

SETTEMBRE 2023



Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITA' SOCIALE



PROPOSTA DI LINEA GUIDA OPERATIVA PER LA BONIFICA SOSTENIBILE

Sede legale e operativa: Via Copernico, 38 - 20125 Milano

Email: segreteria@assoreca.it • tel: 02 872 5913 • web: www.assoreca.it • C.F. 97142760152



ADERENTE A
CONFINDUSTRIA SERVIZI
INNOVATIVI E TECNOLOGICI

Alla stesura di questo documento hanno collaborato i seguenti professionisti e relative società:

Coordinamento organizzativo
• Jacobs - Claudio Albano, Tommaso Brinati
Coordinamento tecnico
• ERM - Alessandro Battaglia, Tania Fantasia, Luca Ferioli, Andrea Iosia, Edoardo Masut • Jacobs - Claudio Albano, Tommaso Brinati
Capitolo 1 - Scopo
• Jacobs - Claudio Albano, Tommaso Brinati
Capitolo 2 - Definizione del contesto
• HPC - Valentina Capiaghi, Claudio Carnabuci, Alberto Francioli, • Nexteco - Elena Masia, Valentina Roso, Anca Tamasan
Capitolo 3 - Criteri generali per la bonifica sostenibile
• ERM - Alessandro Battaglia, Tania Fantasia, Luca Ferioli, Andrea Iosia, Edoardo Masut • Montana - Alberto Angeloni, Alessandro Cantelli, Alice Filini
Capitolo 4 - Approccio metodologico integrato per la gestione sostenibile degli interventi di bonifica
• Jacobs - Claudio Albano, Tommaso Brinati • TAUW - Fabio de Palma, Andrea Piontkowsky
Capitolo 5 - Definizione del livello di approfondimento (Tiered Approach)
• AECOM - Francesca Motta, Ciro Viscotti • Montana - Alberto Angeloni, Alessandro Cantelli, Alice Filini
Capitolo 6 - Selezione degli strumenti di valutazione e supporto decisionale
• ERM - Alessandro Battaglia, Tania Fantasia, Luca Ferioli, Andrea Iosia, Edoardo Masut • WSP - Laura Locchi, Elena Mangherini

Per la preziosa opera di revisione del documento si ringrazia l'Ing. Daniele Cazzuffi (CESI SpA, Milano e Presidente AGI-IGS) unitamente al Prof. Paolo Calabrò ed alla Dr. Stefania Bilardi (Università Mediterranea di Reggio Calabria).

Le opinioni espresse dagli Autori sono personali e non riflettono necessariamente quelle delle rispettive Aziende di appartenenza.

Sommario

Sommario	2
GLOSSARIO	4
EXECUTIVE SUMMARY – ITALIANO	6
EXECUTIVE SUMMARY – ENGLISH	8
CAPITOLO 1. SCOPO	10
CAPITOLO 2. DEFINIZIONE DEL CONTESTO	12
2.1 DEFINIZIONE DEI PRINCIPI DI SOSTENIBILITÀ	13
2.2 CONTESTO INTERNAZIONALE E STRATEGIE COMUNITARIE	15
2.3 INDIRIZZI NORMATIVI NEL CONTESTO ITALIANO	17
2.3.1 IL TESTO UNICO AMBIENTALE (TUA)	17
2.3.2 LINEE GUIDA DELLA CARTA SULLA BONIFICA SOSTENIBILE	19
2.3.3 STRATEGIA PER L'ECONOMIA CIRCOLARE	20
2.4 ESPERIENZE E STATO DELL'ARTE	20
2.4.1 ORGANIZZAZIONI	20
2.4.2 CERTIFICAZIONI	22
CAPITOLO 3. CRITERI GENERALI PER LA BONIFICA SOSTENIBILE	23
3.1 COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER	24
3.2 VALUTAZIONI SUL CICLO DI VITA DELLE BONIFICHE E IMPORTANZA DELLA SOSTENIBILITÀ "TEMPORALE"	26
3.3 PLAN-DO-CHECK-ACT	27
3.4 VALUTAZIONI ESG E TASSONOMIA UE	28
3.5 CAMBIAMENTI CLIMATICI E RESILIENZA	29
CAPITOLO 4. APPROCCIO METODOLOGICO INTEGRATO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA	31
4.1 IDENTIFICAZIONE DEI CONFINI DI PROGETTO (PLAN)	32
4.2 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ' (PLAN)	33
4.3 IDENTIFICAZIONE DI STRATEGIE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI (DO)	35
4.4 MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI DI SOSTENIBILITÀ (CHECK)	36

4.5 REVISIONE DELLE STRATEGIE E IDENTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE DI GESTIONE SOSTENIBILE (ACT)	36
CAPITOLO 5. DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (TIERED APPROACH)	38
5.1 INTRODUZIONE.....	39
5.2 VALUTAZIONE GENERALE TRAMITE BMPS (BEST MANAGEMENT PRACTICES).....	40
5.3 LIVELLI DI VALUTAZIONE.....	42
5.3.1 TIER 1 - VALUTAZIONE QUALITATIVA.....	44
5.3.2 TIER 2 - VALUTAZIONE SEMI-QUANTITATIVA	45
5.3.3 TIER 3 – VALUTAZIONE QUANTITATIVA	45
CAPITOLO 6. SELEZIONE DEGLI STRUMENTI DI VALUTAZIONE E SUPPORTO DECISIONALE	47
6.1 ANALISI MULTICRITERIALE.....	49
6.2 ANALISI COSTI-BENEFICI	55
6.3 CARBON FOOTPRINT ANALYSIS	56
6.4 VALUTAZIONE DELL’IMPRONTA IDRICA	57
6.5 VALUTAZIONI DI ECONOMIA CIRCOLARE	58
6.6 VALUTAZIONE DELL’IMPATTO SUGLI UN SDG.....	59
6.7 VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA O LIFE CYCLE ASSESSMENT.....	60
6.8 VALUTAZIONI DI RESILIENZA E ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO	61
CAPITOLO 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI-SITOGRAFICI.....	63
APPENDICE 1.....	72
APPENDICE 2.....	75
APPENDICE 3.....	80
APPENDICE 4.....	84
APPENDICE 5.....	132

GLOSSARIO

- *Bonifica*: il processo di rimozione e/o contenimento dei contaminanti dal sito e riqualificazione o riconversione dello stesso per consentirne l'uso. Include pertanto anche la c.d. *messa in sicurezza*, ma anche l'eventuale risviluppo a nuove o diverse funzioni.
- *Bonifica sostenibile*: il processo di gestione, bonifica, riqualifica e riconversione di un sito contaminato, finalizzato a identificare la migliore soluzione, che massimizzi i benefici della sua esecuzione dal punto di vista ambientale, economico e sociale, tramite un processo decisionale condiviso con i portatori di interesse, e che sia in grado di reagire positivamente alle sfide poste dai cambiamenti in atto.
- *Capacità adattiva*: abilità di un sistema di adeguarsi al cambiamento climatico (sia agli eventi estremi, sia alla variabilità degli eventi stessi) per ridurre i danni potenziali o per far fronte alle possibili conseguenze derivanti.
- *Conseguenze*: correla la vulnerabilità climatica e l'esposizione del sistema.
- *Criterio*: indicazione su come valutare un tipo di performance misurata per le diverse alternative, ovvero su come deve essere scelta l'alternativa più efficiente rispetto a quella performance/prestazione (e.g., la tecnologia meglio rispondente ai principi di sostenibilità).
- *Esposizione*: grado per il quale un sistema è soggetto a un dato pericolo.
- *Funzioni di aggregazione*: funzioni matematiche che permettono di integrare i valori normalizzati degli indicatori pesati sulla base dei pesi per fornire un valore aggregato. Tale valore aggregato è chiamato indice. Per esempio, se gli indicatori relativi agli aspetti economici della sostenibilità vengono integrati per dare un valore al pilastro economico, questo può essere inteso come indice economico della sostenibilità. Inoltre, se gli indicatori scelti lo permettono, è possibile integrarli anche in indicatori multidimensionali già predefiniti come per esempio il carbon footprint o il water footprint. In quest'ultimo caso, le funzioni di normalizzazione e di aggregazione sono definite negli standard internazionali di riferimento.
- *Indicatore*: parametri (o insiemi di parametri) che offrono informazioni significative sullo stato e/o l'evolversi di un fenomeno che si vuole caratterizzare, misurare e monitorare.
- *Ministero dell'Ambiente*: il ministero cui compete la gestione delle tematiche ambientali in Italia. Questa dizione comprende le varie denominazioni - di tale competenza governativa- nel corso degli ultimi anni, quali Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), Ministero della Transizione Ecologica (MTE), Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MISE), ecc.
- *Normalizzazione degli indicatori*: per permettere l'aggregazione di diversi indicatori, questi devono essere trasformati e riscritti all'interno di un intervallo comune. Generalmente la normalizzazione produce dei valori adimensionali che cadono nell'intervallo [0, 1 o 0-100%].
- *Pericolo*: potenziale di accadimento di evento fisico sia naturale, sia antropico che può causare danni a proprietà, infrastrutture, fornitura di servizi e risorse ambientali.

- *Peso*: rappresenta l'importanza di un determinato criterio, indicatore, pilastro, in relazione ad altri criteri, indicatori, pilastri appartenenti allo stesso livello decisionale e allo stesso sottogruppo di valutazione. Tali pesi possono essere identificati attraverso degli strumenti ad hoc che permettono di coinvolgere e considerare i contributi di diversi esperti, portatori di interesse e decisori all'interno del processo di valutazione delle alternative di bonifica.
- *Progetto (di bonifica)*: tutte le fasi progettuali necessarie alla bonifica (così come sopra definita); non è quindi limitato al solo POB (Progetto Operativo di Bonifica ai sensi dell'art. 242 ex D.Lvo152/2006).
- *Resilienza*: capacità di un sistema antropico o naturale di prevenire, rispondere, superare e riprendersi in seguito alle conseguenze derivanti da impatti climatici.
- *Rischio*: rappresenta le potenziali conseguenze per un sistema esposto a pericolo, le cui incertezze di accadimento non consentono una valutazione a priori della rilevanza dei danni attesi.
- *Sensitività*: grado di risposta (positiva o negativa) ad un pericolo ovvero la potenzialità di un sistema ad essere impattato da un pericolo.
- *Sistema gerarchico*: struttura composta da diversi livelli decisionali in cui si esplicitano diversi criteri, dove ciascun elemento del sistema gerarchico, fatta eccezione per l'elemento situato al livello più alto, è subordinato ad uno o più elementi.
- *Vulnerabilità*: propensione o predisposizione a subire un danno direttamente correlata alla *sensitività e mancanza di capacità adattiva*.

EXECUTIVE SUMMARY – ITALIANO

Nel 2015 veniva pubblicato il Libro Bianco “Sostenibilità delle Bonifiche in Italia”, preparato da SuRF Italy (Sustainable Remediation Forum) e dal Gruppo di Lavoro (GdL) RECONnet, con l’intento di enunciare i principi, delineare l’ambito di applicazione e le principali linee gestione che connotano un approccio sostenibile al processo di bonifica in Italia.

A otto anni dalla pubblicazione del Libro Bianco, la crescente attenzione verso gli effetti innegabili del cambiamento climatico e il fervente sviluppo del quadro di indirizzi tecnici e normativi sia ambito nazionale ed internazionale, hanno portato a una rapida evoluzione degli approcci di gestione e del linguaggio con cui si parla di Sostenibilità, e alla diffusione di nuovi modelli di valutazione da parte dei portatori di interesse in ottica ESG (Environmental, Social and Governance), Climate Change e Economia Circolare.

Anche alla luce delle evoluzioni registrate nel contesto generale della sostenibilità, il GdL formato da Assoreca e Surf Italy ha colto la necessità di redigere la presente “Proposta di Linea Guida Operativa per la Bonifica Sostenibile”, che costituisce un aggiornamento in chiave operativa del Libro Bianco 2015, e che può fungere da punto di riferimento a supporto di tutti gli stakeholder (pubblici e privati) nell’applicazione di principi di sostenibilità, circolarità e resilienza nelle attività di bonifica, riqualifica e riconversione di siti contaminati in Italia.

La presente Proposta di Linea Guida condivide con il Libro Bianco la speranza che l’adozione volontaria di modelli virtuosi e condivisi per la gestione dei siti contaminati possa costituire un motore per l’evoluzione normativa nazionale, nel senso dell’integrazione di principi di sostenibilità e resilienza nei processi decisionali alla base degli interventi di bonifica.

Dopo una definizione di cosa si intenda per sostenibilità, l’individuazione dei suoi principi di riferimento applicati alle bonifiche sostenibili e dopo aver illustrato il contesto normativo nazionale e internazionale, la Proposta di Linea Guida si sofferma su alcuni criteri, di carattere generale e metodologico, che si ritiene fondamentale considerare durante la pianificazione e l’esecuzione di un processo di bonifica sostenibile. Tra questi vi è la necessità di coinvolgere tutti gli stakeholder rilevanti nei processi decisionali, la valutazione in chiave sistemica del ciclo di vita dell’intero processo di bonifica, l’attenzione alla dimensione temporale delle sostenibilità, l’adozione di un approccio Plan-Do-Check-Act per le valutazioni di sostenibilità, la sovrapposizione con le metriche ESG, la definizione di una bonifica resiliente che tenga in considerazione strategie di adattamento ai cambiamenti climatici in atto.

Partendo dalla logica del miglioramento continuo rappresentata dal modello iterativo Plan-Do-Check-Act, viene proposta una metodologia generale che può costituire un framework condiviso per le valutazioni di sostenibilità applicabile a tutti gli interventi di bonifica e riconversione dei siti contaminati, coerente con le migliori pratiche disponibili a livello internazionali e aggiornato rispetto agli strumenti di valutazione e le metriche sempre più adottate dai “site owner”.

Allo scopo di fornire al lettore delle indicazioni concrete su come incorporare criteri di sostenibilità in un processo di bonifica, viene infine illustrata una serie di strumenti operativi che possono essere impiegati per valutare le prestazioni di sostenibilità e resilienza di un processo di bonifica, o di singole fasi o attività all'interno di esso. Vengono ripresi strumenti già ampiamente consolidati e descritti nella letteratura internazionale della Sustainable Remediation quali l'Analisi Multi-Criterio, l'Analisi Costi-Benefici e il Life-Cycle Assessment, ma anche alcuni strumenti più specifici come le valutazioni di impronta di Carbonio e impronta idrica, di Economia Circolare, dell'impatto sugli Sustainable Development Goals, e di resilienza e adattamento al cambiamento climatico.

EXECUTIVE SUMMARY – ENGLISH

In 2015, the first White Paper “Sostenibilità delle Bonifiche in Italia” (“Sustainable Remediation in Italy”) was published, prepared by SuRF Italy (Sustainable Remediation Forum) and RECONnet Working Group (WG), with the aim of setting out principles, outlining the scope and the main action lines characterizing a sustainable approach to remediation in Italy.

Eight years after the publication of the White Paper, the growing attention towards the undeniable effects of climate change, and the fervent development of the technical and regulatory framework both nationally and internationally, have led to a rapid evolution of the management approaches and of the language with which sustainability is communicated, and to the diffusion among shareholders of new evaluation models resonating with ESG (Environmental, Social and Governance), Climate Change and Circular Economy concepts.

Also due to the evolution of the general context of sustainability, the WG formed by Assoreca and Surf Italy has tackled the necessity to produce this “Proposta di Linea Guida Operativa per la Bonifica Sostenibile” (“Proposal for an Operational Guideline for Sustainable Remediation”), to represent an update, in operational terms, of the 2015 White Paper, and which can serve as benchmark to support all stakeholders (both public and private) in the application of sustainability, circularity and resilience principles in the field of remediation, redevelopment and redevelopment of contaminated sites in Italy.

This Guideline shares with the White Paper the hope that the voluntary adoption of virtuous and common-ground models for contaminated sites management can be a driver for an evolution of the National legislation, in the direction of an integration of sustainability and resilience principles in the decision-making processes at the basis of remediation activities.

After a definition of what sustainability means, the identification of its principles applied to sustainable remediation processes, and after illustrating the national and international regulatory context, this Guideline illustrates a number of general and methodological criteria that should be considered during planning and implementation of a sustainable remediation process. These include the need to involve all relevant stakeholders in the decision-making processes, the holistic assessment of the entire remediation process life cycle, the focus on the time dimension of sustainability, the adoption of a Plan-Do- Check-Act approach for sustainability evaluation, the utilization of ESG metrics, and the definition of a resilient remediation to take into account adaptation strategies to climate change.

Starting from the logic of continuous improvement represented by the iterative Plan-Do-Check-Act model, a general methodology is proposed which can constitute a common framework for sustainability assessments, and be applied to all remediation and redevelopment projects at contaminated sites, consistent with the internationally available best practice and updated based on the assessment tools and metrics increasingly adopted by the site owners.

In order to give the reader practical guidance on how sustainability criteria can be incorporated into remediation, a series of methods and tools are also illustrated which may be used to assess the

sustainability performance of remediation, or single phases or activities. Well-established tools are described, which are already addressed in the international literature concerning Sustainable Remediation such as Multi-Criteria Analysis, Cost Benefit Analysis, Life Cycle Assessment, alongside more specific tools such as Carbon and Water Footprint Analysis, Circular Economy assessment, impact on the Sustainable Development Goals, and an assessments of climate change resilience and adaptation.

CAPITOLO 1. SCOPO

1. SCOPO

Il presente elaborato, redatto da un Gruppo di Lavoro (GdL) del network Assoreca, rappresentato dai firmatari indicati nell'incipit del documento, rappresenta la "Proposta di Linea Guida Operativa per la Bonifica Sostenibile". Il documento fornisce un quadro di riferimento per l'applicazione di principi di sostenibilità, circolarità e resilienza nelle attività di bonifica, riqualifica e riconversione dei siti contaminati nel contesto italiano, in accordo con quanto sviluppato a livello internazionale sul tema, traendo le mosse dai principi illustrati nel "Libro Bianco Sostenibilità delle Bonifiche in Italia" preparato da SuRF Italy, (allora Gruppo di Lavoro RECONnet), nell'ottobre 2015.

La redazione della Proposta di Linea Guida risponde da un lato ad un'esigenza di aggiornamento derivante da un quadro di indirizzi normativi in evoluzione sia in ambito nazionale, sia europeo; dall'altro, alla crescente attenzione verso tematiche di sostenibilità, ESG, Cambiamenti Climatici ed Economia Circolare, da parte di tutti gli stakeholder pubblici e privati coinvolti nei processi di bonifica e riconversione dei siti contaminati.

L'obiettivo ultimo del documento è quindi offrire una guida che i soggetti coinvolti in un iter di bonifica, sia pubblici che privati, possano utilizzare come riferimento per approcciare il processo secondo le migliori prassi della Sustainable Remediation.

Il riferimento normativo per gli aspetti procedurali dell'iter rimane il Titolo 5, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

CAPITOLO 2. DEFINIZIONE DEL CONTESTO

2. DEFINIZIONE DEL CONTESTO

Nel capitolo 2 vengono indicate le principali definizioni e principi di riferimento per le bonifiche sostenibili e le norme – nazionali e non – che ne tracciano l'approccio.

In base alla definizione, sviluppata ad inizio 2013 in ambito SuRF Italy e successivamente rappresentata nel Libro Bianco del 2015, si intende con bonifica sostenibile "il processo di gestione e bonifica di un sito contaminato, finalizzato ad identificare la migliore soluzione, che massimizzi i benefici della sua esecuzione dal punto di vista ambientale, economico e sociale, tramite un processo decisionale condiviso con i portatori di interesse".

Nell'ambito di questo documento, il concetto di bonifica sostenibile è ampliato per:

- includere la "resilienza¹", ossia la capacità del processo di reagire positivamente alle sfide poste dai cambiamenti in atto, tra cui i cambiamenti climatici.
- includere, per quanto possibile, l'intero processo di riqualificazione e riconversione dei siti contaminati, e non il solo processo di rimozione o contenimento dei contaminanti dalle matrici ambientali.
- Includere la circolarità, ovvero un processo che punta al mantenimento del valore dei materiali e delle risorse quanto più a lungo possibile (ivi compresi i territori) anche attraverso il ricondizionamento, il riciclo e la minimizzazione dei rifiuti generati.

Per semplicità di linguaggio, nel prosieguo del documento, si rappresenterà il concetto allargato sopra espresso con i termini SR, Sustainable Remediation o Bonifica Sostenibile.

2.1 DEFINIZIONE DEI PRINCIPI DI SOSTENIBILITÀ

Principi di riferimento

Per principi di riferimento **per una bonifica sostenibile** si intendono i **principi generali** cui ogni processo dovrebbe attenersi per contribuire fattivamente al raggiungimento degli obiettivi climatici e di sviluppo sostenibile promossi dall'**Agenda 2030 ONU**, dall'**Accordo di Parigi** e dal **Green Deal** (cfr. in particolare il Regolamento sulla **tassonomia UE 2020/852**).

Sono temi chiave, dunque, posti a **supporto decisionale di tutti gli attori** coinvolti.

In quanto principi di carattere generale, essi hanno il solo scopo di **indirizzare - in chiave sostenibile e circolare - tutte le fasi di processo** (dalla prefattibilità al monitoraggio post operam) di **qualsunque intervento** di bonifica o di riqualificazione di sito contaminato, coprendo tutte le aree d'interesse della sostenibilità: **economico-finanziaria, ambientale, sociale e di governance (ESG)**.

Se applicati nella loro interezza, i principi di riferimento per la bonifica sostenibile **concorrono**, tra gli altri obiettivi, a **ridurre i tempi autorizzativi e di progetto, a individuare la migliore soluzione**

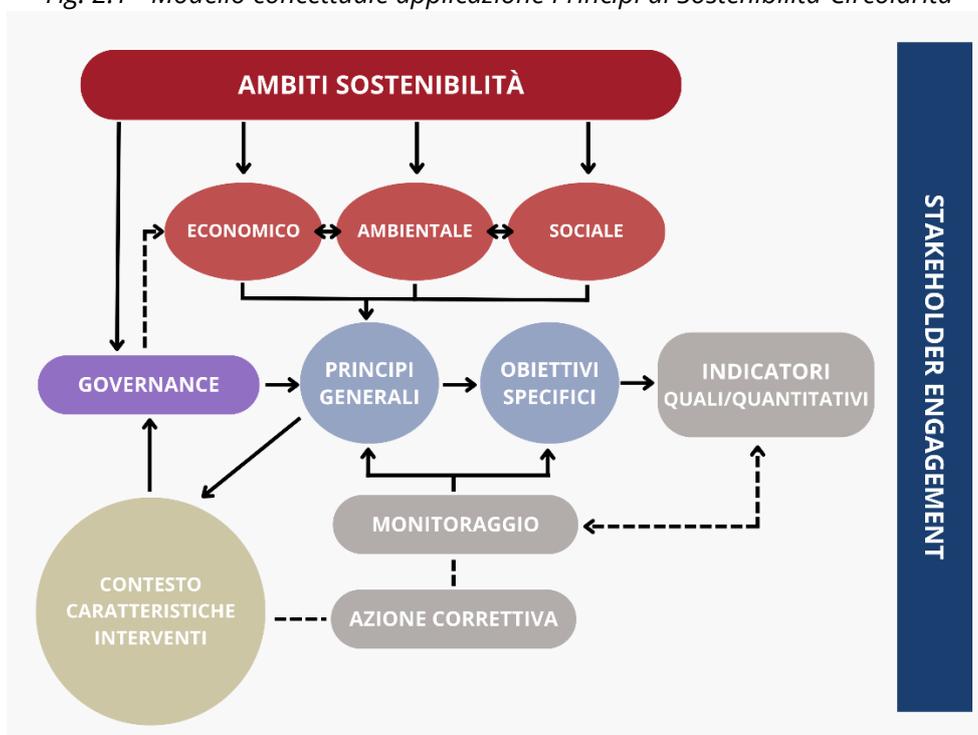
¹ *Sustainable resilient remediation (SRR) is an optimized solution to cleaning up and reusing hazardous waste sites that limits environmental impacts, maximizes social and economic benefits, and creates resilience against the increasing threats (Interstate technology Regulatory Council, 2021).*

di intervento, a migliorare il processo decisionale – e partecipativo –, e, infine, ad aumentare la competitività d'impresa.

Criteria applicativi

Per poter essere applicato, ogni principio generale dovrebbe essere **contestualizzato** (cioè reso coerente al contesto e scenario di riferimento, a partire da quello normativo e di sostenibilità) e **declinato** in **obiettivi - sito-progetto specifici - (target)**, il cui avanzamento (positivo o negativo) andrebbe monitorato grazie alla compilazione di **indicatori chiave di performance** (rappresentazione misurabile della condizione o stato di avanzamento)². Tutto ciò permetterebbe un'attività costante di **verifica e monitoraggio**, favorendo la **tempestività di un'eventuale azione correttiva** (cfr. Fig. 2.1).

Fig. 2.1 - Modello concettuale applicazione Principi di Sostenibilità-Circolarità



Appare, dunque, evidente come nell'**applicazione dei principi rivestano un ruolo** particolarmente **significativo** - fin dalla fase preliminare - le seguenti attività³:

- **analisi degli impatti, rischi e opportunità** di sostenibilità (positivi-negativi, effettivi-potenziali, nel breve e nel lungo periodo, etc.) del sito e del progetto;

² In una logica del tutto coerente con la metodologia Plan-Do-Check-Act (PDCA) di un sistema di gestione ISO 14001 e con il processo delle Sustainable Management Practice proposto da organizzazioni internazionali quali SuRF UK, nell'ambito delle bonifiche sostenibili (SuRF UK, 2021). Per maggiori approfondimenti si rimanda al cap 4 della presente Guida.

³ Per l'attività di analisi contesto, stakeholder e individuazione KPI possono essere presi a riferimento gli standard e framework per la rendicontazione di sostenibilità (ad ex I GRI Standards), compresi i futuri standard europei di rendicontazione di sostenibilità ERS emanati dall'EFRAG e in via di approvazione definitiva.

- **analisi delle aspettative ed esigenze dei principali stakeholder e loro coinvolgimento** (con particolare attenzione alle comunità locali - community engagement)⁴.

I principi **andrebbero condivisi e soddisfatti, nella loro totalità, in ogni fase di progetto**, a partire da quella di caratterizzazione del sito.

In caso contrario, è necessario motivarne la ragione, specificando eventuali azioni correttive/migliorative che si intendono avviare, indicando tempi, obiettivi e responsabilità del piano di miglioramento.

Ad ogni modo, **affinché si possa parlare di progetto di bonifica sostenibile e resiliente**, al termine dei lavori, è **necessario dimostrare di aver seguito un processo strutturato di definizione degli obiettivi di sostenibilità e di valutazione delle opzioni progettuali rispetto ad un numero sufficiente di principi per ogni ambito di sostenibilità**⁵.

Considerazioni finali

In ultimo, come sottolineato da SuRF Italy nel Libro Bianco del 2015, valgono le seguenti considerazioni finali:

- i **benefici** ambientali, sociali ed economici derivanti dall'applicazione dei principi di sostenibilità **sono tanto più evidenti quanto prima questi vengono introdotti** e condivisi nel processo decisionale;
- **l'impegno e l'approfondimento degli aspetti di sostenibilità deve essere commisurato all'importanza e all'impatto** del progetto di bonifica o riqualificazione preso in esame.

In appendice (Cap. 9.1.2), si riporta in dettaglio **la lista dei principi generali** di una bonifica **sostenibile, da declinare, come detto, in obiettivi specifici e relativi indicatori di monitoraggio**.

2.2 CONTESTO INTERNAZIONALE E STRATEGIE COMUNITARIE

Negli ultimi anni stiamo assistendo ad una crescita esponenziale della consapevolezza nella società civile, nell'opinione pubblica, nei Governi nazionali, amministrazioni e imprese, riguardo alla necessità di adottare un approccio sostenibile e misure concrete per affrontare le numerose e complesse sfide ambientali che si stanno manifestando. Gli stati della Comunità internazionale hanno riconosciuto l'urgente bisogno di trovare soluzioni pragmatiche e si stanno impegnando a definire obiettivi di sostenibilità e relative strategie per conseguirli.

Il 1° gennaio 2016 è entrata in vigore la risoluzione A/RES/70/1, sottoscritta dalle Nazioni Unite il 25 settembre 2015, meglio nota come "*Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile*⁶": un programma di interventi volto alla realizzazione di 17 obiettivi (Sustainable Development Goals - SDGs) e 169 target, da raggiungere in ambito ambientale, economico, sociale ed istituzionale entro il 2030. Una

⁴ Tale attività è oggetto di approfondimento nel paragrafo 3.1 del presente documento. Qui si sottolinea solo l'importanza di coinvolgere attivamente i principali stakeholder lungo tutto il ciclo di vita del progetto e/o intervento.

⁵ Si veda l'approfondimento riportato nel paragrafo 3.2 del presente documento.

⁶ [21252030 Agenda for Sustainable Development web.pdf \(un.org\)](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2015/09/21252030-Agenda-for-Sustainable-Development-web.pdf)

delle caratteristiche dell'Agenda 2030 è quella di declinare il tema dello sviluppo sostenibile attraverso un approccio multidisciplinare: considerare non solo la dimensione fisica e tecnologica della sostenibilità, rivolta a ridurre le emissioni e contrastare il cambiamento climatico, ma anche aspetti relativi a economia, società, giustizia, lotta alla fame, alla povertà e alle disuguaglianze.

La filiera delle bonifiche si presta particolarmente a questo approccio multidimensionale, in virtù del fatto che la corretta bonifica dei siti inquinati, oltre che tutelare le matrici ambientali e la biodiversità, genera migliori condizioni di benessere, riduce la povertà, ricrea fiducia nelle istituzioni, rafforza le opportunità di crescita e restituisce competitività alle imprese.

L'Agenda 2030 ha assunto una valenza propulsiva verso la formulazione di un quadro normativo in cui la sostenibilità, e le sue pratiche declinate all'interno delle varie attività, ricopre un ruolo da protagonista.

I paesi dell'Unione Europea si sono impegnati a conseguire l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, rispettando gli impegni internazionali assunti nel quadro dell'accordo di Parigi, attraverso il Green Deal europeo⁷, adottato dalla Commissione nel dicembre 2019. Il Green Deal è un pacchetto di iniziative strategiche per avviare l'UE sulla strada di una transizione verde, che preveda una società equa e prospera con un'economia moderna e competitiva. Il patto verde europeo comprende una tabella di marcia fatta di azioni concrete per:

- Garantire che non vi siano emissioni nette di gas a effetto serra entro il 2050;
- Promuovere l'uso efficiente delle risorse passando a un'economia pulita e circolare;
- Ripristinare la biodiversità e ridurre l'inquinamento.

Tra gli strumenti programmati e/o già adottati dalla Commissione europea rientrano numerose strategie e piani d'azione, che in molti casi si intrecciano con le attività di bonifica o con quelle ad essa collegati:

- il piano d'azione "Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo⁸" e la "Strategia del Suolo per il 2030⁹" delineano azioni volte a favorire il ripristino di suoli degradati e la bonifica di siti contaminati;
- il "Piano d'azione per l'economia circolare¹⁰", con cui la Commissione si propone, tra le altre cose, di promuovere la circolarità nei processi industriali, nel contesto della revisione della direttiva sulle emissioni industriali, prevedendo l'integrazione delle pratiche dell'economia circolare nei documenti di riferimento delle prossime BAT. Inoltre, all'interno di questo Piano, è stata rilevata la necessità di rivedere le direttive relative al trattamento delle acque reflue e ai fanghi di depurazione, esaminando l'utilizzo di mezzi naturali per l'eliminazione dei nutrienti come le alghe.

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=IT>

⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0400&from=IT>

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699&from=EN>

¹⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0098&from=IT>

All'interno della prospettiva delineata dal Green Deal europeo si configura anche il "Regolamento Tassonomia", che sarà discusso nel paragrafo 3.4, volto a fornire un quadro generale di sostenibilità sulla base del quale le imprese possano modificare i propri modelli aziendali. Tra i macrosettori individuati rientrano la protezione ambientale e le attività di recupero, la gestione dei rifiuti e le bonifiche.

2.3 INDIRIZZI NORMATIVI NEL CONTESTO ITALIANO

I **valori dello sviluppo** (e cioè dell'accrescimento costante e accelerato delle attività economiche) e della **tutela dell'ambiente** (al fine di evitare il progressivo impoverimento delle risorse naturali con il conseguente deterioramento della natura e del clima) sono socialmente avvertiti come prioritari e indiscutibili. La sintesi tra questi due valori è racchiusa nella formula dello sviluppo sostenibile.

I due valori sono tutelati entrambi dalla nostra Costituzione così come affermato dalla Corte costituzionale nella sentenza 85/2013, ma tendono spesso a entrare in conflitto tra di loro dando vita a problematiche di difficile soluzione sia sul piano politico sia su quello giuridico.

I principi di sostenibilità sono inoltre già inseriti, in via generica, nel nostro contesto normativo nazionale, anche in recepimento di obiettivi e direttive europee.

Successivamente sono riportati gli esempi principali che richiamano alla sostenibilità nel contesto italiano; si rimanda anche al capitolo 5, per ulteriori elementi di dettaglio.

2.3.1 IL TESTO UNICO AMBIENTALE (TUA)

Il **principio dello sviluppo sostenibile** vale sia per il legislatore sia per la pubblica amministrazione durante lo svolgimento dei procedimenti amministrativi che comportano il bilanciamento di istanze e interessi pubblici. L'**art. 3 quater, comma 1, del Dlgs 152/06**, cita infatti:

1. **"Ogni attività umana (...) deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile, al fine di garantire che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future.**
2. **Anche l'attività della pubblica amministrazione deve essere finalizzata a consentire la migliore attuazione possibile del principio dello sviluppo sostenibile (...).**
3. **(...) il principio dello sviluppo sostenibile (...) il principio di solidarietà per salvaguardare e per migliorare la qualità dell'ambiente anche futuro.**
4. **(...) salvaguardare il corretto funzionamento e l'evoluzione degli ecosistemi naturali dalle modificazioni negative che possono essere prodotte dalle attività umane."**

I principi generali di sostenibilità identificati dall'art.3 quater trovano, nell'ambito delle bonifiche nel TUA, richiami per lo più relativi alla scelta delle tecnologie da applicare:

- **l'art 242 comma 8** cita: *"... I criteri per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale, di messa in sicurezza operativa o permanente, nonché per l'individuazione delle migliori tecniche di intervento a costi sostenibili (B.A.T.N.E.E.C. - Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs) ai sensi delle normative comunitarie sono riportati nell'Allegato 3 alla parte quarta del presente decreto."*

- Negli allegati alla parte IV del TUA, sono invece richiamati dei concetti di sostenibilità relativamente agli impatti sulle matrici ambientali, principi che devono poi guidare la scelta delle modalità di bonifica o messa in sicurezza (permanente e operativa), da adottare. In particolare, sono richiamati molti principi di sostenibilità nei seguenti criteri tecnici generali da seguire per la determinazione degli interventi di bonifica:

a. (...)

b. *privilegiare le tecniche di bonifica tendenti a trattare e riutilizzare il suolo nel sito, trattamento in-situ ed on-site del suolo contaminato, con conseguente riduzione dei rischi derivanti dal trasporto e messa a discarica di terreno inquinato;*

c. (...)

d. *privilegiare le tecniche di bonifica che permettono il trattamento e il riutilizzo nel sito anche dei materiali eterogenei o di risulta utilizzati nel sito come materiali di riempimento;*

e. *prevedere il riutilizzo del suolo e dei materiali eterogenei sottoposti a trattamenti off-site sia nel sito medesimo che in altri siti che presentino le caratteristiche ambientali e sanitarie adeguate;*

f. *privilegiare negli interventi di bonifica e ripristino ambientale l'impiego di materiali organici di adeguata qualità provenienti da attività di recupero di rifiuti urbani;*

g. *evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell'aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori;*

h. *evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi;*

i. *adeguare gli interventi di ripristino ambientale alla destinazione d'uso e alle caratteristiche morfologiche, vegetazionali e paesistiche dell'area.*

j. *per la messa in sicurezza privilegiare gli interventi che permettano il trattamento in situ ed il riutilizzo industriale dei terreni, dei materiali di risulta e delle acque estratte dal sottosuolo, al fine di conseguire una riduzione del volume di rifiuti prodotti e della loro pericolosità;*

k. *adeguare le misure di sicurezza alle caratteristiche specifiche del sito e dell'ambiente da questo influenzato;*

l. *evitare ogni possibile peggioramento dell'ambiente e del paesaggio dovuto dalle opere da realizzare.*

Con la pubblicazione del D.Lgs 152/06, inoltre, avviene il passaggio da un criterio decisionale basato esclusivamente sui limiti tabellari assoluti ad un processo risk-based (limiti tabellari di screening e obiettivi di bonifica calcolati mediante l'applicazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica).

