoraggio

A cura di Nicoletta **Zinna**, studentessa di Scienze delle amministrazioni e delle politiche pubbliche, Sapienza Università di Roma; Giovanni **Finocchiaro**, tutor ISPRA, Servizio per l'informazione, le statistiche ed il reporting sullo stato dell'ambiente

19.1 Introduzione

Il progetto formativo si è concentrato sull'analisi degli indicatori di sviluppo sostenibile applicati alla cooperazione internazionale ambientale, con particolare riferimento a quelli di natura ambientale.

La tirocinante ha inizialmente affrontato uno studio approfondito degli indicatori ambientali sviluppati dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e dei parametri suggeriti dalle Nazioni Unite per monitorare i progressi nell'implementazione dell'[Agenda 2030](#). Questa fase iniziale ha posto le basi per un approccio critico nell'analisi dei dati e degli strumenti di monitoraggio applicabili ai progetti di cooperazione internazionale.

Il tirocinio ha poi esteso il suo *focus* alla revisione degli indicatori ambientali già individuati dall'ISPRA, con un'attenzione specifica alla loro fattibilità tecnico-economica e alla loro applicazione pratica nei contesti di cooperazione internazionale. La tirocinante ha collaborato con il *team* di revisione, apportando contributi sulla rilevanza e sull'adattabilità degli indicatori alle realtà progettuali.

In parallelo, ha potuto studiare gli strumenti di valutazione qualitativa, in particolare la metodologia SESP (*Social & Environmental Screening Procedure*) sviluppata dall'UNDP (*United Nations Development Programme*), ormai considerata uno standard di riferimento per la valutazione socio-ambientale nei progetti di cooperazione internazionale.

19.2 Obiettivi

Il tirocinio ha perseguito diversi obiettivi. In primo luogo, ha consentito un'analisi critica degli indicatori ambientali utilizzati nella cooperazione internazionale, con particolare attenzione a quelli sviluppati da ISPRA e promossi dalle Nazioni Unite nell'ambito degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG). Un ulteriore traguardo è stato l'approfondimento delle metodologie di monitoraggio adottate nella cooperazione internazionale ambientale, mediante lo studio di esperienze rilevanti a livello internazionale tra cui quelle condotte dall'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE), all'Agenzia degli Stati Uniti per lo Sviluppo Internazionale (*United States Agency for International Development*, USAID) e dal Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (*United Nations Environment Programme*, UNEP). Un altro obiettivo chiave ha riguardato il contributo allo sviluppo

di uno strumento di *Environmental Mainstreaming*, volto a fornire un quadro di valutazione olistica degli aspetti ambientali nei progetti di cooperazione internazionale. Infine, il tirocinio ha permesso di acquisire competenze tecniche relative alla revisione e all'applicazione degli indicatori esistenti, valutandone la fattibilità tecnico-economica e la coerenza con le esigenze operative dei progetti in contesti di cooperazione.

19.3 Attività svolta

Durante il percorso formativo, la tirocinante ha inizialmente condotto uno studio approfondito sugli indicatori ambientali elaborati da ISPRA e su quelli adottati dalle Nazioni Unite per il monitoraggio dell'Agenda 2030. Questo studio ha permesso di comprendere le metodologie sottostanti e di analizzare gli indicatori chiave per la misurazione dei progressi ambientali. Successivamente, ha partecipato attivamente alla revisione di alcuni di questi indicatori, valutandone la replicabilità in contesti specifici e approfondendo le sfide operative legate alla loro applicazione nei progetti di cooperazione.

Un ulteriore elemento di approfondimento è stato lo studio delle esperienze di monitoraggio e valutazione adottate da organizzazioni internazionali come OCSE, USAID e UNEP. Questa analisi ha consentito di comprendere le migliori pratiche a livello globale e di riflettere sulle possibili modalità di adattamento degli indicatori globali alle realtà locali.

Parallelamente, la tirocinante ha esaminato nel dettaglio la metodologia SESP sviluppata dal Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo, approfondendo il suo utilizzo nella valutazione dell'impatto ambientale dei progetti di sviluppo e contribuendo alla progettazione di uno strumento di "*Environmental Mainstreaming*" utile per integrare gli aspetti ambientali nelle fasi di progettazione e monitoraggio.

L'ultima fase del tirocinio ha visto la collaborazione alla stesura di una guida operativa per l'uso dello strumento di "*Environmental Mainstreaming*". Questo lavoro ha avuto lo scopo di facilitare l'adozione di un approccio integrato alla valutazione ambientale nei progetti di cooperazione, tenendo conto sia degli aspetti sociali che di quelli ambientali.

19.4 Conclusioni

L'esperienza di tirocinio ha prodotto risultati concreti in termini di analisi e revisione degli indicatori ambientali impiegati nei progetti di cooperazione internazionale. L'approfondimento metodologico ha permesso di valutare criticamente la fattibilità e l'applicabilità degli indicatori sviluppati da ISPRA e promossi dalle Nazioni Unite, fornendo elementi utili per il loro miglioramento e adattamento ai contesti operativi.

Un risultato rilevante è stato il contributo alla progettazione dello strumento di *Environmental Mainstreaming*, che ha messo in luce la capacità di collaborazione attiva con il *team* di lavoro, e al contempo ha consentito di definire un quadro di valutazione integrata per la sostenibilità ambientale nei progetti di cooperazione. La partecipazione alla redazione di una guida operativa ha, inoltre, rappresentato un valore aggiunto per l'applicazione pratica dello strumento, migliorandone la fruibilità e l'efficacia nelle decisioni progettuali.

Infine, lo studio delle esperienze di monitoraggio e valutazione a livello internazionale ha permesso di comprendere meglio le strategie delle principali organizzazioni per lo sviluppo sostenibile, fornendo spunti per migliorare le pratiche di valutazione nei progetti di cooperazione ambientale. Il tirocinio ha, così, contribuito alla creazione di strumenti più efficaci per il monitoraggio della sostenibilità, con benefici sulla qualità e affidabilità dei dati nella cooperazione internazionale.

