Il progetto LIFE AGRISED è cofinanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma LIFE

AGRISED

LIFE17 ENV/IT/269

LIFE AGRISED: Riutilizzo di sedimenti e scarti verdi per la produzione di substrati e tecnosuoli innovativi

LA PEDOTECNOLOGIA DELLA RICOSTITUZIONE APPLICATA AL RECUPERO DEI SEDIMENTI

Dr PAOLO MANFREDI
Dr CHIARA CASSINARI

ECOSISTEMI

Ecosistemi si è specializzata nel campo della ***pedotecnologia***: ha registrato diversi brevetti nati dall'intuizione e dallo studio sui processi di degrado dei suoli, sulla perdita delle superfici agricole e sul trattamento dei suoli.



Dal 2007 sono state realizzate diverse opere ripristinando suoli degradati e aree entisolizzate

Intervento: 07 – 09 Cascina Ca Matta I Gossolengo PC

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE IV**

Post operam: **CLASSE II**

Intervento: 09 – 12 Cascina Ca Matta II Gossolengo PC

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE III**

Post operam: **CLASSE II**

Intervento: 2012 – 2016 Borgotrebbia PC

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE IV - V**

Post operam: **CLASSE II**

Intervento: 2016 - Vicolungo - Novara

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE VIII**

Post operam: **CLASSE II**

Intervento: 2016 – 2018 Casanova Lodigiani PC

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE III**

Post operam: **CLASSE II**

Intervento: 2019 Nura – Eridano PC

Capacità d'uso Ante operam: **CLASSE IV**

Post operam: **CLASSE II**



ECOSISTEMI

AGRISED

Origine della ricostituzione

LA TECNOLOGIA DELLA RICOSTITUZIONE È NATA COME UNA STRATEGIA ATTIVA DI INTERVENTO PER CONTRASTARE I PROCESSI DI DECLINO DEL SUOLO E PER PRODURRE TECNOSUOLI IDONEI RENDENDO SOSTENIBILI OPERE DI RIPRISTINO DELLE AREE DEGRADATE



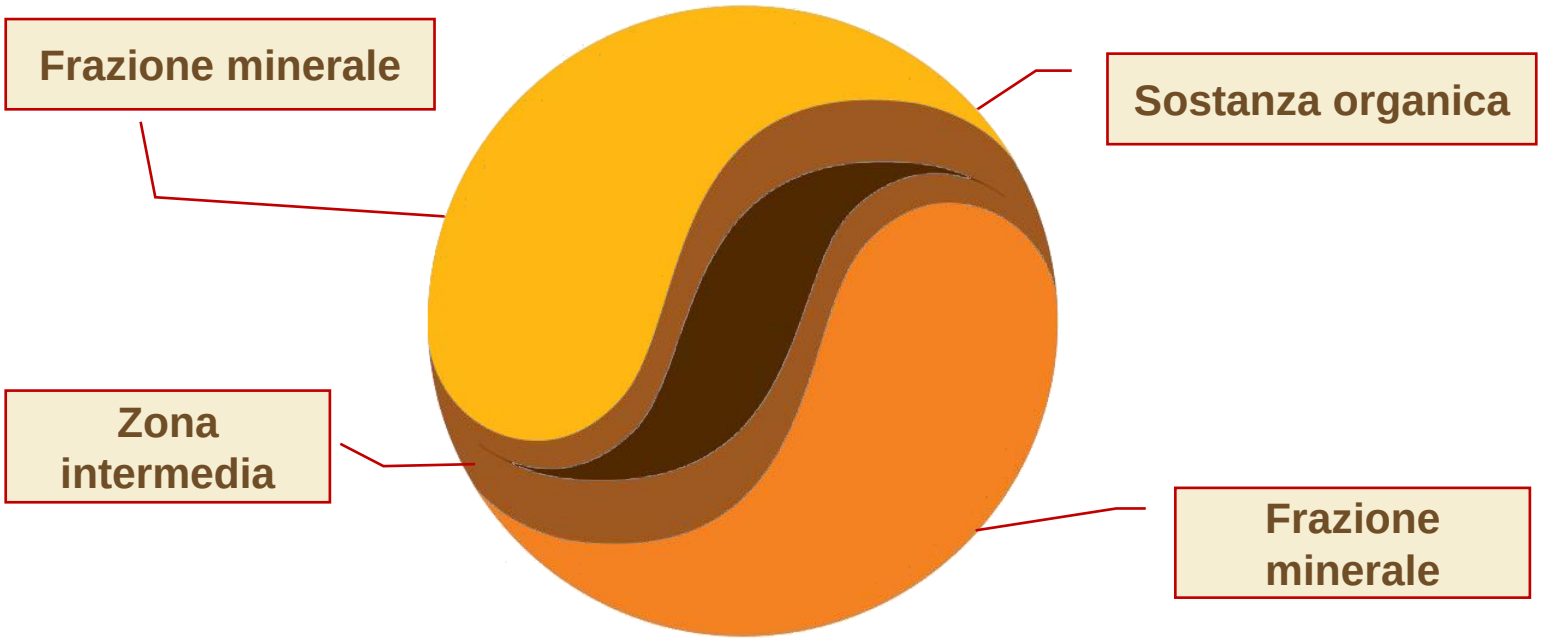
La tecnologia della ricostituzione è inquadrata nella definizione della pedotecnologia:

