

**Interreg**



Co-funded by  
the European Union

**IPA** South Adriatic

---

**CLEAN**

# Workshop «EU Energy Policy and Recent Efficiency Directive Developments»

**FITOTECNOLOGIE  
PER LA BONIFICA DI UN SITO DI IMPORTANZA  
COMUNITARIA: L'AREA «STAGNI E SALINE DI PUNTA DELLA  
CONTESSA» (BRINDISI)**

Ing. Maria Giovanna Altieri

November 5<sup>th</sup>, 2024



**FITOTECNOLOGIE  
PER LA BONIFICA DI UN SITO DI  
IMPORTANZA COMUNITARIA:  
L'AREA «STAGNI E SALINE DI  
PUNTA DELLA CONTESSA»  
(BRINDISI)**



Politecnico  
di Bari





# BONIFICA SOSTENIBILE



## Sustainable Remediation:

Progetto di bonifica il cui beneficio netto sulla salute umana e sull'ambiente è massimizzato attraverso l'uso attento di risorse per mezzo di un processo decisionale condiviso con i portatori di interesse che tenga conto di considerazioni: Ambientali, Sociali ed Economiche.

## Green Remediation:

Selezione e implementazione di tecniche e tecnologie di risanamento (efficaci ed efficienti) prendendo in esame aspetti ambientali locali e globali che nello screening tradizionale non sono esaminati: Energia, Emissioni in atmosfera, Risorse idriche, Suolo/Ecosistema e Rifiuti.

In tale ambito, le valutazioni della sostenibilità si basano sulla definizione di indicatori che sintetizzano, in forma relativamente semplice e comunicabile, un impatto di una determinata attività del progetto di bonifica.

# CLASSIFICAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA



## IN SITU

Il trattamento viene effettuato sulla matrice contaminata senza rimozione od estrazione della stessa



## EX SITU - ON SITE

La matrice contaminata viene rimossa e trattata in impianti all'interno del sito



## EX SITU - OFF SITE

La matrice contaminata viene trattata in impianti collocati esternamente al sito



# CLASSIFICAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI BONIFICA



**BIOLOGICI**

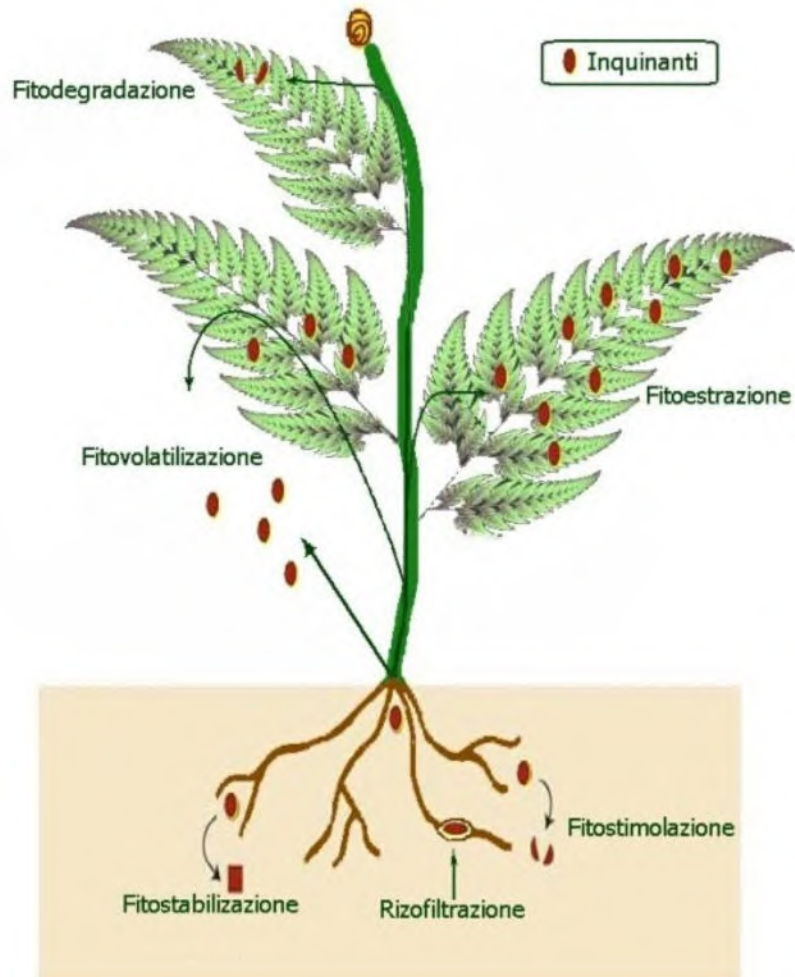


**CHIMICO-FISICI**



**TERMICI**

# FITOTECNOLOGIE



Sfruttano la capacità delle piante di rimuovere, immobilizzare o trasformare composti inorganici ed organici presenti nelle matrici ambientali. Le specie vegetali sono selezionate per la loro capacità di:

1. estrarre dal suolo e accumulare i metalli pesanti;
2. ridurre la mobilità degli inquinanti;
3. decomporre i composti;
4. ...

