Pesaro 20 Settembre 2022
LE FITOTECNOLOGIE AMBIENTALI: DALLA TEORIA ALLA PRATICA

Comune di Pesaro

LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI UN INTERVENTO DI BIO-FITO BONIFICA APPLICATO AD UN'AREA URBANA DEL COMUNE DI PESARO

Dott.ssa Lara Gea Valsecchi
Comune di Pesaro - Servizio Urbanistica e Tutela Ambientale
U.O. Ambiente

Principi Chiave

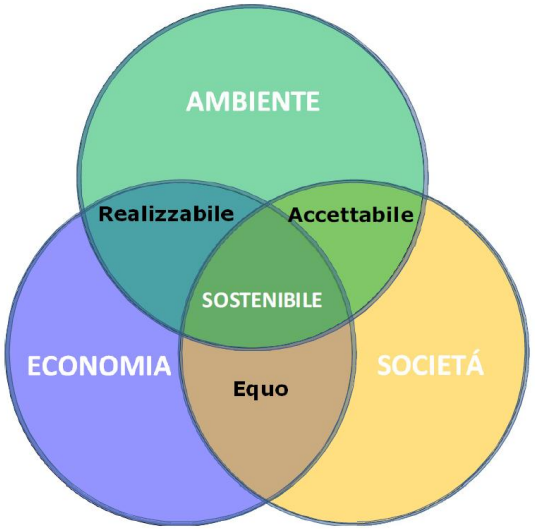
Comune di Pesaro

Che cosa si intende per "Sviluppo Sostenibile"?

"Lo sviluppo sostenibile è quello che soddisfa le necessità delle attuali generazioni senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie" (Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo dell'ONU, 1987)

… E per "bonifica sostenibile"?

"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" (Surf Italy, 2015).



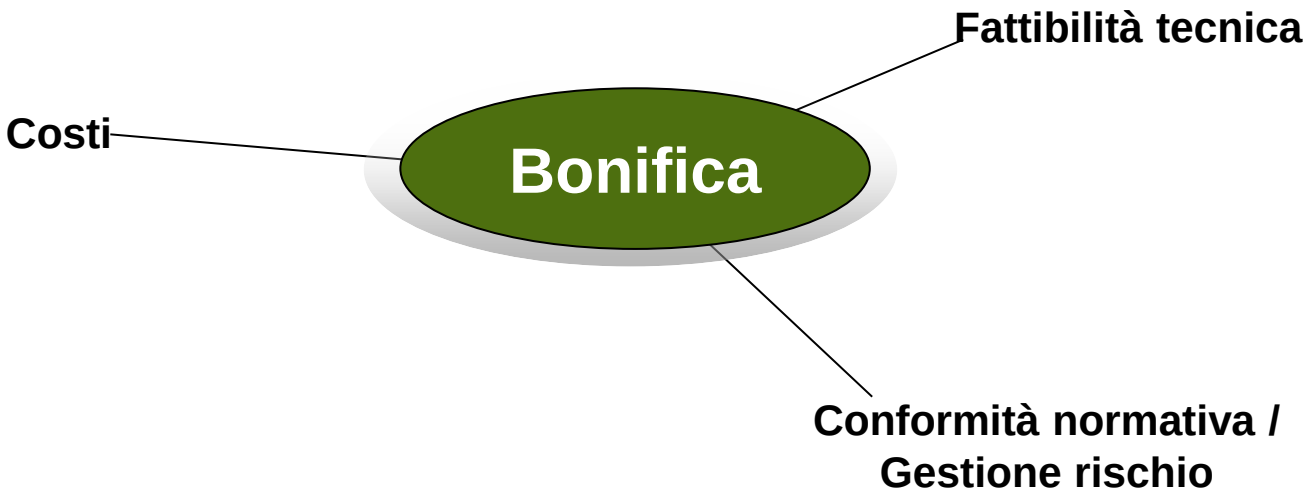
***MODELLO DI SOSTENIBILITÀ A TRE PILASTRI**: Rappresentazione dell'ambito di sostenibilità derivante dall'integrazione degli aspetti sociali, ambientali ed economici (SuRF UK)*

LA BONIFICA è NECESSARIA MA è NECESSARIAMENTE SOSTENIBILE?

LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELL'INTERVENTO DI BIO-FITOBONIFICA

Comune di Pesaro

Le tecnologie di bonifica vengono normalmente selezionate sulla base di costi , fattibilità tecnica e conformità normativa.

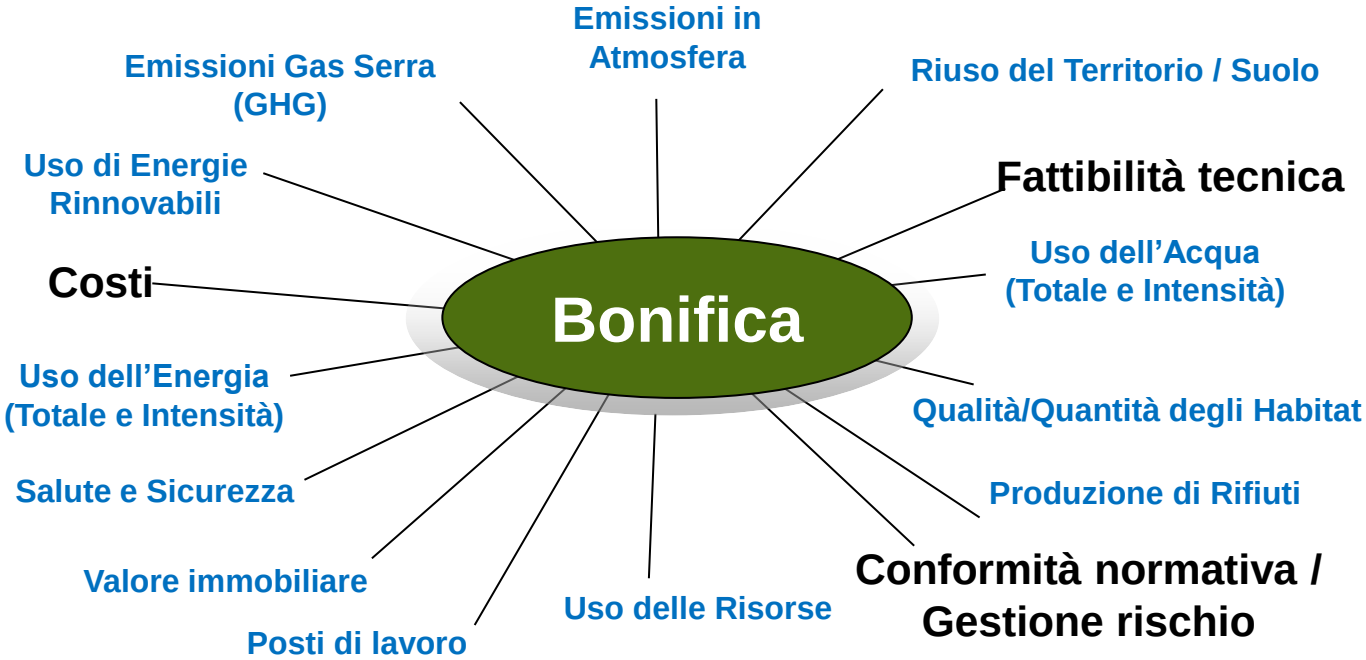


Applicare criteri di sostenibilità per la scelta di una tecnologia di bonifica comporta prendere in considerazione e "pesare" numerosi altri aspetti *ambientali*, *sociali* ed *economici*

LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELL'INTERVENTO DI BIO-FITOBONIFICA

Comune di Pesaro

Le tecnologie di bonifica vengono normalmente selezionate sulla base di costi , fattibilità tecnica e conformità normativa.