19.5 Sitografia

<https://indicatoriambientali.isprambiente.it>

<https://unstats.un.org/sdgs>

<https://www.undp.org/publications/undps-social-and-environmental-screening-procedure-sesp>

<https://www.undp.org/publications/undp-social-and-environmental-standards>

https://info.undp.org/sites/bpps/SES_Toolkit/Pages/Homepage.aspx

<https://www.adaptation-undp.org/resources/assessments-and-background-documents/social-and-environmental-screening-procedure>

<https://sdgs.un.org/goals>

<https://www.environmental-mainstreaming.org/tool-profiles.html>

<https://www.mase.gov.it/pagina/undp-united-nations-development-programme-0>

<https://www.unep.org>

<https://popp.undp.org/policy-page/social-and-environmental-standards>

<https://asvis.it/>

Parte 2 - ANALISI STATISTICHE

1. Il/la tirocinante

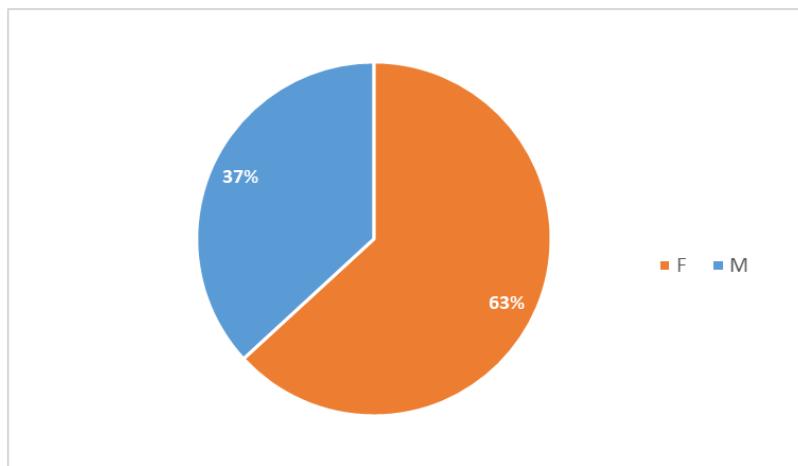
*A cura di Simona **Buscemi**, Servizio per l'informazione, le statistiche ed il reporting sullo stato dell'ambiente*

1.1 Analisi di genere

Anche nel 2023, il divario tra presenza femminile e maschile tra i/le tirocinanti ospitati/e rimane ampio e, sostanzialmente, conferma i dati 2022.

Dei 38 tirocini attivati su tematiche ambientali/scientifiche, la presenza femminile si è attestata al 63%.

Fig 1.1 - Genere



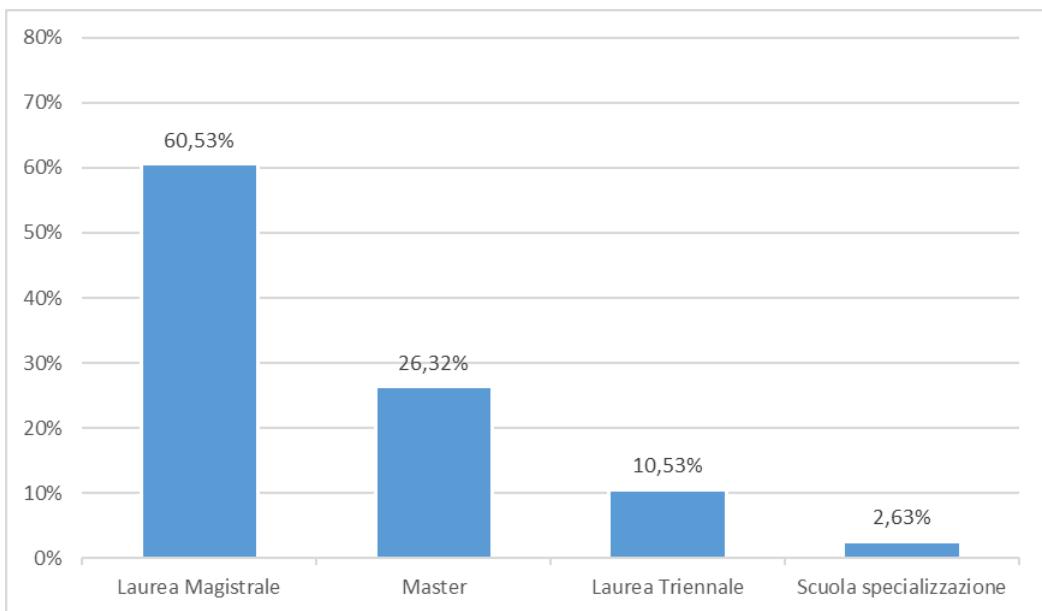
Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

1.2 Corso di studio

Nel 2023, il 60,53% dei/delle tirocinanti ospitati/e stavano frequentando un corso di Laurea magistrale. Il 26,32% studiava per il conseguimento di un Master, il 10,53% frequentava una Laurea triennale e, infine, il 2,63% frequentava una Scuola di Specializzazione (Fig 1.2).

Rispetto al 2022 è quasi triplicata la presenza di/delle tirocinanti che stavano frequentando un Master a fronte di una flessione dei tirocini avviati per il conseguimento di una Laurea magistrale, così come si presenta leggermente in flessione anche la percentuale dei/delle tirocinanti ospitati/e che stavano frequentando un corso per conseguire una Laurea triennale. Quasi invariata la percentuale degli studenti frequentanti Scuole di Specializzazione.

