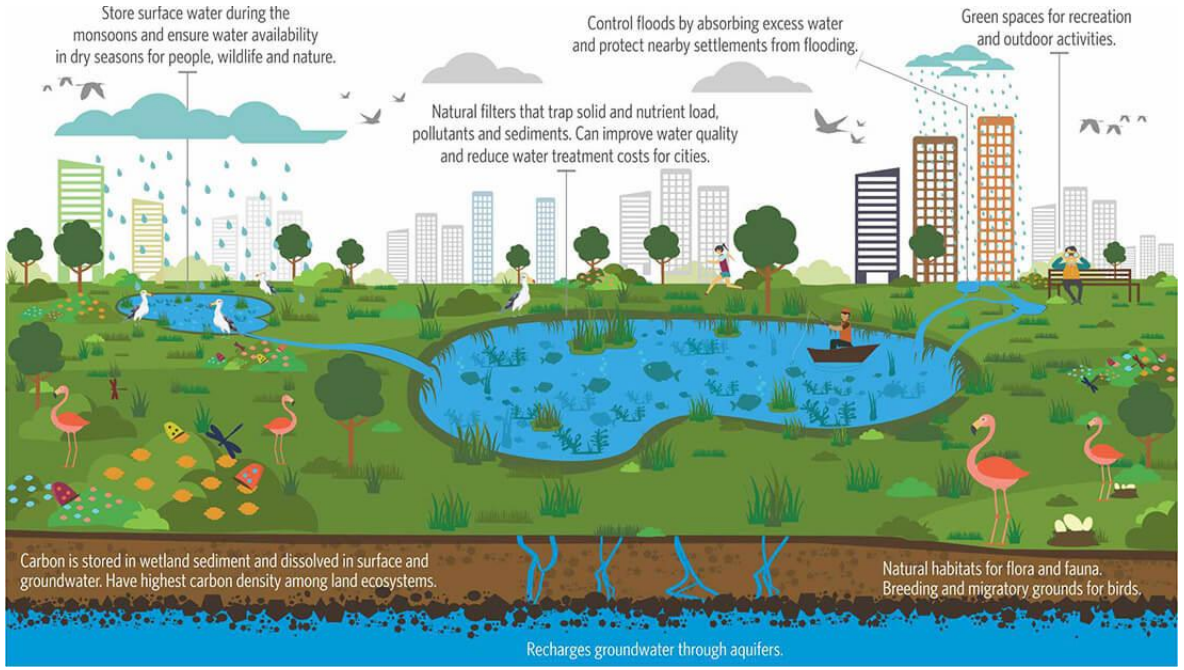
FIELD

il futuro in campo



CRISTINA MACCI

IRET

CRISTINA.MACCI@CNR.IT

27-28 Aprile 2021

CAIM GROUP

Consiglio Nazionale delle Ricerche

ISIS LEOPOLDO II DI LORENA GROSSETO

FIELD

il futuro in campo

Riciclo dei sedimenti nei progetti LIFE

Cristina Macci: cristina.macci@cnr.it

CAIM GROUP

Consiglio Nazionale delle Ricerche

I S I S LEOPOLDO II DI LORENA GROSSETO

Life CLEANSED

Hortised

AGRISED

SUBSED

CleAnsed: LIFE12 ENV/IT/000652

Data di inizio progetto: 1 ottobre 2013
Data di fine progetto: 31 marzo 2016

OBIETTIVI

1. **Dimostrazione del riciclo dei sedimenti decontaminati mediante tecnologia AGRIPORT nel settore vivaistico**

2. **Dimostrazione dell'uso dei sedimenti freschi nella costruzione di strade**

Coordinatore:

CNR-ISE Istituto per lo Studio degli Ecosistemi

Beneficiari:

DICI Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Navicelli S.p.a.

CSIC-CEBAS Centro de Edafologia y Biologia Aplicada del Segura

CNR-IBIMET Istituto di biometeorologia

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente

La Strategia

Sedimenti dragati freschi

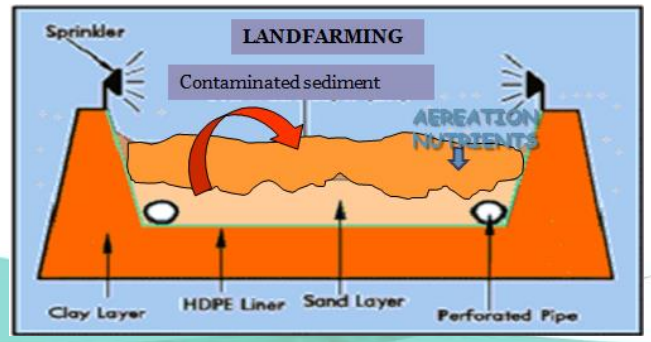
Sedimenti trattati con tecnologia AGRIPORT

Trattamento
Landfarming

Tecnologia di biorisanamento in cui i sedimenti contaminati vengono distribuiti sulla superficie di suolo o in celle di biotrattamento, mescolati con sostanze nutritive e periodicamente irrigati e areati.

Post-Trattamento
Landfarming

Costruzione strada



Vivaistica

gli interventi di processo sono ridotti al minimo per ridurre i costi e l'uso di energia

1.Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati nel settore vivaistico

Sedimenti trattati con tecnologia AGRIPORT

Post-Trattamento

Landfarming

-Omogeneizzare il substrato
-Aumentare l'attività microbica
-Ridurre la contaminazione organica

Vivaistica

Landfarming

Rimozione delle piante
Periodico rivoltamento dei sedimenti
Tempi: 3 mesi
Monitoraggio: 1.5 mesi (T1) e 3 mesi (T2)

Landfarming

-Rimozione delle piante
-Periodico rivoltamento dei sedimenti all'interno di ogni contenitore (12)

-3 mesi di landfarming
-Prelievo dei sedimenti: 1.5 mesi (T1) e 3 mesi (T2)

Caratteristiche fisiche e chimiche paragonabili a quelle di un substrato agronomico (D.lgs 75/2010)

Parametri	Sedimenti alla fine del landfarming	DM 161/2012 D lgs 152/2006		D. lgs. 75/2010 Substrato di coltivazione misto	Suolo agronomico
		Tab A Uso urbano	Tab B. Uso industriale		
Densità apparente(g/cm³)	1,05			0,95	1-2
pH	8,45			4,5-8,5	7,3-8,2
Conducibilità elettrica(dS/m)	0,20			<1	2
TOC %	3,12			>4	0,7-12
TN %	0,20			<2,5	0,15-0,4
TP (g/Kg)	0,80				0,2-5
P_2O_5 %	0,10			<1,5	
Cd (mg/kg)	10,2	2	15	1,5	
Cu (mg/kg)	83,8	120	600	230	
Hg (mg/kg)	-	1	5	1,5	
Ni(mg/kg)	52,4	120	500	100	
Pb(mg/kg)	68,7	100	1000	140	
Zn (mg/kg)	140	150	1500	500	
Cr (mg/kg)	20,1	150	800	-	

1° caso: Conclusioni Landfarming

Landfarming per:

- Omogeneizzare il substrato
- Aumentare l'attività biologica (30%)
- Ulteriore riduzione della contaminazione organica (20%)

Matrice idonea per il riutilizzo in vivaistica, conforme alla normativa per substrati agronomici 75/2010, eccetto x il TOC: 3% invece di 4%

Trattamenti:
Dovuto al basso contenuto in nutrienti e alla bassa capacità di ritenzione idrica: miscelazione con un suolo agronomico 50:50 – 33:66 – 0:100

Piante:
3 specie ornamentali:
Viburnum tinus L. (1)
Eleagnus macrophylla L. (2),
Photinia x fraseri var. Red Robin (3)

1 2 3

Allestimento prove sperimentali presso il CESPEVI (Pistoia)

Preparazione delle miscele Aprile 2014

	CTL	T33	T50
% Sedimento fitorimediato	0%	33%	50%

Crescita delle piante

Novembre 2015

Controllo: 100% suolo

T33: 33% sedimento Cleansed + suolo

Le piante hanno dimostrato un buon adattamento ai substrati producendo un denso fogliame, crescendo in altezza e nel diametro del fusto

La crescita nei substrati T33 and T50 è simile o maggiore (Viburno) del CTL

T50: 50% sedimento Cleansed + suolo

Parametri finali di biomassa (campionamento distruttivo Novembre 2015)

Viburnum tinus L.

Nessuna differenza tra i substrati per Photinia e Eleagnus

	H Fin (cm)	ΔH (cm)	Ø fin (mm)	ΔØ (mm)	Leaf area (m^2)	DW Leaf (g)	DW wood (g)
CTL	64±14	39±15	23±5	11±5	1.24±0.6	152±65	152±78
T33	79±5	50±7	25±5	11±4	2.44±0.4	247±45	259±76
T50	89±5	62±5	28±6	16±8	2.2±0.5	237±51	269±67

T33 e T50 hanno una maggiore biomassa

Valutazione delle zolle

Photinia x fraseri

In T33 e T50 la zolla si sfalda
Nel Controllo la zolla rimane compatta > argilla

Viburnum tinus

La zolla rimane compatta per tutte le radici
Apparato radicale ben sviluppato e ramificato

Eleagnus macrophylla

Le zolle tendono a rompersi in grandi blocchi per tutte le matrici

2. Dimostrazione dell'uso dei sedimenti decontaminati per la costruzione di strade

Sedimenti dragati freschi

Trattamento
Landfarming

Costruzione strada

Riduzione di:
-H2O
-Sostanza organica
-Contaminanti organici

La sostanza organica e i contaminanti organici sono degradati dai microrganismi e usati come fonte di carbonio per la crescita e per l'energia

Landfarming

Dragaggio di circa 800 m^3 sedimenti freschi e stoccaggio in vasca

Landfarming per circa 5 mesi, monitoraggio 2.5 mesi and 5 mesi

Il trattamento di landfarming è consistito nella periodica areazione del sedimento (1-2 volte/settimana) mediante rivoltamento meccanico

2° caso: Conclusioni Landfarming

Landfarming per:

- Riduzione di acqua

➡ Non abbastanza

- Riduzione della sostanza organica
- Riduzione dei contaminanti organici

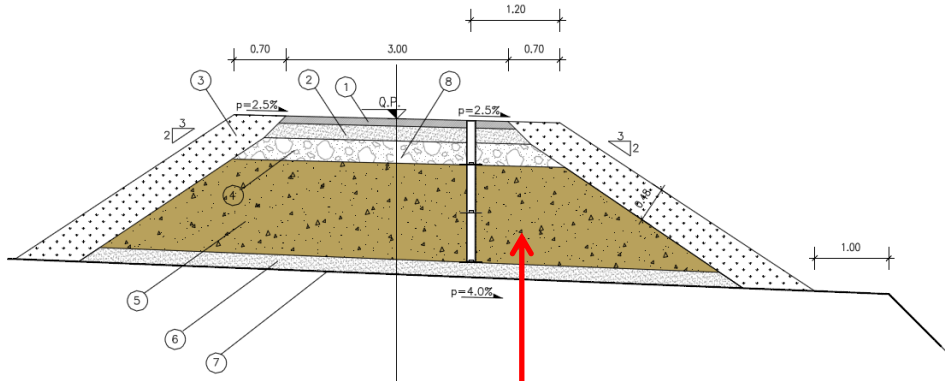
➡

Strada di 100m

Costruzione della strada

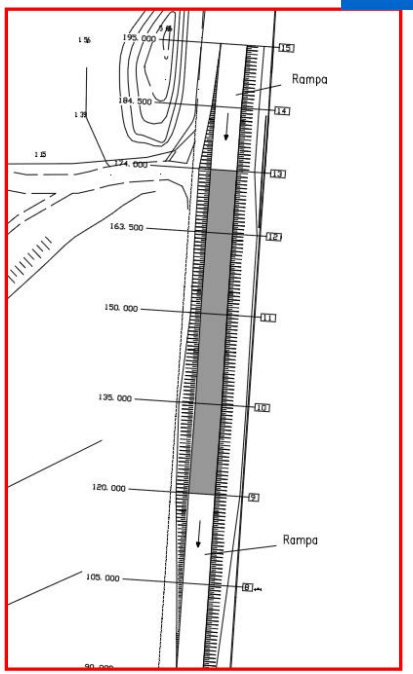
Con lo scopo di ridurre il contenuto di acqua fino a valori ottimali (19%), la percentuale di calce da aggiungere è passata dal 5%, necessaria alla stabilizzazione, al 15%

Doppio effetto: stabilizzazione dei sedimenti e disidratazione



Sedimenti di dragaggio disidratati e stabilizzati con calce

Disegno esecutivo della strada vista dall'alto



Costruzione 100 m di strada

- Inaugurazione
16 Marzo 2015

Demonstration of the suitability of dredged remediated sediments for safe and sustainable horticulture production

HORTISED

LIFE14 ENV/IT/000113

Coordinatore:

Partnership

Data di inizio progetto: 1 Ottobre 2015
Data di fine progetto: 31 marzo 2018

DISPAA
Department of Agri-Food and of Environmental Science
University of Florence

Beneficiari:

ISE-CNR
Institute for Ecosystem Studies of the National Research Council, Pisa

UMH
Miguel Hernandez University of Elche, Alicante

ZELARI
AZ. AGRICOLA ZELARI COMPANY
S.S. - Pieve a Nievole, Pistoia

CALIPLANT
VIVEROS CALIPLANT, S.L.
San Javier, Murcia

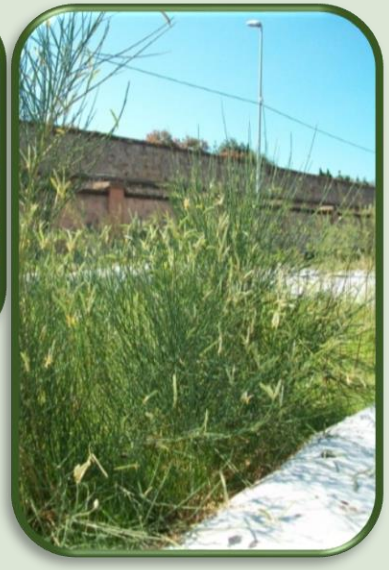
OBIETTIVI

- Dimostrare l'idoneità dei sedimenti dragati bonificati come alternativa per la preparazione dei substrati di coltivazione in orticoltura
- Dimostrare le potenzialità dei substrati di coltivazione a base di sedimento per la crescita di melograno e fragola come piante modello su scala agricola in Italia e Spagna
- Implementare le norme legislative per l'uso di substrati innovativi in orticoltura
- Dare un rilevante contributo alla gestione sostenibile dei sedimenti.

PROGETTO AGRIPORT

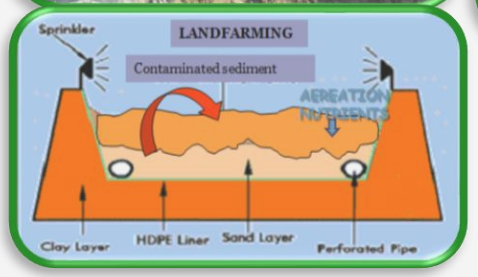
Dragaggio

Fitorimediazione



PROGETTO HORTISED

Landfarming



Sedimenti decontaminati

Caratterizzazione fisica, chimica, biochimica e tossicologica dei sedimenti decontaminati

Substrati colturali per specie “food”

TS0	TS50	TS100
100% tradizionale (torba+pomice)	50% tradizionale 50% sedimento decontaminato	100% sedimento decontaminato

Preparazione dei sedimenti
Dicembre 2015

Rimozione delle piante

Trattamento dei sedimenti: Landfarming

tecnologia di biorisanamento in cui i sedimenti contaminati vengono distesi e mescolati con sostanze nutritive, periodicamente irrigati e aerati. I contaminanti organici sono degradati dai microrganismi e utilizzati come fonte di carbonio per la crescita e l'energia.

✓omogenizzare il substrato
✓ stimolare le attività biologiche
✓ridurre ulteriormente la contaminazione organica

Periodica aerazione (una volta alla settimana) mediante rivoltamento meccanico dei sedimenti per un periodo di tre mesi

Trattamento dei sedimenti: Landfarming

Copertura dei sedimenti nei giorni di pioggia

Monitoraggio del processo di Landfarming

- 3 punti di campionamento in 40m^2: A, B, C in 1 m^2 ciascuno
- 10 sotto-campioni per ogni punto di campionamento
- Campagna di campionamento:
  - T0, caratterizzazione iniziale
  - T1, dopo un mese, T2, dopo due mesi, T3, dopo tre mesi

Landfarming

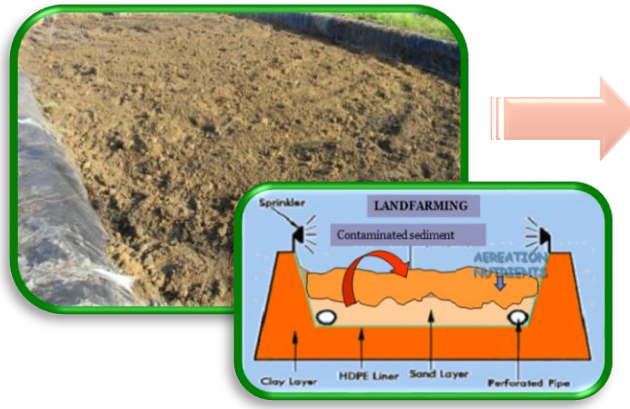
- Aumento dell'attività microbica (aumento delle attività enzimatiche)
- Mineralizzazione della sostanza organica (diminuzione di C, N, P nelle forme totali, aumento delle forme solubili)
- Diminuzione della contaminazione organica(15/20%)
- Contaminazione inferiore ai limiti di legge (Dlg.s 152/2006 tab A.) con l'eccezione di Zn, C>12 e IPA
- Nonostante la contaminazione residua, Indice di germinazione (circa 150%) indica assenza di tossicità per le piante

Caratteristiche fisiche e chimiche paragonabili a quelle di un substrato agronomico (D.lgs 75/2010)

Parametri	Sedimenti alla fine del landfarming	DM 161/2012 D lgs 152/2006		D. lgs. 75/2010 Substrato di coltivazione misto	Suolo agronomico
		Tab A Uso urbano	Tab B. Uso industriale		
Densità apparente(g/cm³)	1,08 ±0,07			0,95	1-2
pH	8,10 ±0,01			4,5-8,5	7,3-8,2
Conducibilità elettrica(dS/m)	0,33 ±0,04			<1	2
TOC %	1,57 ±0,02			>4	0,7-12
TN %	0,13±0,01			<2,5	0,15-0,4
TP (g/Kg)	0,58±0,03				0,2-5
P_2O_5 %	0,11±0,02			<1,5	
Cd (mg/kg)	0.96 ±0,06	2	15	1,5	
Cu (mg/kg)	34,3 ± 4,3	120	600	230	
Hg (mg/kg)	0,075± 0,001	1	5	1,5	
Ni(mg/kg)	34,6 ± 5,33	120	500	100	
Pb(mg/kg)	35,2 ± 3,7	100	1000	140	
Zn (mg/kg)	248 ± 11	150	1500	500	
Cr (mg/kg)	49.1± 9	150	800	-	
C>12 (mg/kg)	86 ,5	50	750	-	
IPA (mg/kg)	47,7	10	100	-	

Prove in orticultura

Landfarming



Sedimenti decontaminati

Substrati colturali

TS0
100% substrato tradizionale

TS50
50% substrato tradizionale
50% sedimento decontaminato

TS100
100% sedimento decontaminato

ZELARI COMPANY

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DISPAA
Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente

CaliPlant

UNIVERSITAS Miguel Hernández

Camarosa, Monterey

Purple Queen, Mollar

Ballerina

Camarosa, Monterey, Sant'Andrea

Purple Queen, Mollar

Fragola

ZELARI

AZ. AGRICOLA ZELARI COMPANY S.S. - Pieve a Nievole, Pistoia

Substrati

TS100 = 100% sedimento decontaminato

TS50 = 50% substrato tradizionale + 50% sedimento decontaminato

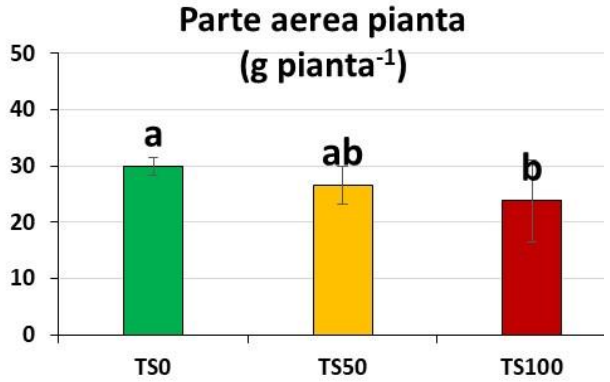
TS0 = 100% substrato tradizionale (torba+pomice)

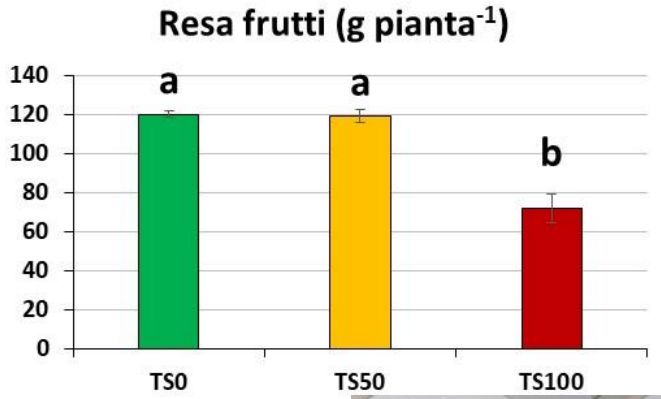
Blocchi (B): in triplicato con 30 litri di substrato di crescita e 10 piante ciascuno

Analisi pianta

- **Biomassa Pianta**
- **Produzione Pianta**
- **Qualità nutraceutiche**
- **Sicurezza alimentare: Contaminati Organici e inorganici**

Risultati Fragola





le proprietà agronomiche e funzionali di tutti i substrati sono risultate idonee alla crescita e lo sviluppo delle piante anche nel substrato preparato solo con sedimenti, come osservato dai dati sulle piante

Resa, numero di frutti e peso medio dei frutti in TS50 e TS0 simili, mentre la peggiore produzione in TS100

Trattamento	Cu (mg kg^{-1} d.w)	Zn (mg kg^{-1} d.w)	Pb (mg kg^{-1} d.w)	Ni (mg kg^{-1} d.w)	Cd (mg kg^{-1} d.w)
TS0	3.8 a	15 a	<LOD	0.37 a	<LOD
TS50	3.2 a	11 a	<LOD	0.38 a	<LOD
TS100	2.3 b	13 a	<LOD	0.35 a	<LOD

Non si è riscontrata contaminazione nella pianta (radici, fusto, foglie) e nel frutto

CODEX ALIMENTARIUS

CONTAMINANTE	ALIMENTO	mg/kg peso fresco Limiti massimi
Micotossine	No frutta/verdura	5
Arsenico	Acqua minerale	0.01
Cadmio	Frutta e Ortaggi a foglia	0.05
Piombo	Frutti, piccoli frutti, ortaggi a foglia	0.1
Mercurio	Acqua, pesce (metilmercurio)	0.001 0.5
Acrilonitrile	Tutti	0.02
Cloropropanoli	Proteina vegetale idrolizzata	0.4
Cloruro di vinile	Tutti	0.01

Analisi contaminanti organici_FRAGOLA

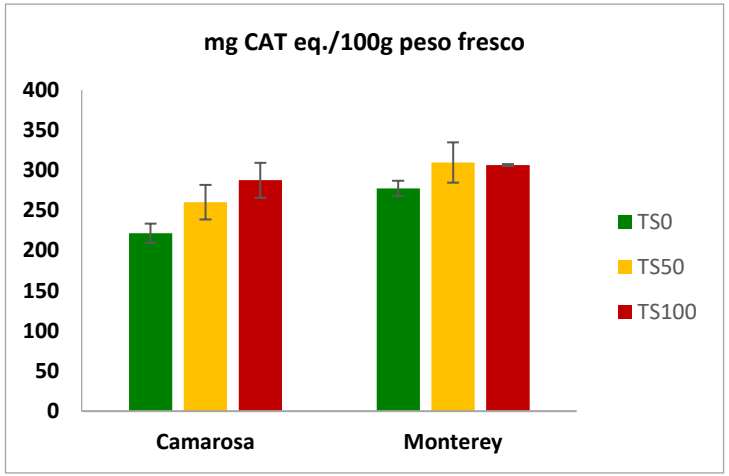
Congeners	C-TS0	C-TS50	C-TS100	M-TS0	M-TS50	M-TS100
PCB-77	0.23 (0.02) a	0.84 (0.07) bc	2.3 (0.9) b	0.4 (0.1) c	0.61 (0.07) bc	1.4 (0.6) bc
PCB-81	0.21 (0.02) a	0.20 (0.01) a	0.20 (0.01) a	0.20 (0.01) a	0.19 (0.01) a	0.20 (0.01) a
PCB-105	0.61 (0.06) a	2.9 (0.8) b	5.2 (0.8) c	0.7 (0.1) a	1.8 (0.6) b	10 (1) d
PCB-114	0.20 (0.01) a	0.30 (0.07) a	0.90 (0.07) b	0.20 (0.01) a	0.20 (0.01) a	1.3 (0.5) b
PCB-118	1.6 (0.5) a	6.1 (0.9) b	15.7 (0.9) c	2.0 (0.5) a	4.9 (0.8) b	27 (4) d
PCB-123	0.20 (0.02) a	0.30 (0.03) b	0.40 (0.07) bc	0.20 (0.01) a	0.20 (0.01) a	0.5 (0.1) c
PCB-126	0.21 (0.01) a	0.21 (0.01) a	0.21 (0.01) a	0.20 (0.01) a	0.21 (0.01) a	0.22 (0.01) a
PCB-156	0.21 (0.01) a	0.70 (0.06) b	0.99 (0.07) c	0.20 (0.01) a	0.43 (0.09) d	1.4 (0.8) abcd
PCB-157	0.20 (0.02) a	0.30 (0.05) b	0.20 (0.02) a	0.20 (0.01) a	0.21 (0.02) a	0.20 (0.01) a
PCB-167	0.24 (0.04) ac	0.30 (0.01) a	0.60 (0.11) b	0.20 (0.01) c	0.28 (0.04) a	0.61 (0.08) b
PCB-169	0.21 (0.01) a	0.20 (0.02) a	0.19 (0.01) a	0.22 (0.01) a	0.20 (0.01) a	0.20 (0.01) a
PCB-189	0.21 (0.01) a	0.21 (0.01) a	0.30 (0.05) b	0.20 (0.01) a	0.18 (0.01) a	0.21 (0.01) a
Σ DL-PCBs	4.3 (0.5) a	13 (2) b	27 (2) c	4.9 (0.5) a	9 (1) d	44 (4) e
Σ DL-PCBs (as TEQ)	0.028 (0.001) a	0.0270 (0.0007) a	0.0274 (0.0009) a	0.0266 (0.0007) a	0.0267 (0.0007) a	0.0275 (0.0004) a

Solo le diossine sono state rilevate nei frutti. Considerando la concentrazione tossica equivalente, tutti i trattamenti mostrano concentrazioni simili e circa quattro volte inferiori ai limiti massimi stabiliti dalla normativa UE

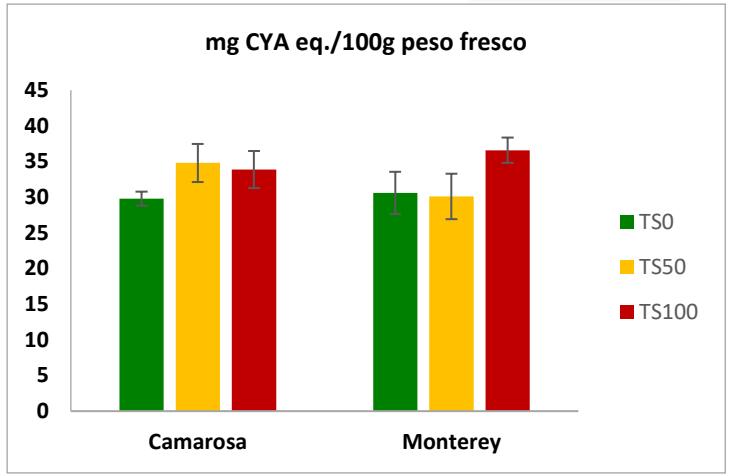
- **Codice Alimentare (EC, No 663/2014): massima concentrazione di PCB negli alimenti= 0.1 pg TEQ/g peso fresco**