L'approccio risk-based, infatti, consente di orientare la bonifica in funzione delle caratteristiche e dell'uso (presente o futuro) del sito, e dunque permette di considerare alcuni aspetti di sostenibilità (la salute umana e la protezione dell'ambiente).

L'Allegato 1 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii., fissa dei **criteri tecnici** per la redazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica ai fini della definizione delle Concentrazioni Soglia di

Rischio nelle matrici ambientali. È stato redatto inoltre il documento **“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”** dal gruppo di lavoro ARPA/APPA, ISS, ISPESL, ICRAM istituito e coordinato dall'ISPRA, il cui approccio fa riferimento allo standard RBCA dell'ASTM (E 1739-95, E 2081-00), per fornire le indicazioni per l'applicazione dell'analisi di rischio sanitario-ambientale. La **Risk-Based Corrective Action (RBCA)** è una metodologia utilizzata nell'ambito dell'Analisi di Rischio ambientale, il cui approccio deriva dalla procedura ASTM (American Society for Testing and Materials).

2.3.2 LINEE GUIDA DELLA CARTA SULLA BONIFICA SOSTENIBILE

Nelle premesse della Carta sulle bonifiche sostenibili, siglata il 04/06/2020 dal Ministero dell'Ambiente, si legge che essa *“rappresenta un documento strategico in cui cristallizzare i principi di **sostenibilità ambientale, economica, temporale, sanitaria ed etica** a cui ispirare gli interventi riferibili al ciclo delle bonifiche di siti potenzialmente contaminati e contaminati”*.

Il documento ha una sua valenza strategica, perché avvia una nuova fase di affermazione di principi che dovranno essere poi tradotti in ulteriori provvedimenti normativi.

Nella **Parte I** la carta sancisce le priorità e i principi che dovrebbero essere perseguiti nell'ambito delle bonifiche, quali:

- investire nella conservazione del rimanente capitale naturale (suoli, acque di falda, habitat, etc.), riconoscendo appieno l'importanza dei servizi ecosistemici;
- favorire la crescita del capitale naturale riducendo l'attuale livello di degrado;
- promuovere l'economia circolare anche nei processi di bonifica, alimentando le filiere verdi;
- migliorare l'efficienza dell'azione di bonifica in termini economici, temporali, sanitari.

Nella **Parte II** sono considerate le attività di caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica, promuovendone la sostenibilità:

- **ambientale:** privilegiando le **tecniche di bonifica on-site** e in particolare quelle che limitano l'uso di fonti energetiche di origine fossile, prevengono o evitano la produzione di rifiuti, escludono trasporti, includono fitorisanamento/biorisanamento o che possano portare alla produzione di energie rinnovabili e di biochar;
- **economica:** per **ridurre i costi delle bonifiche** in modo da poter risanare porzioni più ampie di territorio, o favorendo processi che alimentano la filiera verde per la produzione di biomasse;
- **temporale:** per **ridurre i tempi del procedimento amministrativo**, anche attraverso la revisione della disciplina di bonifica (ad.es sequestri);
- **sanitaria:** puntando alla **rimozione/degradazione, in via prioritaria**, di inquinanti a più elevata tossicità per l'uomo;
- **etica:** promuovendo azioni mirate ad orientare approcci che vadano oltre la rimozione/degradazione degli inquinanti e che consentano: equilibri ecologici, tutela della vita umana e biologica, equità sociale, dignità dei lavoratori e dei diritti delle generazioni future.

La carta conclude con il riportare nella **Parte III** tutti gli impegni dei sottoscrittori della stessa, tra i quali vale la pena citare la promozione di **linee guida e procedure di relazione per incentivare e regolamentare le attività di monitoraggio e realizzazione di bonifiche sostenibili**".

2.3.3 STRATEGIA PER L'ECONOMIA CIRCOLARE

Il principio di sostenibilità viene identificato dal TUA anche per la gestione dei rifiuti nell'Art.178 Principi, della Parte quarta, che riporta: *"la gestione dei rifiuti è effettuata conformemente ai principi di precauzione, di prevenzione, di **sostenibilità**, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione (...), nonché del principio chi inquina paga. A tale fine **la gestione dei rifiuti è effettuata secondo criteri di efficacia, efficienza, economicità, trasparenza, fattibilità tecnica ed economica, nonché nel rispetto delle norme vigenti in materia di partecipazione e di accesso alle informazioni ambientali.**"*

Lo stretto collegamento tra bonifiche sostenibili ed economia circolare è inoltre pienamente percepito e apprezzato anche dalla Carta delle bonifiche sostenibili, proprio nella consapevolezza della maturazione di una maggiore sensibilità ambientale e del ruolo imprescindibile dell'innovazione per lo sviluppo dell'economia del Paese.

2.4 ESPERIENZE E STATO DELL'ARTE

Lo stato dell'arte dell'applicazione di concetti di sostenibilità alla bonifica di siti contaminati si sta rapidamente evolvendo a livello internazionale e l'interesse nella tematica sta crescendo e assumendo un'importanza sempre maggiore nel dibattito sugli approcci di bonifica. Sono sorti diversi gruppi ed organizzazioni volte a definire e promuovere il concetto di bonifica sostenibile e la sua adozione a progetti concreti.

Le prime iniziative sono europee e risalgono agli anni '90.

2.4.1 ORGANIZZAZIONI

- NICOLE (Network for industrial sustainable land management)¹¹ è un network Europeo, istituito nel 1996, del quale fanno parte 125 membri provenienti da 15 paesi europei e che riunisce rappresentanti dell'industria, dell'accademia e delle istituzioni. L'obiettivo principale di NICOLE è quello di mettere l'industria Europea in condizione di valutare e gestire siti industriali contaminati in maniera efficiente, economica e all'interno di un contesto di sostenibilità. NICOLE ha pubblicato nel 2010 la *"Sustainable Remediation Road Map"*, in cui si prefigge l'obiettivo di fornire a tutti i portatori di interesse un singolo, ben strutturato processo per collaborare nell'implementazione di "best practices" di bonifica sostenibile in una ampia gamma di contesti normativi e politici.
- Il COMMON FORUM on Contaminated Land, fondato nel 1994, è un network di esperti di politiche ambientali e consulenti ministeriali di stati dell'UE e associazioni di categoria. I suoi obiettivi sono quelli di sviluppare strategie per la gestione e bonifica dei siti contaminati e per il riutilizzo di siti industriali, nel rispetto della gestione sostenibile delle risorse.

¹¹ <https://nicole.org/>

Nel 2013 COMMON FORUM e NICOLE hanno pubblicato una dichiarazione congiunta dal titolo *"Risk-informed and sustainable remediation"*, nella quale presentano un approccio condiviso sui principi fondamentali della bonifica sostenibile, e sulla loro applicazione a contesti Europei

- EURODEMO è un'organizzazione su base volontaria cui appartengono 18 partner da 9 paesi Europei. La missione di questa organizzazione è di promuovere ed incoraggiare l'uso di tecnologie innovative per la bonifica di acque e terreni, con enfasi sull'uso di soluzioni sostenibili ed economiche. Nel 2007 EURODEMO ha pubblicato il *"Framework for sustainable land remediation and management"*, in cui viene sostenuto l'uso della Life Cycle Analysis per la valutazione degli impatti associati alla bonifica.
- L'EUGRIS¹² è un portale web che offre informazioni e servizi relativamente alle tematiche collegate a suolo e acque. Il progetto EUGRIS è nato per volontà della Commissione Europea e di altri promotori, durante il Quinto Programma Quadro, e opera come una comunità rappresentata da progetti, persone e organizzazioni, che cooperano per fornire informazioni a beneficio di tutti, oltre a promuovere e diffondere il proprio lavoro.
- La rete SNOWMAN è un gruppo transnazionale che comprende organizzazioni di ricerca e amministratori nel campo del suolo e delle acque in Europa. Lo scopo della rete è quello di sviluppare e condividere importanti conoscenze, attraverso programmi di ricerca e appositi bandi, relativamente all'uso sostenibile del suolo e delle acque sotterranee.
- Nel 2006 è stato creato il Sustainable Remediation Forum¹³ statunitense (SuRF US), per iniziativa di vari portatori di interesse, tra i quali gruppi industriali, enti di controllo (U.S. EPA), consulenti ed esponenti del mondo accademico. Nel 2009 Surf US ha pubblicato il primo "libro bianco" sulla bonifica sostenibile ed in seguito ha presentato il *"Framework for Integrating Sustainability into Remediation Projects, Metrics for Integrating Sustainability Evaluations into Remediation Projects, e Guidance for Performing Footprint Analyses and LCAs for the Remediation Industry"*, con l'intento di fornire le linee guida per l'applicazione pratica dei concetti di sostenibilità ambientale alle bonifiche.
- Nel 2007, all'interno dell'organizzazione non governativa CL:AIRE (Contaminated Land: Application in Real Environment)¹⁴, che raccoglie esponenti del mondo accademico, industria ed enti di controllo legati al tema delle bonifiche dei siti contaminati, è stato fondato il SuRF UK. Successivamente, a cascata, sono nati altri forum quali SuRF ANZ (Australia e Nuova Zelanda), SuRF Canada e SuRF Brasile, nonché iniziative più recenti in altri paesi come Italia (che ha presentato il proprio "libro bianco" nel 2015), Taiwan, Giappone e Cina, Tutti i Gruppi SuRF sono associati e coordinati all'interno dell'International Sustainable Remediation Alliance (ISRA).
- L'Interstate Technology Regulatory Council (ITRC)¹⁵ nel 2011 ha pubblicato il *"Technical and Regulatory Guidance: Green and Sustainable Remediation: A Practical Framework"*, un rapporto volto ad aiutare lo sviluppo e l'introduzione di politiche sulla Green and Sustainable Remediation (GSR) all'interno dei programmi statali e federali. Nel 2021 l'ITRC ha pubblicato il report *"Sustainable Resilient Remediation (SRR-1)"*, con l'intento di fornire risorse e strumenti a regolatori, stakeholder e consulenti per aiutare ad integrare pratiche sostenibili e resilienti nei progetti di bonifica. Questa guida aggiorna gli orientamenti tecnici e normativi di quella precedentemente

¹² <https://www.eugris.info/index.asp>

¹³ <https://www.sustainableremediation.org/>

¹⁴ <https://www.claire.co.uk/>

¹⁵ <https://itrcweb.org/home>

pubblicata ed include una forte componente di resilienza per affrontare la crescente minaccia di eventi meteorologici estremi.

2.4.2 CERTIFICAZIONI

Così come per il resto delle attività e prestazioni ambientali, anche nel campo delle bonifiche sostenibili sono nati sistemi di certificazione volontaria.

- La norma ISO 18504:2017 Soil quality – Sustainable remediation, recentemente pubblicata, contiene una indicazione delle procedure e dei metodi rilevanti per una bonifica sostenibile che consenta di coniugare il risanamento ambientale con costi accettabili, con la minor movimentazione di materiali e con il minimo spreco di energia. Pur non avendo valore di legge, la norma contiene linee guida molto utili anche nelle procedure amministrative ed in sede di presentazione e discussione dei progetti di bonifica di siti contaminati.

Altre certificazioni possono essere utili a sostegno dei processi valutativi:

- ISO 14067:2018 Carbon Footprint, che definisce i principi, i requisiti e le linee guida per la quantificazione e il reporting della CFP (Carbon Footprint di prodotto), basandosi sugli standard internazionali di riferimento per gli studi di Life Cycle Assessment (ISO 14040 e ISO 14044). Tale norma offre a tutte le organizzazioni un mezzo per calcolare l'impronta di carbonio dei loro prodotti (intesi come beni o servizi) e fornisce l'opportunità di comprendere meglio le modalità con cui ridurla.
- ISO 14046:2016 Water Footprint, che specifica principi, requisiti e linee guida relativi alla valutazione dell'impronta idrica di prodotti, processi e organizzazioni, basata anch'essa sulla LCA. Include la valutazione delle emissioni in aria e nel terreno che impattano sulla qualità dell'acqua.

Infine, possono giocare un ruolo importante anche le certificazioni in ambito edilizio, che permettono avere informazioni sul sito o area in esame, tra cui:

- BREEM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): è una metodologia di valutazione della sostenibilità ambientale, sviluppata nel 1988 dalla Building Research Establishment (BRE), costituita da una serie di principi e requisiti strategici che definiscono un approccio integrato per la progettazione, la costruzione, la gestione, la valutazione e la certificazione dei differenti fattori che influiscono sull'impatto ambientale, sociale ed economico nell'intero ciclo di vita di un edificio, tra cui anche la fase di decommissioning e le eventuali opere di bonifica connesse. Nel processo di valutazione questo metodo di certificazione volontaria monitora i parametri sostenibili raggruppandoli in una serie di categorie, tra cui risultano l'uso del territorio e ecologia, l'inquinamento ed i rifiuti.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): programma di certificazione volontario che può essere applicato a qualsiasi tipo di edificio e concerne tutto il ciclo di vita dell'edificio stesso, dalla progettazione alla costruzione. LEED promuove un approccio orientato alla sostenibilità, riconoscendo le prestazioni degli edifici in settori chiave, tra cui rientra la sostenibilità del sito. Le attività di bonifica possono quindi rientrare nel processo di certificazione.

Alcuni temi e strumenti elencati in questo paragrafo saranno trattati più nel dettaglio nel prosieguo del documento.

CAPITOLO 3. CRITERI GENERALI PER LA BONIFICA SOSTENIBILE

3. CRITERI GENERALI PER LA BONIFICA SOSTENIBILE

Nel presente Capitolo 3 vengono indicate alcune note di indirizzo, di carattere generale e parzialmente metodologico, che discendono dalla definizione dei principi di sostenibilità e si ritengono di particolare importanza nelle bonifiche sostenibili. Tali criteri generali riguardano in particolare la necessità di coinvolgere tutti gli stakeholder nei processi decisionali, la valutazione in chiave ciclo di vita sul processo di bonifica, l'attenzione alla sostenibilità "temporale", l'adozione di un approccio Plan-Do-Check -Act per le valutazioni di sostenibilità, il focus sulle dimensioni Ambientale, Sociale e di Governance coinvolte nei processi di bonifica utilizzando i criteri "ESG", la definizione di una bonifica sostenibile e resiliente nella sua relazione con i cambiamenti climatici. Nello schema in Figura 3.1 è riportato un riepilogo dei criteri generali e della loro rilevanza nella gestione sostenibile e resiliente degli interventi di bonifica. Ciascun aspetto è descritto nel dettaglio nei paragrafi sotto riportati.

Fig. 3.1 – Criteri generali da applicare nella valutazione degli aspetti di sostenibilità degli interventi di bonifica



3.1 COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER

I portatori di interesse ("stakeholder" nella definizione comune) assumono un ruolo importante, nella fase di progettazione degli interventi, per l'identificazione e la validazione degli obiettivi di sostenibilità da conseguire durante la bonifica. La continua collaborazione a più livelli con gli Enti e con gli altri soggetti coinvolti consentirà un consolidamento del processo decisionale e un'interazione costruttiva e innovativa finalizzata alla ricerca della migliore alternativa comune per la bonifica di un sito, facilitando l'iter autorizzativo ed il completamento dei progetti di ripristino e rivalorizzazione dei siti.

In tal senso è importante prevedere un piano di coinvolgimento degli stakeholder. Il coinvolgimento di una vasta platea di parti interessate, pur implicando un maggior impegno, favorisce l'individuazione di soluzioni più idonee per il territorio. Il presente capitolo descrive il processo di coinvolgimento delle parti interessate, che rappresenta una delle fasi più complesse e critiche nell'ambito dell'applicazione della sostenibilità ai progetti di bonifica.

Nella tabella seguente si va a sintetizzare chi sono gli stakeholder e il loro ruolo, quando e perché sia utile coinvolgerli e con quali modalità.

Tab. 1: Schematizzazione del ruolo degli Stakeholder e importanza del loro coinvolgimento

Chi sono?	Soggetti o i gruppi che possono essere coinvolti direttamente o indirettamente dal progetto di bonifica. Si dividono in: 1. stakeholder "forti" : coinvolti direttamente e senza i quali l'impresa sociale non verrebbe ad esistere; nell'ambito della bonifica sono quelli istituzionali (enti preposti, responsabile della contaminazione, proprietario del sito); 2. stakeholder "deboli" : soggetti non coinvolti direttamente, ma che entrano in contatto con il progetto e possono costituire un'opposizione importante e, viceversa, se opportunamente coinvolti e informati con trasparenza, possono contribuire a sostenere favorevolmente il progetto. Sono quelli non istituzionali (comitati spontanei, organizzazioni non governative, proprietari di aree limitrofe, cittadini ecc.).
Perché coinvolgerli?	<ul style="list-style-type: none"> · Definire relazioni costruttive nel corso del progetto, con persone ed enti coinvolti o interessati ad esso, al fine di evitare o risolvere conflitti; · Garantire la trasmissione di informazioni pertinenti e comprensibili e di creare un processo che offra l'opportunità, a tutti i soggetti interessati, di esprimere le proprie opinioni e preoccupazioni; · Evitare di generare impatti negativi sul processo di bonifica in termini di tempo, accesso alle risorse e diffidenza da parte dell'autorità rilevante; · Favorire lo sviluppo di proposte e soluzioni; · Divulgare le best practices applicate, le esperienze maturate per superare gli ostacoli più frequenti.
Quando coinvolgerli?	In fase preliminare per: <ul style="list-style-type: none"> · promuovere la collaborazione sin dall'inizio del progetto; · evitare conflitti e diffidenze; · creare consenso per le decisioni iniziali del processo.
Come coinvolgerli?	Tramite un processo continuo che si estende per tutta la durata del Progetto con approcci partecipati, che prevedano un dialogo aperto. Processo per FASI di coinvolgimento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificare le parti interessate che hanno maggiori probabilità di essere influenzate dall'attività/progetto da realizzare e coinvolgere e minimizzare l'impatto su di essi; 2. Sviluppare /implementare un piano per comunicare i problemi e i progressi del progetto con l'esterno alle parti interessate; 3. Sviluppare/implementare un piano per includere le parti interessate esterne nel processo decisionale; 4. Comunicare le "opzioni di riparazione" alle parti interessate; 5. Ottenere input sulle "opzioni di riparazione" dalle parti interessate e gestire bisogni e preoccupazioni della comunità; 6. Informare e promuovere specifici momenti e percorsi formativi.
Dove?	Durante: <ul style="list-style-type: none"> · conferenze di Servizi istruttorie; · tavoli tecnici con gli Enti; · consultazioni pubbliche.

I concetti sopra rappresentati sono validi anche nell'ambito più vasto della riqualificazione del sito, con la Valutazione Ambientale Strategica e la Valutazione di Impatto Ambientale, dove esistono meccanismi analoghi di consultazione e partecipazione.

3.2 VALUTAZIONI SUL CICLO DI VITA DELLE BONIFICHE E IMPORTANZA DELLA SOSTENIBILITÀ “TEMPORALE”

Un tipico processo di bonifica di un sito contaminato può essere strutturato in una serie di macro-fasi: dalla pianificazione strategica dell'area compromessa, alla caratterizzazione ambientale, alla progettazione e sviluppo della tecnologia di bonifica, alla sua installazione, alla fase operativa della bonifica, all'eventuale dismissione degli impianti installati e naturalmente al risviluppo o alla riconversione delle aree interessate per nuovi usi. È importante che venga considerata anche la sostenibilità temporale, ovvero che ogni fase venga condotta riconoscendo e considerando l'impatto del fattore tempo sulla sostenibilità.

Nell'ottica di valutare ed implementare i principi di sostenibilità nell'ambito di un processo di bonifica, devono essere definite tali macro-fasi, nelle quali suddividere l'intero ciclo di vita, specificando possibilmente in quale di esse ricade ogni attività eseguita e/o prevista. Indipendentemente dal loro effettivo numero e specifiche, è importante che vengano considerate tutte le fasi del processo di bonifica. Un momento fondamentale da considerare nelle valutazioni di sostenibilità di un processo di bonifica è quello riguardante il decommissioning e lo smantellamento dei sistemi di bonifica e la possibile riconversione del Sito a nuovi utilizzi, in chiave circolare. Nell'ottica del ciclo di vita, è anche importante che vengano incluse nelle valutazioni anche le scelte operate in termini di approvvigionamenti in tutte le fasi considerate, ovvero gli impatti generati nell'intera catena di fornitura dei servizi connessi con le attività di bonifica.

Nello schema riportato nella seguente Tabella 2 è rappresentato un esempio di suddivisione in macro-fasi del processo di bonifica, nelle quali può articolarsi una valutazione di sostenibilità.

Tab. 1: Esempio di suddivisione in macro-fasi di un processo di bonifica

Fase del ciclo di vita delle bonifiche	Possibili attività
Pianificazione strategica preliminare	<ul style="list-style-type: none"> • Studi di prefattibilità o fattibilità della riconversione • Valutazione Ambientale Strategica • Masterplan/ Progetto planivolumetrico
Caratterizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • Indagini ambientali preliminary • Elaborazione Piano di Caratterizzazione (PdC) • Indagini di campo nell'ambito del PdC • Indagini integrative di caratterizzazione • Indagini per la definizione del modello concettuale definitivo e/o propedeutiche all'Analisi di Rischio sito-specifica • Misure di Messa in Sicurezza di Emergenza / Misure di Prevenzione
Progettazione	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborazione Analisi di Rischio sito-specifica • Elaborazione Studi di fattibilità • Elaborazione Progetto Operativo di Bonifica • Elaborazione Progetto Esecutivo di Bonifica
Installazione	<ul style="list-style-type: none"> • Test di laboratorio e test pilota in campo propedeutici al dimensionamento e all'installazione degli impianti di bonifica • Installazione e collaudo dei sistemi di bonifica o messa in sicurezza

Fase del ciclo di vita delle bonifiche	Possibili attività
Fase Operativa	<ul style="list-style-type: none"> • Esecuzione di attività di campo necessarie per la gestione operativa, per la manutenzione ordinaria e straordinaria, per il monitoraggio dei sistemi di bonifica • Monitoraggio della qualità delle matrici ambientali per verificare le prestazioni del processo e il raggiungimento degli obiettivi di bonifica • Elaborazione e implementazione di varianti progettuali • Collaudo dell'intervento di bonifica
Post-Operam	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoraggio post-operam • Rimozione definitiva degli impianti di bonifica e loro eventuale riutilizzo/recupero in altre aree
Riuso	<ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle condizioni pre-intervento • Riqualificazione o riconversione del Sito finalizzato al suo riutilizzo • VIA/VAS e progetto edilizio

È inoltre importante che nell'ambito delle valutazioni di sostenibilità non vengano trascurate le primissime fasi del processo di bonifica. Applicare principi di sostenibilità fin dalla caratterizzazione ha effetti positivi su tutte le successive fasi del processo, in quanto consente di sensibilizzare fin dal principio gli stakeholder coinvolti nel procedimento (es. proprietario del Sito, i fornitori, le Autorità) ad un approccio sostenibile e favorisce la creazione di una struttura di raccolta e archiviazione dei dati e delle informazioni utili per quantificare e verificare la sostenibilità dell'intero processo.

Infine, è utile tenere a mente la sostenibilità temporale: orientata alla riduzione dei tempi del procedimento amministrativo, operata anche mediante una revisione della disciplina di bonifica, ricercando anche eventuali modalità tecniche per superare le tempistiche derivanti da eventuali sequestri giudiziari. Gli interventi di caratterizzazione e messa in sicurezza devono essere gestiti in tempi rapidi al fine di evitare che i contaminanti possano disperdersi nell'ambiente e raggiungere i bersagli ecologici ed umani, inoltre, un approccio sostenibile avviato tempestivamente consente di limitare i costi associati alle successive eventuali ottimizzazioni.

È significativo sottolineare come il principio della "sostenibilità temporale" venga anche individuato nella "Carta sulle Bonifiche Sostenibili" già citata al punto 2.3.3. e definito come un criterio di sostenibilità *"orientata alla riduzione dei tempi del procedimento amministrativo, operata anche mediante una revisione della disciplina di bonifica, ricercando anche eventuali modalità tecniche per superare le tempistiche derivanti da eventuali sequestri giudiziari. Gli interventi di caratterizzazione e messa in sicurezza devono essere gestiti in tempi rapidi al fine di evitare che i contaminanti possano disperdersi nell'ambiente e raggiungere i bersagli ecologici ed umani (anche per il tramite di prodotti ortofrutticoli)"* (Uricchio, 2020).

3.3 PLAN-DO-CHECK-ACT

Definire sostenibile un processo di bonifica e riqualificazione significa non solo identificare una strategia di intervento, condivisa con gli *stakeholders*, che sia in grado di massimizzare i benefici e ridurre gli impatti negativi derivanti della sua esecuzione, ma anche verificarne il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità. Questo implica un continuo monitoraggio delle prestazioni di sostenibilità al fine di evidenziare le aree suscettibili di miglioramento e intervenire tempestivamente sulle criticità di progetto per non pregiudicare il traguardo degli obiettivi finali e

in un'ottica di miglioramento continuo. Tale processo di monitoraggio, verifica e ottimizzazione delle prestazioni ben si integra con gli esistenti sistemi di gestione codificati da standard internazionali (ISO 9001, ISO 14001, EMAS, OHSAS 18001).

La metodologia *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) alla base dei sistemi di gestione prevede le fasi di:

- *Plan*: pianificare e stabilire gli obiettivi e i processi necessari per fornire risultati conformi alla politica ambientale dell'organizzazione;
- *Do*: attuare i processi con il coinvolgimento e la comunicazione a tutti gli *stakeholder*;
- *Check*: controllare e misurare i processi rispetto alla politica ambientale, agli obiettivi e traguardi prefissati, alle prescrizioni legali e/o altre prescrizioni, e riportarne i risultati (quanto nella presente sezione);
- *Act*: riesaminare le informazioni raccolte e intraprendere azioni per migliorare in continuo la prestazione del sistema di gestione ambientale.

L'applicazione della metodologia PDCA alle bonifiche sostenibili è descritta in dettaglio al capitolo 4.

3.4 VALUTAZIONI ESG E TASSONOMIA UE

Negli ultimi 60 anni, le metriche ambientali, sociali e di governance (Environmental, Social and Governance - ESG) sono diventate requisiti standard e significativi per le società quotate in borsa, con gli investitori che includano i requisiti ESG come parte dei loro criteri. Le aziende ora incorporano una rendicontazione più standardizzata dei principali indicatori di performance ESG nelle verifiche periodiche con gli azionisti.

Per quanto le attività di bonifica siano cruciali nell'ambito della definizione delle responsabilità ambientali, o dei costi di dismissione, queste potrebbero non essere considerate una priorità assoluta per la valutazione ESG di un'azienda; tuttavia, l'applicazione di un approccio di bonifica sostenibile può portare a significativi vantaggi combinati. Infatti, la bonifica sostenibile contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas serra (GHG), al riutilizzo o alla riduzione dell'uso di acqua, alla conservazione del territorio, alla minimizzazione dei rifiuti, al riciclaggio e alla riduzione dell'energia tra gli altri benefici. Queste stesse metriche rientrano nelle categorie utilizzate dalla maggior parte delle aziende quotate, per segnalare annualmente i progressi ESG.

L'applicazione di concetti di bonifica sostenibile consente a un soggetto (impresa o ente) di migliorare le comunità in cui i suoi asset sono fondamentali per la crescita socioeconomica, di migliorare la propria immagine pubblica e continuare a basarsi su un messaggio positivo di sensibilizzazione del pubblico. Ad esempio, molti siti di bonifica sono collocati all'interno di aree degradate di una comunità locale e, una volta bonificati con successo, possono avviare sforzi di rivitalizzazione di vasta portata. Le metriche ESG contribuiscono al miglioramento delle comunità, il che può potenzialmente portare a una loro crescita economica misurabile.

I criteri ESG rappresentano dunque le dimensioni fondamentali per verificare, misurare, controllare e sostenere l'impegno in termini di sostenibilità. Per quanto normalmente applicati a un'impresa o un'organizzazione, possono anche essere considerati per un progetto specifico, quale un'attività di bonifica.

I criteri **ambientali** (E: environmental) valutano come il soggetto o il progetto, si comporta nei confronti dell'ambiente nel quale è collocata e dell'ambiente in generale. In particolare, l'impatto sui cambiamenti climatici – prevalentemente in termini di emissioni di gas ad effetto serra- ha un peso

considerevole all'interno dei criteri ambientali, in quanto considerati necessari per dimostrare ai propri stakeholder come il soggetto si stia muovendo per agire in maniera positiva sul cambiamento climatico.

I criteri **sociali** (S: Social) esaminano prevalentemente l'impatto e la relazione con il territorio con i dipendenti, i fornitori, i clienti e in generale con le comunità in cui opera, o con cui è in relazione, il soggetto. l'impresa o il progetto (ad esempio la comunicazione alla comunità delle opzioni di bonifica e la loro efficacia in termini di riduzione di rischio).

I criteri di **Governance (G)** infine, ampliano il più tradizionale esame delle tematiche economiche di un progetto sostenibile, per comprendere i temi di una gestione ispirata a buone pratiche e a principi etici. In questo ambito, gli aspetti presi in esame nel contesto di una bonifica sostenibile si considerano per valutare ad esempio i benefici per la comunità locale.

È da considerare, peraltro, che alcune attività di bonifica (definite da specifici codici NACE - Nomenclature des Activités Economiques dans la Communauté Européen) in particolare laddove è presente la gestione dei rifiuti o delle acque di scarico, sono annoverabili tra le attività potenzialmente sostenibili, in allineamento alla nuova tassonomia UE¹⁶, entrata in vigore alla fine del 2020 con obblighi di comunicazione a partire da dicembre 2021.

Nello specifico, è significativo segnalare come la Commissione Europea abbia approvato a giugno 2023, nell'ambito della Tassonomia, i Criteri Tecnici di Screening secondo i quali alcune attività economiche tra cui il risanamento dei siti contaminati possono essere qualificate come attività aventi un "contributo sostanziale" rispetto all'obiettivo di sostenibilità legato alla Prevenzione e controllo dell'inquinamento, rispettando allo stesso tempo la regola di "non arrecare danno significativo" (Do No Significant Harm, DNSH) rispetto agli altri obiettivi di sostenibilità quali la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico, l'uso sostenibile e la protezione dell'acqua e delle risorse marine, la transizione verso un'economia circolare, la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi¹⁷.

3.5 CAMBIAMENTI CLIMATICI E RESILIENZA

Ad oggi, è sempre più evidente di come gli effetti del cambiamento climatico e l'aumento degli eventi meteorologici estremi influenzeranno in modo critico le prestazioni delle infrastrutture, comprese le misure di intervento di bonifica e di gestione del rischio sanitario-ambientale (US EPA, 2015; Maco, 2018; O'Connell, 2019; ITRC, 2021). In tale contesto, la valutazione del rischio climatico rappresenta uno strumento disponibile ad oggi, volto ad individuare, già in fase di progettazione, raccomandazioni e misure per aumentare la resilienza climatica attraverso eventuali strategie di adattamento.

L'organizzazione statunitense ITRC (Interstate Technology and Regulatory Council) definisce la bonifica resiliente sostenibile come una soluzione – ottimizzata- di bonifica e di rivalorizzazione dei siti contaminati, che limita gli impatti negativi sull'ambiente, massimizza i benefici sociali ed economici, possiede e diffonde caratteristiche di resilienza nei confronti delle crescenti minacce degli eventi meteorologici estremi, dell'incremento del livello del mare e degli incendi boschivi (ITRC, 2021).

¹⁶ La tassonomia dell'UE è uno strumento di classificazione per determinare se un'attività economica può essere considerata un'attività sostenibile e contribuire a un'economia a basse emissioni di carbonio, resiliente ed efficiente sotto il profilo delle risorse.

¹⁷ Si veda in particolare l'Annex III dell'Atto Delegato complementare approvato nella sostanza dalla CE in data 13/06/2023, il cui testo è consultabile in: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/taxonomy-regulation-delegated-act-2022-environmental-annex-3_en.pdf

La definizione dell'ITRC sintetizza il rapporto bivalente tra le attività di un processo di bonifica e i cambiamenti climatici. Difatti:

- Da un lato, le attività di bonifica devono essere considerate per il loro impatto ambientale e quindi per il contributo che queste potrebbero avere sui cambiamenti climatici, puntando ad avere un approccio sostenibile;
- Dall'altro, è bene progettare e implementare le azioni di bonifica tenendo conto dei cambiamenti climatici in atto, puntando a rendere le varie fasi del processo, e non solo le attività operative, il più resilienti possibili.

Un sistema si definisce resiliente se è capace di anticipare, prepararsi, rispondere e riprendersi da minacce di vario tipo, subendo un danno minimo nei confronti del benessere sociale, dell'economia e dell'ambiente (USEPA, 2022).

Un sito di bonifica potrebbe, infatti, ricadere in aree soggette ad alluvioni, venti, temperature crescenti e condizioni meteorologiche estreme, siccità ed incendi boschivi e altri effetti (GAO, 2019). Nel caso di processi di bonifica e/o messa in sicurezza con cicli di vita medio-lunghi (ad esempio MISP mediante capping, o Pump&Treat), o il sito si trova in un'area specialmente vulnerabile rispetto ai cambiamenti climatici, è opportuno valutarne gli impatti con maggiore dettaglio, al fine di comprendere a quali pericoli, o eventi estremi è maggiormente esposto il sito (SuRF UK bulletin, 2022).

CAPITOLO 4. APPROCCIO METODOLOGICO INTEGRATO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

4. APPROCCIO METODOLOGICO INTEGRATO PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA

Nel capitolo 4 viene descritto l'approccio metodologico integrato per la gestione sostenibile degli interventi di bonifica, basato su un modello di miglioramento continuo rappresentato dal ciclo di Deming (Plan, Do, Check, Act, alla base dei sistemi di gestione), da applicare al processo in forma iterativa (cfr. Figura 4.1).

In particolare, tale modello è da adottare in tutti gli step per la riqualificazione di un sito, compresi quelli definiti dall'art. 242 della parte IV Titolo V del D.Lgs 152/06 (caratterizzazione, analisi di rischio, bonifica/messa in sicurezza), includendo la pianificazione dell'uso futuro dell'area.

Nelle seguenti sezioni è riportata una descrizione di alto livello delle quattro fasi del ciclo, la cui applicazione porterà alla contestualizzazione del progetto, definizione di una matrice di supporto decisionale per la selezione delle strategie di sostenibilità, al monitoraggio delle prestazioni, ed alle successive revisioni necessarie in un'ottica di miglioramento continuo.

Fig. 4.2 – Modello PDCA dell'iter per la gestione sostenibile degli interventi di bonifica



4.1 IDENTIFICAZIONE DEI CONFINI DI PROGETTO (PLAN)

La definizione dei confini di progetto, identificabile nella fase di "Plan" del ciclo di Deming (cfr. 4.1), è il primo passo per sviluppare in modo organico il tema della sostenibilità all'interno di un intervento di bonifica, in quanto ne definisce il campo di applicabilità.

Ai fini di un'efficace applicazione dei principi di sostenibilità, i confini dell'intervento devono essere definiti in modo chiaro, ragionevole e condiviso con tutti gli stakeholder di progetto, anche per consentire il confronto tra soluzioni alternative.

Tali confini si sviluppano su molteplici dimensioni:

Dimensione spaziale

La dimensione spaziale dell'intervento, di norma, coincide con il perimetro del sito oggetto dell'intervento di riqualificazione. Dal punto di vista dell'analisi di sostenibilità, il perimetro dell'area interessata dall'intervento di bonifica può includere aree esterne al sito oggetto della procedura amministrativa, ad esempio in presenza di fenomeni di migrazione di contaminanti in aree esterne al sito dovuti a deflusso delle acque di falda o in presenza di emissioni in atmosfera che possono impattare potenziali recettori posti in aree esterne al sito, o se vi è necessità di utilizzare aree per la realizzazione di cantieri, depositi di rifiuti etc. Da considerare inoltre che nel caso di rifunionalizzazioni o trasformazioni delle destinazioni d'uso ci possono essere effetti in un'area più vasta in relazione al contesto territoriale in cui il sito è collocato.