Fig 1.2 – Tipologia corsi di studio

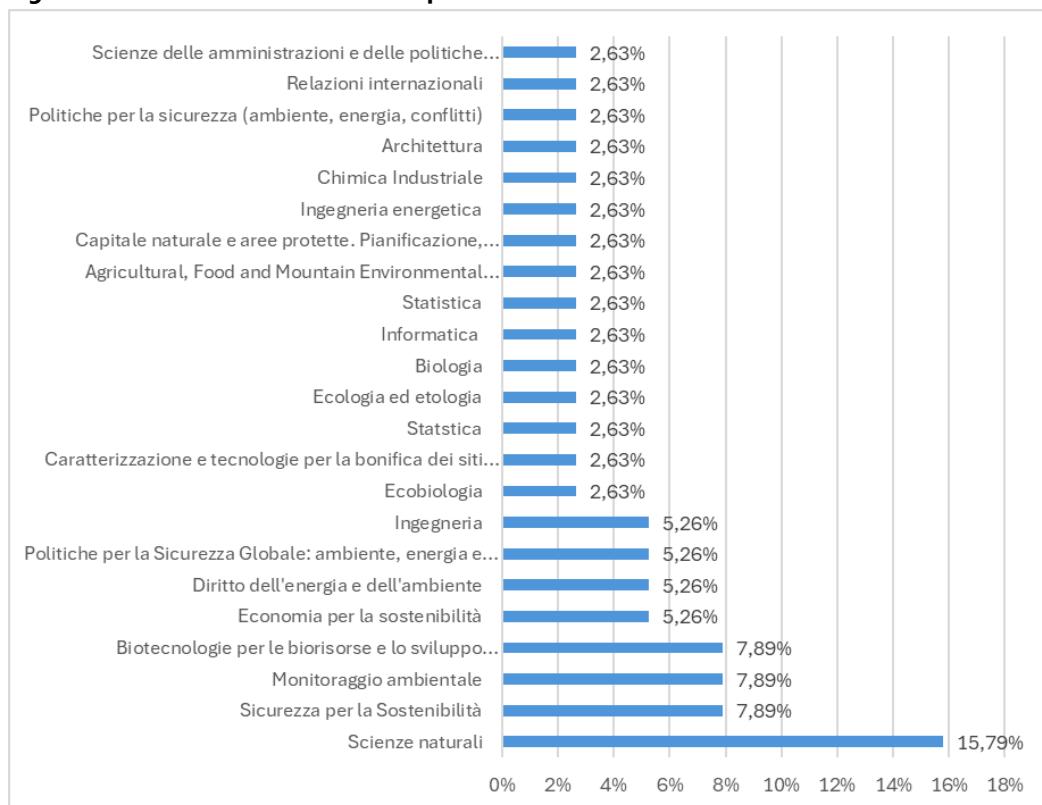


Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

Anche per il 2023 il ventaglio delle tematiche seguite dai/dalle tirocinanti nei corsi di studio frequentati è molto variegato e spicca sempre, al primo posto, il tema delle scienze naturali (15,79%). A pari merito vi sono poi sicurezza per la sostenibilità, monitoraggio ambientale e biotecnologie per le biorisorse e lo sviluppo ecosostenibile (7,89%). A seguire, infine, si trovano gli altri corsi di studi evidenziati nel grafico (Fig 1.3).

Tra le nuove tematiche compare il diritto dell'energia e dell'ambiente.

Fig 1.3 – Tematiche corsi di studio di provenienza



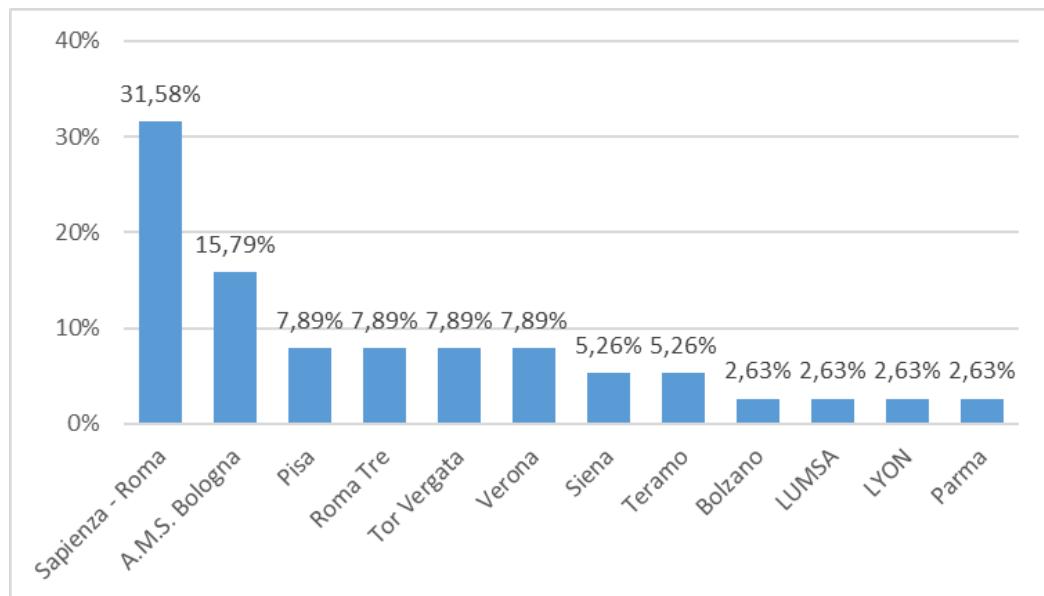
Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

Analizzando le Università di provenienza dei/delle tirocinanti, emerge che quasi la metà dei tirocinanti sono stati avviati da Sapienza - Università di Roma (31,58%) e dall'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna (15,79%).

A seguire e, a pari merito, vi sono le Università di Pisa, degli Studi - Roma Tre, di Roma "Tor Vergata" e di Verona (circa 7,89%), quindi le altre Università evidenziate nel grafico (Fig 1.4).

In particolare, si segnala anche l'ospitalità di n.1 tirocinante avviato dall'École Normale Supérieur di Lyon (Francia).