"*tutte le attività che determinano o possono determinare una crescente influenza dell'uomo sulla pedogenesi e sui pedopaesaggi sia mediante la selezione e la valutazione di materiali idonei alla costruzione dei suoli, sia mediante l'impiego di procedure atte alla modificazione delle caratteristiche del suolo fino alla realizzazione di suoli per scopi specifici*" (DAZZI et al., 2010)

- Selezione e la valutazione di materiali idonei alla costruzione dei suoli
- Impiego di procedure atte alla modificazione delle caratteristiche del suolo
- Realizzazione di suoli per scopi specifici

- Modificare verso un miglioramento i suoli degradati e desertificati

Il modello concettuale della ricostituzione dei suoli può essere riassunto e rappresentato simbolicamente dal marchio ideato come logo in un progetto di Ecosistemi (NEWLIFE) che raffigura in modo stilizzato un aggregato di suolo ricostituito



Il trattamento da origine ad un prodotto finito (suolo ricostituito) con caratteristiche e proprietà differenti dalle matrici dalle quali ha avuto origine

AGRISED

ECOSISTEMI

Un fondamentale contributo all'applicazione di questa tecnologia è dovuto all'approfondita conoscenza, nel campo dell'ecologia industriale, dei **rifiuti** e dei **cicli produttivi** che li originano



Ogniuno dei residui impiegati possiede almeno una proprietà di particolare interesse per il suolo agrario

Molte di queste tipologie di rifiuti prese singolarmente sono inutilizzabili, mentre, se vengono opportunamente dosate e sottoposte alla ricostituzione, possono essere di grande utilità per la produzione dei suoli ricostituiti.



Sulla base delle esperienze effettuate la ricostituzione può essere potenzialmente una delle tecnologie che possono realizzare interventi di recupero dei fanghi di dragaggio per la produzione di tecnosuoli