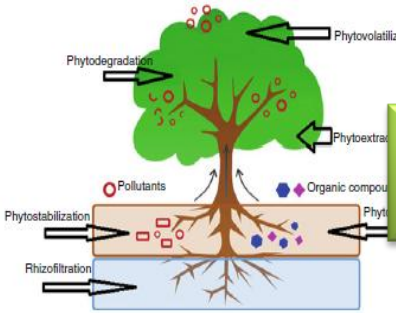


Applicare criteri di sostenibilità per la scelta di una tecnologia di bonifica comporta prendere in considerazione e "pesare" numerosi altri aspetti *ambientali*, *sociali* ed *economici*

LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELL'INTERVENTO DI BIO-FITOBONIFICA

Comune di Pesaro

LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI UN INTERVENTO DI BONIFICA NON è UN PROCESSO ASSOLUTO MA COMPARATIVO



Bioaugmentation & Phitoremediation

Scavo e smaltimento (Dig&Dump)

valutazione comparativa di sostenibilità di **secondo livello** (valutazione semi-quantitativa) seguendo l'approccio definito dalla norma **ISO 18504:2017**.

SCOPO FINALE: verificare se l'approccio di bonifica selezionato per il sito in esame, oltre ad essere in grado di soddisfare i requisiti normativi e le richieste della Comunità locale e delle Autorità coinvolte, **sia anche quello più idoneo a minimizzare gli impatti ambientali, sociali ed economici che potrebbero derivare dall'intervento di bonifica stesso.**

LA SELEZIONE DEGLI INDICATORI

Comune di Pesaro

❖**INDICATORE:** può essere definito come una caratteristica che rappresenti un impatto sulla sostenibilità (positivo o negativo) e che possa essere utilizzata per confrontare e valutare strategie di bonifica, comprendenti una o più tecnologie di bonifica (da ISO 18504 "Soil quality — Sustainable remediation", 2017) → **sintetizzare in modo chiaro e comunicabile un impatto sui tre ambiti della sostenibilità.**

❖ Definizione di un **set di indicatori:** → sulla base degli interessi degli stakeholder coinvolti, per ciascun ambito della sostenibilità, si è giunti alla selezione di **tre** distinti indicatori/criteri.

AMBIENTALI	SOCIALI	ECONOMICI
ENV 1 - Emissione di Gas Clima-alteranti in termini di CO_2	**SOC 1** – Impatti generali sulla salute e sul benessere dell'uomo	**ECON 1** – costo operativo dell'intervento/anno
ENV 2 – Cambiamenti della funzionalità del suolo per flora e fauna	**SOC 2** – Rispetto dell'equità intergenerazionale e tra le popolazioni	**ECON 4** – costo della riconversione dell'area / anno
ENV 5 – Quantità di materie prime non raffinate utilizzate	**SOC 3** – Effetti per i residenti delle aree limitrofe legati a polvere, odore, rumore, vibrazioni traffico veicolare ecc	**ECON 3** – capitale umano

❖ ***INDICATORI QUANTITATIVI (valore numerico)*** e ***INDICATORI QUALITATIVI (punteggio entro una scala qualitativa)***

INDICATORI AMBIENTALI :

Comune di Pesaro

AMBIENTALI
ENV 1 - Emissione di Gas Clima-alteranti in termini di CO_2
ENV 2 – Cambiamenti della funzionalità del suolo per flora e fauna
ENV 5 – Quantità di materie prime non raffinate utilizzate

Cambiamenti della funzionalità del suolo per flora e fauna (*ENV 2*)

Ipotizzare gli effetti che le due diverse alternative di bonifica potrebbero generare sulla qualità del suolo dell'alternativa "zero" (migliorativi, peggiorativi, neutri).