Fig 1.4 – Università di provenienza



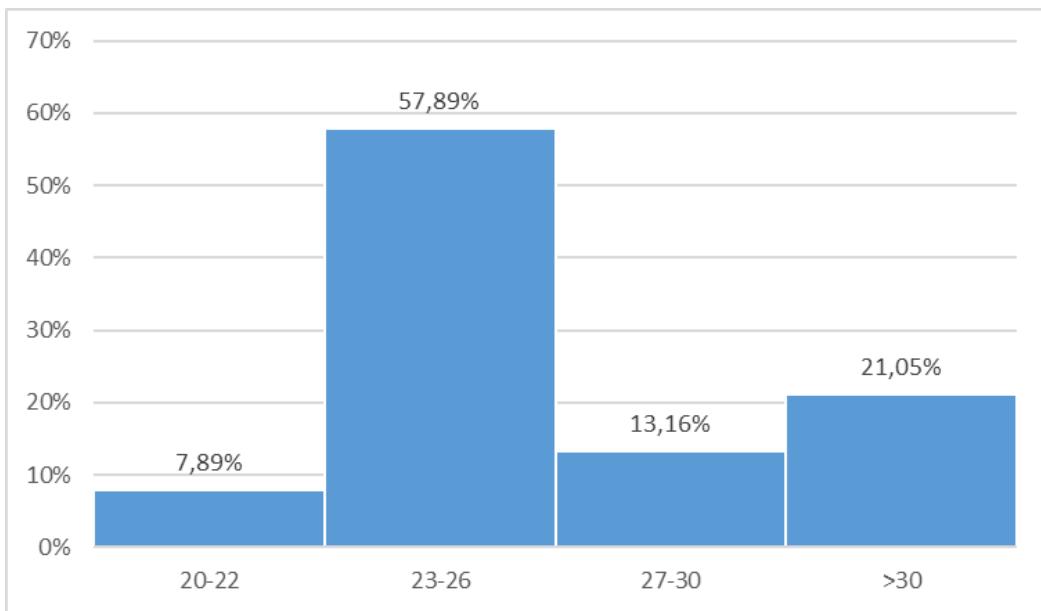
Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

1.3 Fasce di età

Elaborando, invece, i/le tirocinanti per fasce di età (Fig 1.5) emerge che quella maggiormente rappresentata è la classe 23-26 anni (circa 57,89%), a seguire i/le tirocinanti con più di 30 anni di età (21,05%), le classi 27-30 anni (13,16%) e infine quella 20-22 anni (circa 7,89%).

La maggiore presenza di/delle tirocinanti nella fascia di età 23-26 anni conferma il precedente risultato del 2022 sui corsi di studio frequentati dai/dalle tirocinanti, laddove si registra che la maggior parte di essi/e ha frequentato il tirocinio durante il conseguimento della Laurea magistrale. È più che triplicata, invece, la presenza di tirocinanti di età superiore a 30 anni.

Fig 1.5 – Fasce di età (anni)



Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

2. Lo svolgimento del tirocinio

*A cura di Vincenza **Cipollone**, Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro, Area educazione e formazione - Servizio per l'educazione e formazione ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione*

2.1 Le aree formative

ISPRA presenta un'articolata organizzazione di uffici e laboratori distribuiti sul territorio nazionale.

Oltre le tre sedi di Roma, di cui una interamente dedicata ai Laboratori, vi sono sedi anche a Ozzano dell'Emilia, Venezia, Chioggia, Livorno, Milazzo e Palermo.

Attualmente si conta una Direzione Generale, una Presidenza, 4 Dipartimenti - strutture dirigenziali di livello generale - e 4 Centri Nazionali - strutture dirigenziali di livello non generale.

I Dipartimenti, la Direzione Generale e la Presidenza sono ulteriormente articolati in strutture dirigenziali di livello non generale e Aree Tecnologiche di Ricerca - strutture non dirigenziali - al pari di sezioni e settori, ulteriori articolazioni organizzative (dettaglio in Appendice).

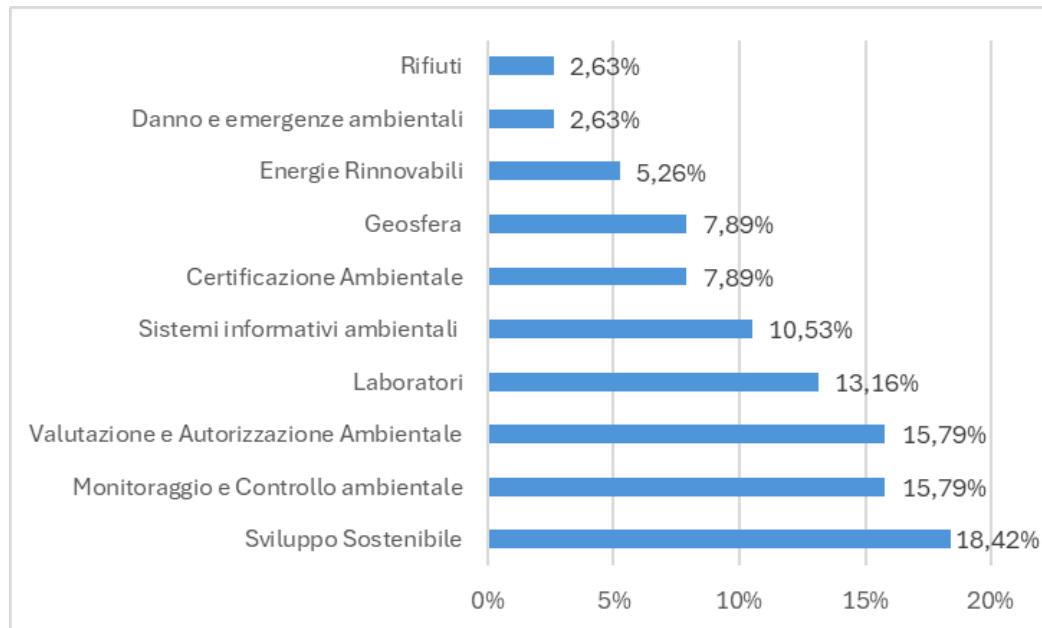
In queste strutture puntualmente organizzate, ognuna con proprie e specifiche linee di attività, i/le tirocinanti vengono ospitati/e e svolgono le attività formative come definite dal progetto formativo concordato tra Università, tirocinante ed ISPRA.