## VANTAGGI

Miglioramento attività ecologica

Alta sostenibilità ambientale

Risparmio in termini di costi, energia e materiali

## SVANTAGGI

Lunghi tempi di risanamento

Applicabile al suolo superficiale

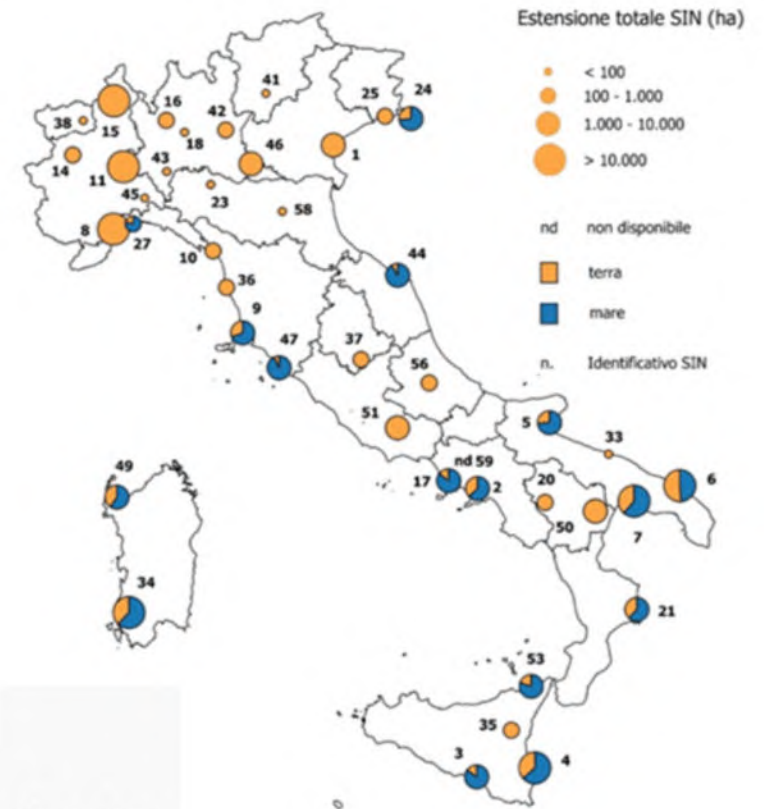
Crescita delle colture dipendente da fattori meteorologici e agronomici



# SIN – Siti di Interesse Nazionale

Individuati in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali.

Necessitano di interventi di **bonifica** delle diverse matrici ambientali.



Attualmente il numero complessivo dei SIN è  
**42**



La superficie complessiva dei SIN a terra è di circa  
**170.000 ha**

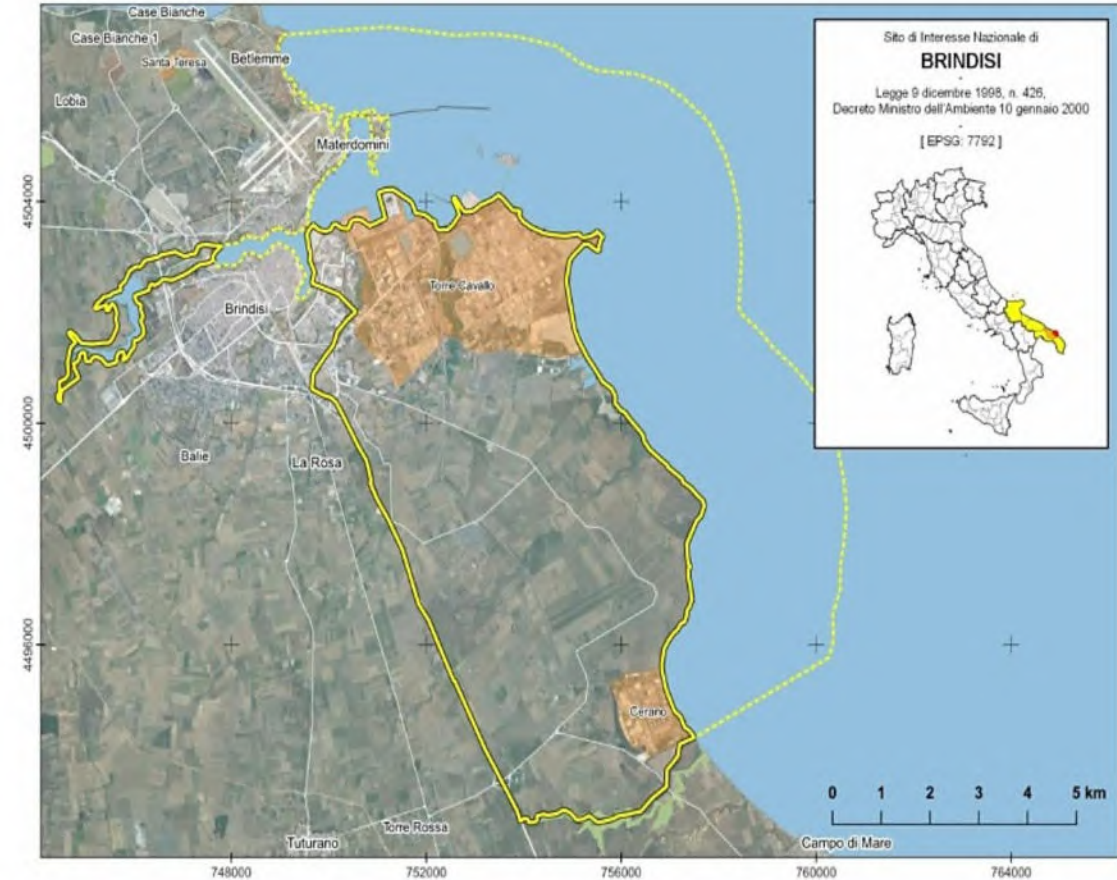
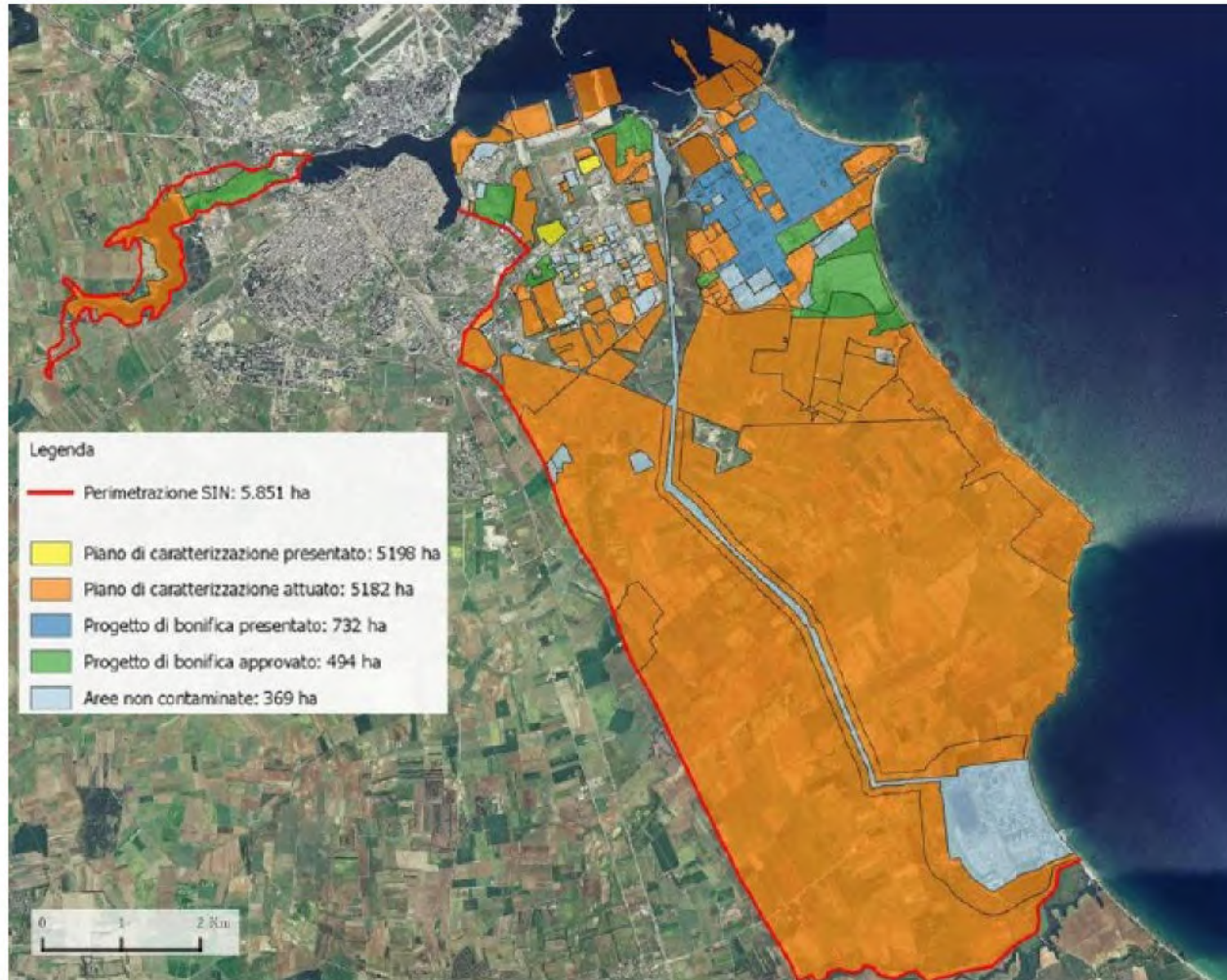