Dimensione temporale

La dimensione temporale (considerando i soli aspetti procedurali ai sensi del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.) è compresa tra il momento della comunicazione agli Enti competenti di potenziali fenomeni di contaminazione o il momento delle attività di pre-caratterizzazione, fino al rilascio della certificazione di avvenuta bonifica da parte degli Enti competenti.

Secondo la visione più ampia di SRR, la dimensione temporale del progetto dovrebbe estendersi oltre il completamento delle attività di bonifica, includendo un arco di tempo in cui è possibile apprezzare gli effetti degli interventi eseguiti sul contesto territoriale in cui l'intervento è stato eseguito. Ciò è vero in particolare in presenza di progetti funzionali a processi di riconversione e rifunionalizzazione del sito oggetto delle attività di bonifica.

Dimensione sociale

La dimensione sociale è rappresentata dagli stakeholder (così come descritti al capitolo 3.1): ove opportuno, potranno essere attribuiti dei pesi specifici in relazione alle modalità e all'entità del loro coinvolgimento.

Così come riportato nel capitolo 3.1, gli stakeholder "deboli" sono molteplici e devono essere identificati in modo specifico per ogni progetto: tra questi, a titolo esemplificativo possono essere citati gli abitanti del territorio in cui avviene l'intervento in forma di associazioni o come singoli individui, i Comuni limitrofi all'area di intervento, i fruitori dell'area di intervento successivamente alla sua riqualificazione o rifunionalizzazione etc.

4.2 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITA' (PLAN)

La definizione e il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità, anch'essi ricadenti nella fase "Plan" del ciclo di Deming, costituiscono la modalità di attuazione dei principi di sostenibilità (cfr. Capitolo 2.1) all'interno delle attività di riqualificazione di un sito. Questa fase è fondamentale e caratterizzante del progetto in quanto è il momento in cui i progettisti qualificano l'intervento ponendolo in un contesto di reale sostenibilità.

Tali obiettivi saranno profondamente connessi con la specificità di ciascun progetto e saranno **sfidanti**, ossia non scontati, **equilibrati** tra i diversi ambiti di appartenenza, **comprensibili** (e quindi comunicabili), **misurabili** e naturalmente **raggiungibili**.

Il processo decisionale che porta alla definizione dell'impostazione di un progetto di SRR è influenzato in modo significativo dagli obiettivi di sostenibilità che vengono posti: è per questo

necessario adottarne in numero ragionevole e valutare, caso per caso, l'opportunità di definirne il **peso** all'interno del progetto. Al fine di valorizzare l'impostazione "sostenibile" del progetto potrà essere opportuno comparare gli obiettivi di sostenibilità definiti con quelli che deriverebbero da scelte progettuali "tradizionali" e non sviluppate in un contesto di sostenibilità.

Così come una bonifica tradizionale richiede un collaudo "formale" (cioè la verifica del raggiungimento degli obiettivi e/o esecuzione degli interventi previsti), è necessario monitorare il progresso del progetto verso obiettivi di sostenibilità in corso d'opera e verificarne il grado di raggiungimento alla fine dei lavori. A tal fine, per ciascun obiettivo, è necessario individuare degli indicatori che consentano di monitorare l'avanzamento del progetto verso il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati.

Il forum SuRF Italy definisce infatti sostenibile un processo di bonifica solo se esso è fondato sull'utilizzo di indicatori: *"una bonifica sostenibile consiste nella pratica di dimostrare, attraverso l'uso di indicatori ambientali, sociali ed economici, che il beneficio dell'azione di bonifica sia superiore all'impatto dell'azione stessa e che la soluzione ottimale di bonifica venga selezionata attraverso un percorso decisionale equilibrato"* (CLAIRE, 2010).

In generale, gli indicatori sono strumenti in grado di misurare lo stato e/o l'evolversi di un fenomeno, più o meno complesso, in modo sintetico e comprensibile, attraverso l'acquisizione di dati specifici. Si osserva che le scelte relative a pesi ed indicatori risultano decisive nella valutazione di sostenibilità dell'opera; pertanto, è necessario che questa analisi sia effettuata da professionisti aventi la necessaria sensibilità, acquisita tramite una significativa esperienza sul campo.

Un approfondimento di questo aspetto viene trattato nel Capitolo 6 di questo elaborato.

SuRF UK individua sei "macro obiettivi" da considerare come guida per scegliere correttamente le caratteristiche del processo di bonifica; tali principi devono essere "integrati" nel processo di bonifica attraverso l'uso di indicatori. Tali "macro obiettivi", sono (Annex 1: The SuRF-UK Indicator Set for Sustainable Remediation Assessment):

Macro Obiettivo 1: Salvaguardare la salute umana e l'ambiente. L'obiettivo principale di una bonifica è l'eliminazione dei rischi inaccettabili per la salute umana e la protezione dell'ambiente nel suo complesso nel presente e nel futuro.

Macro Obiettivo 2: Garantire pratiche di lavoro sicure. È fondamentale che i lavori di bonifica siano sicuri e che siano garantite tutte le misure di prevenzione e protezione necessarie per gli operatori, per le comunità locali e per l'ambiente.

Macro Obiettivo 3: Assicurare processi decisionali condivisi, chiari e ripercorribili. Le decisioni legate al processo di bonifica sostenibile devono essere prese considerando gli attuali aspetti economici, sociali ed ambientali e le potenziali implicazioni future. Solo in tal modo è possibile massimizzare i potenziali benefici ottenibili dalla bonifica.

Macro Obiettivo 4: Riportare tutte le informazioni in modo chiaro e trasparente. Le decisioni legate al processo di bonifica, incluse le assunzioni ed i dati utilizzati a supporto, dovrebbero essere documentate in un formato chiaro e facilmente comprensibile in modo da dimostrare alle parti interessate che è stata adottata una soluzione sostenibile.

Macro Obiettivo 5: Gestione ottimale e coinvolgimento degli stakeholder. Le decisioni legate al processo di bonifica devono essere prese considerando la posizione degli stakeholder e garantendone la partecipazione.

Macro Obiettivo 6: Procedimento scientifico. Le decisioni dovrebbero essere prese sulla base di informazioni e dati accurati, rilevanti e scientifici e/o su assunzioni e giudizi professionali adeguatamente illustrati. Ciò è necessario per garantire che le decisioni prese siano basate sulle migliori informazioni disponibili e siano giustificabili e riproducibili.

4.3 IDENTIFICAZIONE DI STRATEGIE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI (DO)

L'identificazione delle strategie per il raggiungimento degli obiettivi posti corrisponde alla fase "Do" del Ciclo di Deming, ossia degli scenari o approcci tecnici per la realizzazione del progetto, ed è articolata su due azioni tra loro intersecanti:

- Screening tecnico
- Screening di sostenibilità

Screening tecnico

Quest'azione consiste nella selezione delle tecnologie di bonifica o approcci di riqualificazione tecnicamente applicabili al sito in esame, ossia in grado di riguardare gli obiettivi della bonifica. Lo scopo è di guidare in maniera chiara e sintetica sia il progettista sia gli Enti preposti all'approvazione del progetto nel percorso di selezione, da un punto di vista tecnico, delle tecnologie di bonifica/messa in sicurezza e riqualificazione ambientale di un sito contaminato potenzialmente applicabili alle matrici interessate dalla contaminazione (sedimenti, suolo insaturo/saturo, acque sotterranee e superficiali).

La valutazione sarà effettuata a partire dall'analisi di tutte le tecnologie note in bibliografia e riconosciute sia a livello nazionale che internazionale, senza alcuna esclusione aprioristica, prendendo come riferimento e punto di partenza la matrice di screening che, nell'ambito delle proprie attività istituzionali, il Settore Siti Contaminati, Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali dell'ISPRA (già APAT) ha realizzato quale strumento di supporto alle decisioni per conto del MATTM.

L'applicabilità della tecnologia (o del set di tecnologie) verrà valutata sulla base di un gruppo di markers tecnici che consentiranno di analizzare e pesare in modo dettagliato i punti di forza e di debolezza di ciascun sistema di bonifica e risanamento ambientale rispetto al caso specifico.

Screening di sostenibilità

Quest'azione è finalizzata ad approfondire i possibili benefici in tutte e tre le dimensioni (ambientale, sociale ed economica) di uno sviluppo sostenibile della bonifica.

In questo senso l'identificazione e la scelta degli indicatori svolge un ruolo fondamentale nel processo di "selezione e progettazione" di un intervento di bonifica sostenibile, e costituisce uno strumento necessario di supporto al processo decisionale.

La selezione degli indicatori deve assicurare che tutti i sei principi riportati al Paragrafo 0 siano adeguatamente rappresentati nell'analisi; solo così potrà essere effettuata una valutazione di sostenibilità a 360 gradi.

Per ciascun indicatore, sarà inoltre necessaria l'attribuzione di un peso, definito sulla base del contesto sito specifico e degli obiettivi posti.

A questo punto, avendo definito confini, obiettivi, tecnologie applicabili, indicatori e pesi, è quindi possibile completare la matrice di sostenibilità del progetto.

In un approccio più tradizionale, lo screening di sostenibilità viene effettuato a valle dello screening tecnico, sulle sole tecnologie applicabili tecnicamente. Un approccio innovativo può prevedere l'integrazione delle valutazioni tecniche e di sostenibilità in contemporanea (affrontandone i vincoli e le opportunità in modo congiunto).

4.4 MONITORAGGIO DELLE PRESTAZIONI DI SOSTENIBILITÀ (CHECK)

Il processo per la definizione degli aspetti di sostenibilità degli interventi di bonifica e riqualificazione prevede, tra le altre cose, il monitoraggio del raggiungimento degli obiettivi. In particolare, occorre identificare le prestazioni di sostenibilità da monitorare attraverso l'uso degli indicatori precedentemente utilizzati per la selezione, con particolare attenzione a quelli prioritari (*Key Performance Indicator* – KPI), al fine di evidenziare le aree suscettibili di miglioramento, ed intervenire tempestivamente sulle criticità di progetto per non pregiudicare il traguardo degli obiettivi finali. In particolare, il monitoraggio delle prestazioni di sostenibilità corrisponde alla Fase “Check” della metodologia *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), alla base dei sistemi di gestione. Tale fase prevede il controllo e la misura dei processi rispetto alla politica ambientale, agli obiettivi e traguardi prefissati, alle prescrizioni legali e/o altre prescrizioni, e riportarne i risultati.

La valutazione delle prestazioni di sostenibilità di un intervento di SRR è finalizzata alla verifica dei seguenti fattori:

- Coerenza tra gli obiettivi dichiarati in fase progettuale e quelli effettivamente raggiunti;
- Coerenza tra metodi ed attività impiegati per il raggiungimento degli obiettivi;
- Grado di raggiungimento degli obiettivi e comunicazione agli *stakeholder* dei risultati ottenuti.

Tale processo costituirà un'attività continua da svolgere durante tutto il ciclo di vita dell'opera, e richiederà un accurato monitoraggio degli indicatori stabiliti attraverso una raccolta dati sistematica e affidabile. Pertanto, occorrerà predisporre un opportuno piano di monitoraggio già in fase di progettazione dell'intervento.

La frequenza dei controlli per la valutazione delle prestazioni dovrà essere individuata in relazione alla complessità del progetto, alla sua durata e alle esigenze di comunicazione dei risultati agli *stakeholder*.

Gli strumenti di verifica dovranno essere opportunamente compilati per confrontare i risultati conseguiti rispetto agli obiettivi quali-quantitativi pianificati (emersi da LCA o *footprinting* in fase decisionale).

4.5 REVISIONE DELLE STRATEGIE E IDENTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE DI GESTIONE SOSTENIBILE (ACT)

Il processo di revisione delle strategie corrisponde alla Fase “Act” della metodologia *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), alla base dei sistemi di gestione. Tale fase prevede infatti l'eventuale introduzione di prassi e/o azioni correttive in corso d'opera, con conseguente rivalutazione degli aspetti di sostenibilità.

IDENTIFICAZIONE DELLE PROCEDURE DI GESTIONE SOSTENIBILE

Surf UK definisce le *Sustainable Management Practices* (che in italiano possiamo tradurre in “Procedure di gestione sostenibile”, PGS) come azioni di buon senso, a basso costo e relativamente semplici da implementare, che possono essere applicate a qualsiasi tipo di progetto (indipendentemente dalla complessità) e durante qualunque fase del progetto di caratterizzazione e bonifica del sito contaminato, al fine di massimizzarne i benefici dal punto di vista ambientale, economico e sociale.

Le PGS possono essere finalizzate ad aumentare gli effetti positivi nell'esecuzione di un'attività (es. efficienza energetica, riduzione dei costi, etc.) o a ridurre gli impatti negativi (es. emissioni, etc.). In

termini generali l'introduzione di PGS dovrebbe incentivare l'utilizzo di un approccio più sostenibile durante la gestione del progetto, consentendo di raggiungere molteplici benefici (esempio: raggiungimento di obiettivi aziendali, reputazione, trasparenza e dimostrata aderenza ai requisiti di legge, riduzione dei costi, utilizzo efficiente di energia e risorse naturali, riduzione di produzione di rifiuti).

L'introduzione di PGS nella gestione della bonifica consente quindi di apportare chiari benefici in termini di sostenibilità, senza dover condurre un processo formale di valutazione sito-specifico. L'applicazione delle PGS è basata sull'utilizzo di checklist o tabelle (spreadsheet) che consentono di identificare le azioni da mettere in atto nell'ambito del progetto per ottenere benefici in ambito economico, ambientale e sociale. Un ampio numero di checklist è stato elaborato da SURF-UK, ITRC e diversi operatori privati (as esempio una lista di PGS applicabili alla bonifica sostenibile, definita da SuRF-UK, è scaricabile in formato Excel al link SuRF-UK SMP spreadsheet).

Nella figura seguente si riporta tramite un diagramma di flusso il processo applicativo degli PGS:

Fig. 4.2 - Diagramma di flusso del processo PGS (SuRF-UK, 2020)



CAPITOLO 5. DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (TIERED APPROACH)

5. DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (TIERED APPROACH)

Si presenta in questo capitolo una proposta di gestione delle valutazioni di sostenibilità per livelli crescenti di approfondimento (tiered), anche in linea con le esperienze internazionali ad es. Linea Guida SMP, SuRF UK 2021.

5.1 INTRODUZIONE

La valutazione di sostenibilità applicata alle bonifiche rappresenta uno strumento di supporto manageriale, a disposizione dei soggetti coinvolti, nella definizione e gestione del progetto di bonifica. Il processo di valutazione è finalizzato a consentire una comprensione chiara dei possibili benefici in tutte e tre le dimensioni (ambientale, sociale ed economica) di uno sviluppo sostenibile della bonifica e ad identificare la migliore soluzione tra quelle disponibili.

Un approccio ideale alla valutazione della sostenibilità consente di valutare i fattori ambientali, sociali ed economici in modo trasparente e robusto, utilizzando dati e conoscenze che sono prontamente disponibili e possano facilmente essere comunicati a tutte le parti interessate. Nonostante le difficoltà insite nel processo di integrazione delle tre dimensioni, sono state sviluppate diverse modalità di aggregazione per fornire una misura globale da utilizzare nella valutazione della sostenibilità di una bonifica.

L'obiettivo dell'analisi, indipendentemente dal livello di approfondimento, è quello di massimizzare i contributi positivi relativamente ai parametri di valutazione selezionati e ridurre gli impatti negativi. È possibile utilizzare diversi livelli di valutazione, tuttavia, la decisione di passare da una semplice valutazione di tipo qualitativo (normalmente più veloce ed economica) ad una più complessa (che richiede tempo e può essere più costosa) può derivare da una serie di circostanze, come ad esempio:

- Un obbligo di legge o specifiche indicazioni dei portatori d'interesse;
- La valutazione di livello qualitativo non consente di prendere una decisione chiara e quindi una valutazione più dettagliata è necessaria;
- L'organizzazione che effettua la valutazione richiede che gli output del processo di valutazione della sostenibilità siano espressi in termini finanziari.

Ovviamente più alto è il livello di analisi, maggiore è la precisione della valutazione, ma altrettanto maggiore è il costo, i dati e gli sforzi necessari per intraprendere l'analisi. Il processo decisionale per la valutazione della sostenibilità di una bonifica non deve essere sproporzionato. Ove possibile le decisioni dovrebbero essere basate sul più semplice approccio di valutazione disponibile, purché siano viste come robuste e accettabili da parte dei vari soggetti interessati coinvolti nel processo decisionale.

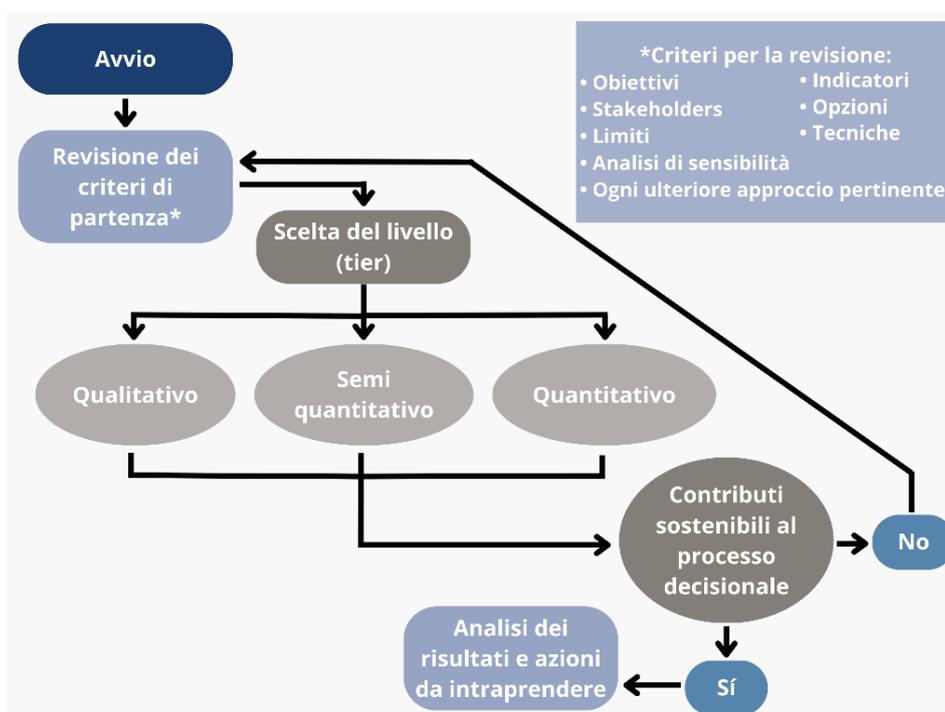
Per i siti di interesse nazionale, in riferimento alla valutazione della sostenibilità delle bonifiche viene indicato che la selezione della tecnologia di bonifica non solo deve essere basata dal punto di vista del raggiungimento degli obiettivi, ma anche in funzione della relativa sostenibilità ambientale, economica e sociale, "riferita alle fasi di realizzazione e gestione nel tempo dell'intervento, con il relativo monitoraggio", viene quindi indicato di considerare i criteri generali di valutazione della sostenibilità in termini ambientali, economici e sociali.

Quindi, sussiste di fatto la necessità e l'opportunità di accompagnare la progettazione di un intervento di bonifica con la valutazione della sua sostenibilità ambientale, economica e sociale. D'altra parte, alla luce dei diversi gradi di complessità delle progettazioni, si raccomanda un approccio graduale per sostenere il processo decisionale in relazione alla selezione della tecnica di bonifica più sostenibile:

- caso più semplice: **approccio qualitativo** sufficiente (basato ad esempio su checklist e conversazioni tra le parti interessate);
- caso intermedio: **approccio analitico**, come l'analisi multicriterio **semiquantitativa**;
- livello più approfondito: approccio più complesso basato sull'**analisi costi-benefici**.

Il processo basato su un approccio graduale ed iterativo alla valutazione della bonifica sostenibile è sintetizzato dal diagramma di flusso mostrato nella seguente figura.

Fig.3 - Approccio graduale alla valutazione della sostenibilità della bonifica (CL:AIRE, 2010)



Nei paragrafi che seguono vengono descritte nel dettaglio le caratteristiche del processo di valutazione ed i 3 livelli (Tiers) di approfondimento dell'analisi di sostenibilità.

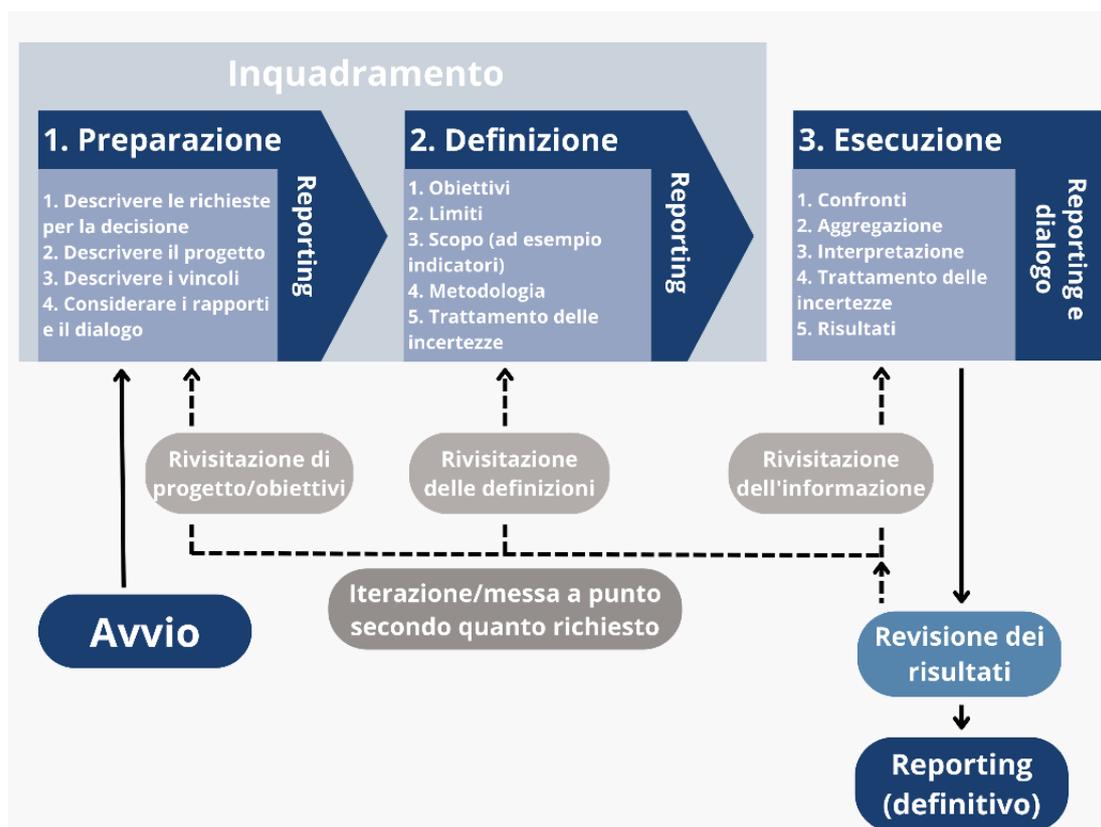
5.2 VALUTAZIONE GENERALE TRAMITE BMPS (BEST MANAGEMENT PRACTICES)

Come già detto in precedenza la valutazione di sostenibilità è possibile in più approcci, con diversi gradi di approfondimento, in funzione delle esigenze del progetto. La selezione del livello di valutazione più appropriato è condotta in base ad una serie di considerazioni specifiche, tra le quali lo scopo del lavoro, gli obiettivi, la complessità, il budget e le risorse disponibili o specifiche richieste dei portatori di interesse. Prima di intraprendere la valutazione di sostenibilità di un progetto è bene verificare le esigenze di analisi. La presenza di determinati vincoli (imposti da parte del proponente

o dal contesto esterno), o di altri elementi già definiti a priori, possono infatti determinare esigenze diverse di impostazione del processo.

Il percorso di valutazione necessita di un'accurata fase di preparazione, basata sulla definizione del contesto e sulla pianificazione del processo. Le fasi chiave del processo di valutazione possono essere così identificate:

Fig.4 - Schema per la valutazione della sostenibilità della bonifica (CL:AIRE, 2014)



In accordo con quanto definito da Surf UK, l'approccio per la valutazione della sostenibilità delle diverse opzioni di bonifica è di tipo comparativo. Il processo è finalizzato a mettere a confronto le diverse opzioni disponibili evidenziandone i relativi vantaggi e svantaggi. Anche nell'ambito dei siti di interesse nazionale si trova la necessità di comparazione tra le diverse tecniche esaminate che "dovrà essere illustrata in forma tabellare con indicazione dei vari parametri esaminati, espressi, ove possibile, come grandezza complessiva per lo sviluppo dell'intero intervento."

Di seguito si descrivono in maggior dettaglio le fasi del processo di valutazione.

Preparazione

La fase di pianificazione e preparazione del processo di valutazione si realizza attraverso i seguenti passaggi:

- Descrizione del processo decisionale: motivi per i quali è richiesta la valutazione, le azioni e/o decisioni che saranno influenzate dai risultati della valutazione, individuazione degli utilizzatori (attivi e passivi) del processo di valutazione.

- Descrizione del progetto: definizione degli obiettivi del progetto e descrizione delle opzioni che saranno oggetto di valutazione.
- Vincoli e limitazioni: vincoli esistenti ed eventuale definizione di valori soglia. I vincoli possono essere di diverso tipo:
 - vincoli temporali, spaziali e finanziari;
 - vincoli imposti da decisioni pregresse o caratteristiche già definite (per esempio la destinazione d'uso del sito);
 - vincoli imposti dalla normativa e/o da regolamenti pubblici e privati;
 - vincoli imposti dalle caratteristiche fisiche del sito (es. presenza di strutture).
- Programma di comunicazione: pianificare come il lavoro sarà relazionato.

Definizione

La seconda fase si prefigge di specificare meglio il contesto del progetto e definire in dettaglio i seguenti elementi:

- Obiettivi: sintesi del lavoro preparatorio in merito a processo decisionale, progetto, vincoli e comunicazione;
- Limiti: definizione delle condizioni al contorno che determinano quali parametri dovranno essere considerati per confrontare le opzioni e distinguerne gli effetti;
- Scopo: descrizione dell'ambito di valutazione, del livello di dettaglio richiesto, indicazione dei criteri di valutazione (indicatori) e descrizione di come sono stati selezionati;
- Metodologia: definizione della metodologia con cui le diverse opzioni dovranno essere confrontate;
- Gestione delle incertezze: identificazione delle incertezze e valutazione degli effetti sui risultati dell'analisi di sostenibilità. Le incertezze possono essere classificate principalmente in due categorie: incertezze di definizione (relativamente a obiettivi, opzioni, condizioni al contorno) ed incertezze dovute a carenza di informazioni, o divergenza di opinioni nel gruppo di lavoro relativamente ai diversi criteri. Una modalità di valutazione dell'impatto delle incertezze sui risultati è quello di effettuare una analisi di sensitività.

Esecuzione

Una volta definito il contesto del processo di valutazione si procede alla valutazione della sostenibilità della bonifica. L'analisi si articola sostanzialmente secondo i seguenti passaggi:

- Confronto delle opzioni;
- Aggregazione: condotta secondo le modalità impostate durante la fase di definizione;
- Interpretazione dei risultati: la valutazione potrebbe condurre a diversi scenari: o l'analisi ha prodotto un risultato chiaro ed evidenzia l'opzione "vincente" (il livello di valutazione risulta quindi sufficiente), oppure la valutazione non è risultata sufficiente a trarre conclusioni (per esempio due opzioni potrebbero risultare molto "vicine");
- Valutazione delle incertezze: individuazione, valutazione degli effetti, analisi di sensitività;
- Verifica dell'affidabilità dei risultati.

5.3 LIVELLI DI VALUTAZIONE

Come già evidenziato, l'approccio per livelli prevede innanzitutto la selezione del livello più appropriato di valutazione in base a considerazioni specifiche per il progetto. In fase preliminare

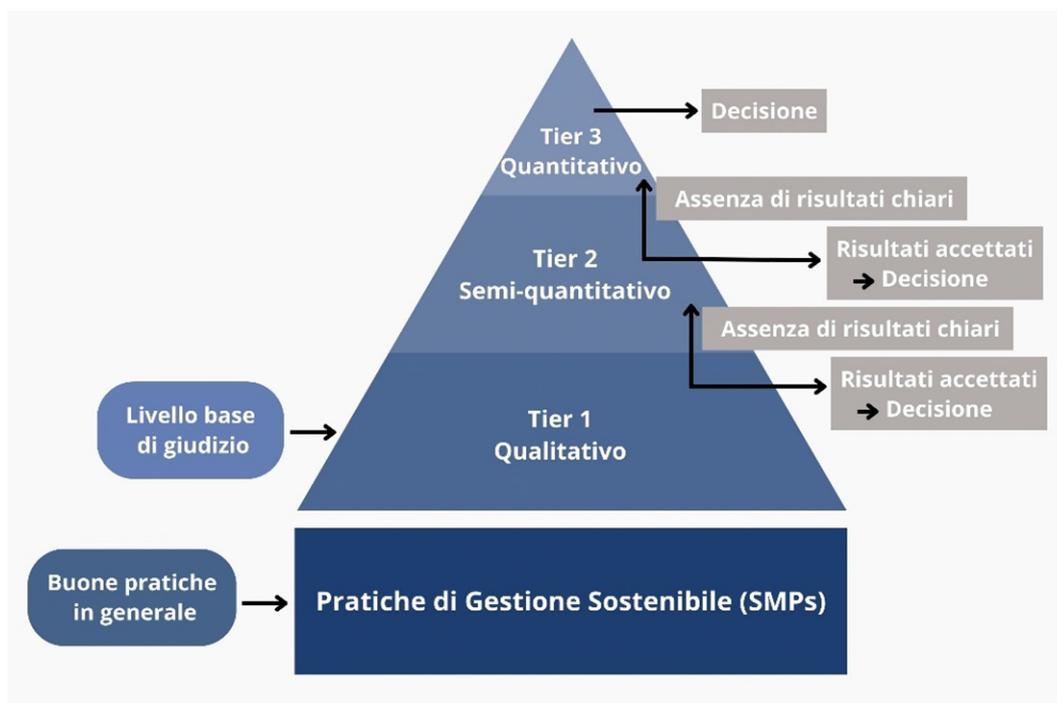
(Tier 0) le considerazioni di sostenibilità possono essere introdotte nella gestione del progetto di bonifica in termini di semplici regole di “buona pratica” (*Best Management Practices*) – BMPs: pratiche di semplice applicazione che possono apportare benefici, in termini di sostenibilità, nella gestione della bonifica).

Per una valutazione strutturata della sostenibilità della bonifica, sono disponibili tre successivi livelli di analisi, riconosciuti a livello internazionale:

- Tier 1: **valutazione qualitativa**, processo standardizzato (basato su informazioni non sito specifiche);
- Tier 2: **valutazione semi-quantitativa**, processo semi-standardizzato (basato su informazioni solo in parte sito specifiche);
- Tier 3: **valutazione quantitativa**, processo sito specifico.

I diversi livelli di analisi vengono ben evidenziati nella piramide sotto riportata:

Fig.5 - Piramide dei livelli di valutazione della sostenibilità della bonifica (CL:AIRE, 2014)



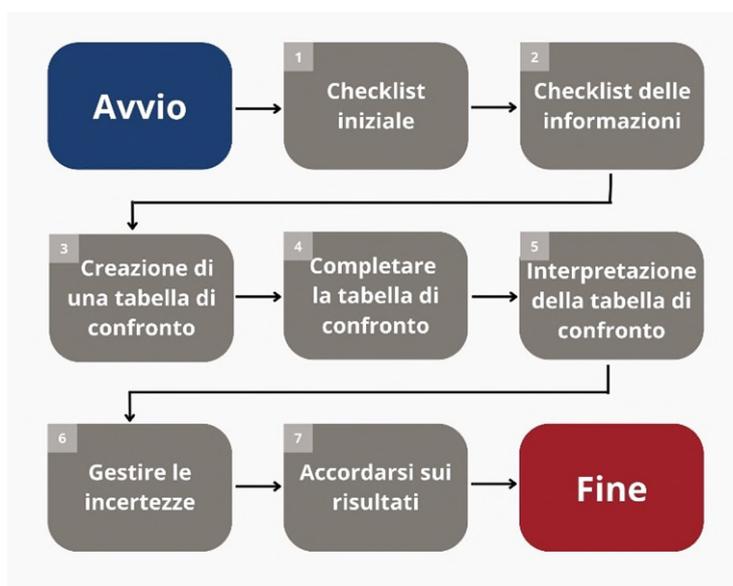
I paragrafi che seguono descrivono le caratteristiche e le modalità di utilizzo dei diversi livelli di valutazione.

5.3.1 TIER 1 - VALUTAZIONE QUALITATIVA

Il Livello 1 è generalmente il livello iniziale utilizzato nella valutazione della sostenibilità della bonifica.

Benché sia il livello di valutazione più basso, anche il Tier 1 richiede un'adeguata fase di preparazione e pianificazione del processo. Il sito Surf-UK fornisce una procedura da seguire e una serie di liste di controllo per garantire che le informazioni disponibili siano adeguate per eseguire la valutazione della sostenibilità. Il processo di valutazione di Livello 1 è schematizzato nella figura sotto riportata.

Fig.4 - Diagramma di flusso del processo di valutazione di Livello 1 (CL:AIRE, 2014)



Il Livello 1 è basato su semplici tabelle comparative, l'analisi è di tipo qualitativo, basata su una valutazione degli impatti secondo criteri di severità e longevità. Le categorie sono generalmente definite in termini di alto/medio/basso, o buono/neutro/scadente.

La valutazione è di tipo comparativo e può essere realizzata:

- confrontando due o più opzioni tra loro in riferimento ai criteri di valutazione selezionati;
- mettendo a confronto le opzioni in termini di raggiungimento di determinati obiettivi (benchmark) relativi ai criteri di valutazione selezionati.

In entrambi i casi è preferibile includere nel processo di valutazione uno scenario "do nothing" (nessun intervento) in modo da considerare gli effetti indotti dalle opzioni considerate.

Il risultato finale è presentato attraverso una tabella comparativa che riporta le diverse opzioni e la valutazione delle stesse in riferimento a ciascun criterio di analisi. La tabella finale dovrebbe inoltre contenere, per ciascun criterio, le motivazioni alla base delle valutazioni indicate.

Le caratteristiche principali di una valutazione di Livello 1 sono riportate nella Tabella 1 dell'Appendice del capitolo 5.

5.3.2 TIER 2 - VALUTAZIONE SEMI-QUANTITATIVA

Il Livello 2 di valutazione della sostenibilità della bonifica è basato su un'analisi decisionale multicriterio (MCDA) delle opzioni disponibili. Il Tier 2 si applica generalmente a siti di media complessità che necessitano di un moderato grado di approfondimento e/o un significativo coinvolgimento degli stakeholder. La valutazione richiede, inoltre, un certo numero di dati sito-specifici per consentire di migliorare la valutazione di livello 1.

Rispetto al Tier 1, nella presente fase si esprime in termini semi-quantitativi attraverso l'utilizzo di punteggi e pesi da applicare a ciascun criterio oggetto di valutazione. Il numero di indicatori è più elevato rispetto al Livello 1. I singoli punteggi vengono inoltre combinati/aggiunti in modo da attribuire un valore alla valutazione.

Il processo di valutazione è generalmente condotto da un gruppo di lavoro e segue i seguenti passaggi:

- definire una scala di riferimento per la valutazione delle alternative (per esempio il punteggio 0 è associato al livello peggiore ed il punteggio 1 o 100 al livello più alto);
- viene assegnato un peso (importanza relativa) a ciascun singolo criterio di valutazione sulla base di una scala, lineare o non lineare, predefinita;
- il punteggio complessivo di ciascuna alternativa è ottenuto attraverso una combinazione dei pesi e punteggi; la combinazione può essere condotta attraverso diversi metodi che differiscono tra loro nelle modalità di gestione delle informazioni contenute nella matrice di valutazione (*performance matrix*);
- gestione delle incertezze ed analisi di sensitività. L'analisi di sensitività riguarda sia i dati di input quali punteggi e pesi, sia il metodo stesso di MCDA.