L'“area tematica” di un tirocinio curriculare può essere definita come l’ambito specifico entro il quale si colloca l’esperienza formativa di tirocinio. L’ente promotore del tirocinio (Enti di alta formazione quali Università, Accademie, ecc.) nel proporre con formale richiesta ad ISPRA l’attivazione del tirocinio indica anche un oggetto formativo, ossia l’argomento da sviluppare e approfondire durante il tirocinio, in linea con i bisogni formativi teorico-pratici dello/a studente/ssa, per il completamento del proprio corso di studio.

È in relazione a questi contenuti che il/la tirocinante viene inserito/a nella Unità ISPRA competente per materia.

Nell'anno di riferimento, i tirocini svolti hanno riguardato principalmente l'area tematica dello sviluppo sostenibile (18,42%), a seguire le tematiche relative alle monitoraggio ed alle valutazioni ambientali (15,79%) e le altre raffigurate in Fig 2.1. Tra le nuove tematiche, nel 2023, troviamo quella relativa al danno ed emergenze ambientali (2,63%).

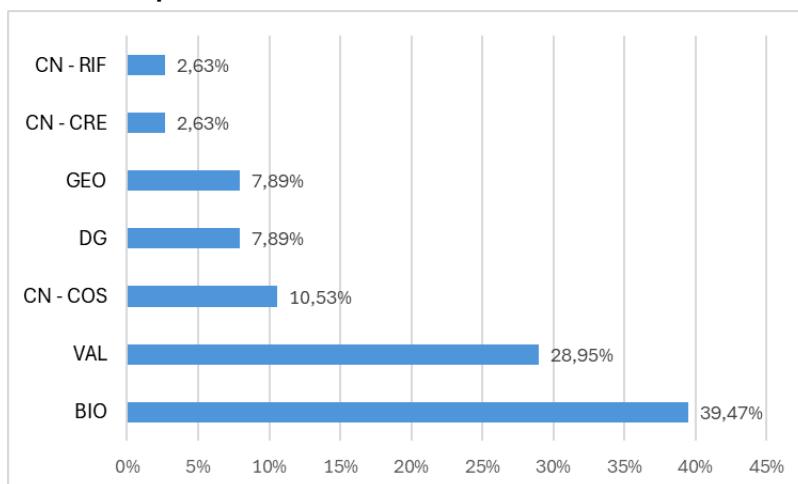
Fig 2.1 – Aree tematiche dei tirocini



Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

Di conseguenza, nel 2023 così come per il 2022, le attività formative sono state svolte principalmente presso le diverse Unità in cui si articola il Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità (39,47%) e il Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale (28,95%), entrambi ubicati a Roma.

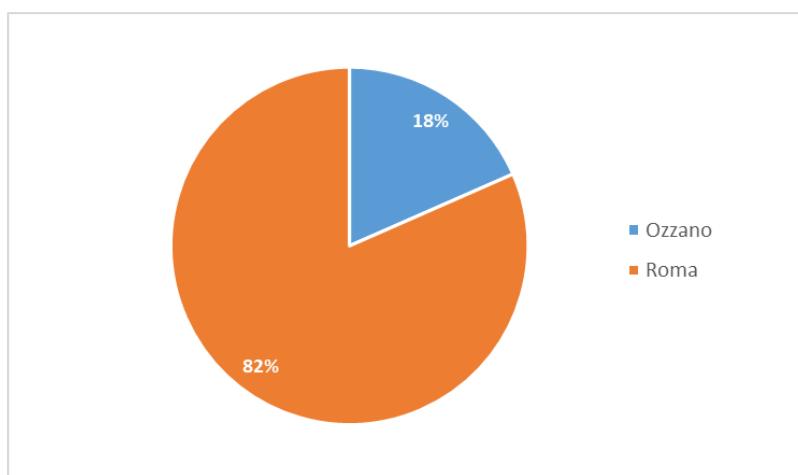
Fig 2.2 – Unità ISPRA ospitanti i tirocini



Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

Infatti, la maggior parte dei/delle tirocinanti (82%) è stata ospitata nelle sedi romane.

Fig 2.3 - Dislocazione geografica

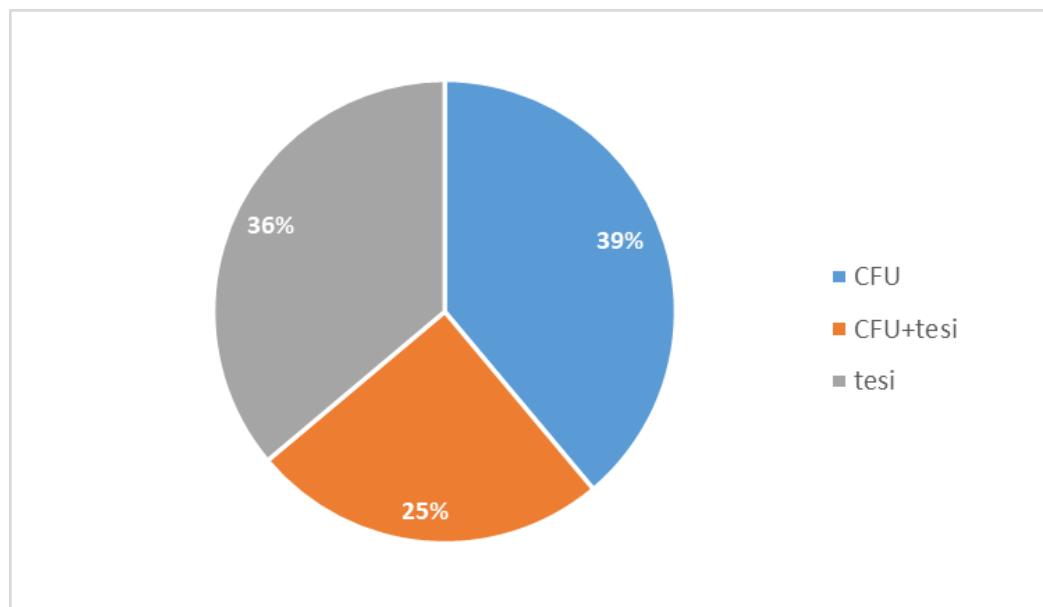


Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

2.2 Finalità dei tirocini

I tirocini curriculare attivati in ISPRA nel 2023, finalizzati all'approfondimento e/o al completamento della formazione attraverso un'esperienza pratica presso una struttura convenzionata con l'ente proponente, hanno avuto una esplicita finalità formativa tradotta: nell'acquisizione di un numero di Crediti Formativi Universitari (CFU), nella preparazione della prova finale (redazione della tesi) oppure nella preparazione della tesi con riconoscimento crediti.