L'estensione complessiva delle aree SIN a mare è di circa  
**77.000 ha**



# SIN BRINDISI

Superficie di circa **5.700 ha di terra** e **5.600 ha di mare**



L'area perimetrata comprende:

-  Il Polo industriale;
-  Il Polo Petrochimico;
-  Il Polo Elettrico – Energetico;
-  Aree agricole;
-  Saline della Contessa;
-  Invaso del Cillarese;
-  Aree marine



# POLIBA – ASSET

Nell'ambito dell'**accordo di collaborazione** tra il Politecnico di Bari e Agenzia regionale Strategica per lo Sviluppo Ecosostenibile del Territorio della Regione Puglia (ASSET), il gruppo di ricerca di Tecnologie Ambientali è impegnato nello studio di **soluzioni sostenibili per la bonifica del sito di interesse nazionale (SIN) di Brindisi**. L'attività è incentrata sullo sviluppo di **metodologie innovative per la gestione dei siti contaminati**: dalla caratterizzazione ambientale alla selezione e implementazione di tecnologie di trattamento innovative.



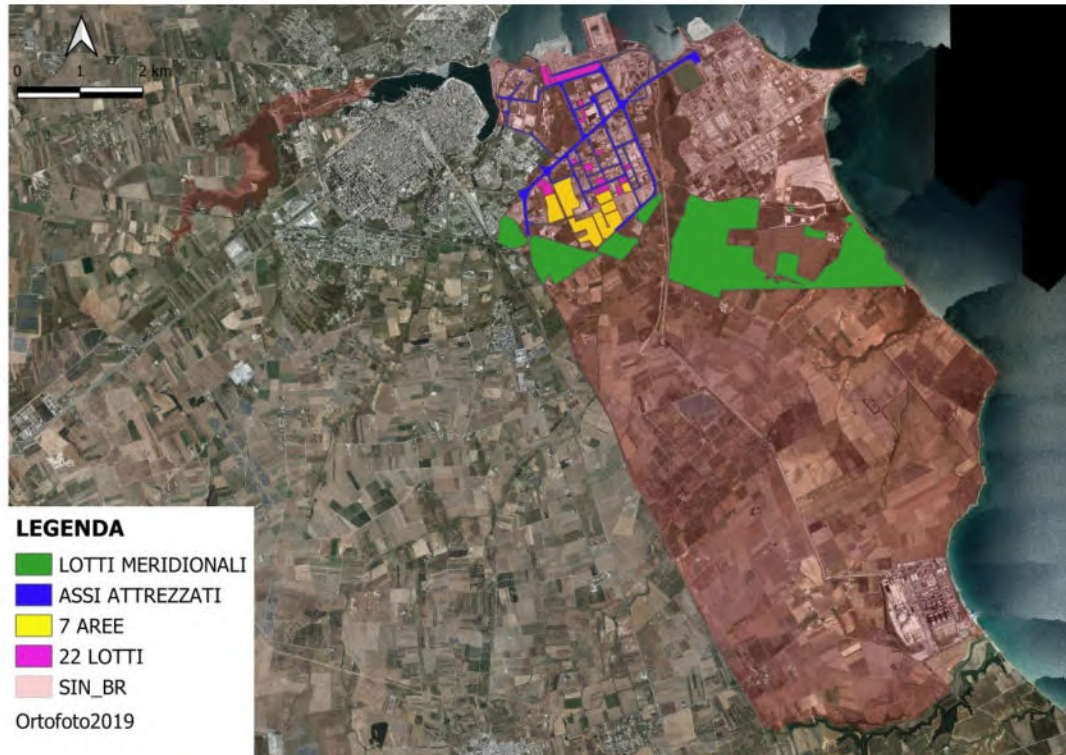
Il **Nuovo Accordo di Programma** per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese nel Sito di Interesse Nazionale di "Brindisi", sottoscritto dal Ministero della Transizione Ecologica (MITE), la Regione Puglia e il Comune di Brindisi (registrato dalla Corte dei Conti in data 15/10/2021 al n. 2862) prevede **cinque interventi**.