Proprietà nutraceutiche_FRAGOLA

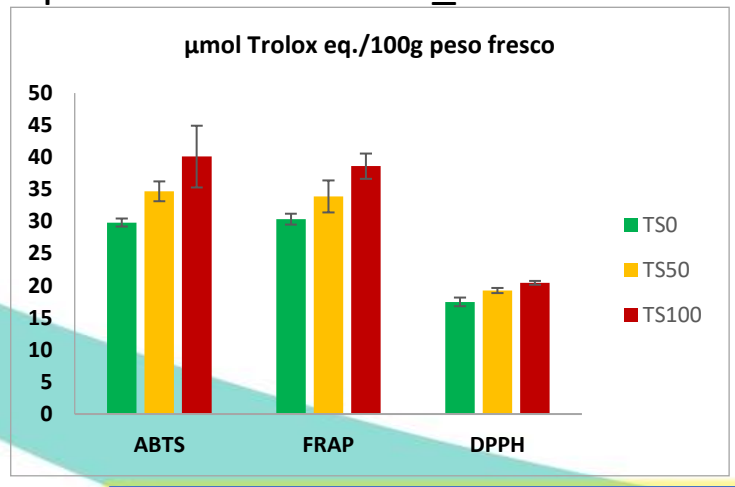
Polifenoli totali



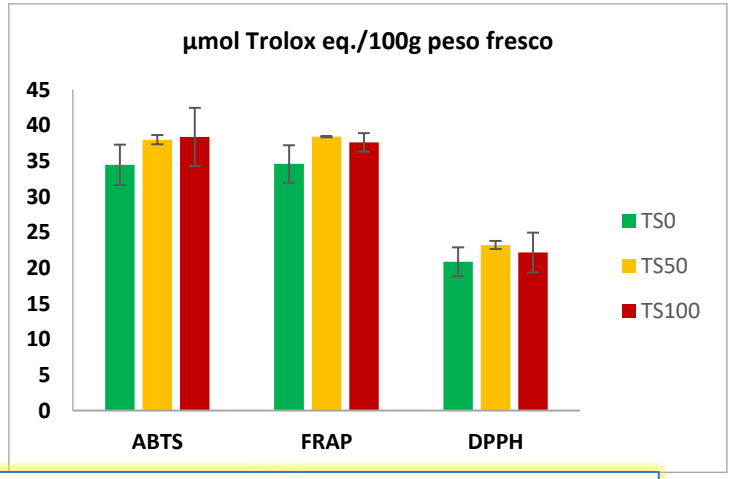
Antociani totali



Capacità antiossidante_Camarosa



Capacità antiossidante_Monterey



Le fragole hanno proprietà nutraceutiche equiparabili (in alcuni casi maggiore) alla frutta coltivata sul controllo

Sustainable substrates for agriculture from dredged remediated marine sediments: from ports to pots

LIFE SUBSED LIFE17 ENV/IT/000347

Ottobre 2018-Settembre 2022

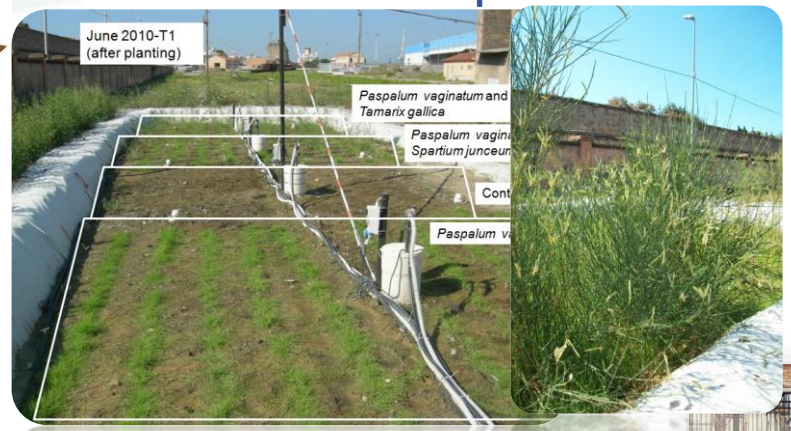
Obiettivo: dimostrare (confermare) che è possibile convertire un rifiuto (il sedimento marino dragato) in una risorsa (un substrato commerciale) capace di sostituire substrati tradizionali come torba e fibra di cocco

Sedimenti rimediati per la produzione di:
-alberi da frutto (olivo e agrumi)
-piante ornamentali (protea, calla, lauro)
-piante alimentari (basilico, mirtillo, fragoline di bosco)

Risultati attesi:

-valutazione dell'idoneità dei sedimenti per la produzione vivaistica di specie alimentari e non
-la valutazione della crescita e della qualità commerciale delle colture
-definizione di protocolli per l'utilizzo del nuovo substrato

Fitorimediazione per 3 anni



➢3 punti di campionamento in circa 40m^2:

➢10 sub-campioni per ogni punto di campionamento

Landfarming 3 mesi:
Periodica aerazione (una volta alla settimana) mediante rivoltamento meccanico dei sedimenti per un periodo di tre mesi

- **Simili risultati progetto Hortised**
- **Aumento dell'attività microbica (aumento delle attività enzimatiche)**
- **Mineralizzazione della sostanza organica**
- **Diminuzione della contaminazione organica (15/20%)**
- **Contaminazione inferiore ai limiti di legge (Dlg.s 152/2006 tab A.) con l'eccezione di IPA**
- **Nonostante la contaminazione residua, Indice di germinazione (circa 140%) indica assenza di tossicità per le piante**

Caratteristiche fisiche e chimiche paragonabili a quelle di un substrato agronomico (D.lgs 75/2010)

Parametri	Sedimenti alla fine del landfarming	DM 161/2012 D lgs 152/2006		D. lgs. 75/2010 Substrato di coltivazione misto	Suolo agronomico
		Tab A Uso urbano	Tab B. Uso industriale		
Densità apparente(g/cm³)	1,18 ±0,05			0,95	1-2
pH	7,40 ±0,2			4,5-8,5	7,3-8,2
Conducibilità elettrica(dS/m)	0,13 ±0,01			<1	2
TOC %	1,38 ±0,08			>4	0,7-12
TN %	0,11±0,01			<2,5	0,15-0,4
P_2O_5 %	0,17±0,01			<1,5	
Cd (mg/kg)	<LOD	2	15	1,5	
Cu (mg/kg)	48,6 ± 1,7	120	600	230	
Hg (mg/kg)	0,070± 0,001	1	5	1,5	
Ni(mg/kg)	37,7 ± 0,7	120	500	100	
Pb(mg/kg)	37,2 ± 6,4	100	1000	140	
Zn (mg/kg)	145 ± 4	150	1500	500	
Cr (mg/kg)	46.2± 3	150	800	-	
C>12 (mg/kg)	38,0 ± 6	50	750	-	
IPA (mg/kg)	43,0 ± 12	10	100	-	

Utilizzo di sedimenti risanati come substrato per la produzione vivaistica

Piante ornamentali: Prunus laurocerasus (rooted cuttings)= Lauro

Substrati:

LMix 1: 100% PBS (controllo)
LMix 2: 75% PBS, 25% TS (v/v)
LMix 3: 50% PBS, 50% TS (v/v)
LMix 4: 75% CFBS, 25% TS (v/v)
LMix 5: 50% CFBS, 50% TS (v/v)
LMix 6: 75% WFBS, 25% TS (v/v)
LMix 7: 50% WFBS, 50% TS (v/v)

Legenda:
PBS = Substrato a base di torba: 60% torba, 40% pomice v/v
TS = sedimenti trattati
CFBS = substrato a base di fibra di cocco: 60% fibra di cocco, 40% pomice v/v
WFBS = Substrato a base di fibra di legno: 60% fibra di legno, 40% pomice v/v

Regimi idrici:
WR1: normale
WR2: basso (ridotto del 30%)

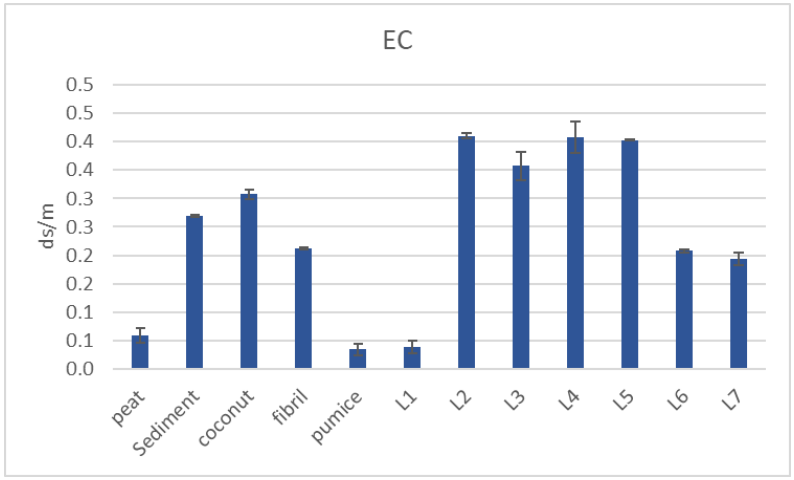
Rep 1	WR1	LMix 7	LMix 4	LMix 5	LMix 2	LMix 1	LMix 6	LMix 3
	WR2	LMix 7	LMix 4	LMix 5	LMix 2	LMix 1	LMix 6	LMix 3
Rep 2	WR1	LMix 6	LMix 1	LMix 3	LMix 7	LMix 5	LMix 4	LMix 2
	WR2	LMix 6	LMix 1	LMix 3	LMix 7	LMix 5	LMix 4	LMix 2
Rep 3	WR1	LMix 5	LMix 3	LMix 2	LMix 6	LMix 4	LMix 7	LMix 1
	WR2	LMix 5	LMix 3	LMix 2	LMix 6	LMix 4	LMix 7	LMix 1

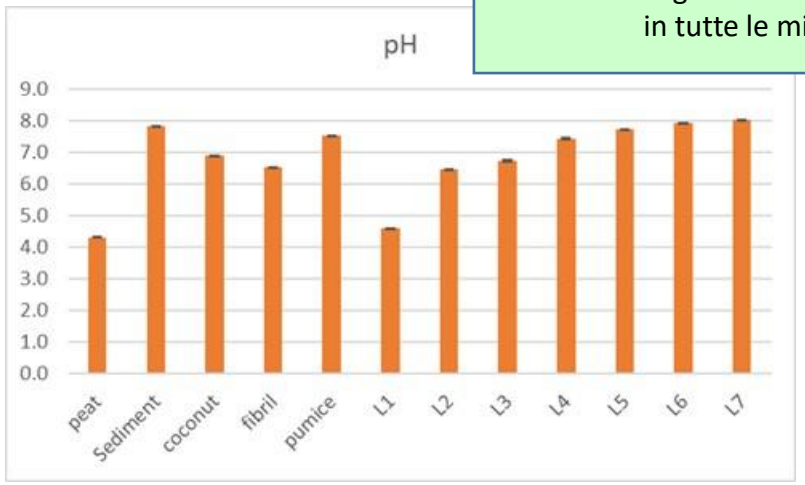
Disegno sperimentale

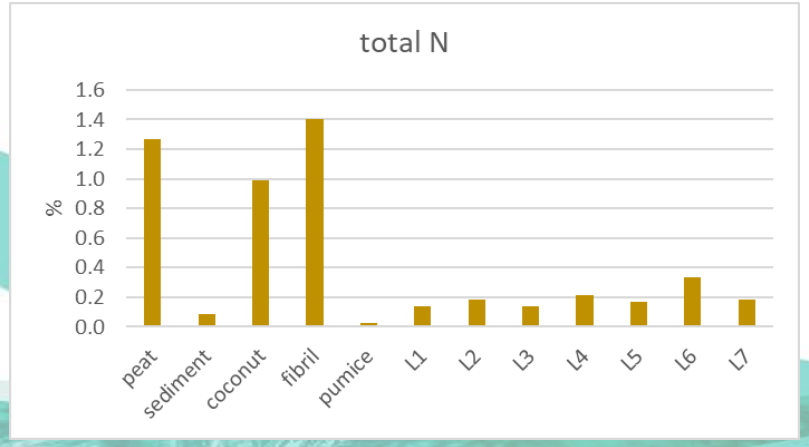
Totale 336 talee di alloro in vasi da 8,5 L: 4 vasi per ogni combinazione di "substrato x regime idrico" (ciascuno costituito da 2 talee), replicate 3 volte.