AGRISED







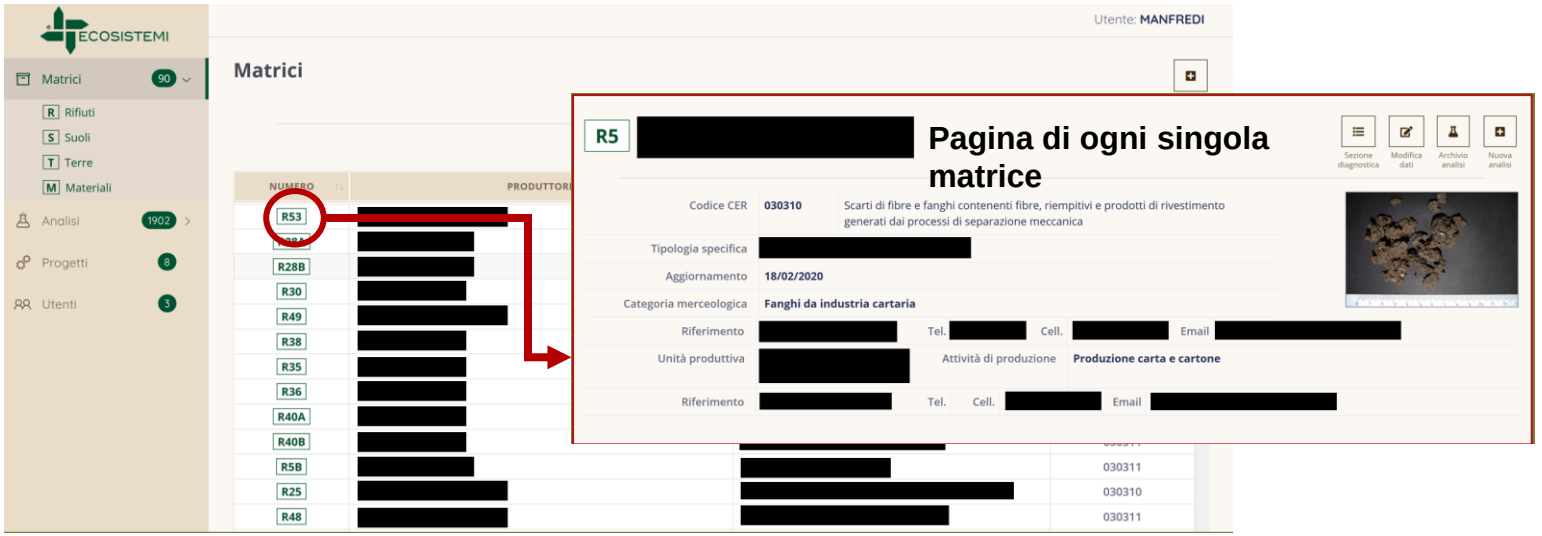
ECOSISTEMI

Procedure atte alla modificazione delle caratteristiche del suolo o alla produzione di tecnosuoli mediante la ricostituzione

Bilanciamento - dosaggio delle matrici

Sulla base delle informazioni ricevute dal laboratorio vengono progettate le miscele da trattare applicando il programma di calcolo **PEDOGÉNIA** dove si determinano dosaggi di ogni matrice

Elenco matrici nell'archivio



AGRISED

ECOSISTEMI

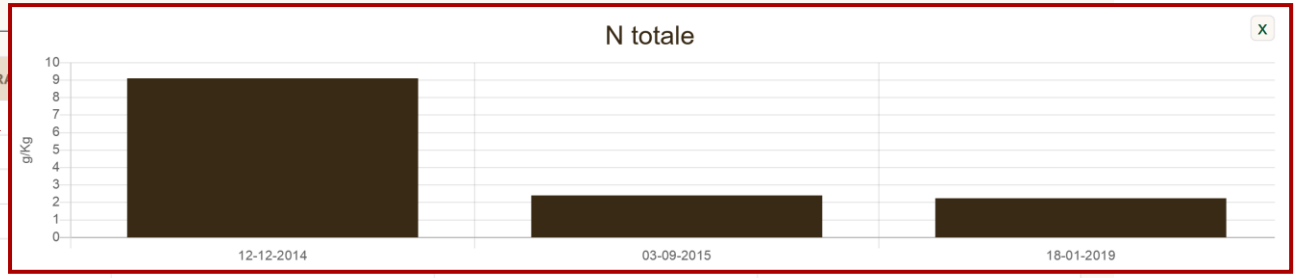
Selezione e valutazione dei materiali idonei alla costruzione dei suoli