Le caratteristiche principali di una valutazione di Livello 2 sono riportate nella Tabella 2 dell'Appendice del capitolo 5.

In particolare, alcuni riferimenti che possono essere assunti come linee guida del Livello 2 di valutazione della sostenibilità sono qui di seguito elencate:

- DCLG (2009). Multi-criteria analysis: a manual;
- Brinkhoff, P. 2011. Multi-Criteria Analysis for Assessing Sustainability of Remedial Actions. Applications in Contaminated Land Development. A Literature Review. Chalmers University of Technology, Report 2011.

5.3.3 TIER 3 – VALUTAZIONE QUANTITATIVA

Il livello 3 costituisce una valutazione di tipo quantitativo delle opzioni disponibili attraverso un'analisi costi - efficacia (CEA - Cost- Effectiveness Analysis) e costi-benefici (CBA – Cost-Benefit Analysis). Il Tier 3 si applica a siti di elevata complessità che necessitano un alto grado di approfondimento e/o un elevato coinvolgimento degli stakeholder. La valutazione richiede un'ampia disponibilità di dati sito-specifici.

La valutazione di Livello 3 consente di mettere in evidenza piccole differenze tra le diverse opzioni in gioco. Come per il Livello 2, il processo di valutazione è condotto da un gruppo di lavoro; l'analisi può anche richiedere il supporto di gruppi di lavoro/consulenti specializzati.

Attraverso la CBA (o, in forma semplificata, attraverso la CEA) i costi e vantaggi delle diverse opzioni vengono convertiti in valori monetari. Anche in questo caso è richiesta un'analisi di sensitività per valutare in termini critici i risultati.

Sono disponibili numerosi strumenti e software per l'analisi di Livello 3, per la maggior parte di proprietà di enti pubblici e privati. L'utilizzo degli stessi richiede in genere una formazione specifica da parte degli operatori.

Le caratteristiche principali di una valutazione di Livello 3 sono riportate nella Tabella 3 dell'Appendice del capitolo 5.

In particolare, alcuni riferimenti che possono essere assunti come linee guida del Livello 3 di valutazione della sostenibilità sono qui di seguito elencate:

- EA (1999). Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: A review of the issues. R&D Technical Report P278;
- EA (1999). Cost-benefit analysis for remediation of land contamination. R&D Technical Report P316;
- EA (2000). Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: A framework of assessment. R&D Technical Report P279;
- EA (2002). Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: Application and Example R&D Technical Report P2-078/TR.

CAPITOLO 6. SELEZIONE DEGLI STRUMENTI DI VALUTAZIONE E SUPPORTO DECISIONALE

6. SELEZIONE DEGLI STRUMENTI DI VALUTAZIONE E SUPPORTO DECISIONALE

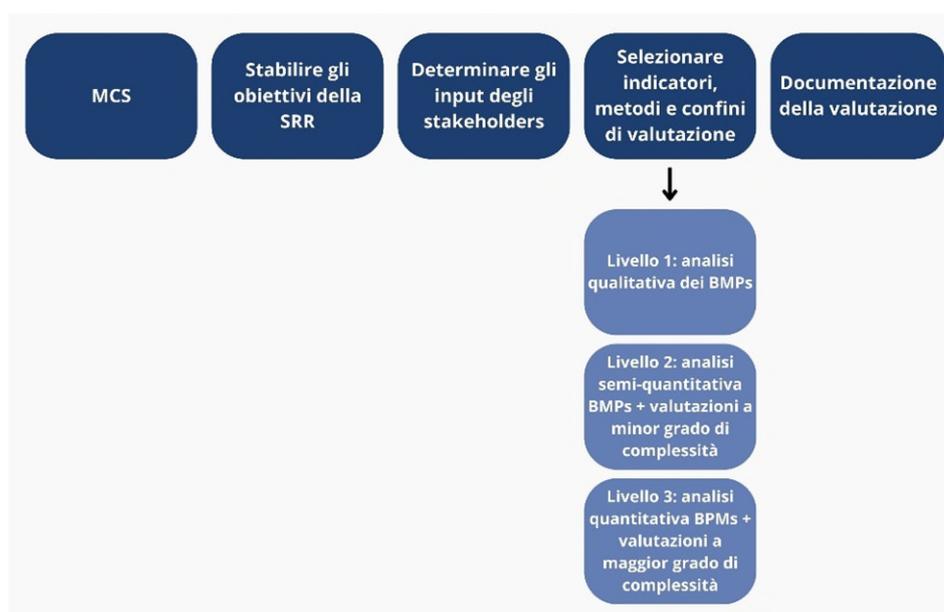
Esistono una serie di metodi e strumenti che possono essere incorporati nei processi di bonifica dei siti contaminati per ottenere un risultato allineato ai criteri di sostenibilità o per aumentare il beneficio netto di un progetto. La complessità dei metodi e degli strumenti varia e la loro selezione dovrebbe basarsi sugli specifici requisiti e obiettivi del progetto stesso. I metodi e gli strumenti illustrati in questa proposta di linea guida sono:

- Multi-Criteria Analysis (AMC);
- Analisi Costi Benefici (ACB);
- Carbon Footprint Analysis;
- Water Footprint Analysis;
- Valutazioni di Economia Circolare;
- Valutazione dell'impatto sugli UN SDG;
- Life Cycle Assessment (LCA);
- Valutazioni di resilienza e adattamento al cambiamento climatico.

I metodi e gli strumenti sopra elencati consentono la valutazione e la misurazione di diversi aspetti di sostenibilità applicata ai processi di bonifica e sono da intendersi non come alternativi ma piuttosto come complementari.

La Roadmap mostrata nella Fig. 6.6 propone un processo per l'implementazione passo-passo di un progetto di bonifica sostenibile ed i 3 possibili livelli del processo di analisi.

Fig. 6.6 - Roadmap per un approccio di bonifica sostenibile: fase di scelta dello strumento di valutazione



Il processo è simile ai passaggi definiti in ITRC (2011), che sono descritti come "*il punto di partenza per integrare i principi e le pratiche di SRR in un progetto*" di successo, successo inteso come il raggiungimento di benefici tangibili e misurabili in tutte e tre le sfere della sostenibilità.

Nei seguenti paragrafi sono illustrati tali metodi nell'ambito di un processo di bonifica.

In particolare, anche in linea con le principali esperienze internazionali, si ritiene che l'Analisi Multi-criteriale sia lo strumento principale per l'analisi e il tracciamento delle performance di sostenibilità dei processi di bonifica e riconversione di siti contaminati, e possa fungere da quadro generale di valutazione all'interno o parallelamente al quale possono essere implementati altri metodi di valutazione specifici per il contesto e gli obiettivi di progetto.

Per questa ragione, nei seguenti paragrafi vengono descritti i principi generali e la metodologia dell'Analisi Multi-criteriale, e vengono indicate solo gli obiettivi ed alcune informazioni di contesto in merito alle altre tipologie di analisi (nello specifico Analisi Costi Benefici, Carbon Footprint Analysis, Water Footprint Analysis, Valutazioni di Economia Circolare, Valutazione dell'impatto sugli UN SDG, Life Cycle Assessment, e Valutazioni di resilienza e adattamento al cambiamento climatico). Gli aspetti metodologici e applicativi di questi ultimi strumenti di valutazione e supporto decisionale sono trattati nel dettaglio all'interno dell'**Appendice 4 relativa al Capitolo 6** alla presente Proposta di Linea Guida.

6.1 ANALISI MULTICRITERIALE

L'Analisi Multicriteriale (AMC) è un metodo di comparazione a criteri multipli delle possibili alternative progettuali con l'obiettivo di razionalizzare il processo decisionale. L'AMC consente un approccio strutturato e robusto per valutare i probabili impatti economici, ambientali e sociali dei progetti.

Per valutare la sostenibilità di un progetto di bonifica è infatti necessario considerare le potenziali pressioni (sia positive sia negative) esercitate dalle attività di bonifica sulle tre sfere della sostenibilità (economica, ambientale e sociale); solo in questo modo è possibile garantire la salvaguardia della salute umana e dell'ambiente e, al contempo ottimizzare l'uso delle risorse garantendo il massimo vantaggio per il territorio in esame. L'AMC è quindi adatta ad inglobare i concetti di sostenibilità nel processo di bonifica e nella scelta dell'intervento migliore da un punto di vista tecnico, economico, ambientale e sociale, facilitando la discussione tra i diversi stakeholder per identificare la soluzione ottimale quando emergono criteri e/o interessi contrastanti. In tal senso l'AMC può essere utilizzata per implementare un approccio strutturato utile a determinare le preferenze complessive ed il processo decisionale tra opzioni di bonifica alternative.

Un approccio AMC strutturato definisce esplicitamente e in modo trasparente:

- gli obiettivi generali dell'analisi e gli interessi degli stakeholders in gioco (quali enti, professionisti, proprietari del sito in bonifica, comunità sociale, associazioni, etc);
- un set di indicatori rispetto ai quali misurare le opzioni di bonifica e/o la valutazione di sostenibilità di un intervento;

- gli schemi di punteggio e (eventualmente) pesatura degli indicatori e processo di aggregazione degli stessi per fornire una base comparativa per la valutazione.
- il processo di analisi e di presentazione dei risultati a supporto del processo decisionale e di accettazione da parte delle parti interessate.

In tal modo un'AMC:

- fornisce tracciabilità e responsabilità;
- consente di identificare esplicitamente le priorità quando si prende una decisione;
- rende il processo decisionale più oggettivo;
- consente una decisione informata basata sui fattori considerati più importanti;
- offre la possibilità di considerare le esigenze e gli obiettivi delle parti interessate e delle comunità.

L'AMC può essere applicata ad ogni livello del processo decisionale, dalla considerazione di obiettivi generali di utilizzo del suolo, alla scelta tra opzioni di bonifica alternative. Può essere applicato allo stesso modo a progetti piccoli o grandi, semplici o complessi, a breve o a lungo termine.

Inoltre, l'AMC può essere eseguita con diversi livelli di dettaglio, utilizzando inizialmente solo indicatori qualitativi o semi-quantitativi e incorporando gradualmente metriche quantitative.

La struttura semplice e trasparente dell'analisi multi-criteriale per il confronto delle tecnologie di intervento, basata su un linguaggio e punti di riferimento comuni, ha l'intento di facilitare e guidare la discussione nelle diverse fasi del progetto tra i diversi stakeholder in gioco, offrendo una semplice visualizzazione delle alternative ed una struttura esplicita del processo decisionale.

Il vantaggio dell'analisi multi-criteriale è rappresentato infatti dalla possibilità di identificare in modo esplicito le priorità del processo decisionale e quindi indirizzare la scelta delle tecnologie/scenari di intervento alternativi o una valutazione di sostenibilità dell'intervento, rimuovendo la soggettività dal processo decisionale stesso, sulla base di fattori che sono ritenuti i più rilevanti per gli stakeholder in gioco e concordati fin dalle prime fasi dell'analisi.

Gli indicatori svolgono un ruolo fondamentale nel processo di "*selezione e progettazione*", così come già definito al capitolo 4.1. e si basano in genere su standard nazionali e internazionali, soddisfacendo requisiti normativi o specifici aspetti tecnici. Grazie a queste caratteristiche, l'uso degli indicatori nell'ambito delle bonifiche permette di misurare gli effetti prodotti da azioni diverse e di esprimerne le relative performance in termini di sostenibilità, comparandole tra loro.

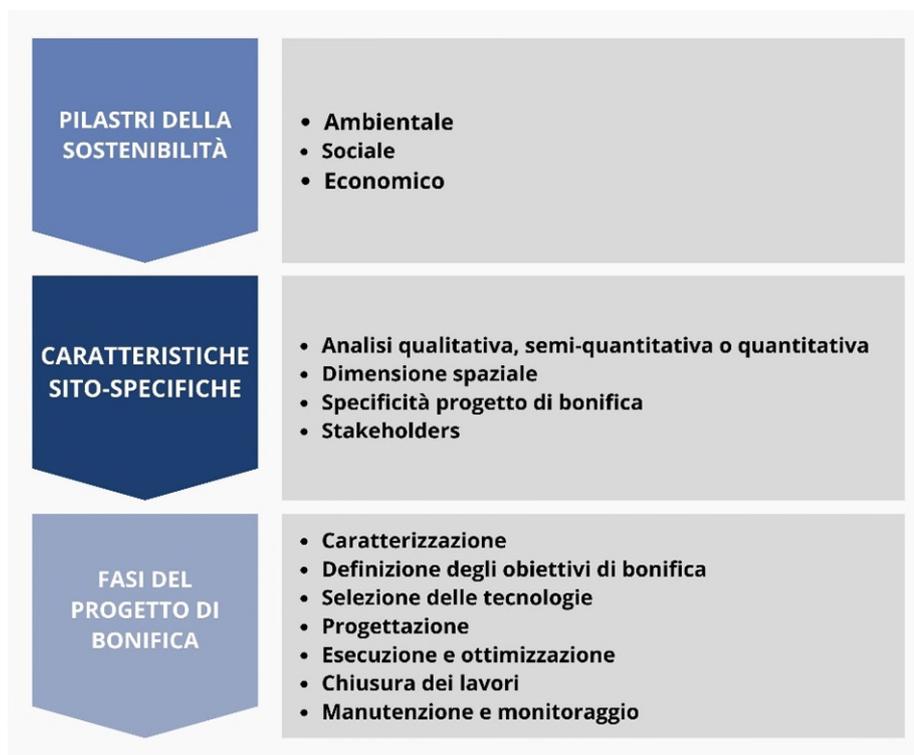
Gli indicatori, per essere efficaci, devono possedere quindi le seguenti caratteristiche:

- **Pertinenza:** devono essere facilmente interpretabili da parte dei tecnici e di tutti gli stakeholders;

- Essere parte di una **solida struttura concettuale (framework)**: ove siano classificati gli indicatori e le loro competenze ed indicati i metodi di trattamento dei dati da utilizzare nel corso dell'analisi;
- **Rilevanza**: devono essere in grado di misurare il trend in atto e di stimare l'evolversi della situazione analizzata rispetto agli obiettivi individuati o ai fenomeni oggetto di studio, in modo da facilitare la definizione di azioni e la possibilità di agire tempestivamente;
- **Semplicità e comprensibilità**: devono utilizzare unità di misura chiare e semplici in modo da facilitare le comunicazioni tra stakeholder e soggetti privati;
- **Flessibilità**: devono essere adattabili ad eventuali cambiamenti legati ad azioni di ottimizzazione e miglioramento della strategia di bonifica
- **Comparabilità**: l'indicatore deve essere scelto per la sua capacità di facilitare processi di comparazione tra casi diversi ed ambiti spaziali e temporali differenti;
- **Fattibilità**: gli indicatori dovrebbero utilizzare il più possibile dati - informazioni facilmente reperibili (es. banche dati);
- **Componibilità** per ambiti spaziali: è molto importante poter disporre di informazioni georeferenziali al fine di indirizzare politiche territoriali e per poter osservare al meglio come i dati si distribuiscono sul territorio;
- **Condivisibilità e accettabilità**: è fondamentale che la scelta degli indicatori passi attraverso un processo di valutazione partecipata.

Per individuare gli indicatori da utilizzare per valutare la SRR è opportuno procedere secondo una procedura a cascata con un livello di dettaglio crescente, ragionato sul singolo caso di bonifica, come sintetizzato nella figura seguente. Inoltre, nella selezione degli indicatori è opportuno fare riferimento ad uno schema concettuale di principi guida concordati in base ai quali garantire lo svolgimento di una bonifica e l'analisi della sua sostenibilità (ad esempio, SuRF UK in *Annex 1: The SuRF-UK Indicator Set for Sustainable Remediation Assessment* individua sei "Principi Chiave" che devono essere tutti soddisfatti e rappresentati nel processo).

Fig.7 - Schema concettuale delle fasi di selezione degli indicatori nell'ambito di un processo di bonifica sostenibile



Nella selezione dell'ideale **set di indicatori**, è necessario scegliere quindi il livello di accuratezza desiderato, in considerazione delle caratteristiche sito-specifiche del territorio interessato e della portata territoriale del processo di bonifica e quindi valutare: la tipologia di analisi da condurre (qualitativa, semi-qualitativa o quantitativa), la dimensione spaziale sulla quale indagare le performances e gli effetti delle azioni di bonifica (globale, regionale, locale in relazione alle dimensioni del sito), le specificità e complessità del sito e del progetto di bonifica, ed il livello di coinvolgimento degli stakeholder (per comprendere le necessità del territorio circostante il sito). Infine, gli indicatori selezionati devono essere in grado di misurare gli effetti delle azioni compiute in ogni fase del processo, assicurando di non considerare più di una volta un medesimo parametro/aspetto o che lo stesso non sia inglobato in più indicatori.

In tal modo gli indicatori selezionati saranno in grado di fornire una valutazione uniforme e complessiva della bonifica, integrata tra le sue diverse fasi operative.

Gli indicatori possono essere suddivisi nelle 3 categorie mostrate nella seguente Tab. 2 (SuRF UK e NICOLE) rappresentative delle 3 dimensioni di un progetto (ambientale, economica e sociale). In **Appendice 4 del Capitolo 6** sono inoltre riportati degli esempi di possibili indicatori da utilizzare per ogni ambito di sostenibilità.

Tab. 2: *Categorie principali per gli indicatori di sostenibilità (Annex 1: The SuRF UK Indicator Set for Sustainable Remediation Assessment (November 2011))*

Ambientale	Economico	Sociale
Emissioni nell'atmosfera	Costi e benefici economici diretti	Salute e sicurezza umana
Condizioni del suolo e del sottosuolo	Costi e benefici economici indiretti	Etica ed equità
Acque sotterranee e superficiali	Occupazione e capitale d'occupazione	Quartieri e località
Ecologia	Costi e benefici economici indotti	Comunità e coinvolgimento della comunità
Risorse naturali e rifiuti	Durata e flessibilità del progetto	Incertezza ed evidenze

Selezionati e identificati gli indicatori più adatti per descrivere ed analizzare il progetto o per mettere a confronto scenari alternativi di bonifica, l'AMC prevede i seguenti step sequenziali:

1. L'assegnazione uno **schema di punteggi univoco**: deve essere esplicitata la logica e l'incertezza descrivendo cosa rappresenta quel determinato valore numerico/punteggio per quel determinato indicatore e la logica di assegnazione dei punteggi (es. 1 basse prestazioni dell'indicatore, 2 medio-basse prestazioni dell'indicatore, 3 medio-alte prestazioni dell'indicatore, 4 alte prestazioni dell'indicatore,);
2. L'**assegnazione di pesi**, in modo da dare maggiore o minore importanza ad un indicatore rispetto agli obiettivi prefissati;
3. Moltiplicare il punteggio con il peso per ottenere il **punteggio ponderato** che esplica le performance dell'indicatore;
4. **Normalizzare i punteggi**, in modo da poter mettere a confronto gli indicatori;
5. **Aggregare gli indicatori e sommare i punteggi ottenuti** in modo da esplicitare le performance di una categoria/dimensione per quella specifica tecnologia/scenario di bonifica. Il processo di aggregazione deve essere strutturato sulla base di un framework a più livelli di aggregazione che permetta di integrare i diversi indicatori. Il punteggio finale ottenuto dalla somma degli indicatori definisce quindi la performance di quella determinata categoria/dimensione.

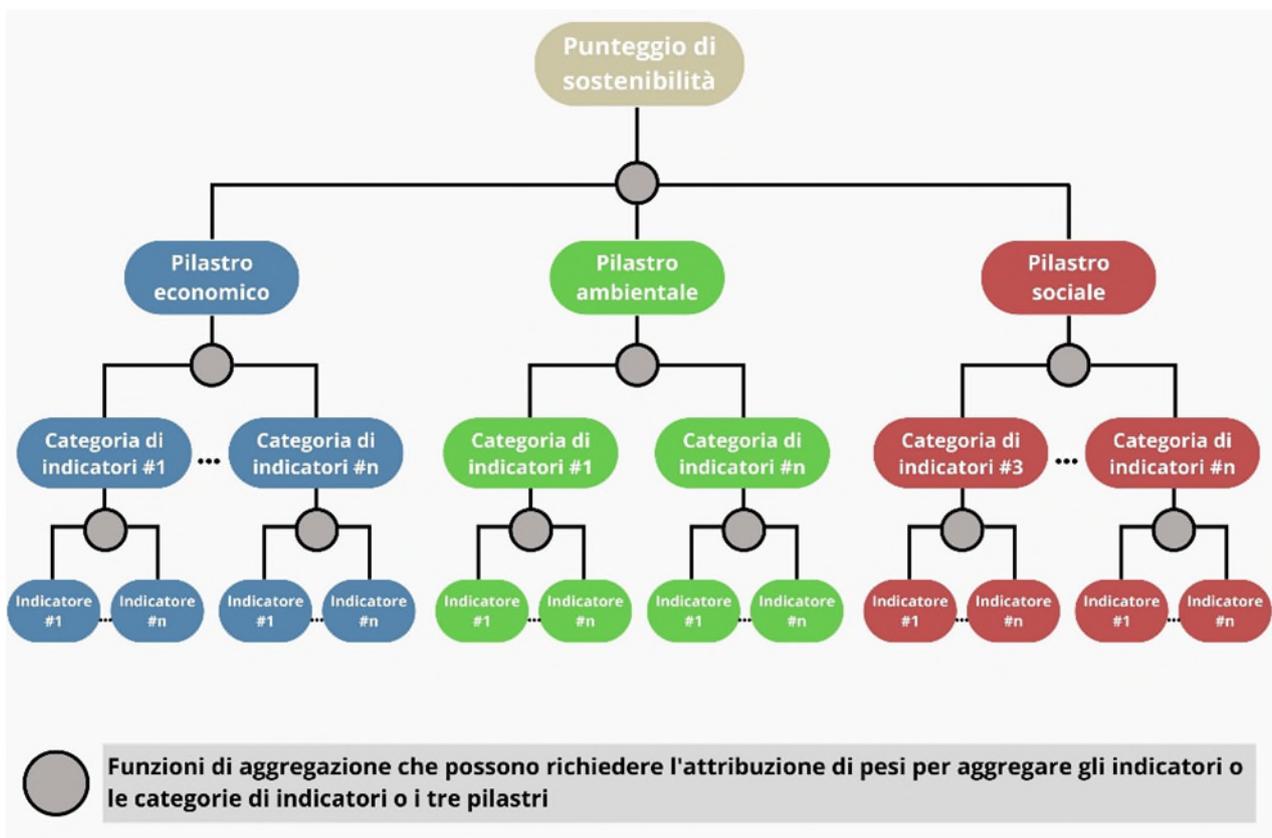
L'Appendice 5 fornisce in formato tabellare la metodologia precedentemente descritta di assegnazione dei punteggi, dei pesi e del processo di normalizzazione e di aggregazione degli indicatori, nell'ottica di mettere a confronto gli scenari di intervento di bonifica in termini non solo di fattibilità tecnica ma anche di sostenibilità dell'intervento, a supporto del processo decisionale.

L'obiettivo dell'intero processo è quello di ottenere un punteggio finale e un'indicazione complessiva della sostenibilità degli interventi messi a confronto, nell'ottica di comparare gli scenari di intervento tecnicamente applicabili nel sito in bonifica, su più livelli, come supporto al processo decisionale per tecnici e stakeholder, per selezionare il migliore da un punto di vista non solo tecnico ma anche nell'ottica della sostenibilità.

Le metodologie di AMC hanno infatti il vantaggio di permettere la combinazione di input eterogenei, valutazioni costi/benefici, aspetti sociali e ambientali, punti di vista dei diversi portatori di interesse, e quindi di confrontare aspetti che hanno di per sé natura diversa, per condurre una valutazione univoca. In questo contesto, l'integrazione complessiva degli indicatori di sostenibilità viene condotta attraverso la metodologia "optimising rule", ovvero un ordinamento completo tra tutte le alternative con l'obiettivo di identificare l'alternativa ottimale e ritenuta più sostenibile relativamente alla sfera ambientale, sociale ed economica.

Un esempio di un processo di aggregazione e attribuzione dei pesi è riportato in Fig.8, dove i cerchi verdi rappresentano delle possibili funzioni di aggregazione che possono richiedere l'attribuzione di pesi.

Fig.8 - Esempio di un processo di aggregazione e attribuzione dei pesi



I risultati dell'AMC sono quindi presentati come valori numerici, che rappresentano la somma dei punteggi degli indicatori ponderati. Più alto è il numero, maggiore è la performance dell'opzione di bonifica per quella determinata categoria/dimensione. Sebbene questa affermazione sia vera in

senso generale, è importante che i diversi stakeholder in gioco comprendano le ragioni alla base di questi numeri poiché ciò contribuirà notevolmente a garantire che le prestazioni effettive della opzione di bonifica selezionata soddisfino le esigenze e le aspettative delle principali parti interessate, concordate ed esplicitate nella prima fase del processo di analisi.

La valutazione dei risultati non può prescindere un'analisi di dettaglio e revisione di tutto il processo che prevede in linea generale i seguenti step di analisi:

- tutte le conoscenze relative al sito ed alle opzioni di bonifica vengono inizialmente sintetizzate in una rappresentazione strutturata, trasparente e obiettiva dei possibili approcci e delle loro prestazioni tecniche e di sostenibilità;
- test di sensibilità e solidità dell'analisi, modificando i parametri di input dell'AMC, tramite un processo iterativo di calcolo, contestualizzando i risultati dell'analisi dettagliata;
- una maggiore comprensione delle prestazioni tecniche e di sostenibilità nelle 3 dimensioni (ambientale, sociale, economica) di ciascuna opzione rispetto alle metriche selezionate, consente di selezionare l'opzione più performante e di procedere con la sua ottimizzazione;
- l'analisi dettagliata rivelerà potenziali lacune nei dati o analisi aggiuntive da condurre prima di convalidare l'opzione scelta.

I vantaggi dell'analisi dettagliata possono essere raggiunti più facilmente con l'uso di strumenti di visualizzazione come grafici e figure su cui è possibile tracciare i risultati dell'AMC. In Fig.9 ne è riportato un esempio.

Fig.9 - Esempio di rappresentazione grafica dei risultati di un AMC



L'analisi dei risultati AMC può quindi aiutare a identificare i punti deboli associati a un'opzione e proporre le migliori pratiche di gestione per migliorare le prestazioni dell'opzione stessa. La documentazione del processo AMC dovrebbe essere completa e accurata e le osservazioni e le giustificazioni relative al processo decisionale che ha condotto alla selezione, alla ponderazione e al punteggio degli indicatori dovrebbero essere esplicitate e registrate per riferimento futuro.

6.2 ANALISI COSTI-BENEFICI

L'Analisi Costi-Benefici (ACB) è una tecnica di valutazione economica utilizzata per stimare il patrimonio netto di un progetto dove costi e benefici sono espressi per quanto possibile in termini monetari e quindi sono direttamente comparabili tra loro.

L'ACB svolta nell'ambito di un processo di bonifica avrà quindi l'obiettivo di valutare gli impatti che possono essere facilmente monetizzati come parte di un'analisi di un AMC standard (si veda Capitolo 6.1).

I risultati dell'analisi costi benefici e della sostenibilità sono quindi combinati per consentire l'individuazione dell'opzione preferita dal punto di vista economico e sostenibile tra una gamma di opzioni disponibili.

All'interno di questo orientamento, l'ACB è utilizzata per quantificare in termini monetari i costi (ossia gli impatti economici, ambientali e sociali negativi) e i benefici (ossia gli impatti economici, ambientali e sociali positivi) delle possibili attività di bonifica.

Il processo ACB contiene le seguenti tre fasi fondamentali rispetto ad una voce di costo individuata:

1. selezione di un tasso di sconto;
2. attualizzazione al valore attuale (Net Present Value, NPV o Valore Attuale Netto, VAN), e
3. opzioni di classificazione.

Nel condurre una ACB si presume che i costi e i benefici futuri siano noti con un elevato grado di certezza. Tuttavia, i valori dei costi e dei benefici futuri inclusi nell'analisi costi-benefici sono, per loro stessa natura, stime e quindi incerti. Pertanto, è importante comprendere l'effetto che l'incertezza nei dati ha sull'esito dell'analisi tramite un'analisi di sensitività e/o un'analisi degli scenari che considera le conseguenze di possibili condizioni globali e future.

I dettagli circa gli aspetti metodologici, e alcuni esempi applicativi del metodo ACB nelle valutazioni di sostenibilità delle bonifiche sono riportati nell'**Appendice 4 del Capitolo 6**, a cui si rimanda.

6.3 CARBON FOOTPRINT ANALYSIS

Con il termine Carbon Footprint si intende una stima dell'impatto di un determinato processo o attività in termini di emissione di gas climalteranti (GreenHouse Gases o "GHG"), che vengono convertite in CO₂ equivalente (CO₂ e) attraverso dei parametri stabiliti a livello mondiale dall'IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hill et al., 2021).

Tra i vari indicatori di sostenibilità, il Carbon Footprint viene ad assumere una rilevante importanza in quanto da un lato è un metodo consolidato per la misurazione dell'impatto delle attività umane sul cambiamento climatico, dall'altro è un indicatore centrale per monitorare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra fissati sia a livello di politiche internazionali (si veda la strategia di riduzione delle emissioni nette al 2030 e al 2050 nel Green Deal Europeo), e sia a livello di singole organizzazioni. Pertanto, l'utilizzo del Carbon Footprint anche per la valutazione dell'impatto delle attività di bonifica risulta di particolare interesse per i diversi *stakeholder*.

Uno schema di base per lo sviluppo di studi sul Carbon Footprint delle attività di bonifica prevede:

La definizione dei confini dell'analisi (quali emissioni considerare nel processo). Risulta di particolare interesse la suddivisione tra emissioni di GHG dirette e indirette, tradizionalmente definite nell'ambito degli studi come "emissioni di Scopo 1, Scopo 2 e Scopo 3" (WBCSD e WRI, 2004), dove:

- Scopo 1 – quantifica le emissioni dirette, originate da fonti di proprietà o controllate da un soggetto;
- Scopo 2 – quantifica le emissioni indirette generate dall'energia acquistata e consumata dal soggetto;
- Scopo 3 – quantifica le emissioni indirette associate all'estrazione e produzione delle materie prime, dei materiali, dell'attrezzatura e dei servizi, incluso il trasporto veicolare, la gestione dei rifiuti, le attività di terzi, ecc da parte del soggetto.

Una volta definite le categorie di emissione, le quantità unitarie per ogni attività, e i Fattori di Emissione, una metodologia estremamente generale prevede di stimare i singoli contributi di Carbon Footprint moltiplicando una attività unitaria (ad es. espressa in termini di massa di materiale, energia consumata, distanza percorsa ecc.) per un Fattore di Emissione ricavato da fonti di letteratura.

Al fine di una stima complessiva delle emissioni, si potrà poi valutare di includere nei calcoli di Carbon Footprint una o più fasi del processo di bonifica, allargando i confini dell'analisi dalla fase di caratterizzazione a quella operativa, a quella del decommissioning.

Per ulteriori dettagli circa la metodologia e l'applicazione dell'Analisi di Carbon Footprint al processo di bonifica si rimanda all'Appendice 4 del Capitolo 6 del presente documento.

6.4 VALUTAZIONE DELL'IMPRONTA IDRICA

L'impronta idrica di un individuo, una comunità, un'azienda o un settore produttivo è definita come **il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi e valutato lungo l'intera catena di produzione**. La valutazione dell'impronta idrica permette di quantificare, in senso complessivo, la sottrazione di acqua associata ad un prodotto o ad un processo, considerandone sia gli utilizzi idrici diretti che indiretti, sia i fenomeni di contaminazione delle acque associati. La valutazione dell'impronta idrica è quindi un concetto più complesso della semplice valutazione del prelievo idrico associato ad un'attività umana.

La valutazione dell'impronta idrica (WFA – Water Footprint Assessment) è stata sviluppata per:

- misurare la quantità di acqua consumata e utilizzata lungo la catena del valore di un prodotto;
- misurare la capacità di assimilazione degli inquinanti (capacità degli inquinanti di essere assorbiti da un ambiente senza effetti dannosi per l'ambiente stesso o per coloro che lo utilizzano);
- valutare la sostenibilità di un prodotto, un'azienda, un settore produttivo o in generale di un'attività umana nel contesto locale e globale.

L'obiettivo della valutazione dell'impronta idrica è quello di analizzare il modo in cui le attività umane si relazionano a contesti caratterizzati da scarsità e inquinamento delle acque e di valutare come le produzioni umane possano diventare più sostenibili dal punto di vista della gestione della risorsa idrica.

Il concetto di impronta idrica può essere applicato a qualsiasi tipologia di attività umana: è possibile, quindi, valutare l'impronta idrica delle attività legate ai processi di caratterizzazione di siti

contaminati e dei successivi interventi di bonifica, quantificandone l'impatto sulla risorsa idrica e contribuendo a definirne la sostenibilità.

Per ognuna delle attività condotte (ad esempio l'installazione di pozzi e piezometri, l'esecuzione di campionamenti di acqua di falda, l'installazione di pozzi barriera, ecc.), verranno calcolati i consumi d'acqua per unità di tempo, valutando anche eventuali perdite per evaporazione (ad esempio dalle vasche di un impianto di trattamento). Verranno altresì valutati i volumi di acqua che subiscono eventuali peggioramenti nella qualità chimica, anche se, a meno di errori di progettazione, l'attività di bonifica non dovrebbe comportare l'immissione nell'ambiente di acque caratterizzate da concentrazioni di contaminanti al di sopra dei limiti normativi.

Ulteriori dettagli circa la metodologia e l'applicazione della Valutazione di Impronta Idrica al processo di bonifica sono richiamati all'interno dell'Appendice 4 del Capitolo 6 del presente documento.

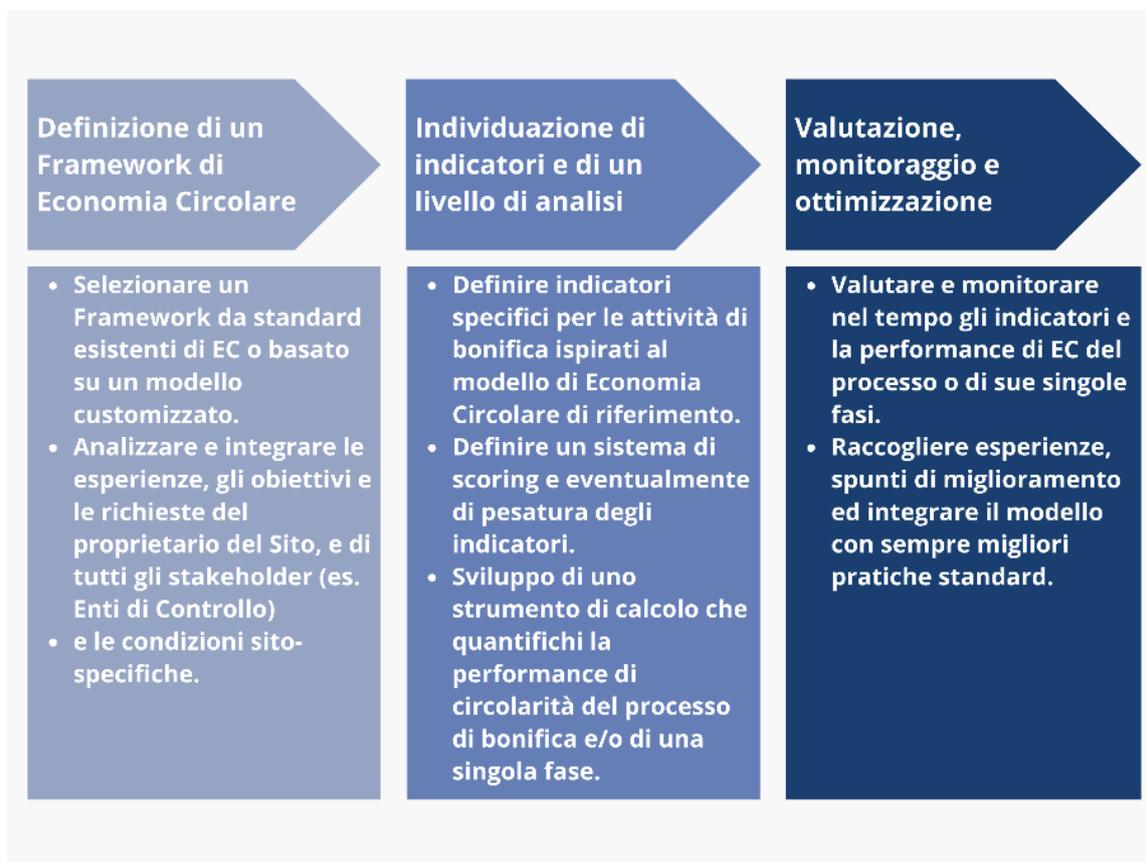
6.5 VALUTAZIONI DI ECONOMIA CIRCOLARE

L'Economia Circolare può essere definita come è un modello di produzione e consumo che punta al mantenimento del valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse quanto più a lungo possibile, attraverso la condivisione, il prestito, il riutilizzo, la riparazione, il ricondizionamento e il riciclo degli stessi, e alla riduzione al minimo della produzione di rifiuti (Europarl, 2022; COM 614, 2015).