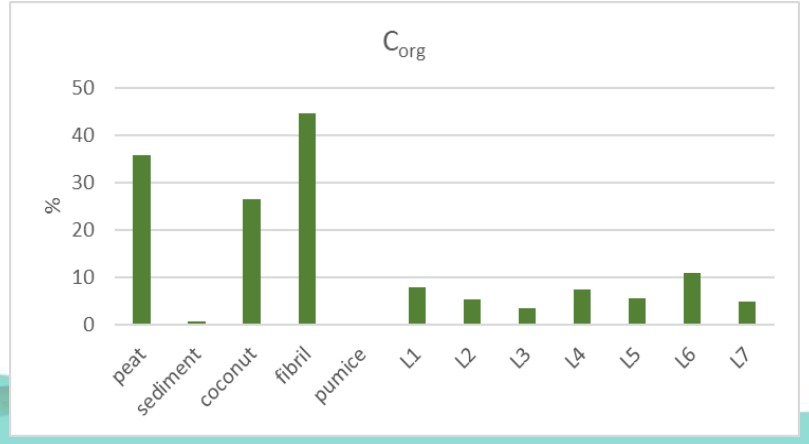
LAUREL/OLIVE/STRAWBERRY/BLUEBERRY			
L1		60% peat	40% pumice
L2	25%sediment	45% peat	30% pumice
L3	50%sediment	30% peat	20% pumice
L4	25%sediment	45% coconut	30% pumice
L5	50%sediment	30% coconut	20% pumice
L6	25%sediment	45% fibril	30% pumice
L7	50%sediment	30%fibril	20% pumice

La miscelazione con torba, fibra di cocco e fibra di legno aumenta il contenuto di carbonio, raggiungendo il valore del 4% come richiesto dalla normative Italiana sui substrati agronomici (D.Lgs 75/2010), in tutte le miscele

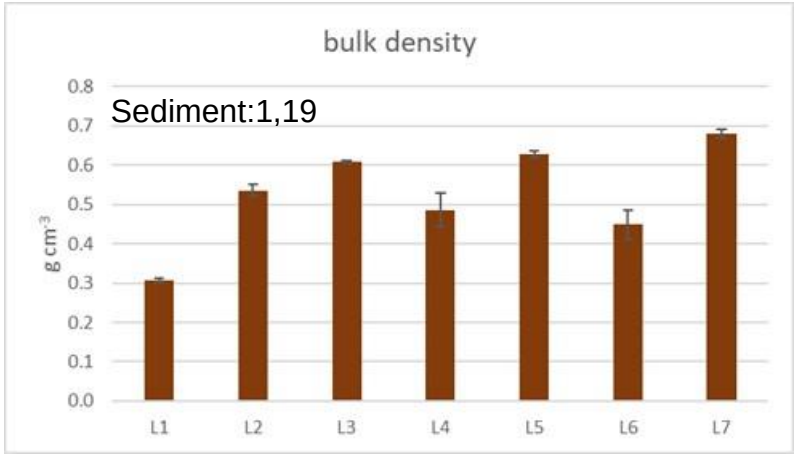






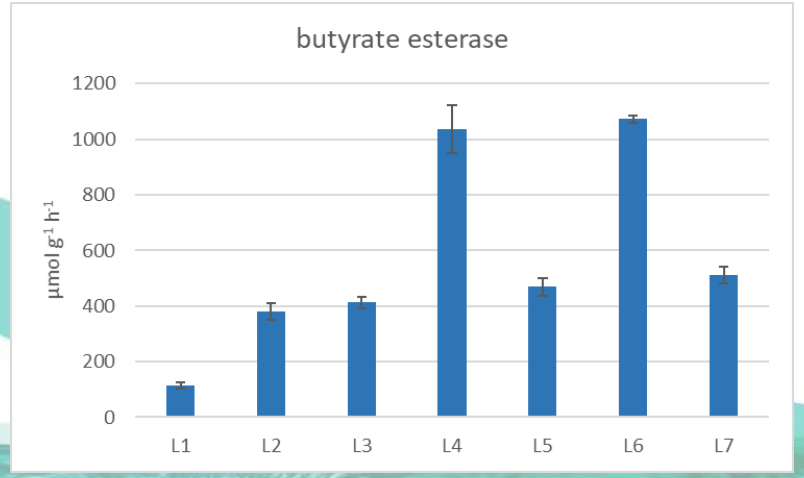


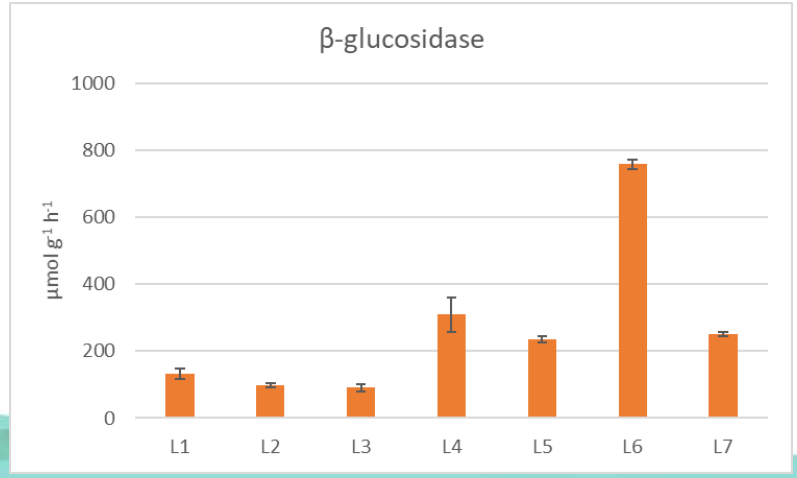
LAUREL/OLIVE/STRAWBERRY/BLUEBERRY			
L1		60% peat	40% pumice
L2	25%sediment	45% peat	30% pumice
L3	50%sediment	30% peat	20% pumice
L4	25%sediment	45% coconut fiber	30% pumice
L5	50%sediment	30% coconut fiber	20% pumice
L6	25%sediment	45% wood fiber	30% pumice
L7	50%sediment	30% wood fiber	20% pumice



La miscelazione consente la diminuzione della densità apparente fino al valore di <0,95 (D.Lgs 75/2010)

Le attività enzimatiche sono correlate al carbonio organico





Utilizzo di sedimenti risanati come substrato per la produzione vivaistica

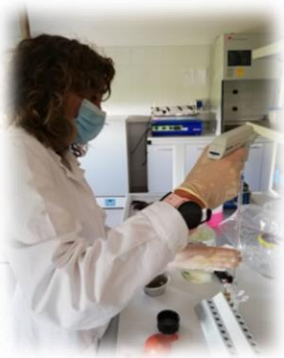
Raccolta dati

Analisi non distruttive:

-Mortalità delle piante (numero; percentuale)
-Diametro stelo base
-Altezza massima della pianta
-Numero di germogli vegetativi
-Lunghezza del germoglio vegetativo primario
-Numero di foglie completamente espanse sul germoglio vegetativo primario
-Colore lama fogliare
-Attività fotosintetica del CIRAS-2

Analisi distruttive

-Area fogliare
-Contenuto di clorofilla
-Peso fresco e secco dell'intera pianta
-Peso fresco e secco del fusto (parte aerea)
-Peso fresco e asciutto dell'apparato radicale
-Analisi della malondialdeide (MDA) per lo stress ossidativo
-Analisi dei metalli pesanti (in corso)



Utilizzo di sedimenti risanati come substrato per la produzione vivaistica

Fattore	BSD	MPH	NVS	LVS	NEL
Substrato	ns	**	**	**	**
Regime idrico	ns	ns	ns	ns	ns

ns = non significativo
* significativo per p < 0.05
** significativo per p < 0.01

Legenda: BSD=Diametro base stelo; MPH=Altezza massima della pianta; NVS=Numero di germogli vegetativi; LVS=Lunghezza dei germogli vegetativi; NEL=Numero di foglie completamente espanse sui germogli vegetativi

Dati di crescita significativamente differenti in base al substrato ma non differenti per regime idrico

No differenza significativa tra 25% e 50% sedimento

Minore sviluppo

Torba

Fibra cocco

Fibra legno

Substrate	MPH	NVS	LVS	NEL
LMix 1	38.5 a	6.2 a	20.8 a	14.2 a
LMix 2	36.1 ab	5.3 b	17.2 b	13.7 ab
LMix 3	33.5 b	4.6 c	15.7 bc	12.7 ab
LMix 4	36.3 ab	4.7 bc	16.9 b	13.4 ab
LMix 5	31.1 c	4.3 c	14.4 c	12.0 bc
LMix 6	26.8 d	4.6 c	11.5 d	10.8 c
LMix 7	25,6 d	3.6 d	10.9 d	10.4 c