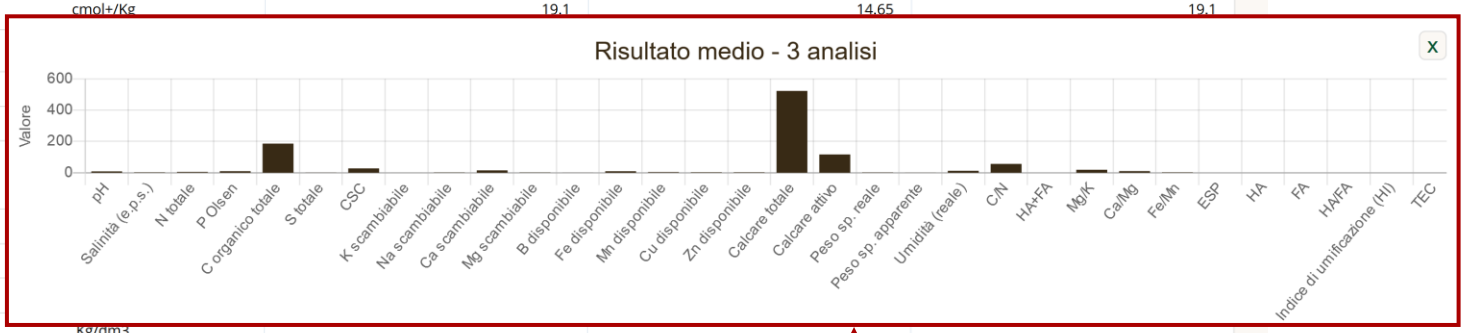


Selezione e valutazione dei materiali idonei alla costruzione dei suoli

Analisi agronomica

	UNITÀ DI MISURA			
pH	-			
Salinità (e.p.s.)	dS/m			
N totale	g/Kg			
P Olsen	mg/Kg (P)			
C organico totale	g/Kg			
S totale	g/Kg	0.47	0.763	1.31
CSC	meq/100g	23.2	27.25	31.3
K scambiabile	cmol+/Kg	0.28	0.155	0.28
Na scambiabile	cmol+/Kg	1.75	1.475	1.75
Ca scambiabile	cmol+/Kg	19.1	14.65	19.1
Mg scambiabile				
B disponibile				
Fe disponibile				
Mn disponibile				
Cu disponibile				
Zn disponibile				
Calcare totale				
Calcare attivo				
Peso sp. reale	Kg/dm3			
Peso sp. apparente	Kg/dm3			
Umidità (reale)	%	54.9	54.9	54.9
C/N	-	28.55	28.55	28.55