La logica del processo di bonifica e riconversione di siti industriali contaminati mostra diversi punti di contatto con la definizione dei principi di Economia Circolare, in quanto ha come effetto quello di incrementare il valore (ambientale, sociale ed economico) di una risorsa inizialmente deteriorata, la quale viene restituita al proprietario o alla comunità potenzialmente per nuovi utilizzi.

Un processo generale per poter costruire e utilizzare un sistema di valutazione della circolarità di un processo di bonifica può essere schematicamente come nella seguente Fig.10.

Figura.10 - Esempio di costruzione di un Sistema di valutazione dell'Economia Circolare (EC) di un processo di bonifica



I dettagli circa gli aspetti metodologici, e alcuni esempi applicativi delle valutazioni di Economia Circolare per il processo di bonifica sono riportati nell'Appendice 4 del Capitolo 6, a cui si rimanda.

6.6 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SUGLI UN SDG

Nel settembre 2015 le Nazioni Unite hanno adottato l'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile declinata in 17 Obiettivi o "Goal" (Sustainable Development Goals - SDG) da raggiungere entro il 2030, associati a un totale di 169 Traguardi o "Target".

La valutazione dell'impatto delle attività di bonifica sugli obiettivi e i target dati dall'Agenda Globale 2030 può essere particolarmente utile nel caso di realtà produttive e *site owner* che hanno adottato strategie allineate con (e misurate mediante) il raggiungimento degli SDG. Questo tipo di valutazione può aiutare a misurare e a ottimizzare la performance ambientale di organizzazioni industriali anche rispetto alle attività di bonifica, adottando un "linguaggio" comune ovvero le stesse metriche utilizzate sia a diversi livelli all'interno della medesima organizzazione, e sia da altre organizzazioni.

Fig.11 - Rappresentazione grafica dei Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite



In termini estremamente generali, la valutazione dell'impatto delle attività di bonifica in un sito contaminato sugli SDGs può articolarsi nei seguenti passaggi:

1. Identificazione degli SDGs coinvolti in maniera diretta o indiretta nell'approccio alla bonifica;
2. Eventuale identificazione dei Target maggiormente impattati, in maniera diretta o indiretta, all'interno di ciascuno degli SDG coinvolti;
3. Quantificazione del contributo (positivo o negativo) mediante punteggio numerico o qualitativo di ogni processo/tecnologia rispetto agli SDG e agli eventuali Target coinvolti;
4. Eventuale valutazione comparativa circa l'impatto di diversi processi/tecnologie su un medesimo set di Goal o Target.

Per ulteriori dettagli circa le valutazioni degli impatti delle attività di bonifica misurati secondo gli UN SDG si rimanda all'**Appendice 4 del Capitolo 6** della presente Proposta di Linea Guida.

6.7 VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA O LIFE CYCLE ASSESSMENT

La valutazione del ciclo di vita, o *Life Cycle Assessment* (o "LCA"), è un metodo per valutare quantitativamente gli impatti complessivi attuali o potenziali di un prodotto o di un'attività durante l'intero arco della sua vita. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo e delle attività coinvolte, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale, sulla base di un'analisi dell'impronta di un progetto condotta "dalla culla alla tomba", in modo di identificare i punti critici e opportunità di miglioramento delle prestazioni ambientali di un progetto in tutte le varie fasi del ciclo di vita.

Si evidenzia tuttavia che la definizione ISO di “prodotto” comprende anche i “servizi” ed è quindi applicabile ai progetti di bonifica (ITRC, 2011). Nello specifico, la conduzione di una LCA ad un progetto di bonifica, prevede la valutazione degli impatti ambientali attivi o potenziali nelle diverse fasi che concorrono al procedimento ambientale stesso, al fine di analizzare in modo completo e ad ampio raggio l'impronta di carbonio e/o altri impatti ambientali, estendendo i confini di analisi oltre i limiti strettamente connessi al progetto di bonifica stesso, sulla base di una valutazione condotta appunto “*dalla culla alla tomba*”.

La LCA permette nello specifico non solo di valutare gli impatti ambientali diretti e indiretti della bonifica ma anche i potenziali impatti sulla salute umana, la quale non include i tradizionali rischi sanitari studiati nell'ambito di una valutazione del rischio ambientale-sanitario (Favara, 2011).

A livello pratico, l'analisi del ciclo di vita può essere incorporata per ampliare i confini di un'analisi di footprint o per quantificare gli indicatori ambientali che concorrono in un'analisi multicriteriale per un confronto semi-quantitativo dei diversi scenari di bonifica potenzialmente applicabili, al fine di ottenere una stima più approfondita e rigorosa delle prestazioni ambientali delle diverse alternative di intervento di bonifica a confronto e con l'obiettivo di ridurre al minimo il consumo di risorse naturali, la generazione di rifiuti solidi e liquidi e gas serra, massimizzare l'uso di energie rinnovabili, prevedere la rivitalizzazione del sito e il ripristino di habitat ed ecosistemi a seguito della bonifica.

Per ulteriori dettagli circa l'applicazione della metodologia LCA ai processi di bonifica e riconversione dei siti contaminati si rimanda all'**Appendice 4 del Capitolo 6** del presente documento.

6.8 VALUTAZIONI DI RESILIENZA E ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

In linea generale, un processo di valutazione al fine di incorporare il cambiamento climatico nei progetti di bonifica sostenibile e resiliente prevede le seguenti tre fasi:

1. Valutazione dell'esposizione climatica: ha lo scopo di definire le potenziali sorgenti di pericolosità relative strettamente alla fenomenologia climatica e fonti esposizione climatica, rappresentative dell'area e dell'intervento in oggetto da sottoporre alla valutazione di rischio climatico;
2. Valutazione della vulnerabilità climatica: considera la capacità di adattamento e la sensibilità di un sistema di bonifica all'esposizione a tali potenziali impatti o minacce;
3. Valutazione della resilienza climatica: finalizzata all'adozione di misure che aumentano la resilienza climatica dell'intervento di bonifica consentendone l'adattamento ad ambienti nuovi e condizioni climatiche mutevoli.

Il livello di dettaglio ed i metodi utilizzati nella valutazione varierà a seconda del sito e dell'intervento di bonifica in atto. Per alcuni siti, può risultare sufficiente una valutazione qualitativa dei potenziali impatti e delle vulnerabilità climatiche, mentre per altri siti, può essere giustificata una valutazione quantitativa approfondita, comprensiva di modellazione climatica.

È riconosciuto che la valutazione di rischio climatico ed il concetto di resilienza e di adattamento ai cambiamenti climatici rappresentano campi emergenti le cui tecniche, metodi di valutazione, banche dati di riferimento e linee guida esistenti sono in continua evoluzione. Rimangono quindi degli interrogativi significativi su come incorporare effettivamente nella pratica i cambiamenti climatici in una valutazione di sostenibilità di un intervento di bonifica, nell'ottica in cui anche la sostenibilità rappresenta un'area innovativa in continua evoluzione e avanzamento.

Ulteriori dettagli circa l'applicazione delle Valutazioni di Resilienza e Adattamento al Cambiamento Climatico al processo di bonifica sono richiamati all'interno dell'**Appendice 4 del Capitolo 6** del presente documento.

CAPITOLO 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI- SITOGRAFICI

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI-SITOGRAFICI

Riferimenti generali

- A. & ARRAS F.

A. & Arras F. (eds) (2018). *Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale*. <http://www.masteradapt.eu>.

- ALLEN J.

Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- BARANDIARAN M.

Barandiaran, 2019. Barandiaran, Melissa, et al. 2019. "*Disaster and Climate Change Risk Assessment Methodology for IDB Projects: A Technical Reference Document for IDB Project Teams*" Environmental and Social Safeguards Unit. Inter-American Development Bank.

- BARDOS R. P.

Bardos, 2020. Bardos, R. P., Thomas, H. F., Smith, J. W., Harries, N. D., Evans, F., Boyle, R., ... & Haslam, A. (2020). *Sustainability assessment framework and indicators developed by SuRF-UK for land remediation option appraisal*. Remediation Journal, 31(1), 5-27. <https://doi.org/10.1002/rem.21668>.

Bardos et al., 2018. Bardos, R.P., Thomas, H.F., Smith, J.W.N., Harries, N.D., Evans, F., Boyle, R., Howard, T., Lewis, R., Thomas, A.O. and Haslam, A., *The Development and Use of Sustainability Criteria in SuRF-UK's Sustainable Remediation Framework*. 2018.

Bardos, 2015. Bardos RP, Bone BD, Boyle R, Evans F, Harries N, Howard, T & Smith JWN. 2016. *The rationale for simple approaches for sustainability assessment and management in contaminated land practice*. Science of the Total Environment. 563-564, 755-768. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.001>.

Bardos, 2011. Bardos RP, Bone BD, Boyle R, Ellis D, Evans F, Harries N, & Smith JWN, 2011. *Applying sustainable development principles to contaminated land management using the SuRF-UK framework*. Remediation, 22, 77-100.

- BRINKHOFF, P.

Brinkhoff, P., 2011. Multi-Criteria Analysis for Assessing Sustainability of Remedial Actions. Applications in Contaminated Land Development. A Literature Review. Chalmers University of Technology, Report 2011.

- BSI GROUP

BSI Group, 2014, *Executive Briefing: BS 8001 - a Guide*.

- BUTLER P. B.

Butler, P. B., Larsen-Hallock, L., Lewis, R., Glenn, C. N., & Armstead, R. (2011). *Metrics for integrating sustainability evaluations into remediation projects*. Remediation, 21(3), 81–87.

- CAZZUFFI, D., PIETRINI, I.

Cazzuffi, D., Pietrini, 2013: La bonifica di siti contaminati: un approccio divulgativo. Ambiente Rischio Comunicazione, N.7, Dicembre, 12-17.

- CL:AIRE

CL:AIRE, 2020. CL:AIRE. Supplementary Report 2 of the SuRF-UK Framework: *Selection of Indicators/Criteria for Use in Sustainability Assessment for Achieving Sustainable Remediation*. Luglio 2020.

- COM

COM 614, 2015. Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*.

- CRC

CRC for Contamination Assessment and Remediation of the Environment, National Remediation Framework "*Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis of remediation options*", Version 1.0: August 2019.

- CUSHMAN-ROISIN B. & CREMONINI B.

Cushman-Roisin & Cremonini, 2021. *Data, Statistics, and Useful Numbers for Environmental Sustainability. Bringing the Numbers to Life*. 1st Edition - May 14, 2021. B. Cushman-Roisin, B. Cremonini.

- DCLG

DCLG, 2009: Multi-criteria analysis: a manual.

- DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e ss .mm.ii "*Norme in materia ambientale*".

- DEFRA/DECC

DEFRA/DECC, 2021. *Guidelines to DEFRA/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*, prodotte e aggiornate dall'English Department for Environment, Food and Rural Affairs e dal Department of Energy and Climate Change. DEFRA/DECC, 2021.

- EA

EA (2002). *Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: Application and Example R&D Technical Report P2-078/TR*.

EA (2000). Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: A framework of assessment. R&D Technical Report P279.

EA (1999). Costs and Benefits Associated with the Remediation of Contaminated Groundwater: A review of the issues. R&D Technical Report P278.

EA (1999). Cost-benefit analysis for remediation of land contamination. R&D Technical Report P316.

- EEA

EEA, 2005. European Environment Agency, 2005. *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*. EEA Technical Report No 7/2005.

- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

Ellen MacArthur Foundation, 2013. *Towards the circular economy* Vol. 2 - Ellen MacArthur Foundation, 2013.

- EUROPEAN UNION TECHNICAL GUIDANCE

2021, European Union Technical guidance. Official Journal of the European Union (2021). *European Union Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027*.

- FAVARA P. J.

Favara, 2019. Favara, P., D. Raymond, M. Ambrusch, A. Libera, G. Wolf, J.A. Simon, B. Maco, E.R. Collins, M.A. Harclerode, A. D. McNally, R. Ridsdale, M. Smith and L. Howard. 2019. *Ten years later: The progress and future of integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects*. Remediation. 2019; 29:5–30.

Favara, 2011. Favara, P.J., T.M. Krieger, B. Bougton, A.S. Fisher, M. Bhargava. 2011. *Guidance for performing footprinting analysis and life-cycle assessments for the remediation industry*. Remediation Journal, Vol. 21, Issue 3. <https://doi.org/10.1002/rem.20289>.

- GAO

GAO, 2019. *Superfund: EPA should take additional actions to manage risks from climate change*.

- GIORDANO F.

Master ADAPT, 2018. Master ADAPT, *MAInSTreaming Experiences at Regional and local level for ADAPTation to climate change*. Giordano F., Barbieri L., Freixo Santos T., Bono L., Ballarin Denti A., Lapi M., Cozzi L., Pregnotato M., Oliveri S., Marras S., Maragno D., Magni F., Musco F., Satta G., Congiu.

- HARLEY M.

Harley, 2008. Harley, M., Horrocks, L., Hodgson, N., (AEA), Van Minnen, (PBL), (2008). *Climate change, vulnerability and adaptation indicators*. ETC/ACC Technical Paper, 2008.

- HILL N.

Hill et al., 2021. N. Hill, G. Thistlethwaite, J. Bates, E. Karagianni, J. Maccarthy, P. Mullen, A. Kelsall, S. Hinton, C. Walker, B. Harris - 2021 *Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company*

Reporting: Methodology Paper for Conversion factors Final Report – UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, London (UK), 2021.

- HOEKSTRA A. Y.

Hoekstra et al., 2012. A.Y. Hoekstra, M.M. Mekonnen, A.K. Chapagain, R.E. Mathews, B.D. Richter, *Global monthly water scarcity: Bluewater footprints versus blue water availability*, PLoS One 7 (2) (2012) e32688.

- IEA

IEA, 2022. *International Energy Agency GHG Emission Factors Database*, 2022.

- INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION

International Finance Corporation, 2013 *Water Footprint Assessment Results & Tata Chemicals*. Tata Motors. Tata Power. Tata Steel. IFC International Finance Corporation.

- IPCC

IPCC, 2021. Masson-Delmotte, Valérie, et al. (2021) "*Climate change 2021: the physical science basis*." Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

IPCC AR6 Working Group I. Eyring, V., N.P. Gillett, K.M. Achuta Rao, R. Barimalala, M. Barreiro Parrillo, N. Bellouin, C. Cassou, P.J. Durack, Y. Kosaka, S. McGregor, S. Min, O. Morgenstern, and Y. Sun, 2021: *Human Influence on the Climate System*. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter03.pdf.

IPCC, 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*, Working group I, Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K.

IPCC, 2007b. Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007b. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; Van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (Eds), 2007. Cambridge University Press, UK.

- ISO

ISO 14044, 2021. UNI EN ISO 14044:2021: *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*. Febbraio 2021.

ISO 14091, 2021. UNI EN ISO 14091:2021: "*Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment*".

ISO 18504, 2019. ISO 18504 Soil quality: Sustainable remediation National Remediation Framework "*Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis*", Agosto 2019.

ISO 18504:2017 *Soil quality — Sustainable remediation.*

ISO 14040, 2006. EN ISO 14040:2006: *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and frameworks.* Luglio 2006.

ISO 14044, 2006. EN ISO 14044:2006: *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.* Luglio 2006.

- ISPRA

ISPRA, 2019. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei.*

ISPRA, 2018. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra e altri gas nel settore elettrico.*

ISPRA, LIFE ACT – Adapting to Climate change in Time. *Planning for adaptation to climate change. Guidelines for municipalities.* Life Project No LIFE08 ENV/IT/000436.

- ITRC

ITRC, 2021. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). 2021. *Sustainable resilient remediation SRR-1.* Interstate Technology & Regulatory Council, SRR Team. <https://srr-1.itrcweb.org>.

ITRC, 2021. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2021. *Sustainable Resilient Remediation SRR-1.* Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, SRR Team.

ITRC, 2011a. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). c2011a. *Green and Sustainable Remediation: A Practical Framework.* GSR-2. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Green and Sustainable Remediation Team. <https://itrcweb.org/GuidanceDocuments/GSR-2.pdf>.

ITRC, 2011b. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). 2011b. *Green and Sustainable Remediation: State of the Science and Practice.* GSR-1. Washington, D.C.: Interstate Technology Regulatory Council. <https://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/GSR-1.pdf>.

- KLEIN TANK A. M. G.

WMO, 2019. Klein Tank A.M.G., Zwiers F.W. & Zhang X. (2009), *"Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation"*, Climate Data and Monitoring WCDMP, 72, WMO-TD N. 1500, 56pp.

- MACKNICK J.

Macknick et al., 2012. *Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature.* J. Macknick, R. Newmark, G. Heath and K. C. Hallett. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO 80401-3305, USA.

- MACO B.

Maco, 2018. Maco, Barbara, Paul Bardos, Frederic Coulon, Emerald Erickson-Mulanax, Lara J. Hansen, Melissa Harclerode, Deyi Hou, Eric Mielbrecht, Haruko M. Wainwright, Tetsuo Yasutaka, and

William D. Wick. 2018. "Resilient remediation: Addressing extreme weather and climate change, creating community value." Remediation Journal 29 (1):7-18. doi: 10.1002/rem.21585. <https://files.core.ac.uk/pdf/23/188365745.pdf>.

- MEIßNER S.

Meißner, 2021. *The Impact of Metal Mining on Global Water Stress and Regional Carrying Capacities—A GIS-Based Water Impact Assessment*. S. Meißner. Environmental Science Center, University of Augsburg, Universitaetsstr. 1a, 86159 Augsburg, Germany. Resources 2021, 10(12), 120.

- MEKONNEN M. M.

Mekonnen et al., 2015. *The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment*. M.M. Mekonnen, P. W. Gerbens-Leenes and Arjen Y. Hoekstra.

- MEKONNEN M.M. & HOEKSTRA A. Y.

Mekonnen & Hoekstra, 2011. *The green, blue and grey waterfootprint of crops and derived cpro products*. Volume 1: Main Report. M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra. UNESCO-IHE.

- MERLIN A.

Gestione del rischio ambientale e sostenibilità, A. Merlin, Coordinatore strategico del Master di II livello "Risanamento sostenibile dell'ambiente e bonifica dei siti contaminati", Università Cà Foscari Venezia.

- MITE

MITE, 2022. *Strategia Nazionale per l'Economia Circolare*.

- NATIONAL REMEDIATION FRAMEWORK

National Remediation framework "Remediation Action Plan Development. Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis", Agosto 2019.

- O'CONNELL S.

O'Connell, 2015. O'Connell, Shannon, and Deyi Hou. 2015. "Resilience: a new consideration for environmental remediation in an era of climate change." Remediation Journal 26.1 (2015): 57-67.

- OECD

OECD (2018), *Guida dell'OCSE sul dovere di diligenza per la condotta d'impresa responsabile*.

OECD (2011), *Linee Guida OCSE destinate alle Imprese Multinazionali*.

- PARLAMENTO EUROPEO

Europarl, 2022. *Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi*. Parlamento Europeo.

- RITCHIE H. & ROSER M.

Ritchie & Roser, 2017. *Water Use and Stress*. Hannah Ritchie and Max Roser. Owr World in Data.

- SCHROEDER P.

Schroeder et al., 2018. *The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals* - Patrick Schroeder, Kartika Anggraeni, Uwe Weber, 2018.

- SURF

SuRF, 2009. Sustainable Remediation Forum (SuRF). *"Sustainable remediation white paper—Integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects."* (2009) Remediation Journal 19 (3):5-114. doi: 10.1002/rem.20210.

- SURF ITALY

Libro bianco - Sostenibilità delle bonifiche in Italia, revisione n.1 Ottobre 2015, Preparato da SuRF Italy, Gruppo di Lavoro di RECONnet.

Surf Italy, 2015. SuRF Italy, P., & di RECONnet, G. D. L. *Sostenibilità nelle Bonifiche in Italia*. Rev.1-Ottobre 2015.

- SURF UK

SuRF UK, 2022. Sustainable Remediation Forum UK (SuRF UK). Agosto 2022. *Resilience and Adaptation for Sustainable Remediation*.

SuRF UK bulletin, 2022. *Resilience and Adaptation for Sustainable Remediation*.

SuRF UK, 2021. SuRF UK. *Sustainable Management Practices for Management of Land Contamination*. September 2021.

Surf UK, 2020. Sustainable Remediation Forum UK (SuRF), *"Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework: a General Approach to Sustainability Assessment for Use in Achieving Sustainable Remediation"*; Luglio 2020.

SuRF UK, 2009. *Sustainable Remediation White Paper —Integrating Sustainable Principles, Practices, and Metrics Into Remediation Projects*. SuRF UK, 2009.

- UNECE TFEIP & EIONET

UNECE TFEIP & EIONET, 2019. UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) TFEIP (Task Force on Emission Inventories and Projections) and EIONET (European Environment Information and Observation Network), 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. *Technical guidance to prepare national emission inventories*. EEA Report No 13/2019.

- UNITED NATIONS

Dieci Principi UN Global Compact.

UN, 2015. United Nations. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.

- URICCHIO A. F.

Le bonifiche sostenibili nella nuova Carta di principi presentata dal Ministro dell'Ambiente, commento del prof. Antonio Felice Uricchio, nella Rivista Giuridica *AmbienteDiritto.it* ISSN 1974-9562 – anno XX- Fascicolo 3/2020 e *Carta delle bonifiche sostenibili* ad esso allegato.

Uricchio, 2020. *Le Bonifiche sostenibili nella nuova Carta di Principi presentata dal Ministro all'Ambiente*. Rivista Giuridica *AmbienteDiritto.it* - ISSN 1974 - 9562 - Anno XX - Fascicolo 3/2020 1. Antonio Felice Uricchio.

- US EPA

US EPA, 2021. US Environmental Protection Agency (US EPA). *Climate Adaptation Action Plan*, Ottobre 2021.

US EPA, 2015. US Environmental Protection Agency (US EPA). *Climate change adaptation technical fact sheet: Contaminated sediment remedies*, EPA 542-F-15-009. (2015).
<https://semspub.epa.gov/work/11/177110.pdf>.

US EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2008. "Green Remediation: Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation at Contaminated Sites." EPA 542-R-08-002. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/green-remediation-primer.pdf>.

US EPA, Superfund. US EPA, *Superfund Climate Resilience*
<https://www.epa.gov/superfund/superfund-climate-resilience>.

- WASHINGTON DEPARTMENT OF ECOLOGY

Washington, 2017. Washington Department of Ecology. *Adaptation Strategies for Resilient Cleanup Remedies*. November 2017. Publication 17-09-052.

- WBCSD & WRI

WBCSD & WRI, 2004. *The GHG Protocol: A corporate reporting and accounting standard* (revised edition). WBCSD & WRI, marzo 2004.

- WRI & WBCSD

WRI & WBCSD, 2013. *Greenhouse Gas Protocol. Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2013.

- ZHANG G. P.

Zhang et al., 2013. G.P.Zhang, A.Y.Hoekstra, R.E.Mathews. *Water Footprint Assessment (WFA) for better water governance and sustainable development*, 2013.

APPENDICE 1
(RELATIVA AL CAPITOLO 2)
PRINCIPI DI BONIFICA SOSTENIBILE

APPENDICE 1

Di seguito si propongono i *Principi generali di sostenibilità e circolarità* per le bonifiche e gli interventi di riqualificazione, divisi per ambiti di interesse.

Inutile sottolineare che **ogni principio poggia su una solida base di conformità generale alle normative, standard di settore e pratiche di buona gestione**, relativamente agli **impatti e rischi** propri dei temi: **ambiente, salute, sicurezza, lavoro, diritti umani e fiscalità**.

I principi **non sono riportati in ordine di importanza** e vanno **declinati a seconda del progetto e della destinazione d'uso del sito**.

Nell'applicare ogni principio, è **bene adottare una visione prospettica**, considerando, dunque, anche gli **effetti sugli ecosistemi e le generazioni del futuro**.

PRINCIPI DI GOVERNANCE

1. Prendere decisioni sulla base di **informazioni e dati accurati, rilevanti e scientifici** e/o su assunzioni e giudizi professionali adeguatamente illustrati
2. Assicurare **processi decisionali condivisi e verificabili** (intesi anche come replicabili)
3. **Render conto** dei propri rischi ed impatti e delle relative modalità di gestione, in modo **accessibile, comprensibile e trasparente**
4. Coinvolgere la **catena di fornitura** nel rispetto dei principi di condotta responsabile e gestione sostenibile, anche attraverso processi di **green procurement**
5. Contrastare ogni forma di **discriminazione**, favorendo i principi di **equità** (in primo luogo salariale) **ed inclusione sociale**
6. Contrastare ogni forma di **corruzione e concussione**.

PRINCIPI ECONOMICO FINANZIARI

1. Garantire i **requisiti di economicità ed efficienza** (anche temporale) in ogni fase del ciclo di vita dell'intervento
2. Contribuire allo **sviluppo sostenibile, anche indiretto**, del territorio e delle comunità locali
3. Favorire l'applicazione di **tecnologie** (a partire dalla digitalizzazione) e di **approcci innovativi sostenibili**
4. Favorire la creazione di **competenze e/o nuove opportunità di green jobs** (anche in ottica di filiera/distretto)

PRINCIPI AMBIENTALI

1. **Tutelare il capitale naturale, paesaggistico e culturale** del sito oggetto di intervento
2. **Utilizzare prodotti o servizi** il più possibile privi di effetti indebiti sull'**ambiente, sicuri** nell'uso previsto, capaci di **ridurre le emissioni** climalteranti ed **efficienti nel consumo di energia**
3. Prevenire la **produzione di rifiuti ed effetti contaminanti** (sia pure sottosoglia), di qualunque tipologia e su qualsiasi matrice
4. Ridurre il consumo ed uso di **materiali e di risorse naturali**, con particolare attenzione al **suolo e alla risorsa idrica**
5. Favorire il **riciclo e il riuso di materiali, risorse e matrici** in ottica di **economia circolare**, on-site e off-site

6. Favorire il **recupero del territorio e la riqualificazione urbanistica** sito-specifica

PRINCIPI SOCIALI

1. Garantire e promuovere i **diritti umani** all'interno della propria sfera di influenza
2. Garantire e promuovere i **diritti dei lavoratori** ad ogni livello e all'interno della propria sfera di influenza
3. Promuovere e tutelare la **salute e la sicurezza** dei lavoratori e della comunità locale
4. Favorire la **formazione continua** dei lavoratori **sui temi della sostenibilità, e la diffusione** di una **"coscienza ecologica"**, anche presso la società civile
5. **Coinvolgere i principali stakeholder** per tutto il ciclo di vita dell'intervento, con particolare attenzione alla comunità residente e ai soggetti con poteri decisionali/di responsabilità
6. Contribuire allo sviluppo di **relazioni industriali locali, rigenerative e circolari**

APPENDICE 2
(RELATIVA AL CAPITOLO 3)
ESG

APPENDICE 2

Come riportato al capitolo 3.4, negli ultimi 60 anni, le metriche ambientali, sociali e di governance (Environmental, Social and Governance - ESG) sono diventate requisiti standard e significativi per le società quotate in borsa, con gli investitori che includano i requisiti ESG come parte dei loro criteri. Le aziende ora incorporano una rendicontazione più standardizzata dei principali indicatori di performance ESG nelle verifiche periodiche con gli azionisti.

La bonifica sostenibile contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas serra (GHG), al riutilizzo o alla riduzione dell'acqua, alla conservazione del territorio, alla minimizzazione dei rifiuti, al riciclaggio e alla riduzione dell'energia tra gli altri benefici, metriche che rientrano nelle categorie utilizzate dalla maggior parte dei soggetti quotati, per segnalare annualmente i progressi ESG.

I criteri ESG rappresentano dunque le dimensioni fondamentali per verificare, misurare, controllare e sostenere l'impegno in termini di sostenibilità.

Nell'ambito dei criteri **ambientali** (E: environmental), l'impatto sui cambiamenti climatici – prevalentemente in termini di emissioni di gas ad effetto serra – ha un peso considerevole. Naturalmente, vengono considerati anche altri aspetti ambientali più consolidati, quali l'uso di sostanze pericolose, la gestione dei rifiuti, il consumo di energia e risorse naturali o materie prime.

In particolare, nell'ambito di una bonifica sostenibile, questi criteri si considerano per valutare (ad esempio):

- L'esistenza di rischi associati al trattamento delle matrici contaminate, valutando possibili alternative per ridurli;
- L'identificazione di metodi per ridurre la produzione di rifiuti a seguito delle attività di bonifica e minimizzare gli impatti;
- L'identificazione di metodi di riciclaggio per i materiali eventualmente generati;
- le tecnologie potenzialmente applicabili di minor impatto possibile;
- l'opportunità di ripristino di aree interessate dall'intervento di bonifica, ad esempio prevedendo la creazione di habitat;
- l'utilizzo di attrezzature con più bassa emissione e minor consumo di energia e acqua.

I criteri **sociali** (S: Social) si considerano per valutare (ad esempio):

- la comunicazione alla comunità delle opzioni di bonifica e la loro efficacia in termini di riduzione di rischio;
- gli elementi di ripristino dell'habitat ed altre opzioni di riutilizzo per il sito;
- l'impegno dei rappresentanti del territorio per verificare e valutare gli impatti delle possibili scelte;
- la costruzione di una sequenza esecutiva dei lavori che minimizzi l'impatto del traffico sulla comunità locale;
- la massimizzazione dell'utilizzo dei beni e dei servizi locali;
- il livello di accettazione e di soddisfazione della comunità.

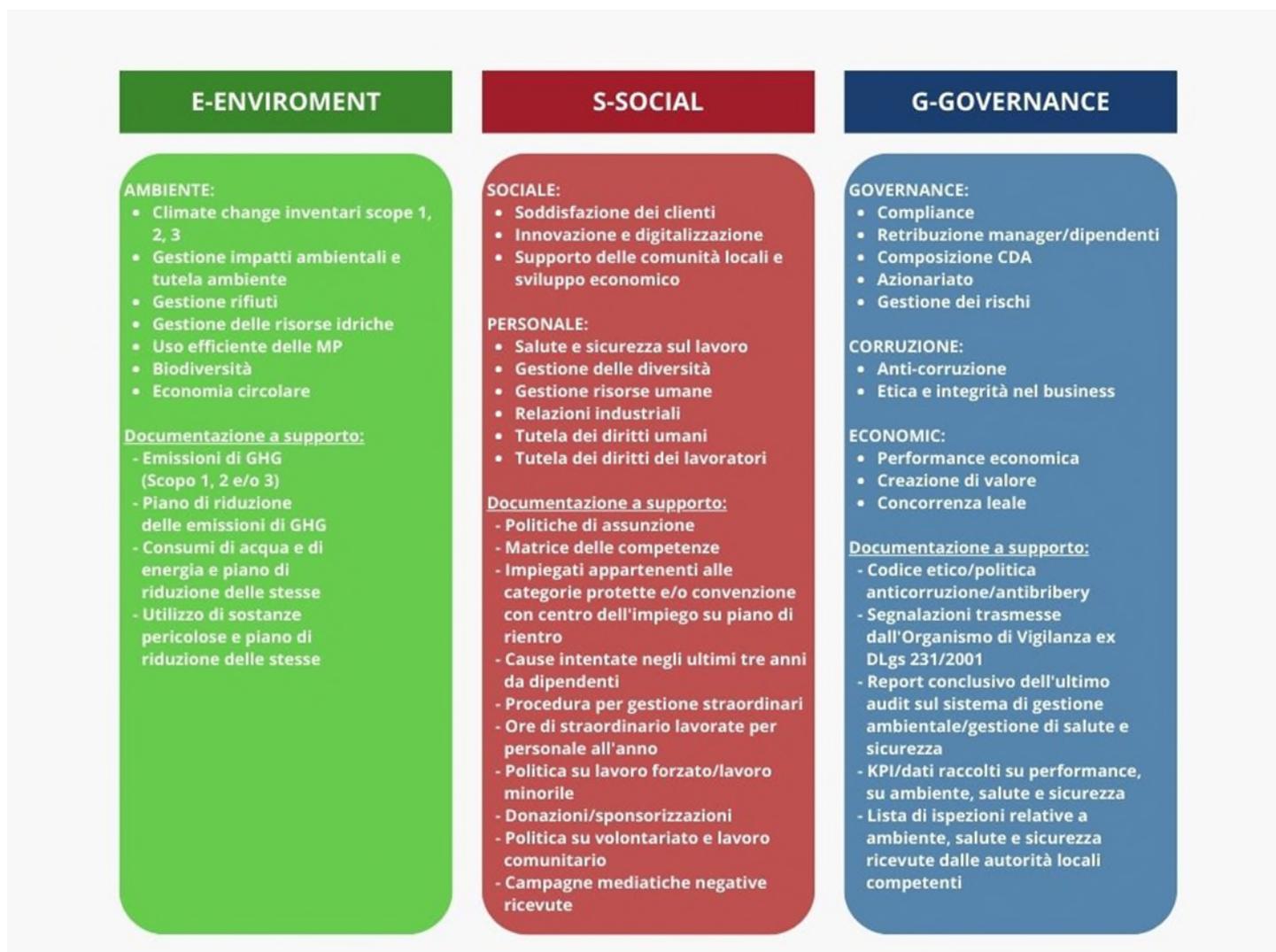
I criteri di **Governance (G)** si considerano per valutare (ad esempio):

- di massimizzare l'utilizzo di risorse e manodopera locale;

- il costo a breve e lungo termine delle alternative anche in considerazione dei benefici ambientali o per la comunità;
- di creare ricchezza per la comunità (parchi, spazi aperti, habitat), o legare l'intervento al piano di sviluppo economico della comunità;
- il lato economico anche in considerazione dei possibili benefici per la comunità locale;
- di utilizzare un approccio a bassa intensità energetica per la riduzione dei costi;
- di utilizzare sistemi di screening di campo per ridurre i costi di trasporto;
- di massimizzare l'efficienza del sistema per ridurre l'impiego di energia, tempi, costi operativi e costi di mantenimento.

Nella figura seguente vengono sintetizzati i diversi aspetti considerati nei 3 diversi criteri descritti e la documentazione a supporto per la valutazione dell'applicazione di tali criteri:

Fig. A2.1 - Criteri ESG con loro sottocategorie e documentazione a supporto per la valutazione dell'applicazione di tali criteri



Come introdotto nel capitolo, alcune attività di bonifica (definite da specifici codici NACE) sono annoverabili tra le attività potenzialmente sostenibili, in allineamento alla nuova tassonomia UE (in vigore alla fine del 2020 con obblighi di comunicazione a partire da dicembre 2021).

La tassonomia dell'UE è uno strumento di classificazione per determinare se un'attività economica può essere considerata un'attività sostenibile e contribuire a un'economia a basse emissioni di carbonio, resiliente ed efficiente sotto il profilo delle risorse. Attualmente la tassonomia include un elenco di attività economiche di circa 70 settori – tra cui quelli relativi a “water, sewerage, waste and remediation” - con criteri di prestazione tecnica per il loro contributo a sei obiettivi ambientali e al rispetto delle tutele sociali minime (OECD guidelines in Multinational Enterprises, UN Guiding Principles on Business and Human Rights, e ILO Core Labour Conventions).

Per essere considerata un'attività sostenibile e allineata alla Tassonomia, deve:

- Contribuire in modo significativo ad almeno uno dei sei obiettivi ambientali, attraverso il rispetto dei criteri di verifica tecnica su base scientifica;
- Non arrecare danni significativi agli altri cinque obiettivi;
- Soddisfare le tutele sociali e di governance minime.

Fig. A2.2 - I 6 obiettivi ambientali della tassonomia



Alcune categorie di investitori sono già tenute a rendere noto il grado di allineamento con la tassonomia dei loro investimenti e in futuro anche alcune società dovranno rendicontare il loro allineamento alla tassonomia nelle loro relazioni annuali.