Utilizzo di sedimenti risanati come substrato per la produzione vivaistica

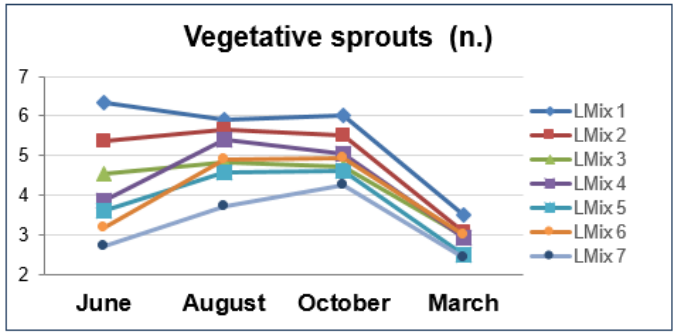
Peso secco della pianta (DW) e superficie fogliare totale (aprile 2021)

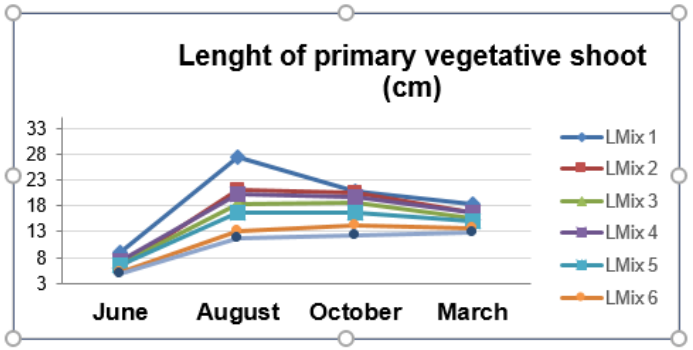
	Stelo DW (g)	Foglie DW (g)	Radici DW (g)	Totale DW (g)	superficie foglia totale (cm^2)
Substrati					
LMix 1	42.6 a	116.7 ab	134.8 bc	294.1 bc	9.764.2 a
LMix 2	42.8 a	126.0 a	197.7 a	366.4 a	8.632.6 ab
LMix 3	31.6 b	89.3 c	126.7 bcd	247.6 cd	7.282.6 bc
LMix 4	42.3 a	119.4 a	155.5 ab	317.2 ab	8.442.8 ab
LMix 5	31.6 b	93.0 bc	93.3 cd	218.0 de	6.621.3 c
LMix 6	18.4 c	55.4 d	91.7 cd	165.5 e	4.885.4 d
LMix 7	18.2 c	56.6 d	82.5 d	157.3 e	4.357.3 d
Regime idrico					
WR1	29.6 b	ns	ns	ns	6.677.6 b
WR2	35.3 a	ns	ns	ns	7.604.2 c

DW: sostanza secca

- Trattamento con torba e 25% sedimento (MIX 2), migliore della sola torba (MIX 1)
- Peggior sviluppo in presenza di fibra di legno (MIX 6 e 7)

Utilizzo di sedimenti risanati come substrato per la produzione vivaistica

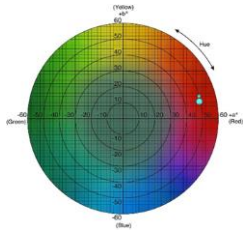




Colore della lama fogliare e indice di crominanza (agosto 2020)

Agosto 2020

Substrate	L brightness	a redness	b yellowness	Chroma index
LMix 1	34.1 a	-6,6 e	11,8 a	13,6 a
LMix 2	34.9 a	-7.1 d	13,1 a	14,8 a
LMix 3	36.1 b	-7.6 c	15,0 b	16,8 b
LMix 4	35,9 b	-7.9 b	15,2 b	17,1 b
LMix 5	36.6 b	-8.0 b	16,2 b	18,1 b
LMix 6	45,3 d	-10.1 a	30,1 d	31,7 d
LMix 7	45.4 c	-9.9 a	27,0 c	28,8 c



CIELab coordinates

Ottobre 2020

Substrate	Chroma index
LMix 1	14.1 ab
LMix 2	13,4 a
LMix 3	14,1 ab
LMix 4	14.7 bc
LMix 5	14,3 bc
LMix 6	16.5 d
LMix 7	14.9 c

Use of dredged sediments for creating innovative growing media and technosols for plant nursery and rehabilitation LIFE AGRISED LIFE17 ENV/IT/269

Ottobre 2018-Marzo 2022

Obiettivo: Recuperare i sedimenti dragati attraverso un processo di co-compostaggio con rifiuti verdi per produrre un tecno-suolo innovativo per il recupero di terreni degradati e per la coltivazione di piante ornamentali in Italia e Repubblica Ceca

Risultati attesi:

- Definizione dei protocolli di compostaggio per la preparazione di substrati di crescita basati su sedimenti
- Coltivazione di piante ornamentali (*Viburnum tinus* e *Photinia x fraserii*) in substrati innovativi
- Recupero di terreni degradati mediante l'applicazione di tecno-suolo

La Strategia Agrised

Sedimenti dragati freschi

Scarti verdi

Caratteristiche necessarie:
-elevato contenuto di sabbia (maggior porosità, aria e drenaggio)
-basso contenuto di metalli pesanti
-bassa salinità

Co-compostaggio (6/8 mesi)
Sedimenti scarti verdi in rapporto 3:1, 1:1, 1:3 (v:v)

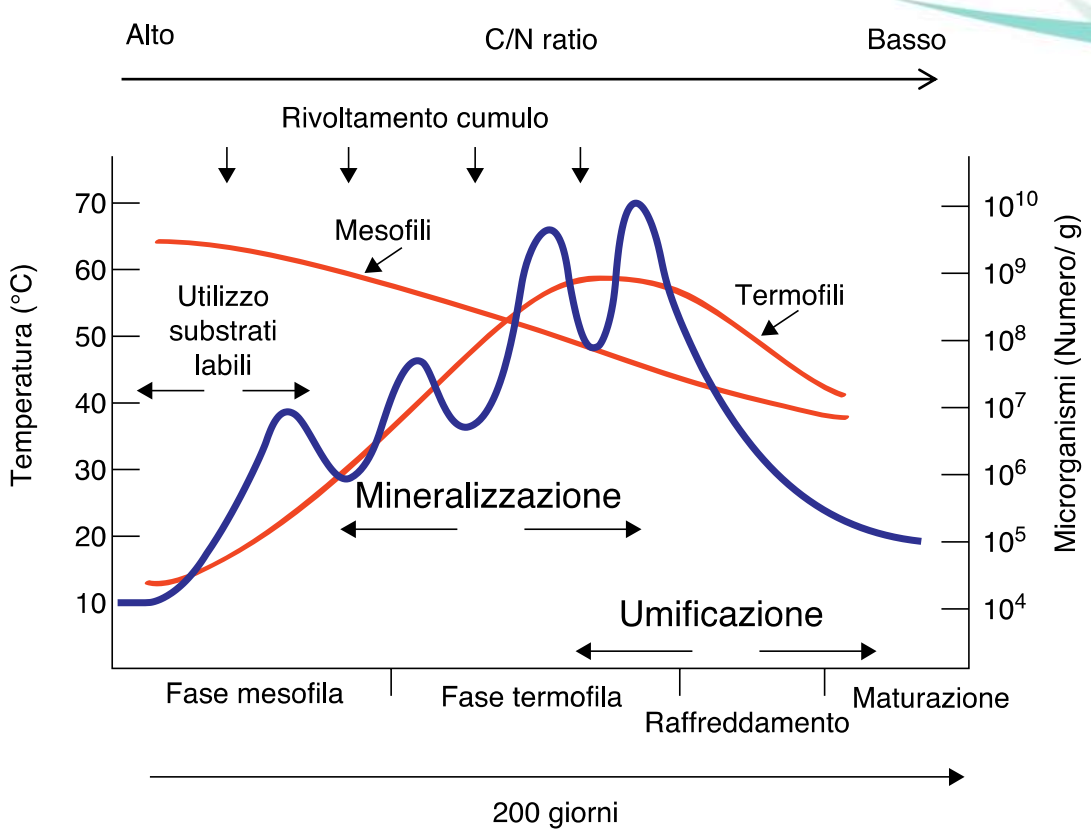
Apportano carbonio e nutrienti che stimolano l'attività microbica e migliorano la struttura fisica

Suoli ricostituiti

Vivaistica

Compostaggio

- Processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica (anche contaminanti organici) in condizioni controllate
- Prodotto biologicamente stabile con elevato grado di evoluzione della sostanza organica e ricco di microrganismi non patogeni



1. Fase mesofila (25-45°C)
2. Fase termofila (>55°C)

Degradazione biochimica di materia organica fresca (mineralizzazione)

3. Fase di raffreddamento
4. Fase di maturazione

Sintesi di sostanze umiche (umificazione)

Compost: materiale umificato che risulta da processi di compostaggio, con **proprietà di ammendante e fertilizzante**

Fattori di Controllo

La vitalità dei microrganismi decompositori è fondamentale per una buona riuscita del compostaggio per questo motivo, durante lo svolgimento del processo, vengono eseguiti accorgimenti volti a favorire il loro sviluppo e a conservare un ambiente che soddisfi le loro esigenze metaboliche

Umidità

Umidità	Microrganismi Decompositori
20%	Assenti
30%	Metabolismo rallentato
45%	Attivi
50%-55%	*Range* ottimale
60%	Attivi
70%	Assenti

Aerazione

Rivoltamenti

Aerazione forzata

Degradazioni aerobiche

CO_2 <------- C -------> CH_4

Degradazioni anaerobiche

PO_4^{3-} <------- P -------> PH_3

SO_4^{2-} <------- S -------> H_2S

NO^{3-} <------- N -------> NH_3

Temperatura

50C° Max Efficienza microrganismi decompositori

T° >55°C = Sterilizzazione

D. lgs. 75/2010

>55°C per 14 giorni
>60°C per 7 giorni
>65°C per 5 giorni
>70°C per 3 giorni

2 siti sperimentali

Canale dei Navicelli (Lunghezza: 17 km, larghezza:30 m, profondità: 3 m), un canale navigabile che connette Pisa a Livorno (Italia) e sfocia nel Mare)

Piccolo canale situato nell'area agricola a Kunice, Repubblica Ceca

CO-Composting
Sedimenti e rifiuti verdi (ottenuti dal mantenimento di aree verdi pubbliche e private)
miscelati in tre rapporti (p:p)
1: 1; 3: 1; 1: 3.