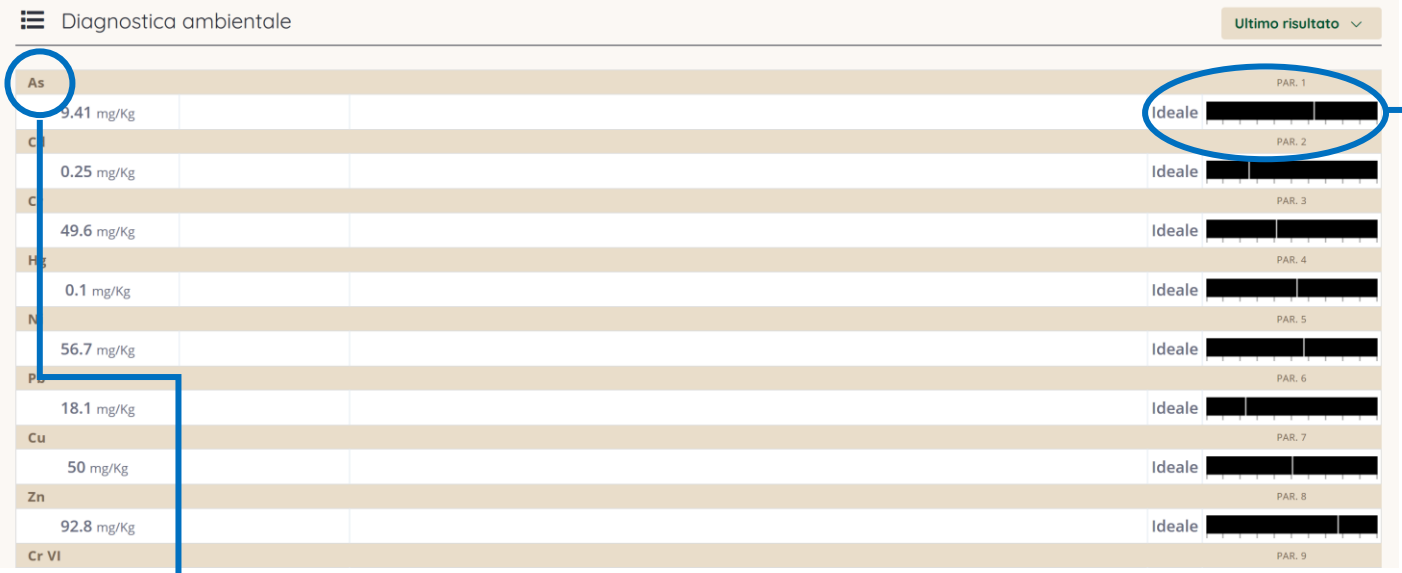


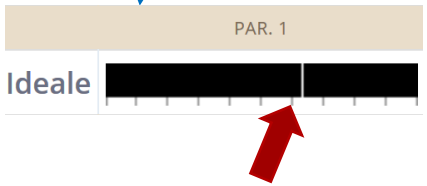


ECOSISTEMI

AGRISED

Selezione e valutazione dei materiali idonei alla costruzione dei suoli





Grado di valutazione nel giudizio

Parametro ARSENICO

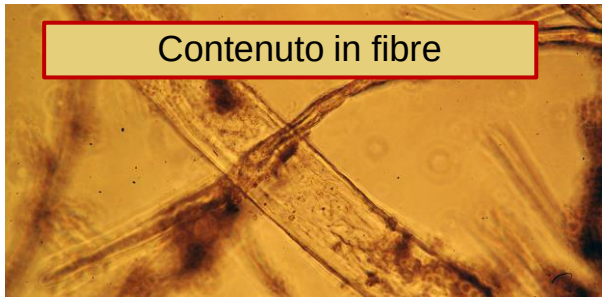
Se	< 14,99 mg/kg	IDEALE
Se	15,00 – 18,99 mg/kg	ACCETTABILE
Se	19,00 – 21,99 mg/kg	DISCRIMINANTE
Se	>22 mg/kg	NON ACCETTABILE

Progetto di dosaggio

Le differenti matrici a loro volta vengono suddivise sulla base delle loro proprietà fisiche e reologiche per la calibrazione del trattamento per le azioni di sfibratura, frantumazione, sgretolazione, miscelazione, sfaldamento e di successiva compressione finale (ricostituzione).

I parametri valutati sono i seguenti:

- Umidità totale
- Plasticità
- Limite di liquidità
- Indice di consistenza
- Adesività
- Tessitura