Ad oggi (2023), la divulgazione della tassonomia è obbligatoria per i gestori di fondi classificati secondo l'articolo 9 (ovvero fondi con un obiettivo di investimento sostenibile) della Sustainable Financial Disclosure Regulation (SFDR) con obiettivi legati al cambiamento climatico. Tali fondi sono spinti a indirizzare le decisioni di investimento in attività idonee alla tassonomia, oppure orientare i miglioramenti strutturali delle proprie attività per passare a un maggiore allineamento con la tassonomia.

Nello specifico nelle bonifiche, questo potrebbe realizzarsi ad esempio mediante la sostituzione del parco mezzi con altri a basse emissioni, nella rivisitazione delle materie prime utilizzate nei processi, nell'impiego di manodopera sempre retribuita equamente.

APPENDICE 3

(RELATIVA AL CAPITOLO 5)

CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEI LIVELLI DI VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELLE BONIFICHE

APPENDICE 3

TIER 1

Tab. 1: Caratteristiche principali di una valutazione di Livello 1

TIER 1	
Tipologia di valutazione	Analisi qualitativa (valutazione impatti secondo criteri di severità e longevità degli impatti)
Outcome tipico	Tabella comparativa
Applicabilità	Siti/progetti piccoli, con limitazioni di tempo, budget e risorse; basso rischio o complessità; limitato beneficio da un approfondimento del livello di valutazione
Approcci possibili	Checklists, tabelle (matrici), etc.
Tempistica indicativa	≤ 1 giorno
Coinvolgimento stakeholders	Basso
Tools	Tier 1 - Project Framing and Tier 1 Sustainable Remediation Assessment Spreadsheet – SuRF UK

TIER 2

Tab. 3: Caratteristiche principali di una valutazione di Livello 2

TIER 2	
Tipologia di valutazione	Analisi multicriterio (AMC), semi-quantitativa
Outcome tipico	Classifica/graduatoria
Applicabilità	Siti di moderata complessità o che necessitano una maggiore approfondimento o maggiore coinvolgimento degli stakeholders.
Approcci possibili	Spreadsheets, tabelle (matrici), con maggior numero di indicatori rispetto al Tier 1, con assegnazione di pesi e punteggi e combinazione aritmetica degli stessi.
	- Spreadsheets con sistemi di punteggi e pesi
	- Caratteristiche sito-specifiche
	- Valutazione dei dati disponibili
	- Valutazione dei rischi
	- Simulazione delle esposizioni
	- Calcolo delle emissioni
	- Analisi semplice dei costi/benefici
Tempistica indicativa	3-5 giorni
Coinvolgimento stakeholders	Medio
Tools	AECOM SRT™ (Sustainable remediation Tool), SAF (Sustainable Assessment Framework), GoldSET©, SiteWise™, VHGF, GREM ed altri ...

TIER 3

Tab. 3: Caratteristiche principali di una valutazione di Livello 3

TIER 3	
Tipologia di valutazione	Analisi costi-benefici (CBA) e costi-efficacia (CEA) sito-specifica, approfondita, analisi quantitativa di processi e tecnologie
Outcome tipico	Classifica/graduatoria, quantificazione di impatti e valutazione di costi
Applicabilità	Siti di elevata complessità che necessitano un elevato approfondimento o un significativo coinvolgimento degli stakeholders e per i quali sono a disposizione molti dati.
Approcci possibili	- Life-Cycle Assessment (LCA)
	- Carbon Footprint Tools
	- Remedy Footprint Tools
	- Analisi dettagliata costi-benefici
	- Modelli di analisi dell'energia
	- Analisi dei vantaggi sociali sugli investimenti
	- Net Environmental Benefit Analyses (NEBAs)
Tempistica indicativa	> 1 settimana
Coinvolgimento stakeholders	Elevato
Tools	AECOM SRT™ (Sustainable remediation Tool), GoldSET©, SiteWise™ GSR Tool, VHGF, SimaPro ed altri.

APPENDICE 4

(RELATIVA AL CAPITOLO 6)

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE E SCOPO.....	84
2. ANALISI COSTI-BENEFICI.....	85
3. CARBON FOOTPRINT ANALYSIS.....	89
4. VALUTAZIONE DELL'IMPRONTA IDRICA.....	93
5. VALUTAZIONI DI ECONOMIA CIRCOLARE.....	99
6. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SUGLI <i>UN</i> SDG.....	103
7. VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA O LIFE CYCLE ASSESSMENT.....	108
8. VALUTAZIONI DI RESILIENZA E ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO.....	115
9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI – SITOGRAFICI.....	123

APPENDICE 4

1. INTRODUZIONE E SCOPO

All'interno della "Proposta di Linea Guida Operativa per la Bonifica Sostenibile" è stato descritto un metodo generale per la valutazione e tracciamento delle performance di sostenibilità basata su un modello di Analisi Multi-Criterio (AMC). Tuttavia, esistono una serie di metodi e strumenti che possono essere incorporati nei processi di bonifica dei siti contaminati in base agli specifici requisiti e obiettivi del progetto stesso. I metodi e gli strumenti illustrati in questa Appendice, nei capitoli che seguono, sono:

- Analisi Costi Benefici (ACB);
- Carbon Footprint Analysis;
- Water Footprint Analysis;
- Valutazioni di Economia Circolare;
- Valutazione dell'impatto sugli UN SDG;
- Life Cycle Assessment (LCA);
- Valutazioni di resilienza e adattamento al cambiamento climatico.

APPENDICE 4

2. ANALISI COSTI-BENEFICI

L'Analisi Costi Benefici (ACB) è una tecnica di valutazione economica utilizzata per stimare il patrimonio netto di un progetto dove costi e benefici sono espressi per quanto possibile in termini monetari e quindi sono direttamente comparabili tra loro.

L'ACB svolta nell'ambito di un processo di bonifica avrà quindi l'obiettivo di valutare gli impatti che possono essere facilmente monetizzati come parte di un'analisi di un AMC standard (si veda Capitolo 6.1).

I risultati dell'analisi costi benefici e della sostenibilità sono quindi combinati per consentire l'individuazione dell'opzione preferita dal punto di vista economico e sostenibile tra una gamma di opzioni disponibili.

All'interno di questo orientamento, l'ACB è utilizzata per quantificare in termini monetari i costi (ossia gli impatti economici, ambientali e sociali negativi) e i benefici (ossia gli impatti economici, ambientali e sociali positivi) delle possibili attività di bonifica.

Esempi di **costi** includono i costi del progetto associati all'implementazione di un'attività di bonifica come i costi di manodopera, il noleggio di macchinari e i costi di costruzione, o impatti dannosi sulle risorse idriche sotterranee o sugli ecosistemi a causa dei lavori di bonifica.

Esempi di **benefici** includono la riduzione dei rischi per la salute umana e dei costi sanitari associati, il miglioramento dei servizi sociali del sito o le entrate derivanti dal risviluppo e dalla vendita di un sito industriale dismesso che viene riqualificato. Non ultimi tra i benefici possono anche essere inclusi i costi futuri evitati relativi alla gestione e al monitoraggio del sito.

A seconda della portata e della complessità dell'attività di bonifica e del livello di informazioni di supporto disponibili, è anche possibile applicare metodi di valutazione economica per valutare i costi e i benefici monetari associati a indicatori quali le variazioni delle emissioni di gas a effetto serra (GHG), gli impatti ambientali (ad esempio la perdita di habitat per la fauna selvatica), gli impatti sulla qualità dell'acqua e gli impatti sociali e comunitari, includendoli come parte di un'analisi costi-benefici.

Il metodo ACB fornisce un quadro per analizzare i dati in modo logico e coerente. Implica l'identificazione sistematica e la quantificazione dei benefici e dei costi economici, sociali e ambientali di ciascuna opzione.

A seconda della portata e della complessità del progetto e della disponibilità di informazioni pertinenti, si può scegliere tra intraprendere solo la parte ACB o anche la parte di valutazione della sostenibilità ambientale per valutare e identificare un'opzione. In questi casi, occorre fare attenzione che gli impatti sociali e ambientali pertinenti possano essere adeguatamente monetizzati. Va osservato che intraprendere il processo di ACB può richiedere la consultazione di

competenze economiche specialistiche, in quanto molti indicatori possono essere complessi da monetizzare adeguatamente.

Il processo ACB contiene le seguenti tre fasi fondamentali rispetto ad una voce di costo individuata:

1. selezione di un tasso di sconto;
2. attualizzazione al valore attuale (Net Present Value, NPV o Valore Attuale Netto, VAN),
e
3. opzioni di classificazione.

Se si conduce una ACB autonoma, le opzioni di progetto dovrebbero essere classificate da quelle con il VAN più alto al VAN più basso: l'opzione di progetto con il più alto VAN dovrebbe essere considerata l'opzione preferita e da selezionare in quanto è quella che garantisce benefici totali maggiori rispetto ai costi di progetto da sostenere. Ciò presuppone che ogni indicatore sia stato monetizzato e che ogni opzione possa essere eseguita all'interno del budget di progetto assegnato.

Oltre al VAN è possibile calcolare anche il rapporto costi-benefici (Benefit Cost Ratio o BCR). Il BCR è uno strumento di valutazione quantitativa che misura il rapporto tra benefici e costi per una determinata opzione e che viene calcolato dividendo il valore attuale delle prestazioni per il valore attuale dei costi (ad esempio benefici da energia rinnovabile / costi energia rinnovabile).

Il BCR dovrebbe essere considerato insieme al VAN e non è raccomandato come unico strumento di valutazione quantitativa ai fini del processo decisionale, in quanto è sbilanciato verso progetti con rendimenti anticipati e verso piccoli progetti.

Nella **Box 1** è riportato un esempio di calcolo del VAN dei costi e dei benefici associati ad un intervento di bonifica e del relativo BCR.

Nel condurre una ACB si presume che i costi e i benefici futuri siano noti con un elevato grado di certezza. Tuttavia, i valori dei costi e dei benefici futuri inclusi nell'analisi costi-benefici sono, per loro stessa natura, stime e quindi incerti. Pertanto, è importante comprendere l'effetto che l'incertezza nei dati ha sull'esito dell'analisi tramite un'analisi di sensitività e/o un'analisi degli scenari che considera le conseguenze di possibili condizioni globali e future.

L'utilizzo dello strumento ACB produrrà una tabella riassuntiva dei risultati come quella presentata nella seguente **Box 2**. Solo il numero di opzioni e gli indicatori di prestazione saranno diversi, poiché questi saranno determinati progetto per progetto.

Sempre nella **Box 2** è riportato un esempio di tabella riassuntiva per un'ACB condotta per confrontare 4 opzioni di bonifica che include anche un'analisi di sensitività del valore attuale dei benefici e dei costi totali a tassi di attualizzazione inferiori e più elevati rispetto al tasso base considerato.

Box 1: Esempio dettagliato di calcolo del Valore Attuale dei benefici e dei costi e di calcolo del Valore Attuale Netto (VAN o NPV). Durata progetto pari a 5 anni

Costi		Stima economica					
Costi di bonifica (compresa la costruzione e costi di progettazione)		\$ 15 milioni					
Noleggio attrezzatura		\$ 1 milione					
Monitoraggio continuo e costi di manutenzione		\$ 200.000 ogni anno a partire dall'anno 1					
Impatti sulle acque sotterranee		\$ 100.000					
Emissioni di gas serra (GHG)		\$ 50.000					
Benefici							
Ricavi dalla vendita del sito		\$20 million nell'anno 1					
Creazione di posti di lavoro		\$5 million all'anno a partire dall'anno 1					
Benefici dei servizi sull'ecosistema		\$200.000 all'anno a partire dall'anno 1					
Calcolo dei valori attuali di benefici e costi per l'opzione A del progetto (\$ m)							
Progetto - opzione A	Anno 0	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Totale
Costi							
Costi di bonifica	15						15
Noleggio attrezzatura	1						1
Monitoraggio continuo e costi di manutenzione		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1
Impatti sulle acque sotterranee	0,1						0,1
Emissioni di gas serra (GHG)	0,05						0,05
Costi totali (nominale \$m)	16,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	17,15
Fattore di sconto (tasso di sconto del 7%)	1.000	0,935	0,873	0,816	0,763	0,713	
Costi totali (PV)	16,15	0,187	0,175	0,163	0,153	0,143	16.970
Benefici							
Ricavi dalla vendita del sito		20					20
Creazione di posti di lavoro		5	5	5	5	5	25
Benefici sull'ecosistema		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1
Benefici totali (nominali \$m)		25,2	5,2	5,2	5,2	5,2	46
Fattore di sconto (tasso di sconto del 7%)	1	0,935	0,873	0,816	0,763	0,713	
Benefici totali (PV)		23.551	4.542	4.245	3.967	3.706	40.013
NPV (o VAN)							23.042

Box 2: Esempio di tabella riassuntiva di una ACB

Totali		Opzione 1	Opzione 2	Opzione 3	Opzione 4
1. Benefici					
B1.	Ricavi dalla vendita del sito	\$5.000.000	\$5.000.000	\$6.000.000	\$5.000.000
B2.	Aumento del valore del terreno circostante	\$2.000.000	\$1.800.000	\$2.300.000	\$2.000.000
B3.	Benefici dei servizi sull'ecosistema	\$17.850.000	\$15.300.000	\$25.500.000	\$20.400.000
Benefici totali (nominali)		\$24.850.000	\$22.100.000	\$33.800.000	\$27.400.000
Benefici totali (PV) al tasso di sconto base del 7%		\$10.638.712	\$9.817.647	\$13.713.314	\$11.285.089
Benefici totali (PV) al tasso di sconto limite superiore del 10%		\$8.942.302	\$8.325.987	\$11.369.758	\$9.393.327
Benefici totali (PV) al tasso di sconto limite inferiore del 4%		\$13.747.009	\$12.522.795	\$18.066.838	\$14.786.311
2. Costi					
D1.	Costi capitali	\$3.000.000	\$2.900.000	\$4.000.000	\$3.000.000
D2.	Costi operativi e di manutenzione	\$1.000.000	\$750.000	\$1.250.000	\$500.000
D3.	Costi di decommissioning	\$500.000	\$750.000	\$750.000	\$650.000
D4.	Emissioni gas serra (GHG)	\$200.000	\$450.000	\$400.000	\$300.000
Costi totali (nominali)		\$4.700.000	\$4.850.000	\$6.400.000	\$4.450.000
Costi totali (PV) al tasso di sconto base del 7%		\$4.298.439	\$4.540.621	\$5.869.144	\$4.049.136
Costi totali (PV) al tasso di sconto limite superiore del 10%		\$4.157.003	\$4.432.215	\$5.681.377	\$3.903.708
Costi totali (PV) al tasso di sconto limite inferiore del 4%		\$4.456.859	\$4.662.430	\$6.078.951	\$4.209.347
Riepilogo al tasso di sconto del 7%					
Valore attuale netto dei benefici netti		\$6.340.273	\$5.277.026	\$7.844.170	\$7.235.953
Rapporto costi-benefici		2,48	2,16	2,34	2,79
Riepilogo al tasso di sconto del 10%					
Valore attuale netto dei benefici netti		\$4.785.299	\$3.893.772	\$5.688.381	\$5.489.619
Rapporto costi-benefici		2,15	1,88	2	2,41
Riepilogo al tasso di sconto del 4%					
Valore attuale netto dei benefici netti		\$9.290.149	\$7.860.365	\$11.987.887	\$10.576.964
Rapporto costi-benefici		3,08	2,69	2,97	3,51

APPENDICE 4

3. CARBON FOOTPRINT ANALYSIS

Con il termine Carbon Footprint si intende una stima dell'impatto di un determinato processo o attività in termini di emissione di gas climalteranti (GreenHouse Gases o "GHG"), che vengono convertite in CO₂ equivalente (CO₂ e) attraverso dei parametri stabiliti a livello mondiale dall'IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hill et al., 2021).

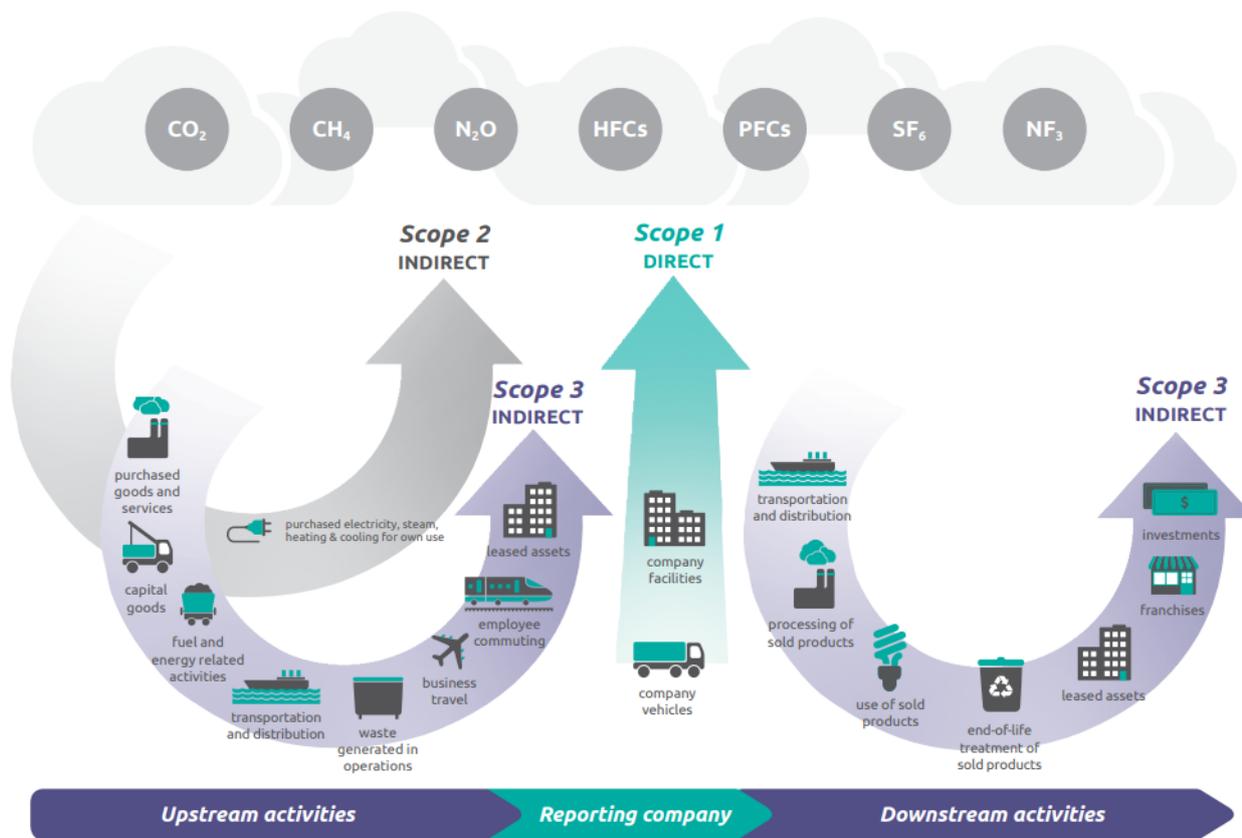
Tra i vari indicatori di sostenibilità, il Carbon Footprint viene ad assumere una rilevante importanza in quanto da un lato è un metodo consolidato per la misurazione dell'impatto delle attività umane sul cambiamento climatico, dall'altro è un indicatore centrale per monitorare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra fissati sia a livello di politiche internazionali (si veda la strategia di riduzione delle emissioni nette al 2030 e al 2050 nel Green Deal Europeo), e sia a livello di singole organizzazioni. Pertanto, l'utilizzo del Carbon Footprint anche per la valutazione dell'impatto delle attività di bonifica risulta di particolare interesse per i diversi *stakeholder*.

Uno schema di base per lo sviluppo di studi sul Carbon Footprint delle attività di bonifica prevede:

La definizione dei confini dell'analisi (quali emissioni considerare nel processo). Risulta di particolare interesse la suddivisione tra emissioni di GHG dirette e indirette, tradizionalmente definite nell'ambito degli studi come "emissioni di Scopo 1, Scopo 2 e Scopo 3" (WBCSD e WRI, 2004), dove:

- Scopo 1 – quantifica le emissioni dirette, originate da fonti di proprietà o controllate da un soggetto;
- Scopo 2 – quantifica le emissioni indirette generate dall'energia acquistata e consumata dal soggetto;
- Scopo 3 – quantifica le emissioni indirette associate all'estrazione e produzione delle materie prime, dei materiali, dell'attrezzatura e dei servizi, incluso il trasporto veicolare, la gestione dei rifiuti, le attività di terzi, ecc da parte del soggetto.
 - La schematizzazione delle valutazioni di Scopo 1, 2, 3 nell'ambito della metodologia GHG Protocol è presentata anche nella *Fig.* sotto riportata (WRI & WBCSD, 2013).

Fig. A4.1 - Schema per la definizione delle analisi di Scopo 1, Scopo 2, e Scopo 3 (WRI & WCD, 2013)



Per una più precisa stima delle emissioni, è raccomandato suddividere il processo o l'attività oggetto di studio in micro-operazioni, al fine di ottimizzare l'allocazione delle voci di emissione di GHG. È anche possibile raggruppare le voci in macro-categorie di emissione, ad esempio legate al trasferimento di personale e fornitori, alla produzione di materiali e attrezzature, all'utilizzo di attrezzatura per le lavorazioni, al trasporto di materiali al Sito e dal Sito, alla gestione e smaltimento di rifiuti solidi e liquidi.

Si procederà poi a definire dei Fattori di Emissione (EF - Emission Factors: moltiplicatori che rappresentano la quantità di emissioni per unità di operazione, ad es. KgCO₂e/km) che tengano conto di tutte le voci che si intendono includere nella valutazione. Occorre definire chiaramente le fonti dalle quali trarre i valori dei Fattori di Emissione. Una tipica gerarchia delle fonti potrebbe includere sia fonti internazionali, sia nazionali, sia locali. A titolo di esempio si possono citare:

- Tra le fonti internazionali:
 - "Guidelines to DEFRA/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting", prodotte e aggiornate dall' English Department for Environment, Food and Rural Affairs e dal Department of Energy and Climate Change (DEFRA/DECC, 2021);
 - EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report No 13/2019 (UNECE TFEIP & EIONET, 2019);

- Banca Dati Ecoinvent for Life Cycle Inventory;
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Emissions Factor Database;
- International Energy Agency GHG Emission Factors Database (IEA, 2022) – in particolare per le emissioni del settore energetico.
- Tra le fonti nazionali:
 - Database Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, 2018; ISPRA 2019).

Altri valori dei Fattori di Emissione di letteratura possono essere tipicamente ricavati da studi LCA prodotti da aziende private o enti di ricerca (si veda anche il Capitolo 7 di questa Appendice per maggiori dettagli). Ulteriori Fattori di Emissione specifici per le attività di bonifica sono poi ricavabili da alcuni strumenti di carbon footprinting open-source, come ad esempio quelli sviluppati da US EPA nell'ambito degli "Spreadsheets for Environmental Footprint Analysis (SEFA)"

Al fine di una maggiore rappresentatività della stima, in un'ottica di materialità, si consiglia di ricercare fonti più locali e specifiche per il contesto del Sito di interesse soprattutto per le attività o le voci di emissione che contribuiscono maggiormente al totale delle emissioni GHG.

Una volta definite le categorie di emissione, le operazioni unitarie, le quantità unitarie per ogni attività, e i Fattori di Emissione, una metodologia estremamente generale prevede di stimare i singoli contributi mediante una delle seguenti formule:

- Emissione (kg CO₂e) = Massa materiale (kg) x Fattore di Emissione (kg CO₂e /kg);
- Emissione (kg CO₂e) = Volume materiale (m³) x Fattore di Emissione (kg CO₂e /m³);
- Emissione (kg CO₂e) = Energia (kWh) x Fattore di Emissione (kg CO₂e /kWh);
- Emissione (kg CO₂e) = Distanza (km) x Fattore di Emissione (kg CO₂e /km).

La stima totale delle emissioni viene poi eseguita sommando tutti i contributi derivanti dalle voci di inventario GHG, eventualmente raggruppati secondo diversi criteri (ad esempio mediante la macrocategoria, lo Scopo, la fase del processo di bonifica analizzata, ecc.)

Al fine di una stima complessiva delle emissioni, si potrà infatti valutare di includere nei calcoli di Carbon Footprint una o più fasi del processo di bonifica, allargando i confini dell'analisi dalla fase di caratterizzazione a quella operativa, a quella del decommissioning. A titolo di esempio, può risultare di particolare interesse eseguire una valutazione cumulata del Carbon Footprint includendo le emissioni legate alle attività di installazione di un determinato sistema di bonifica, le emissioni generate annualmente dalle attività di gestione e monitoraggio del sistema stesso, e le emissioni legate al suo smantellamento, per effettuare una stima sul ciclo di vita.

In alcuni casi le emissioni totali associate a un processo di bonifica possono essere normalizzate rispetto alla massa di contaminante rimossa, o al volume di matrice ambientale trattata (SuRF UK,

2009) al fine di analizzare e comparare la performance ambientale di differenti tecnologie di bonifica.

Tuttavia, è opportuno tenere presente che i risultati delle valutazioni di Carbon Footprint sono estremamente sito-specifiche, dipendendo fortemente sia dal contesto nel quale il Sito è inserito, sia dalle scelte metodologiche alla base dell'analisi quali lo Scopo o il perimetro delle valutazioni. Pertanto, può in generale risultare poco significativo confrontare valutazioni di Carbon Footprint eseguite su diversi Siti.

APPENDICE 4

4. VALUTAZIONE DELL'IMPRONTA IDRICA

Il concetto di impronta idrica

La crescente pressione sulle risorse d'acqua dolce dovuta all'aumento del consumo idrico e all'inquinamento, in combinazione con gli impatti dovuti al cambiamento climatico, ha portato al riconoscimento della centralità dell'acqua dolce nello sviluppo sostenibile e della necessità di migliorare la sua gestione (Hoekstra et al., 2012).

Il concetto di impronta idrica (Water Footprint) è stato introdotto da Hoekstra nel 2002, come indicatore dell'utilizzo diretto e indiretto di acqua nell'ambito di qualsiasi tipo di attività umana (Zhang et al., 2013). **L'impronta idrica** di un individuo, una comunità, un'azienda o un settore produttivo è definita come **il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi e valutato lungo l'intera catena di produzione**. La valutazione dell'impronta idrica permette di quantificare, in senso complessivo, la sottrazione di acqua associata ad un prodotto o ad un processo, considerandone sia gli utilizzi idrici diretti che indiretti, sia i fenomeni di contaminazione delle acque associati. La valutazione dell'impronta idrica è quindi un concetto più complesso della semplice valutazione del prelievo idrico associato ad un'attività umana.

La valutazione dell'impronta idrica (WFA – Water Footprint Assessment) è stata sviluppata per:

- misurare la quantità di acqua consumata e utilizzata lungo la catena del valore di un prodotto;
- misurare la capacità di assimilazione degli inquinanti (capacità degli inquinanti di essere assorbiti da un ambiente senza effetti dannosi per l'ambiente stesso o per coloro che lo utilizzano);
- valutare la sostenibilità di un prodotto, un'azienda, un settore produttivo o in generale di un'attività umana nel contesto locale e globale.

L'obiettivo della valutazione dell'impronta idrica è quello di analizzare il modo in cui le attività umane si relazionano a contesti caratterizzati da scarsità e inquinamento delle acque e di valutare come le produzioni umane possano diventare più sostenibili dal punto di vista della gestione della risorsa idrica.

La valutazione dell'impronta idrica viene effettuata distinguendo tra diversi contributi, rappresentati schematicamente come:

- **Acqua blu:** si riferisce al consumo di acqua dolce superficiale e/o sotterranea associato al processo. Considera tra le sue componenti l'acqua dolce persa per evaporazione, l'acqua incorporata all'intero dei prodotti e il quantitativo di flusso idrico sottratto all'ambiente durante il processo e non disponibile per il riutilizzo all'interno dello stesso bacino idrografico entro lo stesso periodo di prelievo, perché restituita a un altro bacino idrografico, oppure viene scaricata in mare, oppure perché viene restituita in un altro periodo di tempo.
- **Acqua verde:** è il volume di acqua meteorica che non contribuisce al ruscellamento superficiale e che evapora durante il processo, oppure viene incorporata all'interno del prodotto.

- **Acqua grigia:** rappresenta il volume di acqua contenuta negli scarichi, che sarà influenzata dalle tecnologie di trattamento adottate, a loro volta dipendenti dai limiti normativi presenti nella specifica legislazione di riferimento.

Gli studi sull'impronta idrica comprendono la valutazione dell'impronta diretta e indiretta associati ad un'attività umana. La stima dell'impronta diretta consiste nella quantificazione del volume idrico utilizzato o contaminato durante lo svolgimento dell'attività umana. L'impronta idrica diretta può essere associata, per esempio, all'acqua consumata durante una produzione, oppure al volume d'acqua contaminato durante l'attività medesima al di sopra dei limiti di accettabilità normativa. L'impronta idrica indiretta corrisponde, pertanto, all'impatto sulla risorsa idrica associato all'intera catena di produzione, a monte e a valle rispetto alla singola attività umana considerata.

L'impronta idrica delle bonifiche

Il concetto di impronta idrica può essere applicato a qualsiasi tipologia di attività umana: è possibile, quindi, valutare l'impronta idrica delle attività legate ai processi di caratterizzazione di siti contaminati e dei successivi interventi di bonifica, quantificandone l'impatto sulla risorsa idrica e contribuendo a definirne la sostenibilità.

Questa tipologia di attività può essere associata al consumo di acque dolci superficiali e, più spesso, sotterranee (si pensi ad esempio alle barriere idrauliche) e all'effetto qualitativo sulle acque. Si farà quindi riferimento al calcolo dell'impronta idrica in termini di acqua blu e acqua grigia. Meno frequente sarà un impatto in termini di acqua verde, a meno di casi specifici di attività di bonifica aventi un impatto sull'acqua meteorica evapotraspirata, come ad esempio nel caso delle tecnologie di fitorimediazione.

L'attività di caratterizzazione e bonifica di un sito contaminato è associata ad un'impronta idrica che dipende dall'ampiezza e dalla complessità del sito e dalle tecnologie impiegate.

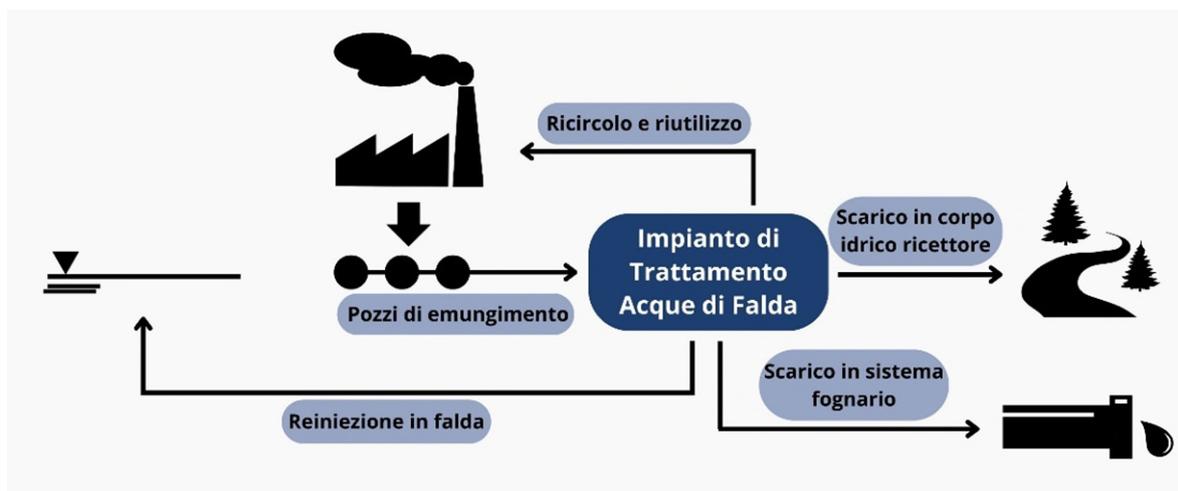
Per la valutazione dell'impronta idrica diretta associata a un sito contaminato, le singole attività di caratterizzazione e bonifica saranno valutate singolarmente al fine di definire i volumi di acqua direttamente impiegati per l'esecuzione di ciascuna attività.

Per ognuna delle attività condotte (ad esempio l'installazione di pozzi e piezometri, l'esecuzione di campionamenti di acqua di falda, l'installazione di pozzi barriera, ecc.), verranno calcolati i consumi d'acqua per unità di tempo, valutando anche eventuali perdite per evaporazione (ad esempio dalle vasche di un impianto di trattamento). Verranno altresì valutati i volumi di acqua che subiscono eventuali peggioramenti nella qualità chimica, anche se, a meno di errori di progettazione, l'attività di bonifica non dovrebbe comportare l'immissione nell'ambiente di acque caratterizzate da concentrazioni di contaminanti al di sopra dei limiti normativi.

Un esempio di tecnologia di bonifica che sottopone la falda ad uno stress idrico significativo è il Pump & Treat, per cui vengono sottratti all'acquifero, volumi d'acqua considerevoli che sono successivamente trattati in impianto. A seconda che l'acqua a valle del trattamento confluisca nel sistema fognario, oppure in un corso d'acqua con determinate concentrazioni di inquinanti, che venga ricircolata e riutilizzata all'interno del ciclo produttivo del Sito oppure che venga reiniettata in falda a valle del trattamento, l'impronta idrica diretta del processo di bonifica può variare

significativamente. La Figura A4.2 sintetizza le possibili destinazioni dell'acqua a valle del trattamento:

Fig. A4.2 - Schema di processo semplificato di un sistema di Pump & Treat, con evidenziati i possibili riciccoli delle acque e gli scarichi idrici, i cui dettagli andranno valutati per la quantificazione dell'impronta idrica dell'intervento



La stima dell'impronta idrica della bonifica dovrebbe, inoltre, spingersi nella valutazione degli impatti indiretti associati a ciascuna delle attività effettuate. Questa stima, molto più complessa e incerta della precedente, viene in genere effettuata facendo riferimento a fattori di conversione espressi in litri di acqua consumata per unità di massa di ciascun materiale utilizzato durante tutte le fasi della caratterizzazione e della bonifica del sito. Nel caso, ad esempio, della realizzazione di un piezometro in PVC, andrà quindi valutata la massa di PVC utilizzata (dipendente da spessore, diametro e lunghezza del tubo), da convertire in volume equivalente di acqua, così come l'impronta indiretta determinata dalle altre parti costituenti il piezometro, come il dreno artificiale, il chiusino, eventuali sistemi di telecontrollo, ecc.

La valutazione sarà chiaramente più difficile, e ancora più incerta, nel caso di oggetti complessi, come ad esempio le componenti elettriche o elettromeccaniche degli impianti.

In letteratura sono disponibili numerose pubblicazioni che riportano dati utili per il calcolo degli impatti idrici indiretti. Un elenco non esaustivo è di seguito riportato:

- Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. J. Macknick, R. Newmark, G. Heath and K. C. Hallett. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO 80401-3305, USA (Macknick et al., 2012)
- Water Use and Stress. Hannah Ritchie and Max Roser. Our World in Data. (Ritchie & Roser, 2017)
- Data, Statistics, and Useful Numbers for Environmental Sustainability. Bringing the Numbers to Life. 1st Edition - May 14, 2021. B. Cushman-Roisin, B. Cremonini (Cushman-Roisin & Cremonini, 2021)
- The green, blue and grey waterfootprint of crops and derived crop products. Volume 1: Main Report. M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra. UNESCO-IHE (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

- Water Footprint Assessment Results &. Tata Chemicals. Tata Motors. Tata Power. Tata Steel. IFC International Finance Corporation (International Finance Corporation, 2013)
- The Impact of Metal Mining on Global Water Stress and Regional Carrying Capacities—A GIS-Based Water Impact Assessment. S. Meißner. Environmental Science Center, University of Augsburg, Universitaetsstr. 1a, 86159 Augsburg, Germany. Resources 2021, 10(12), 120 (Meißner, 2021)
- The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. M.M. Mekonnen, P. W. Gerbens-Leenes and Arjen Y. Hoekstra (Mekonnen et al., 2015).