Classe di qualità del suolo dell'alternativa di riferimento	Classe di qualità del suolo risultante per l'alternativa di bonifica considerata				
	1	2	3	4	5
1	0	-1	-2	-2	-2
2	+1	0	-1	-2	-2
3	+2	+1	0	-1	-2
4	+2	+2	+1	0	-1
5	+2	+2	+2	+1	0

Classi di qualità del suolo:

1	Molto buona
2	Buona
3	Media
4	Scarsa
5	Molto scarsa

Effetti sulle funzioni del suolo:

+2	Molto positivo	→ (effetto apportato dalla *Bioaugmentation&Phytoremediation*)
+1	Positivo	
0	Neutro	
-1	Negativo	→ (effetto apportato dal *Dig&Dump*)
-2	Molto negativo	

(Volchko et al., 2014)

Quantità di materie prime non raffinate utilizzate (risorse naturali) (*ENV 5*)

Tecnologia di Bonifica	Tipologia materiale	tonnellate terreno
Dig&Dump	materiale naturale da cava (sabbia-ghiaia)	840
Bioaugmentation-phytoremediation	/	0

N.B. In conformità ai criteri tecnici individuati nell'allegato 3 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e nell'ottica *dell'**economia circolare***, l'intervento di *Bioaugmentation&Phytoremediation* ha previsto, per quanto possibile , **il riutilizzo in sito** del terreno non contaminato (terreno non direttamente coinvolto nelle operazioni di bonifica) es. per attività di riprofilatura e livellamento → **riduzione dei rifiuti**.

INDICATORI AMBIENTALI :

Comune di Pesaro

AMBIENTALI
ENV 1 - Emissione di Gas Clima-alteranti in termini di CO_2
ENV 2 – Cambiamenti della funzionalità del suolo per flora e fauna
ENV 5 – Quantità di materie prime non raffinate utilizzate

Emissione di Gas Clima-alteranti in termini di CO_2 (*ENV 1*)

Perché? …

- Coerente con gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs – Sustainable Development Goals) individuati dall'ONU nell'agenda 2030 (Traguardi 11.6; 12.4; 13; 13.1);
- Coerente con gli obiettivi del Green Deal Europeo:
  1. *inquinamento zero al 2050 → Piano d'azione dell'Unione Europea del 12 maggio 2021;*
  2. riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 → LEGGE EUROPEA SUL CLIMA.
- Coerente con gli obiettivi del ***Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile ed il Clima (PAESC)*** del Comune di Pesaro (delibera di C.C. n. 62 del 10/04/2019).

Valorizzazione…

1. identificazione dei principali processi in grado di generare emissioni di CO_2 in atmosfera (**TRASPORTO DEI MATERIALI**);
2. calcolo delle emissioni complessive di CO_2 (kg CO_2/anno) derivanti dai singoli processi;
3. normalizzazione dei risultati;
4. confronto dei risultati ottenuti per le due tecnologie di bonifica in esame.

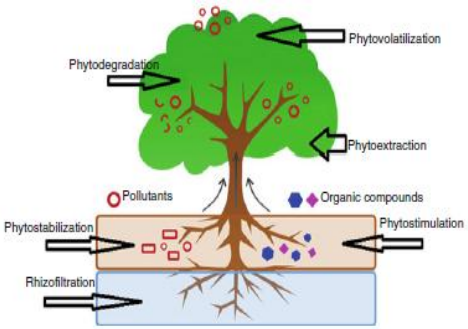
INDICATORI AMBIENTALI :

Emissione di Gas Clima-alteranti in termini di CO_2 (*ENV 1*)

Comune di Pesaro

DIG&DUMP	
PROCESSO	**Kg di CO_2 emessa**
Trasporto materiale contaminato in discarica (CER 170303*)(*)	+11129,66
Trasporto materiale NON contaminato in discarica (CER 170504) (*)	+658,69
Trasporto materiale naturale da cava in sito	+2309,22
TOTALE	**+14097,57**

CER: 170303* (prodotti contenenti catrame); ***CER: 170504*** (terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503*).