Fig 2.4 – Obiettivo dei tirocini



Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

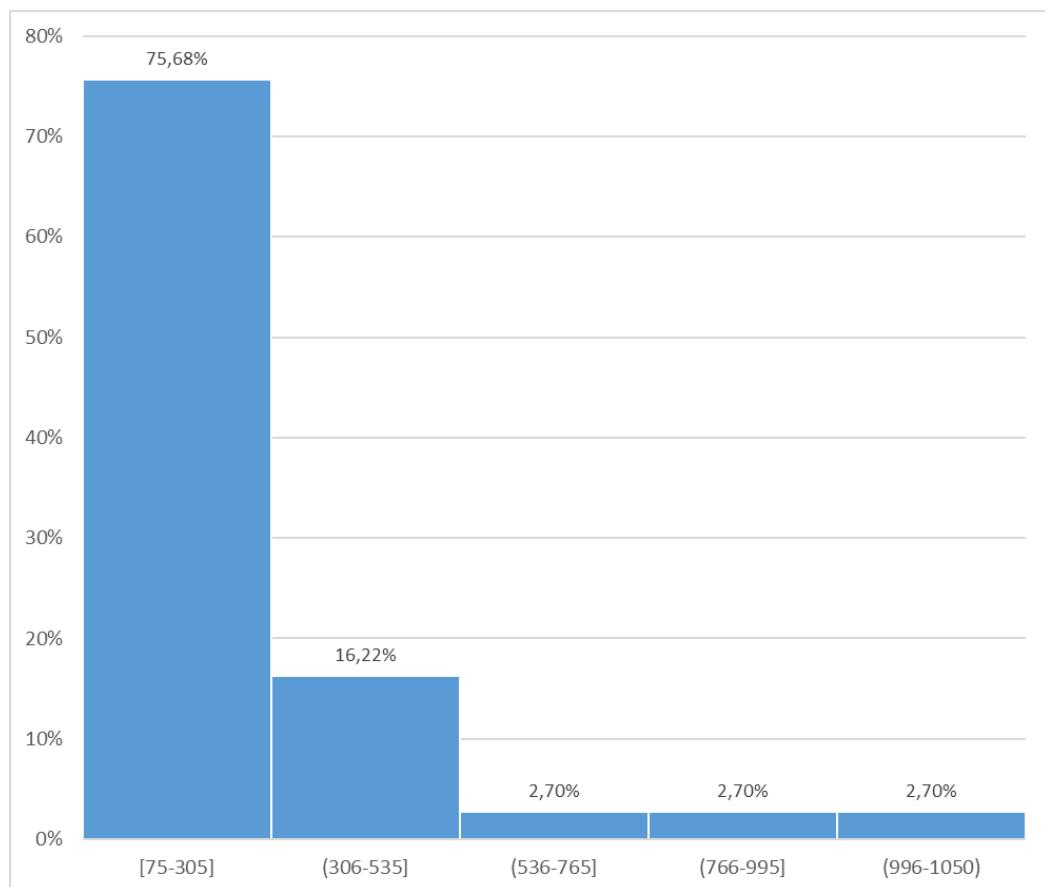
Nell'anno di riferimento si registra una più equa ripartizione dei/delle tirocinanti tra i diversi obiettivi possibili e come per il 2022, sono comunque prevalsi i tirocini formativi curriculare per acquisizione CFU (39%), seguiti dai tirocini finalizzati alla redazione della tesi (36%). Il restante 25% dei tirocini attivati ha soddisfatto entrambe le finalità (Fig 2.4).

2.3 Durata e modalità di svolgimento

La normativa nazionale, che definisce e disciplina il tirocinio curriculare (modalità di attuazione, finalità e garanzie assicurative) ne fissa anche la durata massima, comprensiva di eventuali proroghe, in 12 mesi che diventano 24 nel caso di soggetti

disabili. Nel caso in cui l'esperienza formativa curriculare preveda il riconoscimento di CFU, la durata è commisurata al numero di CFU previsti dal piano di studi: ogni CFU equivale a 25 ore di formazione.

Fig 2.5 – Durata dei tirocini (ore)



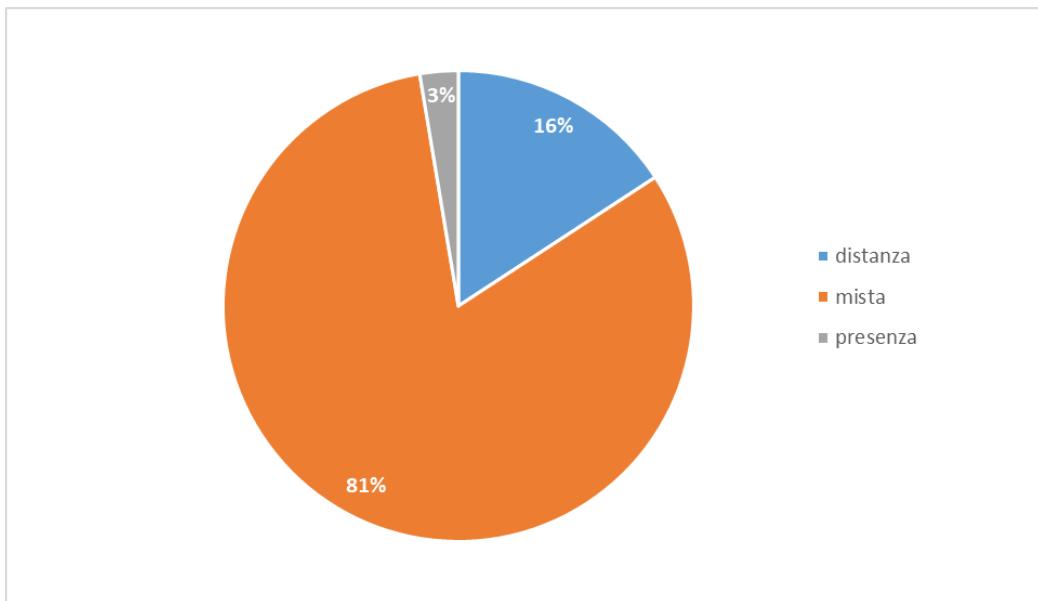
Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