Una volta quantificate le impronte idriche complessive di vari approcci di caratterizzazione e bonifica, essi potranno essere confrontati, definendo quale tecnologia corrisponda al minor impatto sulla risorsa idrica e sia quindi preferibile sotto questo aspetto.

BOX 3: L'IMPRONTA IDRICA NEI PROCESSI DI BONIFICA

Si riporta di seguito un elenco, non esaustivo e meramente esemplificativo, di possibili attività legate alla caratterizzazione e bonifica dei siti contaminati che possono avere impatti sulla risorsa idrica.

Attività di caratterizzazione:

- *Realizzazione di sondaggi geognostici e piezometri:* la realizzazione di sondaggi e piezometri può, ad esempio:
 - determinare l'uso di fluidi o fanghi di perforazione che potrebbero avere un impatto sulla risorsa idrica sotterranea, seppur sia in genere minimizzato;
 - determinare, in senso lato, un disturbo alla matrice naturale costituita da un acquifero e può mettere in contatto acquiferi diversi;
 - determinare sottrazione di risorsa idrica dolce (acqua blu) all'acquifero per lo sviluppo dei piezometri, senza restituirla, in genere, allo stesso acquifero da cui è stata prelevata;
 - comportare l'utilizzo di materiali (ad esempio il PVC con cui è realizzato il tubo piezometrico, il metallo con cui è realizzato il chiusino, il carburante per muovere la sonda, ecc.) che inglobano un determinato contenuto idrico;
- *Campionamento di acque sotterranee:* il campionamento di acqua di falda da un piezometro, preceduto da uno spurgo più o meno prolungato, determina sottrazione di risorsa idrica dall'acquifero che, in genere, non viene restituita allo stesso acquifero da cui è stata prelevata;
- *Esecuzione di indagini geofisiche:* seppur in genere, le indagini geofisiche non determinano un consumo diretto di acqua, essa è associata a consumi indiretti, quali quelli per la produzione e la distribuzione dei carburanti dei mezzi, o associate alla manodopera che effettua l'indagine (ad esempio per necessità legate all'utilizzo del bagno, all'acqua consumata per scopi potabili, ecc.);
- *Esecuzione di test idraulici:* l'esecuzione di una prova di pompaggio è senz'altro il metodo più consolidato per la valutazione della conducibilità idraulica dell'acquifero, parametro chiave nella progettazione degli interventi di bonifica della falda. L'impatto diretto sulla risorsa idrica di una prova di pompaggio dipende naturalmente dalla sua durata e dalle portate impiegate. L'utilizzo di metodologie alternative, quali il Single Well Dilution Test o l'utilizzo di sistemi di tipo I-Flux

potrà essere valutato per ridurre l'impatto della caratterizzazione sulla risorsa idrica, non essendo associate a prelievi idrici diretti.

Attività di messa in sicurezza e bonifica:

- *Scavo di terreni contaminati:* le operazioni di scavo di terreni contaminati possono comportare prelievi e/o consumi diretti significativi di acque dolci, ad esempio per:
 - Il dewatering, nel caso di scavi in falda;
 - Il lavaggio delle ruote dei mezzi di scavo;
 - Per limitare l'emissione di polveri nei cantieri.

- *Barriere idrauliche:*
 - L'installazione e l'esercizio di una barriera idraulica comporta senza dubbi impatti diretti dovuti al prelievo di acque sotterranee (acque blu), che in genere vengono scaricate, dopo trattamento, in fognatura o in corpi idrici superficiali, non rientrando quindi direttamente nell'acquifero da cui provengono. Fanno eccezione i sistemi di reiniezione delle acque dopo trattamento, che costituiscono però un caso applicativo particolare e non comune;
 - Eventuali sistemi di riuso o ricircolo delle acque emunte possono ridurre l'impatto diretto di un sistema di Pump&Treat e vanno sicuramente considerati nell'ambito della valutazione dell'impronta idrica dell'impianto, e promossi al fine di ridurre l'impatto stesso;
 - Consumi indiretti possono essere associati alla produzione della strumentazione associata alla barriera idraulica, quali pompe, apparecchiature elettriche e elettromeccaniche, oppure associati all'impianto di trattamento (acque inglobate nei prodotti di consumo e nei reagenti, quali ad esempio soluzioni per la rigenerazione di resine a scambio ionico);
 - Lo scarico dell'impianto di trattamento ha poi sicuramente un impatto in termini di acque grigie, determinando l'ingresso di un carico chimico residuo nel corpo idrico recettore.

- *Thermal Remediation:* un sistema di bonifica basato su tecnologie di thermal remediation può
 - essere associato al consumo di "acque blu", ad esempio per la produzione del vapore nei sistemi che prevedono l'iniezione di vapori ad alta temperatura nell'acquifero;
 - Impatti indiretti saranno associati alle attività umane in sito per la gestione degli impianti, che avranno un tempo di utilizzo prolungato, piuttosto che alla produzione di elettricità o di combustibile necessario per l'incremento di temperatura dei fluidi di processo;
 - Avrà poi impatti sulla qualità delle acque sotterranee, che si suppone sia positivo (quindi una riduzione della contaminazione delle acque di falda).

- *Bonifiche tramite iniezione di reagenti nel sottosuolo:* l'iniezione di reagenti chimici in falda (ad esempio attività di ISCO) sarà potenzialmente associato al consumo diretto di acqua dolce (acqua blu) per la produzione dei reagenti utilizzati per il processo, e avrà impatti diretti sulla qualità delle acque sotterranee, che sono da attendersi positivi visto lo scopo di abbattere le contaminazioni;

- *Cinturazioni fisiche:* l'utilizzo di cinturazioni fisiche, ad esempio tramite l'infissione nel terreno di palancole o di pali secanti, viene talvolta effettuata nell'ambito della messa in sicurezza

operativa o definitiva di un sito contaminato al fine di limitare la diffusione di acque di falda contaminate. Queste tecnologie sono associate in genere a una limitata impronta idrica, generalmente solo indiretta. Una cinturazione fisica può inoltre sensibilmente ridurre le necessità di prelievi idrici da un sistema di contenimento idraulico, per cui può rivelarsi utile per ottimizzare i costi ambientali, e quindi anche economici, associati alla bonifica di un sito contaminato.

APPENDICE 4

5. VALUTAZIONI DI ECONOMIA CIRCOLARE

L'Economia Circolare è un modello di produzione e consumo che punta al mantenimento del valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse quanto più a lungo possibile, attraverso la condivisione, il prestito, il riutilizzo, la riparazione, il ricondizionamento e il riciclo degli stessi, e alla riduzione al minimo della produzione di rifiuti (Europarl, 2022; COM 614, 2015). Viene anche definita dalla Ellen MacArthur Foundation come un'economia pensata per rigenerarsi, che sostituisce il concetto di "fine vita" con quello di ripristino, minimizza l'uso di composti tossici che impediscono il riutilizzo e che punta verso l'utilizzo delle energie rinnovabili e a limitare la produzione di rifiuti attraverso lo sviluppo attento di materiali, prodotti, sistemi e modelli di business (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

È evidente quindi il rapporto tra approcci e obiettivi circolari e sostenibili. La circolarità potrebbe essere definita come una delle tante possibili applicazioni della sostenibilità, in quanto contribuisce ad un mondo più sostenibile e ha un forte legame con alcuni Sustainable Development Goals definiti dalle Nazioni Unite (Schroeder et al, 2018).

La logica del processo di bonifica e riconversione di siti industriali contaminati mostra diversi punti di contatto con la definizione dei principi di Economia Circolare sopra descritti, in quanto ha come effetto quello di incrementare il valore (ambientale, sociale ed economico) di una risorsa inizialmente deteriorata, la quale viene restituita al proprietario o alla comunità potenzialmente per nuovi utilizzi. Non è un caso che la bonifica e riconversione delle aree industriali venga citata come una pratica per l'"Uso Efficiente del Suolo" proprio nell'ambito della Strategia Nazionale per l'Economia Circolare (MiTE, 2022). È pertanto possibile applicare valutazioni di Economia Circolare ai processi di SRR.

Eseguire un'analisi di circolarità consente di portare un focus su temi che possono ricevere storicamente poca attenzione nell'ambito delle attività di un processo di bonifica, ad esempio:

- Spinge verso tecnologie di bonifica che prevedono un riciclo/riutilizzo di materiali, risorse, matrici oggetto di bonifica e quindi una produzione minima di rifiuti. Di conseguenza, si potrebbe optare per tecnologie *in situ*, che prevedano il trattamento della matrice in posto, come Soil Vapour Extraction, Soil Flushing, trattamento termico, ossidazione e riduzione chimica *in situ*, Barriere Permeabili Reattive. Laddove, invece, si opti per una tecnologia *ex situ*, che prevede l'asportazione della matrice per il suo trattamento, si può valutare la sua reimmissione nel sito stesso una volta trattata, come la reiniezione di acqua trattata direttamente nell'acquifero (anche mediante Groundwater Circulation Wells), o il riutilizzo di suolo trattato on-site, ad esempio mediante soil washing o biopile.
- Spinge verso soluzioni e pratiche che rendano il processo di approvvigionamento più circolare e sostenibile possibile fin dalle prime fasi del processo. Difatti, al fine di aumentare la performance di circolarità di un processo di bonifica, si rende necessario modificare la modalità

di selezione dei fornitori, prediligere ove possibile l'uso di biocarburanti ed energie rinnovabili (ancora meglio se prodotte in sito), prediligere la rigenerazione dei filtri a carboni attivi, ove economicamente possibile.

- Spinge a individuare e sfruttare servizi locali, legati al contesto in cui è ubicato il Sito, con impatti positivi sulla comunità locale, ma anche sull'ambiente, considerando che i tragitti necessari agli spostamenti di merci e/o persone si riducono sensibilmente.

Un processo generale per poter costruire e utilizzare un sistema di valutazione della circolarità di un processo di bonifica può essere schematicamente come nella seguente Figura A4.3.

Fig. A4.3 - Esempio di costruzione di un Sistema di valutazione dell'Economia Circolare (EC) di un processo di bonifica



A titolo di esempio, per lo sviluppo di un sistema di valutazione dell'Economia Circolare, al fine dell'individuazione dei principi base del framework, si citano di seguito le definizioni dei principi di Economia Circolare proposte dallo Standard BS 8001 del British Standard Institute, secondo cui un approccio circolare di alto livello può essere valutato tramite sei principi, come mostrato anche nella Figura A4.4.

Fig. A4.4 - Sei principi dell'Economia Circolare secondo lo standard BS 8001 (BSI Group, 2014)



I vari principi sono necessariamente collegati tra loro e l'applicazione dell'uno dipende o ha ricadute nei confronti di uno o più principi. Il principio *Systems thinking* è primario in quanto rappresenta l'approccio, in chiave life-cycle, che deve essere alla base di tutte le decisioni riguardanti l'attività in esame, nel presente caso l'intero processo o una fase del processo di bonifica. L'*Innovation* si può intendere come approccio necessario per ripensare, riadattare la gestione delle risorse, nell'ottica di dare loro nuovo valore, ma anche di sperimentare e applicare nuove soluzioni e tecnologie di bonifica più aderenti ai principi di economia circolare. Il principio *Stewardship* richiede di avere la consapevolezza degli impatti, diretti e indiretti, a livello economico, sociale e ambientale delle operazioni di bonifica. Questo obiettivo richiede che vengano implementati dei sistemi di valutazione e monitoraggio delle proprie azioni e dei propri target, tipicamente un sistema di "Plan-Do-Check-Act". Fondamentale, anche per ridurre i potenziali impatti sulla comunità locale, è collaborare (*Collaboration*, per l'appunto) con i vari stakeholder coinvolti nell'intero processo, con gli obiettivi anche di sensibilizzare e condividere l'approccio circolare che è stato scelto per le proprie attività. Collegato a quest'ultimo, il principio di *Transparency* richiede il pieno controllo delle informazioni inerenti il flusso delle risorse, dei materiali utilizzati e dei rifiuti prodotti nelle operazioni di bonifica, essere aperti e onesti sui benefici e sugli ostacoli che l'approccio scelto comporta.

Tutti i precedenti principi fanno da "ombrello" a quello che è il principio più materiale tra quelli proposti dallo standard BS 8001, e tipicamente al centro dell'economia circolare, ovvero *Value*

Optimization, focalizzato proprio sulla valorizzazione dei materiali; l'approccio può essere tuttavia esteso a tutte le risorse in gioco, materiali, energetiche ed idriche, puntando ad un attento procurement, la riduzione dell'uso/consumo delle stesse, oltre che all'impegno a mantenere elevato il loro valore.

Nell'ambito del contesto italiano, sono numerose le iniziative e i gruppi di lavoro che sono impegnati nell'elaborazione di linee guida e nella selezione e individuazione di indicatori per misurare e monitorare la circolarità economica, da cui è possibile prendere ulteriore spunto. Per una trattazione più esaustiva si faccia riferimento al Capitolo 2. Nel presente capitolo verrà citata l'iniziativa della piattaforma ICESP (<https://icesp.it/>), a partire dalla quale è stato creato un gruppo di lavoro coordinato da ENEA incentrato sul tema "Strumenti per la misurazione dell'economia circolare": nel 2018 e 2020 sono stati pubblicati due rapporti con un riepilogo sintetico di esempi e casi studio nazionali e internazionali e illustrazione degli indicatori adottati. Oltre ad indicatori definiti *ad hoc* per il singolo progetto, emergono da questa raccolta i seguenti strumenti più comuni di misurazione dell'economia circolare:

- *Life Cycle Assessment (LCA)*. Secondo quanto riportato nella Strategia Nazionale per l'Economia Circolare (MITE, 2022), gli indicatori per misurare il grado di circolarità di un sistema dovrebbero essere conformi al concetto di LCA e considerare tutte le fasi chiave della vita di un prodotto: dall'acquisto, alla produzione, alla logistica, alla vendita, all'uso e al fine vita. Per ulteriori informazioni sul LCA, si veda il Capitolo 7 della presente Appendice.

Material Circularity Indicator (MCI), un tool sviluppato dalla Ellen MacArthur Foundation, parte del più ampio "*Circular Indicators Project*", che consente di analizzare e valutare una serie di rischi ambientali, regolatori e legati al *supply chain* per i prodotti oggetto di analisi (aggregabili per arrivare a valutazioni del portfolio del prodotto e di livello di Company).

APPENDICE 4

6. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SUGLI UN SDG

Nel settembre 2015 le Nazioni Unite hanno adottato l'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile declinata in 17 Obiettivi o "Goal" (Sustainable Development Goals - SDG) da raggiungere entro il 2030, associati a un totale di 169 Traguardi o "Target".

Diverse esperienze hanno permesso di individuare una correlazione tra valutazioni e indicatori di sostenibilità del processo di bonifica di siti contaminati e alcuni SDG proposti dall'Agenda Globale delle Nazioni Unite. A titolo di esempio, tutti gli indicatori costituenti il framework di sostenibilità proposto da Surf UK sono stati associati in modo diretto o indiretto con almeno un SDG (Bardos et al., 2018) (CL:AIRE, 2020).

La valutazione dell'impatto delle attività di bonifica sugli obiettivi e i target dati dall'Agenda Globale 2030 può essere particolarmente utile nel caso di realtà produttive e *site owner* che hanno adottato strategie allineate con (e misurate mediante) il raggiungimento degli SDG. Questo tipo di valutazione può aiutare a misurare e a ottimizzare la performance ambientale di organizzazioni industriali anche rispetto alle attività di bonifica, adottando un "linguaggio" comune ovvero le stesse metriche utilizzate sia a diversi livelli all'interno della medesima organizzazione, e sia da altre organizzazioni.

Fig. A4.5 - Rappresentazione grafica dei Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite



In termini estremamente generali, la valutazione dell'impatto delle attività di bonifica in un sito contaminato sugli SDGs può articolarsi nei seguenti passaggi:

1. Identificazione degli SDGs coinvolti in maniera diretta o indiretta nell'approccio alla bonifica;
2. Eventuale identificazione dei Target maggiormente impattati, in maniera diretta o indiretta, all'interno di ciascuno degli SDG coinvolti;

3. Quantificazione del contributo (positivo o negativo) mediante punteggio numerico o qualitativo di ogni processo/tecnologia rispetto agli SDG e agli eventuali Target coinvolti;
4. Eventuale valutazione comparativa circa l'impatto di diversi processi/tecnologie su un medesimo set di Goal o Target.

Un metodo alternativo di valutazione in base all'impatto sugli SDG, qualora il sito o il processo di bonifica in esame venga già analizzato e monitorato mediante indicatori di sostenibilità, ad esempio tramite un modello di analisi multicriteria (AMC - cfr. Paragrafo **6.1.**) è la possibilità di tradurre le esistenti valutazioni di sostenibilità in termini di impatto sugli SDG facendo uso di una matrice di correlazione tra indicatori dell'analisi multicriteria e SDG connessi. In questo senso, risulta significativo nell'ambito delle esperienze internazionali, e potenzialmente replicabile in altri contesti, l'esercizio di mappatura tra indicatori di sostenibilità e SDG svolto da SuRF-UK (CL:AIRE, 2020). Tale esercizio ha permesso di individuare una correlazione diretta tra indicatori di sostenibilità e 13 dei 17 SDG (come già evidenziato da Bardos et al., 2018), e una possibile correlazione indiretta con i rimanenti 4 SDG.

Anche con riferimento alle esperienze internazionali sopra citate, gli SDG più tipicamente coinvolti in maniera diretta e indiretta nelle valutazioni di sostenibilità dei processi di bonifica risultano essere i seguenti:

- Goal 2 (Zero hunger)
- Goal 3 (Good health and well-being)
- Goal 4 (Quality education)
- Goal 5 (Gender equality)
- Goal 6 (Clean water and sanitation)
- Goal 7 (Affordable and clean energy)
- Goal 8 (Decent work and Economic Growth)
- Goal 9 (Industry, Innovation and infrastructure)
- Goal 11 (Sustainable cities and communities)
- Goal 12 (Responsible consumption and production)
- Goal 13 (Climate action)
- Goal 15 (Life on land)
- Goal 16 (Peace justice and strong institutions)

Nelle valutazioni di sostenibilità in termini di impatto sugli SDG, si ritiene particolarmente utile il confronto con i Goals e i relativi Target di cui al precedente elenco.

Gli SDG coinvolti in maniera indiretta o più marginale rispetto alle valutazioni di sostenibilità delle bonifiche risultano invece i seguenti:

- Goal 1 (No poverty)
- Goal 10 (Reduced inequalities)
- Goal 14 (Life below water)
- Goal 17 (Partnership for the goals).

BOX 4: CORRELAZIONI TRA UN SDG E BONIFICHE SOSTENIBILI

Nel Box 4 di seguito riportata di propone un elenco (non esaustivo) di possibili impatti di un processo di bonifica sostenibile su ciascuno degli UN SDG e i relativi target.

Box 4: Esempi di relazioni tra gli SDG e buone pratiche per la bonifica sostenibile

SDG	Correlazioni dirette con pratiche sostenibili di bonifica
<p>#1 - No poverty: Porre fine alla povertà in tutte le sue forme in ogni luogo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Creazione di posti di lavoro e capacità tecniche legati alla caratterizzazione, bonifica e riconversione di siti contaminati - Garantire un equo accesso alle risorse naturali ed economiche a tutta la società
<p>#2 - Zero hunger: Porre fine alla fame, conseguire sicurezza alimentare e una nutrizione migliorata e promuovere un'agricoltura sostenibile</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Riduzione di rischi per la salute umana legati alla catena alimentare - Riutilizzo di siti bonificati per la produzione agricola di materie prime (es. biocarburanti), riducendo la competizione con l'utilizzo di suolo per fini agricoli finalizzato al consumo umano - Ripristino delle funzioni ecologiche naturali, in particolare nel suolo e nelle acque - Produzione di materie prime riciclati per limitare il consumo di materie prime vergine
<p>#3 - Good health and well-being: Assicurare una vita in salute e promuovere il benessere per tutti a tutte le età</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ridurre i rischi per la salute umana derivanti dal contatto con le matrici contaminate entro soglie di rischio considerate accettabili è uno degli obiettivi delle attività di bonifica - Generazione di spazi verdi e fruibili dalla comunità in seguito a riconversione di Siti bonificati
<p>#4 - Quality education: Educazione di qualità: Assicurare una educazione di qualità, inclusiva ed equanime e promuovere opportunità di apprendimento per tutti e per tutta la vita</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promuovere la giustizia sociale attraverso l'equità nella condivisione e nell'accesso alle informazioni - Sviluppo di capacità tecniche legate alla caratterizzazione, bonifica e riconversione di siti contaminati
<p>#5 - Gender equality: Conseguire la parità di genere e promuovere tutte le donne e le ragazze</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promuovere la giustizia sociale e l'equità nel trattamento e nell'accesso alle informazioni
<p>#6 - Clean water and sanitation: Assicurare a tutti disponibilità e gestione sostenibile dell'acqua e della sanità pubblica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Miglioramento della qualità della risorsa idrica a seguito di attività di bonifica e decontaminazione delle acque
<p>#7 - Affordable and clean energy: Assicurare a tutti l'accesso ad una energia accessibile, affidabile, sostenibile e moderna</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Incoraggiare l'utilizzo di materie prime e risorse energetiche rinnovabili durante le attività di bonifica - Considerare la produzione di energia da fonti rinnovabili tra le possibilità di riconversione di siti bonificati

	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentare l'efficienza nel consumo di energia nelle operazioni di bonifica
<p>#8 - Decent work and Economic Growth: Promuovere una crescita economica sostenuta, inclusiva e sostenibile, occupazione piena e produttiva e lavoro accettabile per tutti</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gestione dei siti contaminati nell'ottica del ri-sviluppo - La bonifica o riconversione di siti inquinati può avere un impatto positivo in termini di incremento del valore economico del territorio - Creazione di posti di lavoro e capacità tecniche legati alla caratterizzazione, bonifica e riconversione di siti contaminati - Stimolazione di investimenti legati al ri-sviluppo di siti bonificati
<p>#9 - Industry, Innovation and infrastructure: Costruire infrastrutture resistenti, promuovere una industrializzazione inclusiva e sostenibile e coltivare l'innovazione</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Adottare un approccio inclusivo e innovativo nei processi decisionali coinvolti nella gestione di siti contaminati - Assicurare che i processi di gestione del rischio nei siti contaminati siano basati su evidenze scientifiche, o "<i>science-based evidence</i>" - Adottare approcci ad alta digitalizzazione per la gestione e il monitoraggio delle performance di bonifica - Creazione di posti di lavoro e capacità tecniche legati alla caratterizzazione, bonifica e riconversione di siti contaminati - Assicurare l'adozione di approcci di bonifica resilienti e flessibili
<p>#10 - Reduced inequalities: Ridurre le disuguaglianze tra i paesi e nei paesi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promuovere l'inclusione a tutti i livelli sociali nei processi decisionali legati alla gestione dei siti contaminati.
<p>#11 - Sustainable cities and communities: Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resistenti e sostenibili</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Porre la creazione di ambienti urbani inclusivi, sicuri e resilienti al centro degli obiettivi per la gestione sostenibile dei siti contaminati
<p>#12 - Responsible consumption and production: Assicurare forme di produzione e di consumo sostenibili</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Produzione di materie prime riciclati per limitare il consumo di materie prime vergine - Incoraggiare l'utilizzo di materie prime e risorse energetiche rinnovabili durante le attività di bonifica - Considerare la produzione di energia da fonti rinnovabili tra le possibilità di riconversione di siti bonificati
<p>#13 - Climate action: Intraprendere azioni urgenti per combattere il cambiamento climatico ed i suoi effetti</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quantificare e ridurre le emissioni di gas serra - Produzione di materie prime riciclati per limitare il consumo di materie prime vergine - Incoraggiare l'utilizzo di materie prime e risorse energetiche rinnovabili durante le attività di bonifica - Considerare la produzione di energia da fonti rinnovabili tra le possibilità di riconversione di siti bonificati
<p>#14 - Life below water:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ridurre l'inquinamento dell'ambiente costiero e marino

<p>Riservare e fare un uso sostenibile degli oceani, mari e risorse marine per uno sviluppo sostenibile</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protezione dei sistemi ecologici marini e costieri, aumentando la loro resilienza
<p>#15 - Life on land: Proteggere, ripristinare e promuovere un uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire le foreste in modo sostenibile, combattere la desertificazione, fermare e invertire il degrado dei terreni e fermare la perdita di biodiversità</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Riutilizzo di siti bonificati per la produzione agricola di materie prime (es. biocarburanti), riducendo la competizione con l'utilizzo di suolo per fini agricoli finalizzato al consumo umano - Ripristino delle funzioni ecologiche naturali, in particolare nel suolo e nelle acque
<p>#16 - Peace justice and strong institutions: Promuovere società pacifiche ed inclusive per uno sviluppo sostenibile, fornire accesso alla giustizia a tutti e realizzare istituzioni efficienti, controllabili e inclusive a tutti i livelli</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promuovere la giustizia sociale e l'equità nel trattamento e nell'accesso alle informazioni - Valorizzare gli stakeholder istituzionali e gli enti di controllo nei processi decisionali - Adottare un approccio inclusivo nei processi decisionali coinvolti nella gestione di siti contaminati
<p>#17 - Partnership for the goals: Rinforzare i mezzi di dispiegamento e rivitalizzare il partenariato globale per lo sviluppo sostenibile</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementare l'integrazione e la coerenza tra politiche di sviluppo sostenibile, favorendo il dialogo tra stakeholders

APPENDICE 4

7. VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA O LIFE CYCLE ASSESSMENT

La valutazione del ciclo di vita, o di *Life Cycle Assessment* (o "LCA"), è un metodo per valutare quantitativamente gli impatti complessivi attuali o potenziali di un prodotto o di un'attività durante l'intero arco della sua vita. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo e delle attività coinvolte, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale, sulla base di un'analisi dell'impronta di un progetto condotta "*dalla culla alla tomba*", in modo di identificare i punti critici e opportunità di miglioramento delle prestazioni ambientali di un progetto in tutte le varie fasi del ciclo di vita.

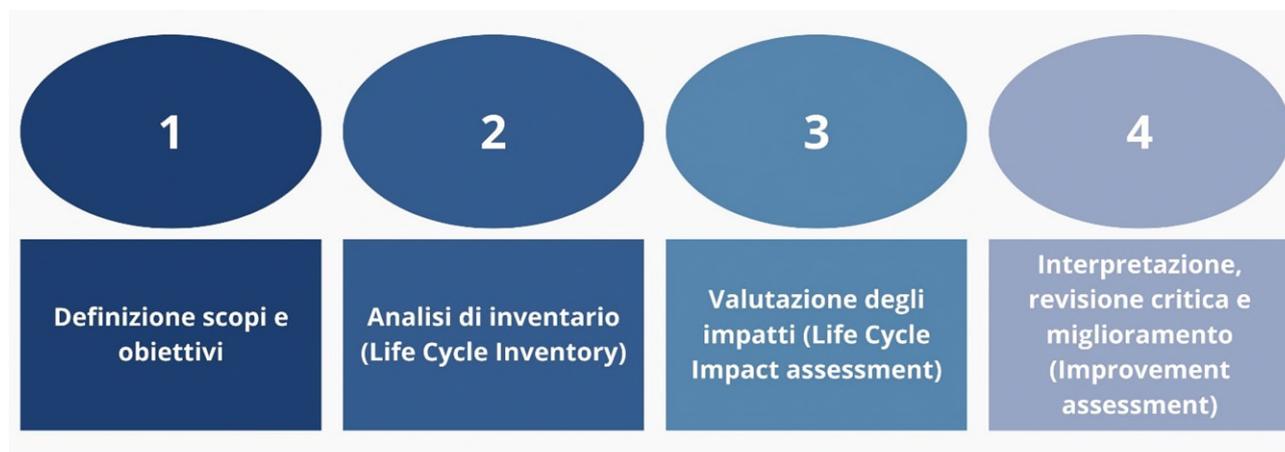
Il riferimento normativo internazionale per l'esecuzione degli studi di LCA è rappresentato dalle seguenti norme ISO della serie 14040 del 2006 e dalla più aggiornata ISO 14044 del 2021:

- UNI EN ISO 14040:2006 *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento* (ISO 14040, 2006);
- UNI EN ISO 14044:2021: "*Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*" (ISO 14044, 2021) che recepisce la UNI EN ISO 14044:2006 (ISO 14044, 2006).

La LCA così come definita dalle norme ISO rappresenta una "*raccolta ed una valutazione degli input, degli output e dei potenziali impatti ambientali di un sistema durante tutto il suo ciclo di vita*" (ISO 14040, 2006). Le norme forniscono un approccio sistematico per la preparazione e l'interpretazione di una LCA nonché le linee guida generali per condurre l'analisi di un ciclo di vita di un progetto, prodotto o servizio tra cui:

- La definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA nonché dei confini del sistema studiato;
- Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI), ovvero di raccolta dei dati e delle procedure di calcolo volte a quantificare i flussi in entrata al sistema;
- Valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA), con lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali in uscita;
- Interpretazione dei risultati ottenuti e revisione critica dell'LCA, volti al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Fig. A4.6 - Fasi che concorrono in una valutazione del ciclo di vita, o di Life Cycle Assessment (o "LCA")



Le varie fasi che concorrono nell'LCA ed i risultati ottenuti vengono quindi raccolti sinteticamente nel documento di *Dichiarazione Ambientale di Prodotto*, ossia un documento, validato da un ente terzo accreditato, che consenta di comunicare alle parti interessate le prestazioni ambientali di un sistema o prodotto oggetto di valutazione.

Si evidenzia tuttavia che la definizione ISO di "prodotto" comprende anche i "servizi" ed è quindi applicabile ai progetti di bonifica (ITRC, 2011). Nello specifico, la conduzione di una LCA ad un progetto di bonifica, prevede la valutazione degli impatti ambientali attivi o potenziali nelle diverse fasi che concorrono al procedimento ambientale stesso, al fine di analizzare in modo completo e ad ampio raggio l'impronta di carbonio e/o altri impatti ambientali, estendendo i confini di analisi oltre i limiti strettamente connessi al progetto di bonifica stesso, sulla base di una valutazione condotta appunto "dalla culla alla tomba".

Mentre un'analisi completa del ciclo vita non risulta generalmente praticabile per un progetto di bonifica, un'analisi semplificata volta alla quantificazione dei principali indicatori ambientali rappresentativi dei potenziali impatti ambientali del progetto tra cui le emissioni di gas serra, il consumo di energia, la tipologia di materiali utilizzati e la produzione e gestione dei rifiuti, rappresenta uno strumento utile e pratico di valutazione al fine di evidenziare eventuali punti critici, con l'obiettivo di prevedere misure di miglioramento ed incrementare la sostenibilità ambientale del progetto stesso.

Negli ultimi anni, metodi quantitativi basati su metodologie footprint o LCA sono stati sempre più utilizzati per confrontare i diversi scenari di bonifica (Bardos, 2020). Gli strumenti avanzati per le valutazioni di sostenibilità (o strumenti di livello 2 o 3) utilizzano nello specifico metodi quantitativi e rigorosi per valutare gli impatti ambientali, sociali ed economici della bonifica. Tuttavia, la procedura LCA così come descritta dalle norme ISO, permette di valutare gli impatti ambientali del progetto nell'arco del suo ciclo di vita, con progressi negli ultimi anni nel voler incorporare metodiche di analisi anche degli impatti sulla società e sull'ecosistema (Favara, 2019). La LCA

permette nello specifico non solo di valutare gli impatti ambientali diretti e indiretti della bonifica ma anche i potenziali impatti sulla salute umana, la quale non include i tradizionali rischi sanitari studiati nell'ambito di una valutazione del rischio ambientale-sanitario (Favara, 2011).

A livello pratico, l'analisi del ciclo di vita può essere incorporata per ampliare i confini di un'analisi di footprint o per quantificare gli indicatori ambientali che concorrono in un'analisi multicriteriale per un confronto semi-quantitativo dei diversi scenari di bonifica potenzialmente applicabili, al fine di ottenere una stima più approfondita e rigorosa delle prestazioni ambientali delle diverse alternative di intervento di bonifica a confronto e con l'obiettivo di ridurre al minimo il consumo di risorse naturali, la generazione di rifiuti solidi e liquidi e gas serra, massimizzare l'uso di energie rinnovabili, prevedere la rivitalizzazione del sito e il ripristino di habitat ed ecosistemi a seguito della bonifica.

Maggiori dettagli sull'applicazione della LCA nel campo delle bonifiche sono riassunti in un documento pubblicato dal Sustainable Remediation Forum, dove viene proposto un processo di analisi LCA suddiviso in nove fasi specifico per i progetti di bonifica, definite sulla base di quanto proposto dagli standard ISO e descritte sinteticamente nel box di approfondimento in fondo al paragrafo (Favara, 2011; ITRC, 2011a).

Tuttavia, la metodologia fornita da SuRF US, non intende sostituire gli standard ISO, ma rappresenta uno strumento utile ad assistere e supportare i professionisti nella valutazione del ciclo di vita applicata a progetti di bonifica, con l'obiettivo di fornire uno standard ed evitare i comuni errori che vengono spesso associati ad un'analisi LCA soprattutto nel caso di progetti complessi.

Si specifica che la procedura LCA può implementare tutte o solo alcune delle fasi che concorrono in un progetto di bonifica in base al contesto di studio ed agli obiettivi prefissati, ovvero:

- *Caratterizzazione e fasi di indagine di sito* volte all'acquisizione di dati sito-specifici;
- *Selezione dell'intervento di bonifica*, sulla base di un confronto dei diversi scenari di bonifica individuati;
- *Progettazione e fase di realizzazione dell'intervento*, dove vengono identificate le opportunità di ottimizzazione dell'intervento, valutando ad esempio le pratiche di costruzione a basso impatto ambientale anche in termini di materie prime utilizzate;
- *Funzionamento e manutenzione (O&M)*, dove viene valutato periodicamente il sistema operativo dell'intervento al fine di ridurre l'impronta della bonifica;
- *Chiusura del procedimento*, dove vengono identificate le pratiche a minor impatto ambientale per il *decommissioning* e lo smantellamento o individuate le pratiche per il potenziale riutilizzo futuro del sito.

La procedura LCA applicata con approccio ampio e rigoroso a tutte le fasi che concorrono in un procedimento bonifica può risultare tuttavia poco pratica e non sostenibile, aumentando inoltre la possibilità di commettere errori nella valutazione legati ad esempio alla definizione di opportuni confini dello studio o alla gestione e scelta dei dati di input e output, in base agli obiettivi prefissati. In generale, i limiti di applicazione dell'LCA ai progetti di bonifica sono legati principalmente alla

mancanza di dati di input e output richiesti, al notevole fabbisogno di tempo per condurre l'analisi, alla complessità delle diverse fasi che concorrono al procedimento ambientale o nel reperire i dati necessari all'analisi, e, non per ultimo, in una mancata formazione da parte dei professionisti che operano nel settore (ITRC, 2011).

Sebbene negli ultimi anni, la prospettiva è stata quella di utilizzare strumenti LCA commerciali, database completi e standard riconosciuti (norme ISO) per effettuare valutazioni di LCA anche sui progetti di bonifica, molti professionisti nel campo delle bonifiche ambientali considerano questi approcci troppo costosi o poco pratici da implementare (Favara, 2011).

Sebbene, la conduzione di un'analisi LCA completa in genere va oltre l'ambito pratico, tale vincolo può essere superato valutando solo gli impatti direttamente correlati al progetto, incorporando limiti ragionevoli e limitando la valutazione LCA, come anticipato, ad un numero limitato di indicatori chiave tra quelli ritenuti più rappresentativi dei potenziali impatti ambientali del progetto (ad esempio, emissioni di gas serra, energia, materiali impiegati, rifiuti prodotti e spreco).

La stima degli impatti ambientali, anche attraverso un'*analisi di ciclo di vita semplificata*, fornisce comunque il vantaggio di identificare i punti critici del progetto e opportunità di ottimizzazione delle risorse ambientale, con in genere un impatto positivo in termini di risparmi economici capitali o operativi.

I dati di input che potenzialmente concorrono in un'analisi LCA semplificata per progetti di bonifica, riguardano il personale (ad es. manodopera, professionisti della progettazione), i materiali di consumo (ad es. materie prime di processo, reagenti o composti chimici), le risorse naturali (ad es. acqua, minerali, terra) le fonti di energia rinnovabili e non rinnovabili, compresi tutti i requisiti energetici per l'implementazione e il funzionamento di un sistema di bonifica, nonché l'energia necessaria per le operazioni associate, come il trasporto di personale, materiali, ecc. (ITRC, 2011a).