BIOAUGMENTATION&PHYTOREMEDIATION	
PROCESSO	**Kg di CO_2 emessa**
Trasporto gabbioni metallici per muro di contenimento - lato via morosini	+220,38
Trasporto pietrame per riempimento gabbioni metallici	+670,59
Trasporto eco-blocchi per muro fiorito	+324,48
Trasporto Piante	+3,00
CO_2 assimilata dalle piante in 5 anni*	-190125,00
TOTALE	**-188906,55**

i flussi di segno negativo corrispondono ad un **assorbimento di CO_2** da parte della vegetazione

→ ***IMPATTO POSITIVO***

INDICATORI SOCIALI :

Comune di Pesaro

SOCIALI
SOC 1 – Impatti generali sulla salute e sul benessere dell'uomo
SOC 2 – Rispetto dell'equità intergenerazionale e tra le popolazioni
SOC 3 – Effetti per i residenti delle aree limitrofe legati a polvere, odore, rumore, vibrazioni traffico veicolare ecc

Impatti (temporanei) sulla salute dei residenti nelle comunità limitrofe (*SOC 3*)

Perché? …

- ***Ubicazione del Sito***: l'area ex Amga si trova inserita in un contesto residenziale fortemente urbanizzato, a soli 200 metri dal centro storico;
- Coerente con i ***criteri g) e h) individuati nell'allegato 3 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/2006*** – (*Criteri generali per la selezione e l'esecuzione degli interventi di bonifica):*

  ✓evitare ogni inconveniente derivante da rumori e odori;
  ✓evitare rischi igienico-sanitari per la popolazione durante lo svolgimento degli interventi

Valorizzazione…

1. Per ogni tecnologia di bonifica, individuare le attività che potrebbero generare disagi (temporanei) alla popolazione residente relativamente alla ***rumorosità***, all'emissione di ***odori*** ed all'aumento delle ***polveri*** nell'aria;
2. Attribuire un punteggio (da 1 a 5) all'indicatore "**Impatti (temporanei) arrecati ai residenti off-site delle comunità limitrofe"** → *SCALA GRADUATA QUALITATIVA.*

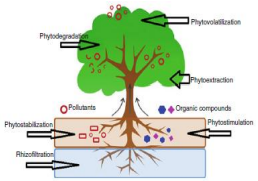
INDICATORI SOCIALI :

Comune di Pesaro

Impatti sulla salute dei residenti nelle comunità limitrofe (*SOC 3*)

Scala graduata per l'assegnazione di un punteggio (da 1 a 5) alle due tecnologie di bonifiche in termini di "disturbo" arrecato alle popolazioni residenti off-site.

Valore	Impatti (temporanei) arrecati ai residenti off-site delle aree limitrofe
1	Nessun disturbo incrementale in termini di emissione di odori, polveri o incremento della rumorosità.
2	Disturbo incrementale in termini di emissione di odori, polveri o incremento della rumorosità limitato nel tempo (minore di un terzo dei tempi totali della bonifica).
3	Disturbo incrementale in termini di emissione di odori, polveri o incremento della rumorosità per un tempo prolungato (tra un terzo e due terzi dell'intera durata delle operazioni di bonifica).
4	Disturbo incrementale in termini di emissione di odori, polveri o incremento della rumorosità per un tempo prolungato (maggiore di due terzi dell'intera durata delle operazioni di bonifica).
5	Disturbo incrementale in termini di emissione di odori, polveri o incremento della rumorosità perdurante in tutta la durata delle lavorazioni.



TECNOLOGIA DI BONIFICA	PUNTEGGIO ASSEGNATO (da 1 a 3)
Bioaugmentation & Phytoremediation	**2**
Dig & Dump	**5**

DIG&DUMP:

- realizzazione di scavi con mezzi meccanici (escavatori cingolati e/o terne gommate);
- movimentazione di materiali mediante automezzi (trasporto dei rifiuti prodotti dal cantiere fino agli impianti di destinazione finale e dei terreni di riempimento dal sito di provenienza al cantiere).

DISTURBO DURANTE TUTTA LA DURATA DELLE LAVORAZIONI

BIOAUGMENTATION&PHYTOREMEDIATION:

- principali disturbi in termini di emissione di rumore/odori e polveri concentrati nella fase iniziale di allestimento dell'impianto;
- durante tutto l'intervento, la messa a dimora della vegetazione determinerà, sulle medesime macro-categorie, importanti effetti positivi.