6-8 mesi per la piena maturazione e stabilizzazione dei materiali compostati. Conformità alle normativa della Repubblica Ceca (Act No. 156/1998, Col) e Italiana (D.lgs 75/2010) per i substrati agronomici

Monitoraggio: ogni settimana nel primo mese e ogni mese::

- temperatura,
- umidità,
- densità apparente
- sostanze umiche
- contenuto di sostanze inquinanti
- Comunità microbiche
- Attività enzimatiche

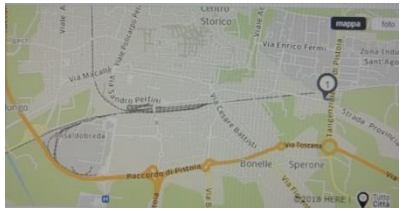
Inizio compostaggio: 30 ottobre 2019

Presso l'impianto di compostaggio EPS a Nový Dvůr, Repubblica Ceca

Inizio compost in Italia: 29 ottobre 2020

GORINI PIANTE

Pistoia, Italia



	Agrised Compost/substrate Czech Republic			Agrised Compost/substrate Italy			Italian legislation on fertilizers D. Lgs. 75/2010		Czech Republic legislation		European Legislation on fertilizers
									on fertilizer Decree No. 474/2000	on Sediment reuse in agriculture Decree No. 257/2009	
	A	B	C	A	B	C	Green Compost	Mixed substrate	Substrate with high presence of mineral component		Growth substrate
Bulk density(g/cm³)	1,00	0,81	0,75	0,88	0,69	0,58		<0,95			
pH	8,12	8,12	8,18	7,4	7,5	7,3	6-8,5	4,5-8,5	5-7,5		
E.C.(dS/m)	0,86	0,78	0,75	2,7	2,4	1,2		<1	<0,6		
TOC %	3,02	3,04	5,04	1,66	3,54	9,39	>20	>4			
Volatile solids(%)	6,5	7,8	13,3	4,1	8,2	18,4			10-50%		
TN %	0,26	0,31	0,48	0,15	0,31	0,58		<2,5			
C/N	11,6	9,8	10,5	11,1	11,4	16,2	<50				
P_2O_5 %	0,002	0,003	0,005	0,001	0,001	0,005		<1,5			
Humic substances	2,09	2,62	3,3	1,37	2,24	6,28	> 2,5				
Salmonella	no	no	no	To be determined			no	All metal limits are respected		no	no
E.Coli (CFU/g)	<100	<100	<100	To be determined			<1000				<1000
Germination Index(%)	124	117	108	85	86	80	>60			>30	
E.Coli (CFU/g)	<100	<100	<100	To be determined			<1000		More restrictive		<1000
Cd (mg/kg)	0,2	0,02	0,2	0,38	0,30	0,23	<1,5	<1,5	<2	<1	<1,5
Cu (mg/kg)	34	27	32	33	29	21	<230	<230	<100	<100	<200
Hg (mg/kg)	<0,1	<0,1	<0,1	0,05	0,04	0,05	<1,5	<1,5	<1	<0,8	<1,5
Ni (mg/kg)	16	12	13	32	30	28	<100	<100	<100	<80	<50
Pb (mg/kg)	12	9,4	11	23	22	20	<140	<140	<140	<100	<120
Zn (mg/kg)	70	60	60	96	105	99	<500	<500	<500	<300	<500
Cr (mg/kg)	19	15	15	30	36	29		<100		<200	
As(mg/kg)	2,9	2,9	3,9							<30	
Be (mg/kg)	0,5	0,4	0,6							<5	
Co (mg/kg)	4,3	4,1	5,4							<30	
V (mg/kg)	20	19	24							<180	
IPA(mg/kg)	0,45	0,41	0,40							<6	
PCB (mg/kg)	<0,01	<0,01	<0,01							<0,2	
C10-C40 (mg/kg)	85,5	64,8	62,9							<300	

Preparazione substrati in Italia con compost dell Repubblica Ceca

Substrati	Composizione
1	50% torba, 50% pomice+ 4kg/m³ Basacote
2	Compost 75% G.W., 25% S. + 4kg/m³ Basacote
3	Compost 50% G.W., 50% S.+ 4kg/m³ Basacote
4	Compost 25% G.W., 75% S. + 4kg/m³ Basacote
5	40%Compost (75% G.W., 25%S.), 40% torba, 20% pomice + 4kg/m³ Basacote
6	40%Compost (50% G.W., 50% S.), 40% torba, 20% pomice + 4kg/m³ Basacote
7	40%Compost (25% G.W., 75% S.), 40% torba, 20% pomice + 4kg/m³ Basacote

G.W. Scarto verde, S. Sedimento

Sperimentazione in vivaio Italiano

Due piante ornamentali:
Fraser Photinia and Laurustinus

N° piante: 560

vasi: Ø 24 cm

Rinvaso autunnale 1/10/21

Dati da raccogliere:

- **Altezza piante (cm)**
- **Sostanza secca (g)**
- **Rapporto chioma/radice**
- **Superficie della pianta(cm2)**

Photinia x fraseri

Viburnum tinus

Sperimentazione in vivaio Italiano

Durante la fase di rinvaso iniziale (T0) e dopo 5 mesi (T0) sono state prelevate 5 piante/specie, lavate le radici e poi sono state effettuate misure di altezza e rilievi distruttivi per quantificare la biomassa secca

Dati da raccogliere:

-Misura periodica della crescita della pianta
-Attività fotosintetica
-Fluorescenza
-Valutazione di stress ossidativo

Sperimentazione in vivaio Italiano

Altezza (cm), peso fresco e secco (g), rapporto chioma/ radici e peso secco / fresco nelle piante *Fraser Photinia* dopo 5 mesi di coltivazione

Substrate	H		FW	DW			S/R	DW/FW
	T0	T5		chioma	radici	Totale		
Control (50% torba/ 50% Pomice)	59	61	396	79.6	35.4	115.0	2.2	0.29
Sedimenti/Scarti verdi 1:3	57	57	280	63.8	26.8	90.6	2.4	0.32
Sedimenti/Scarti verdi 1:1	57	70	364	85.2	36.0	121.2	2.4	0.33
Sedimenti/Scarti verdi 3:1	58	62	381	83.5	47.7	131.2	1.8	0.34
40% S-GW 1:3 /40% torba /20% pomice	59	61	339	76.2	29.5	105.7	2.6	0.31
40% S-GW 1:1 /40% torba/20% pomice	60	60	318	74.4	26.4	100.8	2.8	0.32
40% S-GW 3:1 /40% torba /20% pomice	57	62	367	82.7	33.4	116.1	2.5	0.32

H: altezza; FW: peso fresco; DW: peso secco; S/R: chioma/radici

- **Crescita limitata dovuta alla stagione invernale piuttosto rigida**
- **Tutti i parametri di crescita, non hanno mostrato differenze significative tra i differenti substrati**
- **Altezza, sostanza secca e partizione simili alle piante cresciute nel controllo a base di torba**
- **Anche i rapporti S/R e DW/FW hanno mostrato lo stesso andamento in tutti i trattamenti, confermando un equilibrio generale tra le piante testate**

Sperimentazione in vivaio Italiano

Altezza (cm), peso fresco e secco (g), rapporto chioma/radici e peso secco / fresco nelle piante *Viburnum tinus* dopo 5 mesi di coltivazione

Substrate	H		FW	DW			S/R	DW/FW
	T0	T5		chioma	radici	Totale		
Control (50% torba/ 50% Pomice)	68	73.5	610.3	130.1	40.2	170.3	3.2	0.28
Sedimenti/Scarti verdi 1:3	66	72.5	702.1	143.6	53.6	197.2	2.7	0.28
Sedimenti/Scarti verdi 1:1	64	67.0	434.3	108.2	32.1	140.3	3.4	0.32
Sedimenti/Scarti verdi 3:1	71	71.8	424.2	105.5	31.0	136.5	3.4	0.32
40% S-GW 1:3 /40% torba /20% pomice	66	62.5	565.5	131.5	41.0	172.5	3.2	0.31
40% S-GW 1:1 /40% torba/20% pomice	65	60.5	453.6	106.0	35.7	141.7	3.0	0.31
40% S-GW 3:1 /40% torba /20% pomice	63	63.8	445.3	107.3	32.7	140.0	3.3	0.31

H: altezza; FW: peso fresco; DW: peso secco; S/R: chioma/radici

- **Crescita limitata dovuta alla stagione invernale piuttosto rigida**
- **Tutti i parametri di crescita, non hanno mostrato differenze significative tra i differenti substrati**
- **Altezza, sostanza secca e partizione simili alle piante cresciute nel controllo a base di torba**
- **Anche i rapporti S/R e DW/FW hanno mostrato lo stesso andamento in tutti i trattamenti, confermando un equilibrio generale tra le piante testate**

Uso dei sedimenti dragati e dei sedimenti compostati come componenti per la preparazione dei suoli ricostituiti

La tecnologia ha come principale finalità il recupero dei terreni degradati

-premiscelazione dei suoli con componenti aggiuntive: rifiuti di diversa provenienza: fanghi biologici, sedimenti di dragaggio, fanghi di cartiera: se opportunamente dosate e sottoposte al trattamento, possono essere incorporate producendo i terreni ricostituiti

-sgretolamento e frammenta-zione degli aggregati, unitamente ad un'eventuale aggiunta di composti umici, e ad una ulteriore miscelazione