Indipendentemente dal livello di dettaglio di analisi intrapreso, la procedura LCA può supportare i diversi stakeholders a (Favara, 2011):

- comprendere il potenziale onere ambientale e per la salute umana dell'intervento di bonifica, compresi al di fuori dei confini del sito;
- identificare opportunità per ridurre gli impatti ambientali stimati;
- comprendere i compromessi delle diverse decisioni in relazione al trasferimento degli oneri ambientali da una categoria di impatto ad un'altra;
- comprendere le correlazioni di alcune decisioni;
- creare consapevolezza nel vantaggio dell'utilizzo di materiali riciclati o di scarto;
- creare consapevolezza che, in molti casi, la riduzione dell'impronta ambientale di un progetto si traduce in minori costi complessivi del ciclo di vita del progetto stesso ed in maggiori benefici per la comunità.

Box 5: Fasi di valutazione del ciclo di vita per gli interventi di bonifica (Favara, 2011; ITRC, 2011a; Butler, 2011)

Step di analisi		Descrizione generale	Panoramica di applicazione nel campo delle bonifiche
1	Definire gli obiettivi e l'ambito dello studio	Definire gli obiettivi dello studio, gli stakeholders coinvolti, il contesto ed il livello di dettaglio di analisi da condurre	Definire gli impatti associati ai contaminanti primari e residui, alle attività di bonifica (ad esempio, energia, materiali utilizzati e rifiuti prodotti) e/o ai benefici o oneri ottenuti dal riutilizzo del sito, soprattutto se le alternative messe a confronto portano a diversi scenari possibili futuri. Prevedere il coinvolgimento di deversi stakeholders tra cui Enti, comunità, proprietari di sito. Una eventuale implementazione di aspetti legati non solo agli impatti ambientali, ma anche sociali ed economici, devono essere valutati in questa fase.
2	Definire l'unità funzionale	Definire gli aspetti qualitativi e quantitativi della/e funzione/i rispondendo alle domande "cosa", "quanto", "quanto bene" e "per quanto tempo" al fine di paragonare i diversi scenari in gioco	Definire il contesto della bonifica o dei diversi scenari di bonifica a confronto, ad esempio, in termini di quantitativi di terreno da bonificare o i volumi di acqua emunta ("quanto"), gli obiettivi di bonifica da traguardare ("cosa") o gli anni di bonifica previsti da progetto ("per quanto tempo")
3	Stabilire i confini del sistema	Tra cui confini geografici, temporali e tecnologici. Identifica ciò che è incluso ed escluso nella valutazione, fornendo una giustificazione appropriata.	Stabilire confini chiari consente di identificare e determinare quali componenti di materiali, energia, trasporto, lavorazione e trattamento dei rifiuti dovrebbero essere inclusi o esclusi dall'LCA; i confini stabiliti variano sulla base del livello di approfondimento di analisi e degli obiettivi dello studio definiti nello step 1). I confini <i>geografici</i> includono considerazioni sulle attività ed i trasporti in loco e fuori sede (es. trasporto di materie prime e rifiuti, energia impiegata ed emissioni di carbonio dei sistemi di bonifica).

Step di analisi		Descrizione generale	Panoramica di applicazione nel campo delle bonifiche
			<p>I confini <i>temporali</i> prendono in considerazione la durata della bonifica o dei diversi scenari messi a confronto o comprende eventuali impatti anche dopo la chiusura del procedimento.</p> <p>I confini <i>tecnologici</i> si riferiscono alle prestazioni della tecnologia considerata, comparata alla migliore disponibile a livello commerciale o prevedendo potenziali migliorie e sviluppi della stessa nel tempo.</p>
4	Stabilire le metriche del progetto	Identifica le metriche e la metodologia di analisi e di interpretazione dei risultati	Selezionare le metriche o impatti e oneri chiave, che devono essere valutati o bilanciati per determinare l'impatto complessivo di un intervento di bonifica.
5	Analisi dell'inventario (LCI)	Definizione dei dati di input e di output di analisi	L'analisi dell'inventario per un progetto di bonifica consiste nell'identificare tutte le sostanze chimiche (es. ossidanti, substrati, etc.), i materiali finiti, l'energia impiegata, il trasporto, la lavorazione, il trattamento e/o lo smaltimento dei rifiuti, uso futuro del sito. Il reperimento dei dati, rappresentativi di emissioni dirette o indirette legate alla bonifica, consiste in un processo iterativo di acquisizione o estrapolazione al fine di trarre obiettivi dell'analisi. I dati devono rispettare determinati standard di qualità per garantire la solidità dell'analisi.
6	Valutazione degli impatti	Applicazione di fattori di equivalenza per caratterizzare una gamma di emissioni in categorie di impatto.	Tale fase prevede il calcolo dei diversi impatti ambientali definendo opportuni indicatori rappresentativi dei potenziali impatti del progetto stesso, sulla base dei dati raccolti dall'analisi dell'inventario (step 5). Gli impatti vengono quindi raggruppati in diverse categorie (ad es. kg CO ₂ eq emessi, m ³ di acqua consumata, kg di SO ₂ eq emessi, anni di trattamento previsti, kg di diesel consumati, km percorsi, etc.) e normalizzati a titolo comparativo.
7	Analizzare la sensibilità e l'incertezza dei	Valuta criticamente la sensibilità, la	Valutazione critica dei calcoli condotti e dei dati di input e output impiegati, apportando modifiche o valutazioni integrative, ad esempio in termini

Step di analisi		Descrizione generale	Panoramica di applicazione nel campo delle bonifiche
	risultati ottenuti d'impatto ambientale	qualità dei dati e del modello o dei calcoli condotto nel contesto definito nell'ambito dello step 1)	variazione (espansione o restrizione) dei confini del sistema, variazione delle quantità o di tipologia di reagenti impiegati, previsione di utilizzo di diverse fonti di energia elettrica impiegate, ipotesi di riciclaggio o riutilizzo di alcuni materiali, durata della bonifica, etc.
8	Interpretazione dei risultati	Fase di valutazione critica e di interpretazione dei risultati ottenuti dagli step precedenti di analisi dell'inventario e di valutazione degli impatti	Valutazione critica sulla base dell'identificazione e individuazione dei dati o calcoli che contribuiscono maggiormente ai risultati ottenuti dall'inventario e della valutazione dell'impatto.
9	Riportare i risultati dello studio	Report standard di descrizione delle varie fasi del processo di analisi e dei risultati ottenuti	Presentazione sintetica ed esaustiva dei risultati ottenuti da ciascuna fase di analisi. I risultati e le assunzioni condotte, devono essere riportate e descritte in modo chiaro e coerente, e centrare gli obiettivi definiti e concordati tra i diversi stakeholders nell'ambito dello step 1.

APPENDICE 4

8. VALUTAZIONI DI RESILIENZA E ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

In linea generale, un processo di valutazione al fine di incorporare il cambiamento climatico nei progetti di bonifica sostenibile e resiliente prevede le seguenti tre fasi descritte sinteticamente in Tab:

1. valutazione dell'esposizione climatica;
2. valutazione della vulnerabilità;
3. valutazione della resilienza climatica e di attuazione e monitoraggio dell'adattamento climatico.

Viene di seguito fornita una lista non esaustiva di riferimenti e standard internazionali o nazionali per il processo operativo di implementazione della **valutazione del rischio e di resilienza climatica** in un progetto, sito o intervento:

- ISO 14091:2021: *"Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment"*;
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) Superfund Climate Resilience;
- Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), 2021;
- European Union Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027;
- MAster ADAPT, 2018: *"Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale"*;
- ISPRA, LIFE ACT: *Planning for adaptation to climate change*.

Tab. 3: Processo di valutazione in tre fasi per incorporare il cambiamento climatico in un intervento di bonifica resiliente sostenibile (SRR)

Step	Descrizione	Fonti
1	Valutazione dell'esposizione climatica: determina come il cambiamento climatico sta influenzando i fattori di rischio climatico (ad esempio, condizioni meteorologiche, inondazioni, livello del mare, incendi) a livello locale di sito e quali sono gli effetti sull'intensità, frequenza e durata degli eventi meteorologici estremi. Da queste informazioni, il MCS viene aggiornato per includere fattori legati al clima.	WMO, 2009 ISO 14091, 2021 Master ADAPT, 2018
2	Valutazione della vulnerabilità e del rischio climatico: considera la capacità adattiva e la sensibilità di un sistema di bonifica a potenziali pericoli o minacce. Una conseguente perdita o riduzione della funzionalità ed efficacia dell'intervento può avere un impatto negativo sull'ambiente, influenzare il benessere delle comunità locali e comportare perdite economiche.	ISO 14091, 2021 US EPA Superfund Climate Resilience website Master ADAPT, 2018 Maco, 2018 European Union Technical guidance (2021-2027) ITRC, 2021 ISPRA, LIFE ACT
3	Valutazione di adattamento, attuazione e monitoraggio: consiste in misure che aumentano la resilienza e consente agli interventi di bonifica di adattarsi ad ambienti mutevoli. Monitoraggio periodico delle misure di adattamento con rivalutazione periodica della resilienza climatica dell'intervento sulla base dell'acquisizione di nuovi dati.	ITRC, 2021 Washington, 2017. US EPA Superfund Climate Resilience website ISPRA, LIFE ACT

Il livello di dettaglio ed i metodi utilizzati nella valutazione varierà a seconda del sito e dell'intervento di bonifica in atto. Per alcuni siti, può risultare sufficiente una valutazione qualitativa dei potenziali impatti e delle vulnerabilità climatiche, mentre per altri siti, può essere giustificata una valutazione quantitativa approfondita, comprensiva di modellazione climatica.

ITRC fornisce un quadro aggiornato che illustra come e perché la sostenibilità e la valutazione di resilienza climatica debbano essere integrate durante tutto il ciclo di vita di un progetto di bonifica, evidenziando tuttavia il vantaggio di condurre una valutazione nell'ottica SRR sin dalle prime fasi della bonifica, al fine di ridurre al minimo gli impatti ambientali, sociali ed economici indesiderati. Si segnala che il coinvolgimento dei diversi stakeholders è propedeutico in tutte le fasi, al fine di definire gli obiettivi, le limitazioni temporali e spaziali ed il grado di approfondimento con cui condurre le valutazioni, oltre che sensibilizzare, passo a passo, comunità ed enti pubblici tramite il loro coinvolgimento attivo (ITRC, 2021).

È riconosciuto che la valutazione di rischio climatico ed il concetto di resilienza e di adattamento ai cambiamenti climatici rappresentano campi emergenti le cui tecniche, metodi di valutazione, banche dati di riferimento e linee guida esistenti sono in continua evoluzione. Rimangono quindi degli interrogativi significativi su come incorporare effettivamente nella pratica i cambiamenti climatici in una valutazione di sostenibilità di un intervento di bonifica, nell'ottica in cui anche la sostenibilità rappresenta un'area innovativa in continua evoluzione e avanzamento.

In quest'ottica, lo **studio del contesto** e quindi dell'inquadramento dell'area di intervento e delle peculiarità del sito in base al suo assetto urbanistico, geologico e idrogeologico, al grado di contaminazione ed alle sorgenti di contaminazione nonché al Modello Concettuale di Sito (MCS) insieme all'analisi dei sistemi di bonifica potenzialmente applicabili o già operativi, risulta propedeutico e cruciale al fine di definire le potenziali **sorgenti di pericolosità** relative strettamente alla fenomenologia climatica e **fonti esposizione climatica**, rappresentative dell'area e dell'intervento in oggetto da sottoporre alla valutazione di rischio climatico.

ITRC individua per i siti sottoposti a bonifica un **elenco di potenziali sorgenti di pericolosità** per i quali può essere necessaria una valutazione della vulnerabilità sito-specifica e quindi un'analisi delle fonti potenzialmente esposte:

- variazioni nei modelli di precipitazione,
- condizioni meteorologiche estreme e avverse (uragani, temperature estreme),
- evapotraspirazione e siccità,
- innalzamento del livello del mare e intrusione del cuneo salino,
- variazioni della temperatura dell'aria,
- aumento della temperatura oceanica e acidificazione,
- contenuto di vapore acqueo atmosferico, c
- ambio del manto nevoso e diminuzione del volume dei ghiacciai,
- variazioni permanenti e temporali del livello della falda freatica,
- aumento dell'intensità degli incendi,

- frane,
- stabilità del permafrost,
- vento.

L'osservazione delle **variazioni climatiche del passato recente e in corso e la stima di quelle future**, costituiscono il presupposto indispensabile alla valutazione degli impatti e alla definizione delle strategie e dei piani di adattamento ai cambiamenti climatici (Master ADAPT, 2018). Le domande chiave da considerare nel processo di selezione delle sorgenti di pericolosità sono le seguenti:

- *"Quali sono gli eventi passati e quali i principali problemi che hanno interessato il sito e che possono essere legati al cambiamento climatico?"*
- *"Quali sono le principali caratteristiche del progetto che dovrebbero essere preservate da potenziali interferenze e impatti legati agli effetti del cambiamento climatico?"*
- *"Quali sono i rischi legati al clima che potrebbero diventare rilevanti in futuro?"*

A tal proposito, l'**analisi climatica** è volta a individuare le tendenze climatiche presenti e passate per la ricostruzione della **storia climatica del sito** e successivamente stimare le **tendenze o scenari climatici futuri** valutati sulla base di modelli climatici disponibili.

La **valutazione della vulnerabilità climatica** considera la **capacità di adattamento** e la **sensibilità** di un sistema di bonifica all'esposizione a tali potenziali impatti o minacce. La perdita di efficacia o la ridotta funzionalità dell'intervento possono infatti comportare un impatto negativo sull'ambiente e sulle risorse economiche e influire sul benessere sociale e delle comunità coinvolte e quindi comportare un impatto negativo sulla sostenibilità dell'intervento.

Dopo aver identificato gli impatti climatici specifici del sito a cui un intervento può essere potenzialmente esposto, le fonti di esposizione e gli scenari climatici potenziali futuri, la valutazione della vulnerabilità del sito consiste nel valutare come gli interventi proposti o in atto saranno influenzati dall'**esposizione a breve termine** (ad esempio, durante le fasi di indagine e caratterizzazione e la realizzazione dell'intervento) e nelle condizioni **a lungo termine** (in caso di anni di monitoraggio). In questa valutazione vengono prese in considerazione tutte le fasi del ciclo di vita del progetto di bonifica e vengono valutati i potenziali cambiamenti nelle condizioni del sito (ad esempio, idrogeologia, destino e trasporto dei contaminanti, efficacia del sistema di bonifica e gestione del rischio).

La **valutazione del rischio climatico** nella sua definizione è funzione quindi della **vulnerabilità** e dell'**esposizione** (ovvero delle **conseguenze climatiche**) stimate per diversi scenari di valutazione e della pericolosità climatica. Esso permette di correlare le potenziali conseguenze per un sistema esposto a pericolo, le cui incertezze di accadimento non consentono una valutazione a priori dei danni attesi. Il Box 6 fornisce un esempio di conseguenze correlate agli impatti climatici nel campo delle bonifiche ambientali.

Tali aspetti possono essere messi in correlazione al fine di condurre un'opportuna stima del rischio climatico, ad esempio, attraverso l'**uso di matrici e indicatori**, introducendo un fattore di soggettività alla valutazione stessa, esplicitato per mantenere la validità della discussione tra le parti coinvolte, implementando come possibile step successivo l'ACM per l'analisi della sostenibilità (vedi Paragrafo 6.1), con la valutazione di rischio climatico, al fine di una valutazione nell'ottica SRR. SURF UK, ad esempio, implementa la matrice di valutazione di sostenibilità con indicatori direttamente o indirettamente esplicativi degli impatti dovuto ai cambiamenti climatici, al rischio climatico ed alla resilienza dell'intervento, che influenzano direttamente le 3 dimensioni della sostenibilità (Surf UK, 2022, Appendice 1).

La **valutazione della resilienza climatica** con l'implementazione di **strategie di adattamento ed il loro monitoraggio nel tempo**, consiste quindi nell'adottare misure che aumentano la resilienza climatica dell'intervento di bonifica consentendone l'adattamento ad ambienti nuovi e condizioni climatiche mutevoli. Le strategie di adattamento individuate e implementate dovrebbero infatti essere monitorate periodicamente nel tempo, con continua revisione della valutazione del rischio climatico e quindi della resilienza sulla base dei nuovi dati che vengono a mano a mano acquisiti nel tempo, tramite un processo dinamico e interattivo, come mostrato in (ITRC, 2021). Le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici per un intervento di bonifica in genere implicano (US EPA, 2015):

- L'implementazione di misure volte ad incrementare la resilienza dell'intervento, se necessario. Ad esempio, possono essere implementati degli strumenti o apparecchi di controllo che consentano di regolare o sospendere le operazioni da remoto durante eventi meteorologici estremi, o alternativamente intervenire tramite strumenti che affrontino la vulnerabilità di un'area tramite, ad esempio, l'installazione di sistemi di controllo dell'erosione o di contenimento della contaminazione verso aree esterne in caso di precipitazioni intense o prolungate;
- Stabilire dei piani di monitoraggio per rivalutare periodicamente la resilienza dell'intervento e la vulnerabilità del sito, per determinare la necessità di interventi integrativi per incrementare la capacità adattiva mano a mano che la bonifica procede e le condizioni climatiche cambiano nel tempo, soprattutto nel caso di interventi di bonifica che prevedono un'operatività maggiore di 10 anni.

Fig. A4.7 - Gestione del processo di valutazione di vulnerabilità, resilienza e adattamento ai cambiamenti climatici (modificato da US EPA, 2015)



ITRC, 2021 fornisce inoltre una descrizione accurata ed una lista delle principali migliori pratiche di gestione sostenibile di un intervento per affrontare la resilienza sulla base delle vulnerabilità specifiche di un sito in caso di eventi meteorologici estremi e nel dettaglio, come implementare e integrare una valutazione di resilienza e sostenibilità a seconda della fase di vita o procedimento di un intervento di bonifica.

Box 6: Esempio di impatti dovuti al cambiamento climatico sulle tecniche di bonifica (Maco, 2018; O'Connell, 2015; US EPA, 2015)

CONTESTO	TECNICA	IMPATTO CLIMATICO
Trattamento del terreno	Biorisanamento	Cambiamento delle attività di degradazione Intermediari inaspettati
	Landfarming	Inondazione del sito per inondazione o aumento del livello medio del mare
Trattamento delle acque sotterranee	Pump and treat	Alterazione del tasso di rilascio ed estrazione
Rimozione dei materiali contaminati		Complicanze nel contenimento derivanti dagli eventi estremi, innalzamento del livello medio mare e inondazioni
Tecniche di bonifica <i>in situ</i>	Soil washing	Infattibilità dovuta alla scarsità di acqua a disposizione
	Estrazione	Fattibilità migliorata con le temperature in aumento
	Incenerimento	Cambiamento delle norme di emissione possono limitarne l'utilizzo
	Capping	Degrado delle coperture

Box 7: esempio di conseguenze dovute al cambiamento climatico (Maco, 2018; O'Connell, 2015)

IMPATTO CLIMATICO	EFFETTO SECONDARIO	CONSEGUENZE
Alterazione delle precipitazioni	Saturazione dei terreni: inondazioni, tempeste, maggior deflusso	Mobilizzazione di agenti dai siti contaminati, dunque maggiore concentrazione e intrusione in altri ecosistemi
		Diluizione, dunque riduzione della concentrazione di contaminanti dai siti di intervento
		Danneggiamento dei sistemi di contenimento
	Desertificazione: siccità	Ossidazione dei terreni
		Incremento della volatilità
		Minore diluizione dunque maggiore concentrazione
		Ridotta mobilitazione dunque persistenza dei contaminanti
		Insufficienza idrica per il trattamento di bonifica, dunque sovrasfruttamento di falde acquifere
	Attenuazione naturale, rimozione dei contaminanti più semplice	
	Salinità alterata	Alterazione del grado di degrado (fisico e microbico)
Innalzamento del livello medio mare	Erosione	Danneggiamento dell'integrità del sito
	Inondazione	Aumento della mobilitazione degli inquinanti, possibile diluizione, commistione o perdita di materiali contaminati
	Mobilizzazione dei contaminanti	Sedimenti contaminati ricoperti da sedimenti puliti
	Elevazione di barriere	Cambiamento dell'impronta carbonica delle pianure alluvionali, delle sponde fluviali e invasione del litorale costiero
Eventi meteorologici estremi	Escavazione (azione del vento/delle onde, deflusso superficiale delle acque)	Danneggiamento dell'integrità del sito e dei sistemi di contenimento
	Alluvioni	Possibile diluizione o compromissione del sito con la commistione o perdita i materiali contaminati, danneggiamento dei sistemi di contenimento

IMPATTO CLIMATICO	EFFETTO SECONDARIO	CONSEGUENZE
	Ondate di Calore	Aumento della volatilità, mobilitazione dei contaminanti attraverso l'aria
	Gelate	Danneggiamento dei sistemi di contenimento
Incendi	Uso di prodotti ignifughi	Dispersione di contaminanti
	Deterioramento delle attrezzature e infrastrutture presenti in sito	Perdita della funzionalità dei sistemi di bonifica
Diminuzione del pH		Aumento della disponibilità, mobilitazione e tossicità
		Aumento della sensibilità delle specie
		Alterazione dei tassi di trasformazione
Aumento delle temperature	Alterazione degli interventi e degradazione	Aumento o riduzione della tossicità
	Riduzione dell'ossigeno disciolto/ condizioni anossiche	Alterazione dei processi, riduzione della resilienza delle specie
	Aumento dello stress da calore sulle specie e condizioni associate	Aumento della sensibilità ai contaminanti
Impatto antropico	Comunità vulnerabili comunemente composte da minoranze e persone dal basso tenore socioeconomico	Disagi cardiopolmonari, perdita di abitazioni, acqua potabile, stress e conseguenze sul piano della salute mentale
	Aumento dell'uso di sostanze chimiche, cambiamento nell'uso del suolo, migrazioni	Aumento della tossicità, aumento di siti che richiedono interventi di bonifica

APPENDICE 4

9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI – SITOGRAFICI

- BARANDIARAN M.

Barandiaran, 2019. Barandiaran, Melissa, et al. 2019. "Disaster and Climate Change Risk Assessment Methodology for IDB Projects: A Technical Reference Document for IDB Project Teams" Environmental and Social Safeguards Unit. Inter-American Development Bank.

- BARDOS R. P.

Bardos, 2020. Bardos, R. P., Thomas, H. F., Smith, J. W., Harries, N. D., Evans, F., Boyle, R., ... & Haslam, A. (2020). *Sustainability assessment framework and indicators developed by SuRF-UK for land remediation option appraisal*. Remediation Journal, 31(1), 5-27. <https://doi.org/10.1002/rem.21668>.

Bardos et al., 2018. Bardos, R.P., Thomas, H.F., Smith, J.W.N., Harries, N.D., Evans, F., Boyle, R., Howard, T., Lewis, R., Thomas, A.O. and Haslam, A., *The Development and Use of Sustainability Criteria in SuRF-UK's Sustainable Remediation Framework*. 2018.

Bardos, 2015. Bardos RP, Bone BD, Boyle R, Evans F, Harries N, Howard, T & Smith JWN. 2016. *The rationale for simple approaches for sustainability assessment and management in contaminated land practice*. Science of the Total Environment. 563-564, 755-768. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.001>.

Bardos, 2011. Bardos RP, Bone BD, Boyle R, Ellis D, Evans F, Harries N, & Smith JWN, 2011. *Applying sustainable development principles to contaminated land management using the SuRF-UK framework*. Remediation, 22, 77-100.

- BSI GROUP

BSI Group, 2014 *Executive Briefing: BS 8001 - a Guide*.

- BUTLER P. B.

Butler, P. B., Larsen-Hallock, L., Lewis, R., Glenn, C. N., & Armstead, R. (2011). *Metrics for integrating sustainability evaluations into remediation projects*. Remediation, 21(3), 81-87.

- CL:AIRE

CL:AIRE, 2020. CL:AIRE. Supplementary Report 2 of the SuRF-UK Framework: *Selection of Indicators/Criteria for Use in Sustainability Assessment for Achieving Sustainable Remediation*. Luglio 2020.

- COM

COM 614, 2015. Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*.

- CRC

CRC for Contamination Assessment and Remediation of the Environment, National Remediation Framework "Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis of remediation options", Version 1.0: August 2019.

- CUSHMAN-ROISIN B. & CREMONINI B.

Cushman-Roisin & Cremonini, 2021. *Data, Statistics, and Useful Numbers for Environmental Sustainability. Bringing the Numbers to Life*. 1st Edition - May 14, 2021. B. Cushman-Roisin, B. Cremonini.

- DEFRA/DECC

DEFRA/DECC, 2021. *Guidelines to DEFRA/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*, prodotte e aggiornate dall'English Department for Environment, Food and Rural Affairs e dal Department of Energy and Climate Change. DEFRA/DECC, 2021.

- EEA

EEA, 2005. European Environment Agency, 2005. *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*. EEA Technical Report No 7/2005.

- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

Ellen MacArthur Foundation, 2013. *Towards the circular economy* Vol. 2 - Ellen MacArthur Foundation, 2013.

- EUROPEAN UNION TECHNICAL GUIDANCE

2021, European Union Technical guidance. Official Journal of the European Union (2021). *European Union Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027*.

- FAVARA P. J.

Favara, 2019. Favara, P., D. Raymond, M. Ambrusch, A. Libera, G. Wolf, J.A. Simon, B. Maco, E.R. Collins, M.A. Harclerode, A. D. McNally, R. Ridsdale, M. Smith and L. Howard. 2019. *Ten years later: The progress and future of integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects*. Remediation. 2019; 29:5-30.

Favara, 2011. Favara, P.J., T.M. Krieger, B. Boughton, A.S. Fisher, M. Bhargava. 2011. *Guidance for performing footprinting analysis and life-cycle assessments for the remediation industry*. Remediation Journal, Vol. 21, Issue 3. <https://doi.org/10.1002/rem.20289>.

- GAO

GAO, 2019. *Superfund: EPA should take additional actions to manage risks from climate change*.

- GIORDANO F.

Master ADAPT, 2018. Master ADAPT, MAInSTreaming Experiences at Regional and local level for ADAPTation to climate change. Giordano F., Barbieri L., Freixo Santos T., Bono L., Ballarin Denti A., Lapi M., Cozzi L., Pregnotato M., Oliveri S., Marras S., Maragno D., Magni F., Musco F., Satta G., Congiu

A. & Arras F. (eds) (2018). *Linee guida, principi e procedure standardizzate per l'analisi climatica e la valutazione della vulnerabilità a livello regionale e locale*. <http://www.masteradapt.eu>.

- HARLEY M.

Harley, 2008. Harley, M., Horrocks, L., Hodgson, N., (AEA), Van Minnen, (PBL), (2008). *Climate change, vulnerability and adaptation indicators*. ETC/ACC Technical Paper, 2008.

- HILL N.

Hill et al., 2021. N. Hill, G. Thistlethwaite, J. Bates, E. Karagianni, J. Maccarthy, P. Mullen, A. Kelsall, S. Hinton, C. Walker, B. Harris - 2021 *Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Conversion factors Final Report* – UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, London (UK), 2021.

- HOEKSTRA A. Y.

Hoekstra et al., 2012. A.Y. Hoekstra, M.M. Mekonnen, A.K. Chapagain, R.E. Mathews, B.D. Richter, *Global monthly water scarcity: Bluewater footprints versus blue water availability*, PLoS One 7 (2) (2012) e32688.

- IEA

IEA, 2022. *International Energy Agency GHG Emission Factors Database*, 2022.

- INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION

International Finance Corporation, 2013 *Water Footprint Assessment Results & Tata Chemicals*. Tata Motors. Tata Power. Tata Steel. IFC International Finance Corporation.

- IPCC

IPCC, 2021. Masson-Delmotte, Valérie, et al. (2021) "*Climate change 2021: the physical science basis*." Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

IPCC AR6 Working Group I. Eyring, V., N.P. Gillett, K.M. Achuta Rao, R. Barimalala, M. Barreiro Parrillo, N. Bellouin, C. Cassou, P.J. Durack, Y. Kosaka, S. McGregor, S. Min, O. Morgenstern, and Y. Sun, 2021: *Human Influence on the Climate System*. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter03.pdf.

IPCC, 2013. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*, Working group I, Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

IPCC, 2007b. Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007b. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of

the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; Van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (Eds), 2007. Cambridge University Press, UK.

- ISO

ISO 14044, 2021. UNI EN ISO 14044:2021: *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*. Febbraio 2021.

ISO 14091, 2021. UNI EN ISO 14091:2021: *"Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment"*.

ISO 18504, 2019. ISO 18504 Soil quality: Sustainable remediation National Remediation Framework *"Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis"*, Agosto 2019.

ISO 14040, 2006. EN ISO 14040:2006: *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and frameworks*. Luglio 2006.

ISO 14044, 2006. EN ISO 14044:2006: *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. Luglio 2006.

- ISPRA

ISPRA, 2019. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*.

ISPRA, 2018. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra e altri gas nel settore elettrico*.

ISPRA, LIFE ACT – Adapting to Climate change in Time. *Planning for adaptation to climate change. Guidelines for municipalities*. Life Project No LIFE08 ENV/IT/000436.

- ITRC

ITRC, 2021. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). 2021. *Sustainable resilient remediation SRR-1*. Interstate Technology & Regulatory Council, SRR Team. <https://srr-1.itrcweb.org>.

ITRC, 2021. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2021. *Sustainable Resilient Remediation SRR-1*. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, SRR Team.

ITRC, 2011a. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). c2011a. *Green and Sustainable Remediation: A Practical Framework*. GSR-2. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Green and Sustainable Remediation Team. <https://itrcweb.org/GuidanceDocuments/GSR-2.pdf>.

ITRC, 2011b. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). 2011b. *Green and Sustainable Remediation: State of the Science and Practice*. GSR-1. Washington, D.C.: Interstate Technology Regulatory Council. <https://www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/GSR-1.pdf>.

- KLEIN TANK A. M. G.

WMO, 2019. Klein Tank A.M.G., Zwiers F.W. & Zhang X. (2009), "*Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*", Climate Data and Monitoring WCDMP, 72, WMO-TD N. 1500, 56pp.

- MACKNICK J.

Macknick et al., 2012. *Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature*. J. Macknick, R. Newmark, G. Heath and K. C. Hallett. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO 80401-3305, USA.

- MACO B.

Maco, 2018. Maco, Barbara, Paul Bardos, Frederic Coulon, Emerald Erickson-Mulanax, Lara J. Hansen, Melissa Harclerode, Deyi Hou, Eric Mielbrecht, Haruko M. Wainwright, Tetsuo Yasutaka, and William D. Wick. 2018. "*Resilient remediation: Addressing extreme weather and climate change, creating community value*." Remediation Journal 29 (1):7-18. doi: 10.1002/rem.21585. <https://files.core.ac.uk/pdf/23/188365745.pdf>.

- MEIßNER S.

Meißner, 2021. The Impact of Metal Mining on Global Water Stress and Regional Carrying Capacities—A GIS-Based Water Impact Assessment. S. Meißner. Environmental Science Center, University of Augsburg, Universitaetsstr. 1a, 86159 Augsburg, Germany. Resources 2021, 10(12), 120.

- MEKONNEN M. M.

Mekonnen et al., 2015. *The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment*. M.M. Mekonnen, P. W. Gerbens-Leenes and Arjen Y. Hoekstra.

- MEKONNEN M. M. & HOEKSTRA A. Y.

Mekonnen & Hoekstra, 2011. *The green, blue and grey water footprint of crops and derived cpro products*. Volume 1: Main Report. M.M. Mekonnen, A.Y. Hoekstra. UNESCO-IHE.

- MITE

MITE, 2022. *Strategia Nazionale per l'Economia Circolare*.

- NATIONAL REMEDIATION FRAMEWORK

National Remediation framework "*Remediation Action Plan Development. Guideline on performing cost-benefit and sustainability analysis*", Agosto 2019.

- O'CONNELL S.

O'Connell, 2015. O'Connell, Shannon, and Deyi Hou. 2015. "*Resilience: a new consideration for environmental remediation in an era of climate change*." Remediation Journal 26.1 (2015): 57-67.

- PARLAMENTO EUROPEO

Europarl, 2022. *Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi*. Parlamento Europeo.

- RITCHIE H. & ROSER M.

Ritchie & Roser, 2017. *Water Use and Stress*. Hannah Ritchie and Max Roser. Our World in Data.

- SCHROEDER P.

Schroeder et al., 2018. *The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals* - Patrick Schroeder, Kartika Anggraeni, Uwe Weber, 2018.

- SURF

SuRF, 2009. Sustainable Remediation Forum (SuRF). *"Sustainable remediation white paper—Integrating sustainable principles, practices, and metrics into remediation projects."* (2009) Remediation Journal 19 (3):5-114. doi: 10.1002/rem.20210.

- SURF ITALY

Surf Italy, 2015. SuRF Italy, P., & di RECONnet, G. D. L. *Sostenibilità nelle Bonifiche in Italia*. Rev.1-Ottobre 2015.

- SURF UK

SuRF UK, 2022. Sustainable Remediation Forum UK (SuRF UK). Agosto 2022. *Resilience and Adaptation for Sustainable Remediation*.

SuRF UK bulletin, 2022. *Resilience and Adaptation for Sustainable Remediation*.

SuRF UK, 2021. SuRF UK. *Sustainable Management Practices for Management of Land Contamination*. September 2021.

Surf UK, 2020. Sustainable Remediation Forum UK (SuRF), *"Supplementary Report 1 of the SuRF-UK Framework: a General Approach to Sustainability Assessment for Use in Achieving Sustainable Remediation"*; Luglio 2020.

SuRF UK, 2009. *Sustainable Remediation White Paper —Integrating Sustainable Principles, Practices, and Metrics Into Remediation Projects*. SuRF UK, 2009.

- UNECE TFEIP & EIONET

UNECE TFEIP & EIONET, 2019. UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) TFEIP (Task Force on Emission Inventories and Projections) and EIONET (European Environment Information and Observation Network), 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. *Technical guidance to prepare national emission inventories*. EEA Report No 13/2019.

- UNITED NATIONS

UN, 2015. United Nations. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.

- URICCHIO A. F.

Uricchio, 2020. *Le Bonifiche sostenibili nella nuova Carta di Principi presentata dal Ministro all'Ambiente*. Rivista Giuridica AmbienteDiritto.it - ISSN 1974 - 9562 - Anno XX - Fascicolo 3/2020 1. Antonio Felice Uricchio.

- US EPA

US EPA, 2021. US Environmental Protection Agency (US EPA). *Climate Adaptation Action Plan*, Ottobre 2021.

US EPA, 2015. US Environmental Protection Agency (US EPA). *Climate change adaptation technical fact sheet: Contaminated sediment remedies*, EPA 542-F-15-009. (2015).
<https://semspub.epa.gov/work/11/177110.pdf>.

USEPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2008. "Green Remediation: Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation at Contaminated Sites." EPA 542-R-08-002. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/green-remediation-primer.pdf>.

US EPA, Superfund. US EPA, *Superfund Climate Resilience*.
<https://www.epa.gov/superfund/superfund-climate-resilience>.

- WASHINGTON DEPARTMENT OF ECOLOGY

Washington, 2017. Washington Department of Ecology. *Adaptation Strategies for Resilient Cleanup Remedies*. November 2017. Publication 17-09-052.

- WBCSD & WRI

WBCSD & WRI, 2004. *The GHG Protocol: A corporate reporting and accounting standard* (revised edition). WBCSD & WRI, marzo 2004.

- WRI & WCSD

WRI & WCSD, 2013. *Greenhouse Gas Protocol. Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2013.

- ZHANG G. P.

Zhang et al., 2013. G.P.Zhang, A.Y.Hoekstra, R.E.Mathews. *Water Footprint Assessment (WFA) for better water governance and sustainable development*, 2013.

APPENDICE 5
(RELATIVA AL CAPITOLO 6)
INDICATORI AMC
(FILE EXCEL ALLEGATO)

Assoreca

ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITA' SOCIALE



ADERENTE A

CONFINDUSTRIA SERVIZI
INNOVATIVI E TECNOLOGICI

Sede legale e operativa: Via Copernico, 38 - 20125 Milano
Email: segreteria@assoreca.it • tel: 02 872 5913 • web: www.assoreca.it • C.F. 97142760152