# INTERVENTI IN FASE DI REALIZZAZIONE

1

**Analisi di rischio sito specifica in zona ASI**  
Realizzazione di indagini integrative volte all'elaborazione dell'analisi di rischio sito specifica.



2

**Caratterizzazione del villaggio San Pietro**  
Il sito residenziale oggetto di un piano di caratterizzazione ambientale e di uno studio volto alla selezione della migliore tecnologia di bonifica.



# INTERVENTI IN FASE DI REALIZZAZIONE

3

## Messa in sicurezza e bonifica della falda in corrispondenza di Costa Morena e Fiume Grande

Esecuzione di indagini integrative finalizzate alla costruzione dello stato ambientale della falda per la progettazione ed esecuzione degli interventi.

4



5

## Bonifica di Stagni e Saline di Punta della Contessa

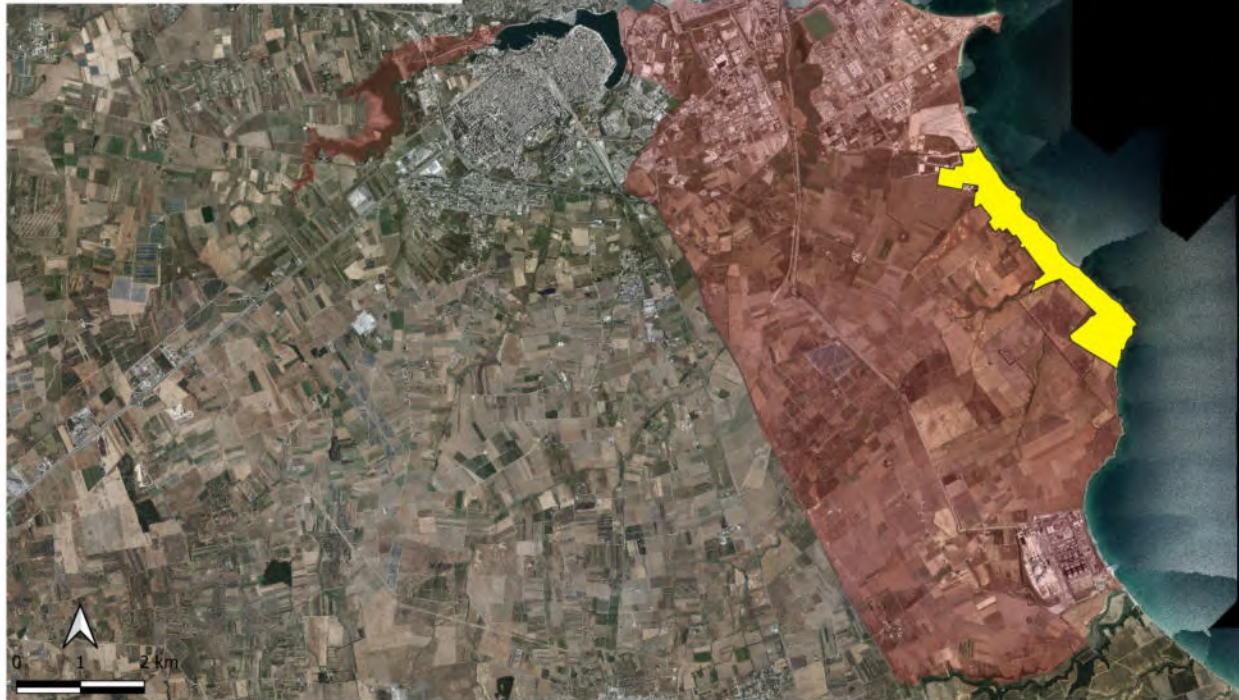
Trattasi di un sito d'importanza comunitaria per la conservazione della biodiversità contaminato.



# CASO STUDIO: Stagni e Saline punta della contessa

## LEGENDA

- Stagni e Saline di Punta della Contessa
  - Perimetrazione SIN Brindisi
- Ortofoto2019



## LEGENDA

- Area 1
  - Area 2
  - Area 3
  - Area 4
  - ZPS/ZSC
  - Stagni e Saline di punta della Contessa
  - Parco Naturale Regionale di Saline di Punta della Contessa
- Ortofoto2019



- Con L.R. del 23.12.2002 è stato istituito il **Parco Naturale Regionale** denominato «Saline Punta della Contessa»
- Nell'ambito del programma comunitario *Natura 2000*, la Regione Puglia ha proposto il Parco Naturale Regionale come **Sito Di Importanza Comunitaria** (SIC IT 9140003) e **Zona Di Protezione Speciale** (ZPS IT 9140008)