-disgregazione: opera mediante un sistema meccanico che realizza un'intensa scomposizione e destrutturazione unita alla sfibratura e dispersione delle componenti organiche all'interno dell'intera massa;

-ricostituzione: operata mediante pressioni meccaniche realizzate da un sistema rotante, provvede all'incorporazione e adesione della sostanza organica nella frazione minerale generando i neo aggregati del suolo ricostituito

Gli interventi di miglioramento agronomico dei suoli mediante la tecnologia della ricostituzione agiscono, sulle seguenti proprietà pedologiche

Incremento dello spessore del suolo – profondità utile delle radici (*da scarsa ad elevata*)

Riduzione dello scheletro e della pietrosità superficiale (*da frequente a scarso/a*)

Miglioramento della struttura degli aggregati – incremento della porosità

Aumento della ritenzione idrica

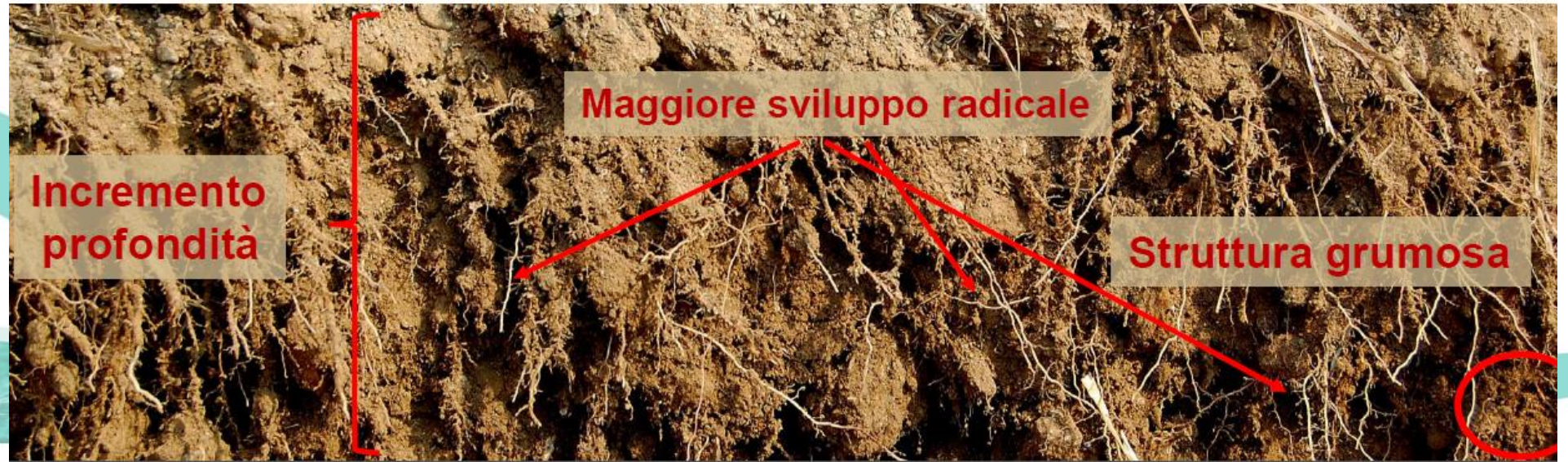
Diminuzione della reazione (*da 8,3 a 7,9 pH*)

Riduzione del Calcare attivo e del Calcare totale

Incremento della sostanza organica e del rapporto C/N

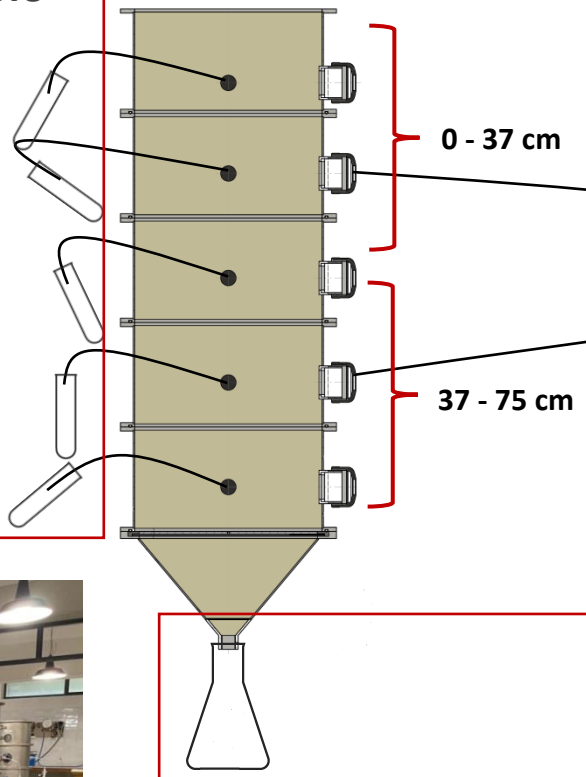
Aumento della frazione umica

Incremento della disponibilità del Fosforo P Olsen

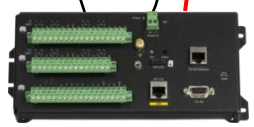


Controllo e validazione dei sedimenti e dei sedimenti compostati nella ricostituzione dei suoli

Analisi acqua del suolo
- pH
- EC
- Fe, Mn
- Cationi
- Anioni



Hydra Probe dati
- temperatura
- EC
- umidità



Analisi lisciviato
- pH
- EC
- N tot
- Nitrati
- As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn

Considerazioni finali

Tutti e 4 i progetti Life CLEANSED, **HORTISED, SUBSED e AGRISED** implementano il concetto di economia circolare attraverso azioni che garantiscono il riciclo di sedimenti di dragaggio in settori produttivi ambientali e agricoli, contribuendo in modo rilevante alla gestione sostenibile dei rifiuti

-In particolare, il progetto **CLEANSED** ha dimostrato, per la prima volta, la possibilità di riciclare i sedimenti di dragaggio, opportunamente trattati (fitorimediazione e landfarming), in vivaistica in alternativa ai substrati di crescita tradizionali e anche nella costruzione di strade

-Il progetto **HORTISED** ha dimostrato, per la prima volta, la possibilità di riciclare i sedimenti di dragaggio, opportunamente trattati, in orticultura, in alternativa alla torba

-Con il progetto SUBSED vogliamo confermare i risultati ottenuti sia in vivaistica (**CLEANSED)** che in orticultura (**HORTISED**); i risultati preliminari sono promettenti

-Nel progetto **AGRISED** al momento è stata dimostrata la possibilità di co-compostare i sedimenti con scarti verdi per la produzione di un substrato di crescita per la vivaistica e per la ricostituzione di suoli. Le prove sperimentali sono attualmente in corso e confermeranno l'idoneità del substrato in questi 2 settori ambientali

Tutti i progetti potrebbero dare un rilevante contributo alla **gestione sostenibile dei rifiuti**

Articolo scientifici sul riutilizzo dei sedimenti decontaminati

1. Macci C, Peruzzi E, Doni S, Vannucchi F, Masciandaro G (2021).Landfarming as a sustainable management strategy for fresh and phytoremediated sediment. Environmetal Science and Pollution Research doi: 10.1007/s11356-021-13134-y

2. Tozzi F, Del Bubba M, Petrucci WA, Pecchioli S, Macci C, Hernandez Garcia F, Martinez-Nicolas JJ, Giordani E (2020) Use of a remediated dredged marine sediment as a substrate for food crop cultivation: sediment characterization and assessment of fruit safety and quality using strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) as model species of contamination transfer. Chemosphere 238 124651 https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124651

3. Peruzzi, E., Macci, C., Doni, S., Zelari, L., 2019 Masciandaro, G Co-composting as a Management Strategy for Posidonia oceanica Residues and Dredged Sediments. Waste and Biomass Valorization doi/10.1007/s12649-019-00822-7.

4. Tozzi F, Pecchioli S, Renella G, Melgarejo P, Leguac P, Macci C, Doni S, Masciandaro G, Giordani E, Lenzi A (2019) Remediated marine sediment as growing medium for lettuce production: assessment of agronomic performance and food safety in a pilot experiment Running title: reusing dredged sediments as growing media. J Sci Food Agric. 5624–5630 https://doi.org/10.1002/jsfa.9815.

5. Mattei P, Gnesini A, Gonnelli C, Marraccini C, Masciandaro G, Macci C, Doni S, Iannelli R, Lucchetti S, Nicese FP, Renella G (2018) Phytoremediated marine sediments as suitable peat-free growing media for production of red robin photinia (Photinia x fraseri) Chemosphere 201, 595-602.DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.02.172

6. Ugolini F, Mariotti B, Maltoni A, Tani A, Salbitano F, Izquierdo CG, Macci C, Masciandaro G, Tognetti R (2018). A tree from waste: Decontaminated dredged sediments for growing forest tree seedlings. Journal of environmental management, 211, 269-277. 10.1016/j.jenvman.2018.01.059.

7. Ugolini F, Calzolari C, Lanini GM, Massetti L, Pollaki S, Raschi A, Sabatini F, Tagliaferri G, Ungaro F, Massa D, Antonetti M, Garcia Izquierdo C, Macci C, Masciandaro G (2017) Testing decontaminated sediments as a substrate for ornamentals in field nursery plantations Journal of Environmental Management 197, 681-693. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.03.064. ISSN: 0301-4797.

8. Mattei P, D'Acqui LP, Nicese FP, Lazzerini G, Masciandaro G, Macci C, Doni, S, Sarteschi F, Giagnoni L, Renella G (2017) Use of phytoremediated sediments dredged in maritime port as plant nursery growing media. Journal of Environmental Management 186, 225-232.

9. Ugolini, F., Calzolari, C., Lanini, G.M., Massetti, L., Sabatini, F., Ungaro, F., Damiano, S.,Izquierdo, C.G., Macci, C., Masciandaro, G. (2017). Physiological performance and growth of Viburnum tinus L. on phytoremediated sediments for plant nursing purpose. IForest 10, 55-63. DOI 10.3832/ifor1840-009.

Altri 2 articoli in corso di stesura