DISTURBO LIMITATO NEL TEMPO

INDICATORI ECONOMICI:

Comune di Pesaro

ECONOMICI
ECON 1 – costo operativo dell'intervento/anno
ECON 4 – costo della riconversione dell'area / anno
ECON 3 – capitale umano

Costo della riconversione dell'area in bonifica/anno (*ECON 4*)
costi e benefici economici indotti

Perché? …

- conforme ad uno degli obiettivi primari per l'Amministrazione Comunale: "***restituire l'area ex AMGA***, *nel più breve tempo possibile,* ***alla comunità locale*** *riconvertendola in un ambiente salubre, non pericoloso per la salute e quindi nuovamente fruibile"*
- ai sensi dell'art. 240, comma 1, lett. q) del D.Lgs. 152/2006, ***l'intervento di RIQUALIFICAZIONE*** deve garantire non solo la rimozione della contaminazione ma anche la creazione di nuove "*funzioni urbane*" appropriate per la specifica destinazione urbanistica del Sito.

Valorizzazione…

1. Costi per la riconversione dell'area;
2. Costi per opere compensative/migliorative.

Tecnologia di Bonifica	Costo Totale Riconversione (€)	Durata intervento (anni)	Costo Totale Riconversione/anni (€/anno)
Dig&Dump (*)	0	1	0
Bioaugmentation&Phytoremediation	306.503,75	5	153.251,87

N.B. l'intervento di ***Dig&Dump*** risulta essere mirato alla sola rimozione della contaminazione,

INDICATORI ECONOMICI:

Costo della riconversione dell'area in bonifica/anno (*ECON 4*)
costi e benefici economici indotti

Comune di Pesaro

L'intervento di Bioaugmentation&Phytoremediation prevede una vera e propria riqualificazione ambientale e paesaggistica dell'area

ULTERIORI BENEFICI AMBIENTALI

- il **miglioramento della qualità dell'aria** (assorbimento di particolato atmosferico e di altri inquinanti tipici dell'ambiente urbano (CO_2),
- **la riduzione del riscaldamento** dovuto all'irraggiamento degli edifici e murature perimetrali,
- la creazione di habitat con **effetti positivi sulla biodiversità**,
- **l'intercettazione dello scorrimento di acque meteoriche** durante piogge intense ed il loro consumo all'interno del sito,
- **il contenimento della diffusione di eventuali vapori organici** derivanti dalla contaminazione ancora residuale durante il periodo di sviluppo della bonifica
- Il **miglioramento della percezione estetica-paesaggistica del sito**.

INTEGRAZIONE DEGLI INDICATORI PER ASSEGNARE UNA VALUTAZIONE DI SOSTENIBILITÀ AI DIVERSI INTERVENTI

Comune di Pesaro

Esiti della valorizzazione degli indicatori considerati

INDICATORE	tipo di metrica	unità di misura	Punteggio "*Dig&Dump*"	Punteggio "*Bioaugmentation & Phytoremediation*"	Punteggio "*Dig&Dump*" (NORMALIZZATO)	Punteggio "*Bioaugmentation & Phytoremediation*" (NORMALIZZATO)
ENV 1 - Emissione di Gas Clima-Alteranti in termini di CO2	quantitativa	Kg di CO_2 emessa	14.097,57	-188.906,55	**-0,99**	**0,00**
ENV 2 - Cambiamenti della funzionalità del suolo per flora e fauna	qualitativa	punteggio (da -2 a +2)	-1	2	**0,25**	**1,00**
ENV 3 - Quantità di materie prime non raffinate utilizzate	quantitativa	tonnellate	840	0	**-0,83**	**0,00**
SOC 1 - Impatti generali sulla salute e sul benessere dell'uomo	qualitativa	punteggio (da 1 a 5)	1	5	**0,00**	**1,00**
SOC 2 - Rispetto dell'equità intergenerazionale e tra le popolazioni	qualitativa	punteggio (da 1 a 3)	1	3	**0,00**	**1,00**
SOC 3 - Effetti per i residenti delle aree limitrofe, legati a polvere, odore, rumore, vibrazioni, traffico veicolare	qualitativa	punteggio (da 1 a 5)	5	2	**-1,00**	**-0,25**
ECON 1 - costo operativo dell'intervento / anno	quantitativa	Euro/anno	403.782,50	49.023,79	**-0,81**	**0,00**
ECON 4 - costo della riconversione dell'area / anno	quantitativa	Euro/anno	0	153.251,87	**0,00**	**0,83**
ECON 2 - capitale umano	qualitativa	punteggio (da 1 a 5)	1	5	**0,00**	**1,00**
Score di Sostenibilità					**- 3,38**	**4,58**