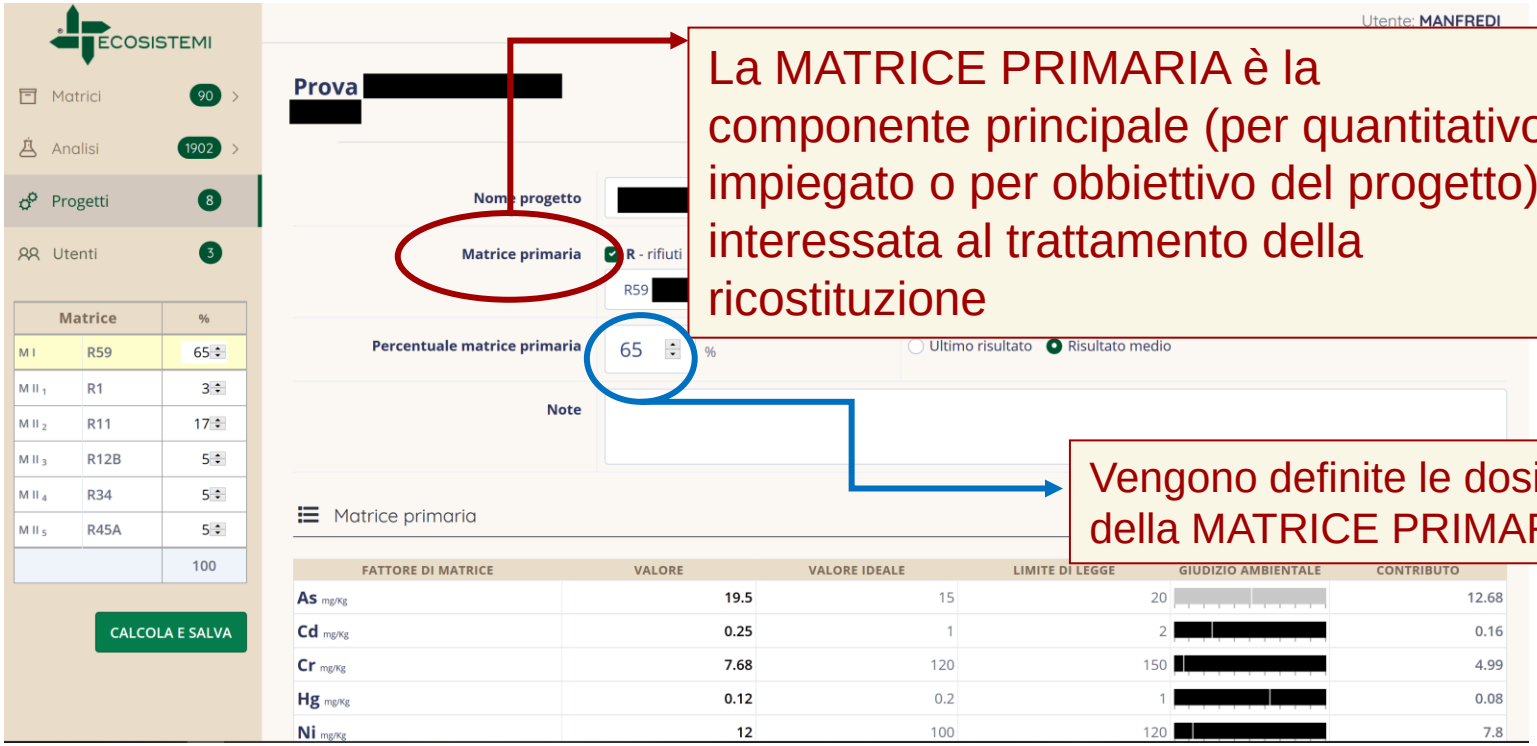




CRITERI PEDO-AGRONOMICI

Formulazione miscela per la ricostituzione

PROGETTAZIONE E DOSAGGIO COMPONENTI



La MATRICE PRIMARIA è la componente principale (per quantitativo impiegato o per obbiettivo del progetto) interessata al trattamento della ricostituzione

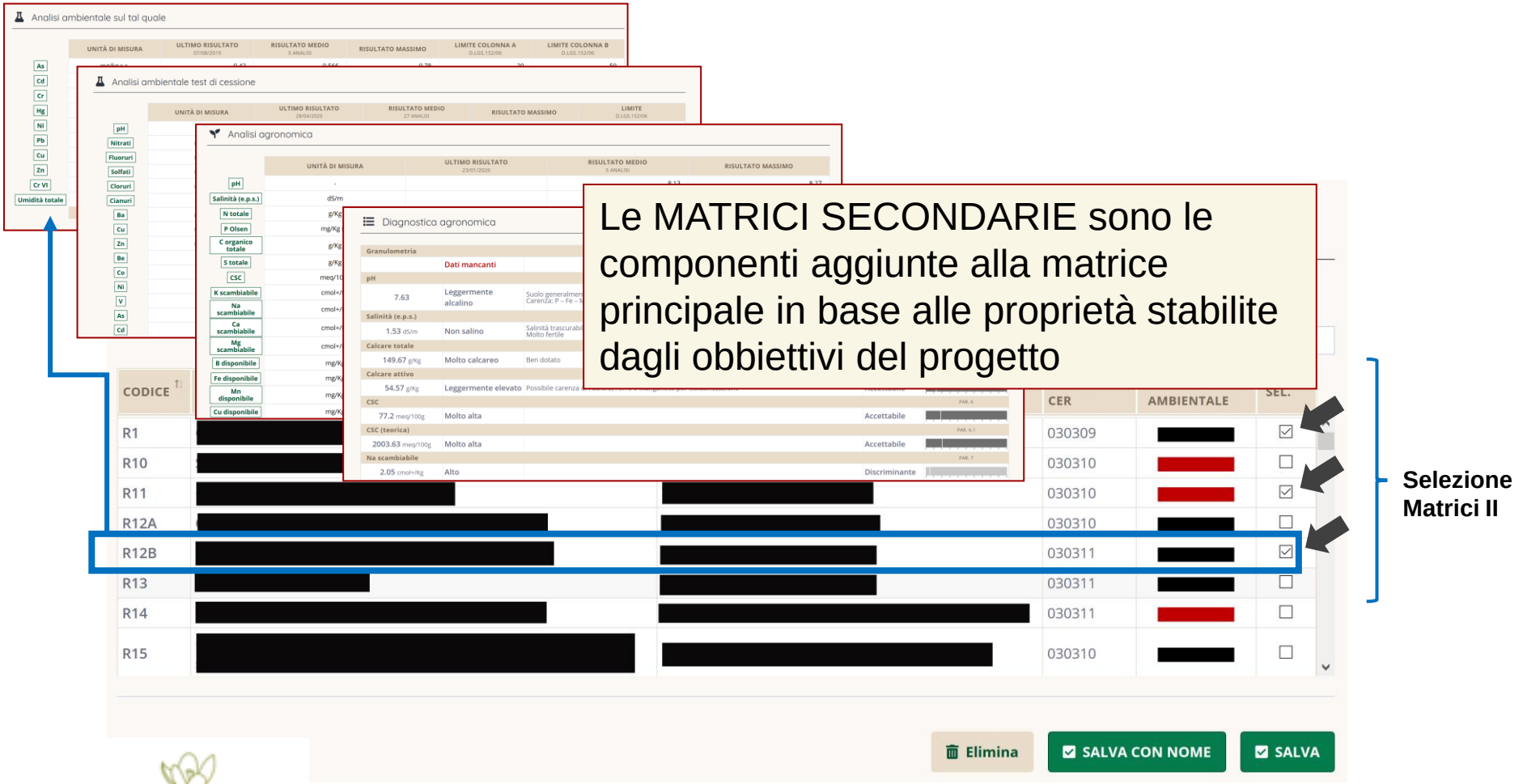
Vengono definite le dosi di utilizzo della MATRICE PRIMARIA