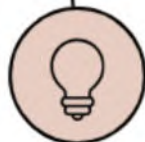
# Processo di bonifica



1) Caratterizzazione ambientale e modello concettuale



2) AdR - Obiettivi di Bonifica



3) Indagini integrative



4) Tecnologia di bonifica



5) Monitoraggio

# CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE



● 111 Sondaggi → 252 Campioni di suolo

▲ 25 Piezometri → 25 Campioni di acque sotterranee

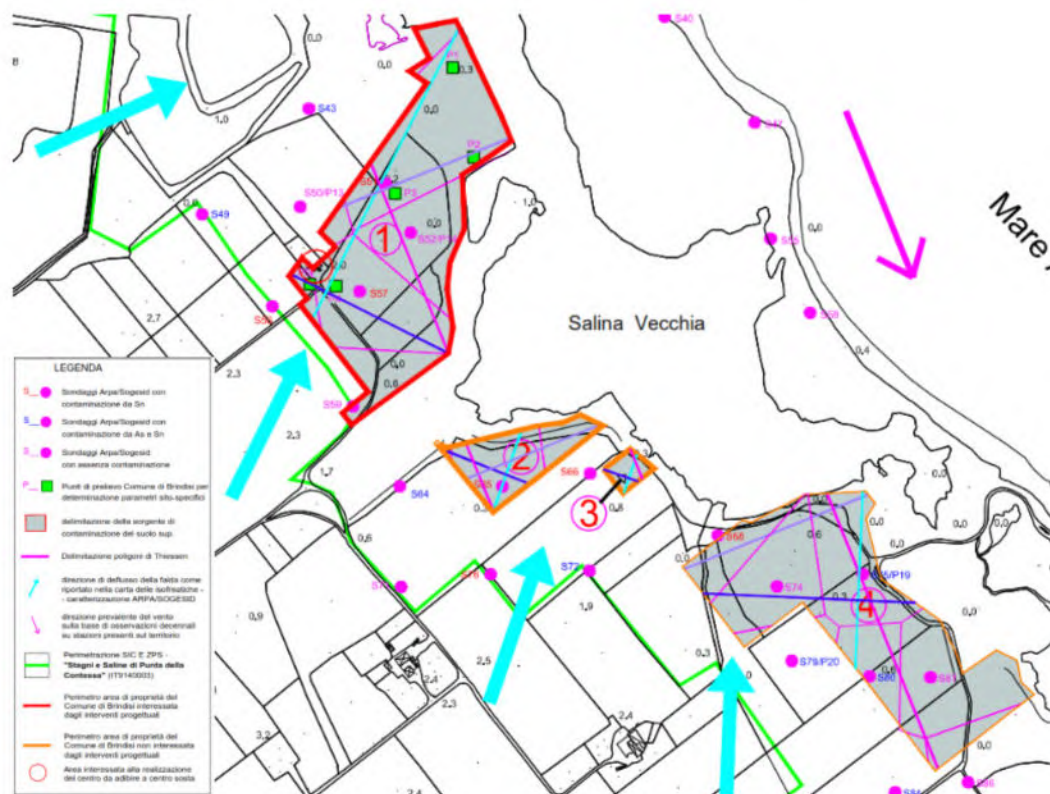
I risultati analitici sono stati confrontati con le **CSC** relative a siti ad **uso verde pubblico, privato e residenziale**.

L'**Arsenico** è stato confrontato con il **valore di fondo** antropizzato definito per il SIN di Brindisi e approvato dal MiTE (suolo superficiale **32.0** mg/kg e sottosuolo **52.7** mg/kg).





# CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE



Le attività di caratterizzazione consentivano l'identificazione di **quattro potenziali sorgenti di contaminazione** in corrispondenza del suolo superficiale, caratterizzate dalle CRS.

I risultati analitici evidenziano:

- Per la **matrice suolo**, superamenti puntuali delle CSC per As nonché una contaminazione diffusa da Sn.
- Per la **matrice acque** superamenti diffusi per Solfati e Mn e composti organici di origine industriale.

	CRS				CSC
	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4	
As	53.3	39.3	10.2	46.6	32.0
Sn	2.5	2.7	1.8	3.2	1.0



# MODELLO CONCETTUALE

## SORGENTI DI CONTAMINAZIONE

Sono state identificate 4 potenziali sorgenti di contaminazione in corrispondenza del Suolo Superficiale.

## BERSAGLIO UMANO

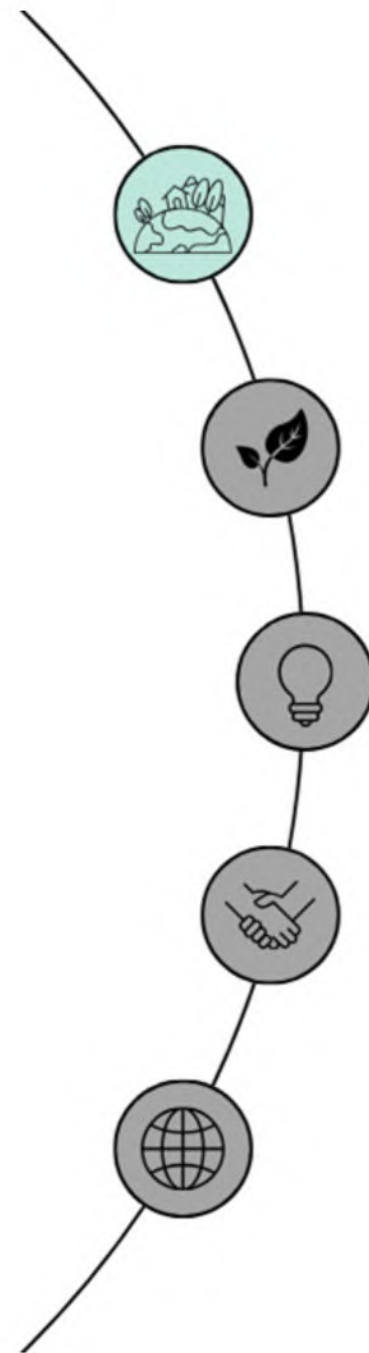
Recettore uomo (lavoratore e/o fruitore) presente sia all'interno dell'area (*on-site*) sia all'esterno dell'area (*off-site*)

## PERCORSI DI MIGRAZIONE

I percorsi di esposizione considerati sono: ingestione di suolo, contatto dermico, inalazione di polveri outdoor e indoor.