FORMULA PER LA NORMALIZZAZIONE dei DATI: (*x – min*)/(*max – min*)

RISULTATI E CONCLUSIONI

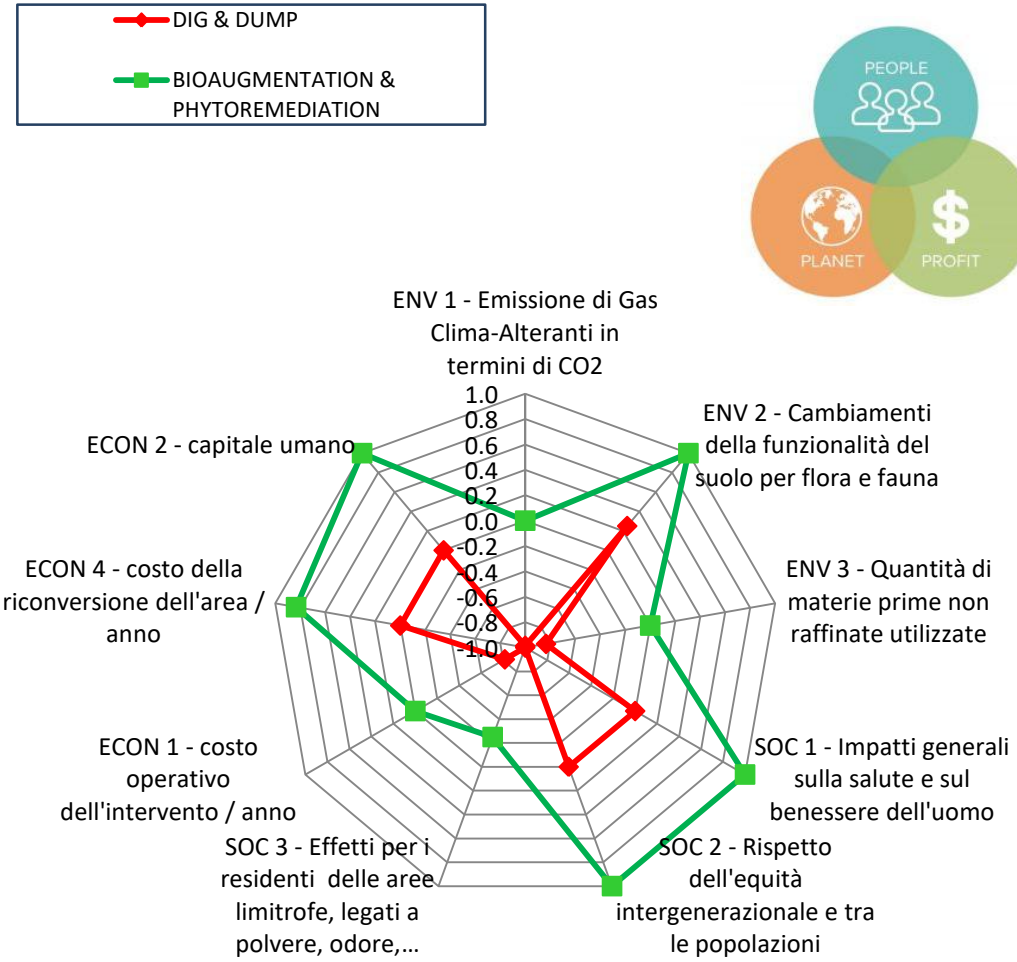
Comune di Pesaro

la tecnologia *"Bioaugmentation & Phytoremediation"* risulta essere *"più sostenibile"* rispetto alla possibile alternativa tecnologica del *Dig&Dump*, in quanto comporta:

- un **minore impatto ambientale** dato dalla rimozione della CO_2 atmosferica, dal miglioramento della funzionalità del suolo, dall'assenza di consumo di nuove risorse naturali, dal riutilizzo in sito di tutto il terreno non direttamente coinvolto nelle operazioni di bonifica e dalla limitata produzione di rifiuti;

- un **impatto sociale positivo** garantito dalla creazione di nuove aree verdi e spazi pubblici accessibili, dall'equa distribuzione del beneficio netto tra popolazione locale e popolazione non limitrofa e tra la generazione presente e la generazione futura, dalla minimizzazione degli impatti legati a rumore, emissione di polveri e viabilità locale.

- un **impatto economico positivo** dato dal minore costo operativo dell'intervento, dal maggiore costo per la riconversione dell'area e dalla creazione di capitale umano molto alta.



RISULTATI E CONCLUSIONI

Comune di Pesaro

Bonifica Sostenibile: "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**" (Surf Italy, 2015).

… Il coinvolgimento degli Stakeholder

- **elemento essenziale** per l'applicazione dei principi della Sostenibilità alla Bonifica dell'area ex AMGA;
- ha pervaso **tutte le fasi del processo di bonifica** (definizione degli obiettivi di bonifica; identificazione della strategia di bonifica; Progettazione intervento; approvazione Progetto; Esecuzione dei lavori ….)

COINVOLGIMENTO DELLA COMUNITÀ LOCALE (incontri pubblici; pubblicazione sul sito web istituzionale) → evitare l'insorgenza di eventuali conflitti/diffidenze e chiarire fin da subito eventuali perplessità.

COINVOLGIMENTO PROATTIVO DEGLI ENTI DI CONTROLLO (Tavoli Tecnici, CdS, Sopralluoghi) → risolvere, progressivamente, le eventuali problematiche e identificare eventuali opportunità di miglioramento/ottimizzazione

la comunicazione rappresenta oggi una nuova «frontiera tecnologica» per il coinvolgimento degli stakeholder verso approcci condivisi e vincenti di riqualificazione dei siti contaminati.

IL COINVOLGIMENTO DEGLI STAKEHOLDER

Comune di Pesaro

STAKEHOLDER	PRINCIPALI INTERESSI
Autorità Locale (Amministrazione Comunale)	Salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente; costi (limitati); legittimazione dell'intervento; restituzione alla comunità di un ambiente salubre e non pericoloso per la salute in ottemperanza all'art. 3-ter del D.Lgs. n. 152/2006 ed all'art. 3, comma 2, D.Lgs. n. 267/2000.
Enti di Controllo (ISS, ARPAM, ASUR, Provincia di Pesaro e Urbino, Regione Marche)	Salvaguardia della salute pubblica e dell'ambiente; Legittimazione dell'intervento; Raggiungimento degli obiettivi di bonifica prefissati.
Ente di Ricerca (Università degli Studi della Tuscia. Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali – DIBAF)	Ricerca scientifica nel campo del Fitorimedio; Acquisizione di dati ed informazioni sulla operatività delle tecniche di fitorimedio; Divulgazione scientifica.
Comunità Locale	Benessere; Accesso a spazi verdi e spazi ricreativi; Fruizione di un ambiente salubre e non pericoloso per la salute.

AUTORITÀ LOCALE → Comune: responsabile del procedimento + finanziatore della bonifica (art. 250 del D.Lgs. 152/2006)
ENTI DI CONTROLLO → Incontri Tecnici, Conferenze di Servizi;
COMUNITÀ LOCALE →Incontri pubblici con i quartieri; Pubblicazione Progetto sul sito istituzionale dell'Ente;
ENTE DI RICERCA – COMUNITÀ SCIENTIFICA →Convenzione tra Enti (art. 15 della L. 241/1990); Seminario Nazionale sul Fitorimedio

Comune di Pesaro