Anche nell'anno 2023, i tirocini hanno avuto una durata minima di 75 ore, fino ad un massimo di 1.050 ore. La maggior parte dei tirocini attivati (75,68%) hanno avuto una durata compresa tra le 75 e le 305 ore (Fig 2.5)

La Fig 2.5 non rappresenta 1 tirocinio finalizzato alla sola preparazione della tesi di laurea e senza riconoscimento di CFU, la cui durata non è stata espressa in ore bensì esclusivamente in "mesi", nel caso specifico 4 mesi.

Rispetto alle modalità di svolgimento (in presenza, a distanza o mista), nel 2023 si conferma il risultato dell'anno precedente, che vede una netta prevalenza di tirocini svolti in modalità mista (81%) (Fig 2.6).

Fig 2.6 – Modalità di svolgimento



Fonte: elaborazione S. Buscemi su dati ISPRA

La netta prevalenza dei tirocini attivati in modalità mista, nello specifico contesto, può essere ricondotta in particolare al fatto che molte attività dell'Istituto ben si prestano ad essere svolte anche a distanza senza che questo implichi il venir meno dell'esperienzialità del tirocinio, ad esempio quelle di studio e ricerca, elaborazione ed analisi dati, ricerca bibliografica, ecc.. Dato confermato anche dall'utilizzo dello smart-working da parte degli stessi dipendenti ISPRA.

APPENDICE

1. Struttura organizzativa

*A cura di Elvira **Gatta** e Vincenza **Cipollone** - Sezione per la promozione di progetti di alternanza formazione-lavoro, Area educazione e formazione - Servizio per l'educazione e formazione ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione*

PRES, Presidenza

PRES-INT, Area delle relazioni istituzionali, europee e internazionali

PRES-CSV, Area per il coordinamento strategico e la valutazione della ricerca

PRES-SNPA, Area per il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

PRES-PSMA, Area per il coordinamento delle iniziative a supporto delle Politiche Spaziali nazionali ed europee per l'implementazione dei servizi operativi di monitoraggio ambientale

DG, DIRETTORE GENERALE

DG-TEC, Servizio per l'educazione e formazione ambientale e per il coordinamento tecnico delle attività di Direzione

DG-TEC-NTA, Area normazione tecnica ambientale

DG-TEC-SNPA, Area per il raccordo delle attività tecniche con il SNPA

DG-EFA, Area educazione e formazione ambientale

DG-TEC-BIB, Area Biblioteca e reti bibliotecarie

DG-GIU, Servizio per gli affari giuridici e il contenzioso

DG-STAT, Servizio per l'informazione, le statistiche ed il reporting sullo stato dell'ambiente

DG-SGQ, Servizio per la gestione dei processi

DG-SINA, Servizio per il sistema informativo nazionale ambientale

DG-COM, Area per la comunicazione istituzionale, la divulgazione ambientale, gli eventi e la comunicazione interna

DG-MSM, Unità di missione per l'attuazione degli interventi del PNRR e PNC di cui all'art. 14, c.5. del D.L. 22.4.2023, n. 44

DG-SIC, Sezione prevenzione e protezione

VAL-DIR, Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale

VAL-ASI, Servizio per le valutazioni ambientali, integrate e strategiche, e per le relazioni tra ambiente e salute

VAL-AGF, Area per la valutazione, la prevenzione e il controllo dell'inquinamento ambientale derivanti da agenti fisici

VAL-ECA, Area per le valutazioni economiche, la contabilità e la sostenibilità ambientale, la percezione e gestione sociale dei rischi ambientali

VAL-CER, Servizio per le certificazioni ambientali

VAL-ATM, Area per la valutazione delle emissioni, la prevenzione dell'inquinamento atmosferico e dei cambiamenti climatici, la valutazione dei relativi impatti e per le misure di mitigazione e adattamento

VAL-RTEC, Servizio per i rischi e la sostenibilità ambientale delle tecnologie, delle sostanze chimiche, dei cicli produttivi e dei servizi idrici e per le attività ispettive

VAL-CLO, Area per il monitoraggio della qualità dell'aria e per la climatologia operativa

AGP-DIR, Dipartimento del personale e degli affari generali

AGP-BIL, Servizio Amministrazione e bilancio

AGP-GIU, Servizio per la pianificazione e la gestione giuridica del personale

AGP-PPA, Servizio per la gestione della piattaforma territoriale di Palermo

AGP-GAR, Servizio appalti e contratti pubblici

AGP-CMR, Servizio controllo, monitoraggio e rendicontazione delle attività PNRR e progetti di ricerca

AGP-INF, Servizio informatico

AGP-ECO, Servizio gestione economica del personale

AGP-SAG, Servizio per i servizi generali, l'inventario, le infrastrutture e le manutenzioni

GEO-DIR, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia

GEO-APP, Servizio per la geologia applicata, la pianificazione di bacino e la gestione del rischio idrogeologico, l'idrogeologia e l'idrodinamica delle acque sotterranee

GEO-SGP, Area per la realizzazione del sistema dei servizi geologici e la valorizzazione del patrimonio geologico nazionale

GEO-DES, Area per il monitoraggio e l'analisi integrata dell'uso del suolo e delle trasformazioni territoriali ed i processi di desertificazione