## BERSAGLIO AMBIENTALE

Recettore ambientale, si determina il rispetto delle CSC per la falda al POC (punto di conformità)





# MODELLO CONCETTUALE

**6** SCALA 1:100 ottobre 2014 **PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DEL CENTRO DI SOSTA**  
**PLANIMETRIE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

PIANTA STATO DI FATTO

PIANTA DI PROGETTO

**COMUNE DI BRINDISI**  
**REGIONE PUGLIA – P.O. FESR 2007-2013 – Asse II – Linea di intervento 2.5 – Azione 2.5.4**  
 ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO SU AREE DI PROPRIETA' DEL COMUNE DI BRINDISI SITE NEL PARCO NATURALE REGIONALE "SALINA DI PUNTA DELLA CONTESSA" CONTERMINI ALLA ZONA UMIDA DELLA SALINA VECCHIA

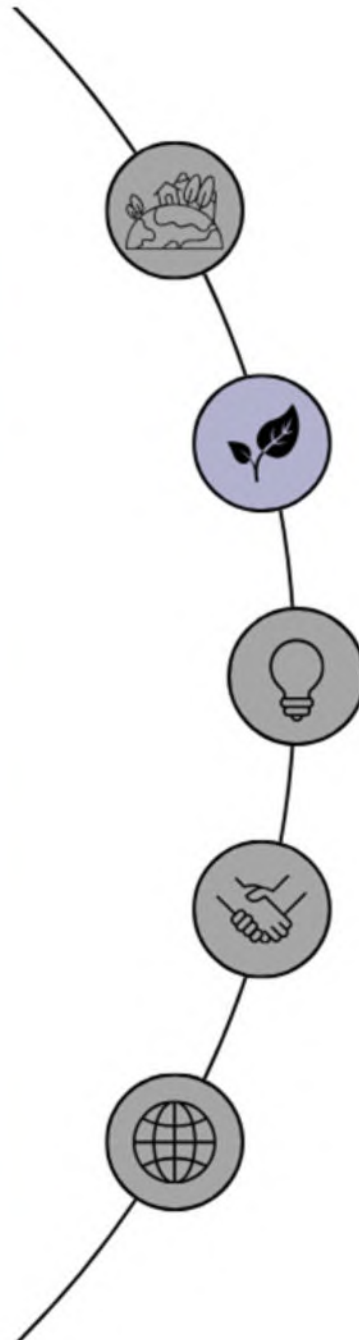
**UTIVO PER LA REALIZZAZIONE DEL CENTRO DI SOSTA**  
**RENDER VISTE PROSPETTICHE**

PIANTA IMPALCATO COPERTURA

**COMUNE DI BRINDISI**  
**REGIONE PUGLIA – P.O. FESR 2007-2013 – Asse II – Linea di intervento 2.5 – Azione 2.5.4**  
 ELABORAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO SU AREE DI PROPRIETA' DEL COMUNE DI BRINDISI SITE NEL PARCO NATURALE REGIONALE "SALINA DI PUNTA DELLA CONTESSA" CONTERMINI ALLA ZONA UMIDA DELLA SALINA VECCHIA

# ANALISI DI RISCHIO

AREA	CONTAMINANTE	CRS (mg/kg)	R	HI	CSR (mg/kg)	Valore di fondo (mg/kg)
1	Arsenico	53.3	<b><math>1.4 \cdot 10^{-4}</math></b>	<b>2.5</b>	<b>3.9</b>	<b>32.0</b>
	Stagno	2.5	-	$5.6 \cdot 10^{-5}$	-	
2	Arsenico	39.3	<b><math>1.0 \cdot 10^{-4}</math></b>	<b>1.8</b>	<b>3.9</b>	<b>32.0</b>
	Stagno	2.7	-	$5.9 \cdot 10^{-5}$	-	
3	Stagno	1.8	-	$3.9 \cdot 10^{-5}$	-	
4	Arsenico	46.6	<b><math>1.2 \cdot 10^{-4}</math></b>	<b>2.2</b>	<b>3.9</b>	<b>32.0</b>
	Stagno	3.2	-	$7.0 \cdot 10^{-5}$	-	





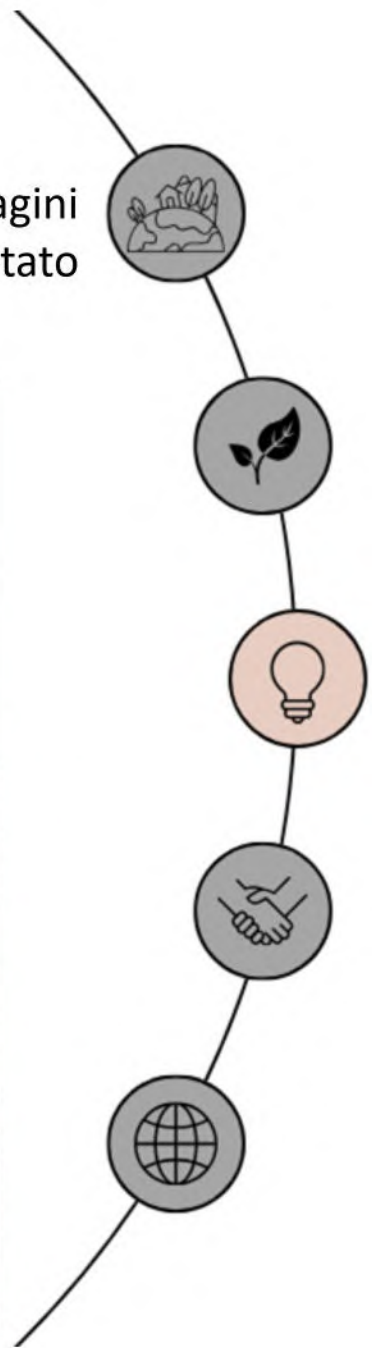
# INDAGINI INTEGRATIVE

Al fine di eseguire un intervento di bonifica adeguato, è opportuno prevedere una campagna di indagini integrative per definire l'estensione dell'inquinamento nel suolo superficiale nelle aree in cui è stato rilevato un **rischio non accettabile in merito all'Arsenico**.

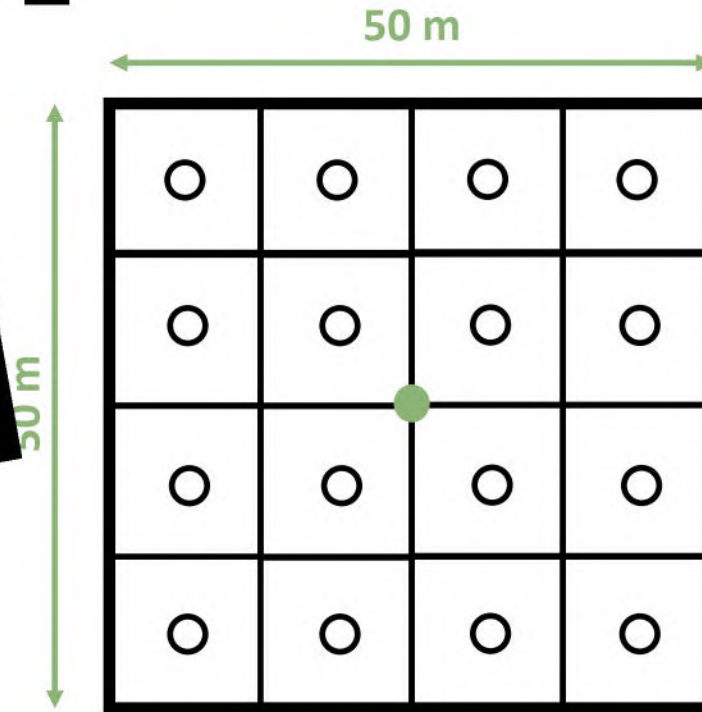
● 17 sondaggi (area 1)

● 4 sondaggi (area 2)

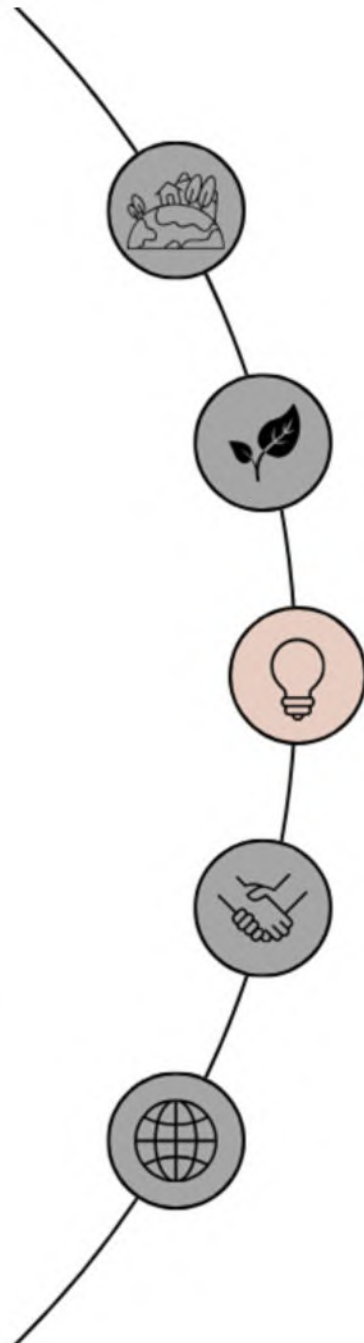
● 16 sondaggi (area 4)



# INDAGINI INTEGRATIVE



Partendo da una maglia 50x50 (come previsto dal **Protocollo Operativo** del SIN Brindisi) l'**ubicazione dei punti di sondaggio** verrà definita con maggior dettaglio mediante un'indagine speditiva con lo **spettrometro di fluorescenza di raggi X portatile**.



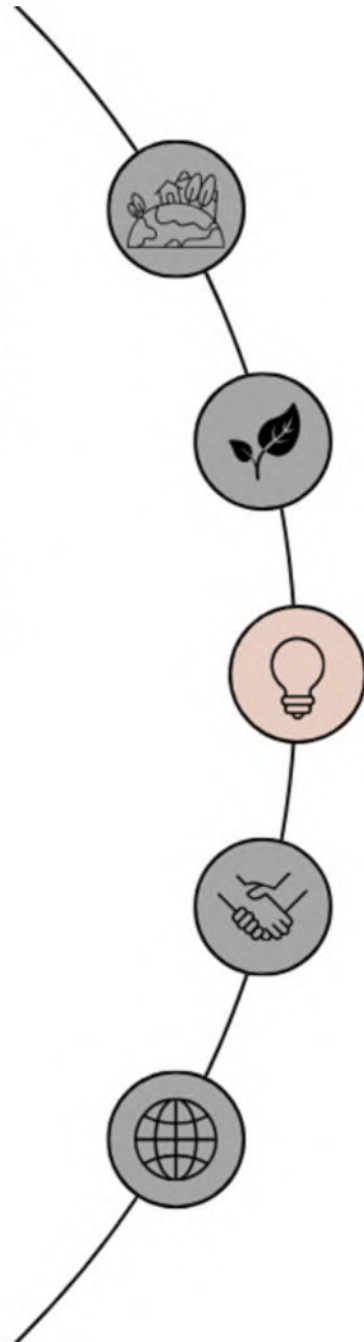


# VINCA



La **valutazione di Incidenza** è il procedimento di carattere preventivo al quale è necessario sottoporre qualsiasi piano, programma, progetto, intervento od attività che possa avere incidenze significative su un sito o proposto sito della rete Natura 2000.

Al fine di non intaccare gli habitat presenti nelle aree interessate, i sondaggi verranno eseguiti con l'utilizzo di **carotieri manuali**.



Pur tuttavia, per completezza di informazione, posto che le indagini in argomento sono propedeutiche all'eventuale esecuzione successiva di interventi di bonifica (fitorisanamento) da condurre nell'area, si rammenta che:

- il Regolamento del Piano di Gestione della ZSC/ZPS "Stagni e Saline di Punta della Contessa" (IT9140003) approvato definitivamente con Deliberazione della Giunta Regionale n. 2258 del 24 novembre 2009 stabilisce che:
  - o ex art. 10 – "Tutela della flora", comma 4 e 5:
    - 4. *Ai fini della tutela del patrimonio genetico locale non è consentito impiantare nel territorio del SIC/ZPS specie, ecotipi e varietà estranee alla flora spontanea dell'area. E' inoltre vietato impiantare individui vegetali che, pur appartenendo nominalmente all'Elenco delle entità autoctone del territorio, provengono da altre regioni, definite dall'art. 2 D. Lgs. 386/2003;*
    - 5. *I divieti di cui al comma 4 si applicano agli individui completi nonché alle singole parti utilizzabili per la propagazione agamica, quali talee, propaggini, rizomi, ecc., o deputate alla diffusione non vegetativa, quali semi, ecc.;*
  - o ex Art. 11 – "Tutela degli habitat" comma 1:
    - a) *all'interno del SIC/ZPS non è consentito trasformare, danneggiare e alterare gli habitat d'interesse comunitario;*
    - d) *tagliare e danneggiare la vegetazione naturale e seminaturale acquatica sommersa e semisommersa, riparia ed igrofila erbacea, arbustiva e arborea, salvo specifica deroga rilasciata dall'autorità di gestione, per comprovati motivi di natura idraulica e idrogeologica, nonché per ragioni connesse alla pubblica incolumità.*
  - o Ex Art. 13 – Opere di riqualificazione, recupero e ripristino ambientale:
    - 1) *Gli interventi di riqualificazione, recupero e ripristino ambientale sono finalizzati al graduale recupero della naturalità attraverso la rimozione delle cause dirette di degrado del SIC/ZPS e l'innescio spontaneo di meccanismi di riequilibrio, senza apporti di materia e/o energia.*



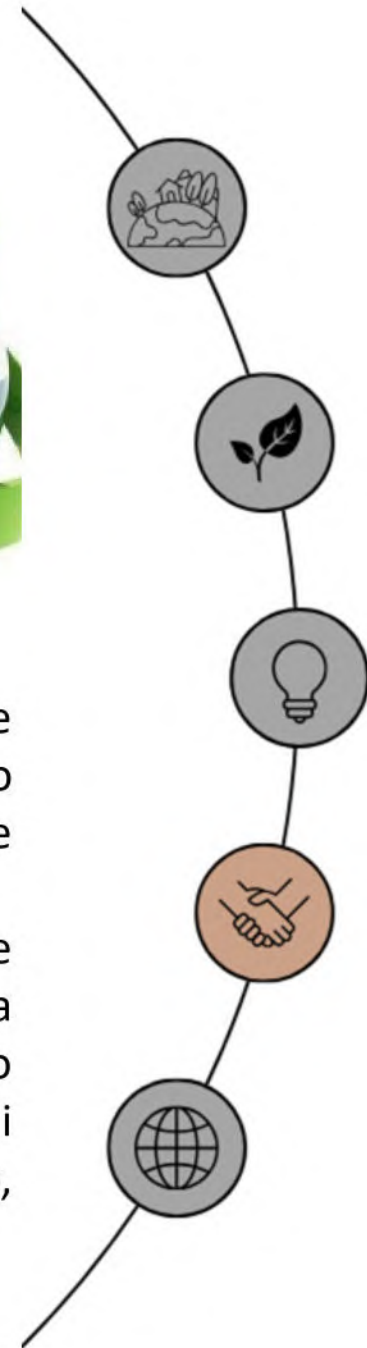
# TECNOLOGIA DI BONIFICA

Le **Saline di Punta della Contessa** rappresentano un sito di nidificazione per l'avifauna di grande importanza a livello regionale per cui si ritiene essenziale una tutela adeguata dell'area, volta alla sua conservazione e al suo sviluppo.

Per tali motivi, considerate le caratteristiche ambientali del sito oggetto di indagine e della sorgente di contaminazione è stata individuata come possibile alternativa di bonifica il cosiddetto **fitorisanamento**.



Il requisito minimo per poter applicare una **fitotecnologia** in un sito contaminato è che la matrice stessa risulti compatibile con la crescita e lo sviluppo delle piante. Essendo una riserva naturale il sito Saline Punta della Contessa ben si presta a questo tipo di fitotecnologia ospitando una vasta gamma di associazioni vegetali ben differenziate sotto il profilo floristico, ecologico e fisionomico-strutturale.



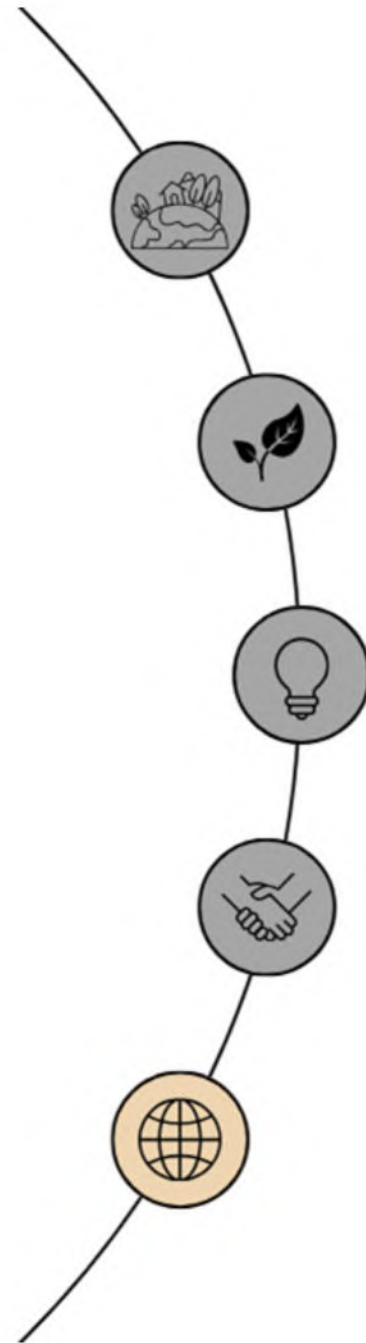


# MONITORAGGIO



La *felce Pteris vittata*, per esempio, rappresenta una specie particolarmente efficiente per la rimozione dell'As, poiché ha un tasso di crescita veloce e accumula nelle fronde (le foglie delle felci) fino a 27 g/kg (di peso secco) di As.

Attraverso la micro-XRF è possibile monitorare la concentrazione di As durante la crescita di Pteris e valutare quando le felci hanno raggiunto l'accumulo massimo nelle foglie, ottimizzando il processo di fitorimediazione.





***GRAZIE PER L'ATTENZIONE!***