GEO-CAR, Servizio per la geologia strutturale e marina, il rilevamento e la cartografia geologica

GEO-MUS, Area attività museali

GEO-PSC, Area per la caratterizzazione e la protezione dei suoli e per i siti contaminati

GEO-GFI, Area per l'applicazione dei metodi geofisici

GEO-RIS, Area per la geodinamica, le georisorse, la pericolosità e gli impatti degli eventi naturali e indotti

BIO-DIR, Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità

BIO-SOST, Servizio per la sostenibilità della pianificazione territoriale, per le aree protette e la tutela del paesaggio, della natura e dei servizi ecosistemici terrestri

BIO-ACID, Area per il monitoraggio e per il risanamento delle acque interne

BIO-ACAS, Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali

BIO-ACAM, Area per il monitoraggio e la caratterizzazione dello stato della qualità dell'ecosistema e delle acque marine

BIO-AMIC, Area per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura nelle acque interne, di transizione e marino costiere

BIO-HBT, Area per la tutela della biodiversità, degli habitat e specie marine protette

BIO-CIT, Area per la conservazione, la gestione e l'uso sostenibile del patrimonio ittico e delle risorse acquisite marine nazionali

BIO-CFL, Area per la conservazione e la gestione della flora, della vegetazione e delle foreste, degli habitat e degli ecosistemi dei suoli e per l'uso sostenibile delle risorse agroforestali

BIO-CFS, Servizio per il coordinamento delle attività della fauna selvatica

BIO-AVM, Area avifauna migratrice

BIO-CFN, Area pareri tecnici e strategie conservazione e gestione patrimonio faunistico nazionale e mitigazione danni e impatti

BIO-CGE, Area per la genetica della conservazione

BIO-EPD, Area per l'epidemiologia, l'ecologia e la gestione della fauna stanziale e degli habitat

CN-RIF, Centro Nazionale dei rifiuti e dell'economia circolare

RIF-RCO, Area tematica contabilità dei rifiuti

RIF-RST, Area tematica strumenti economici

RIF-RNO, Area tematica gestione dei rifiuti e tecnologie

CN-LAB, Centro nazionale per la rete nazionale dei laboratori

LAB-FIS, Area fisica, geologia, geotecnica, idrodinamica, acustica, campi elettromagnetici, radiazioni UV e radiazioni ionizzanti

LAB-ECO, Area Ecotossicologia

LAB-BIO, Area Biologia

LAB-MTR, Area Metrologia

LAB-CHI, Area Chimica

CN-CRE, Centro Nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno

CRE-EMA, Area per le emergenze ambientali in mare

CRE-DAN, Area per l'accertamento, la valutazione e riparazione del danno ambientale

CRE-ETF, Area per le emergenze ambientali sulla terraferma

CRE-CSA, Centro Operativo per la sorveglianza ambientale

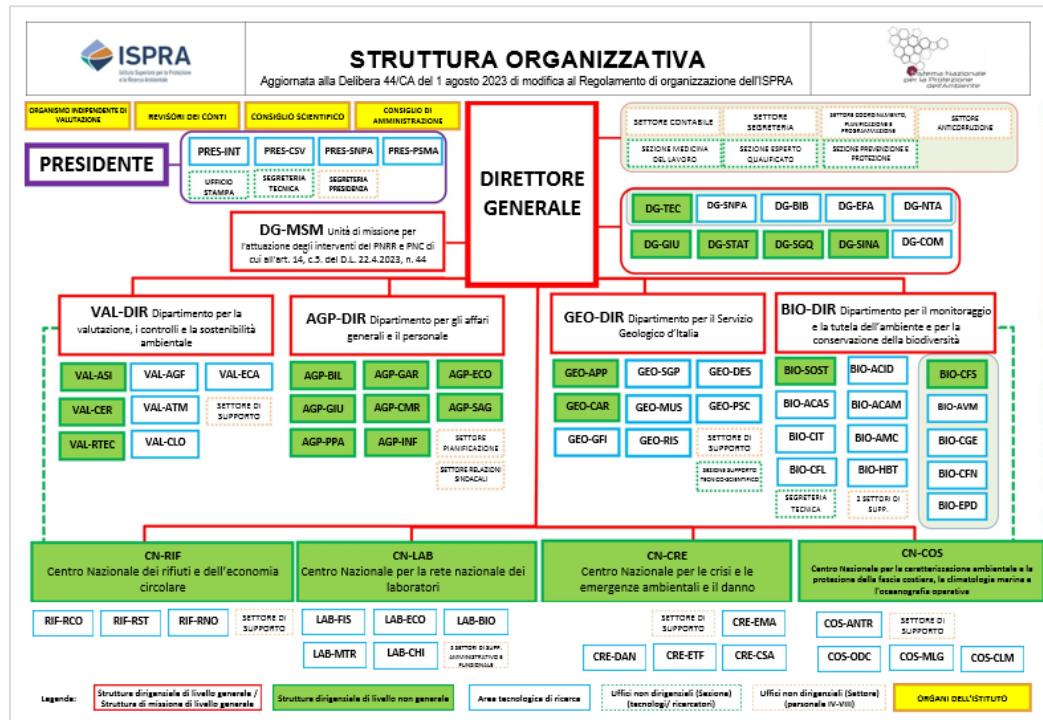
CN-COS, Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera, la climatologia marina e l'oceanografia operativa

CN-COS-ANTR, Area per la valutazione integrata, fisica, chimica e biologica, della qualità nell'ambiente marino-costiero e salmastro e degli impatti nella fascia costiera in relazione alle pressioni antropiche

COS-ODC, Area per l'oceanografia operativa, l'idrodinamica costiera, il monitoraggio e la difesa delle coste

COS-MLG, Area maree e lagune

COS-CLM, Area per il monitoraggio dello stato fisico del mare e per la climatologia marina



Fonte: ISPRA

QUADERNI
EDCAZIONE E FORMAZIONE
AMBIENTALE

5/2025