AGRISED

ECOSISTEMI

Progetto di dosaggio

Dopo aver definito la percentuale della MATRICE PRIMARIA si procede nella scelta delle MATRICI SECONDARIE a seconda delle loro caratteristiche chimico ambientali e pedo-agronomiche



Progetto di dosaggio

Elenco matrici selezionate

Matrici secondarie selezionate: **3**

MATRICE	UNITÀ PRODUTTIVA	CODICE CER	GIUDIZIO AMBIENTALE
M II 1 R28B	[redacted]	030311	[redacted]
M II 2 R40B	[redacted]	030311	[redacted]
M II 3 R42B	[redacted]	030311	[redacted]



CRITERI PEDO-AGRONOMICI

Formulazione miscela per la ricostituzione

PROGETTAZIONE E DOSAGGIO COMPONENTI

Dosaggio matrici

Matrice		%
M I	TT0	60
M II 1	R28B	30
M II 2	R40B	7
M II 3	R42B	3
		100

Formulazione miscela per ricostituzione - parte ambientale

Matrice		%	As mg/kg s.s.	Cd mg/kg s.s.	Cr mg/kg s.s.	Hg mg/kg s.s.	Ni mg/kg s.s.	Pb mg/kg s.s.	Cu mg/kg s.s.	Zn mg/kg s.s.	Cr VI mg/kg s.s.	Umidità totale %
M I	TT0	60	1.66 **1.24**	0.2 **0.15**	73 **54.56**	0.12 **0.09**	110 **82.22**	12 **8.97**	61 **45.59**	67 **50.08**	0.2 **0.15**	32 **19.2**
M II 1	R28B	30	0.77 **0.13**	0.34 **0.06**	6.87 **1.17**	0.1 **0.02**	3.23 **0.55**	44.1 **7.54**	27.5 **4.7**	27.2 **4.65**		68.9 **20.67**
M II 2	R40B	7	1.43 **0.04**	0.31 **0.01**	7.27 **0.19**	0.1 **0**	4.5 **0.12**	2.38 **0.06**	21.1 **0.55**	135 **3.53**		79.6 **5.57**
M II 3	R42B	3	2.06 **0.11**	0.4 **0.02**	22.7 **1.26**	0.4 **0.02**	16.4 **0.91**	22.6 **1.25**	50.3 **2.79**	136 **7.55**		
VF TR		100	**1.52**	**0.24**	**57.18**	**0.13**	**83.8**	**17.82**	**53.63**	**65.81**	**0.15**	**45.44**
VI TR			15	1	120	0.2	100	80	100	120	0.2	
LIM Col. A			20	2	150	1	120	100	120	150	2	

Valori finali terre ricostituite

VF TR	100	**1.52**	**0.24**	**57.18**	**0.13**	**83.8**	**17.82**	**53.63**	**65.81**	**0.15**
VI TR		15	1	120	0.2	100	80	100	120	0.2
LIM Col. A		20	2	150	1	120	100	120	150	2

AGRISED

ECOSISTEMI

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

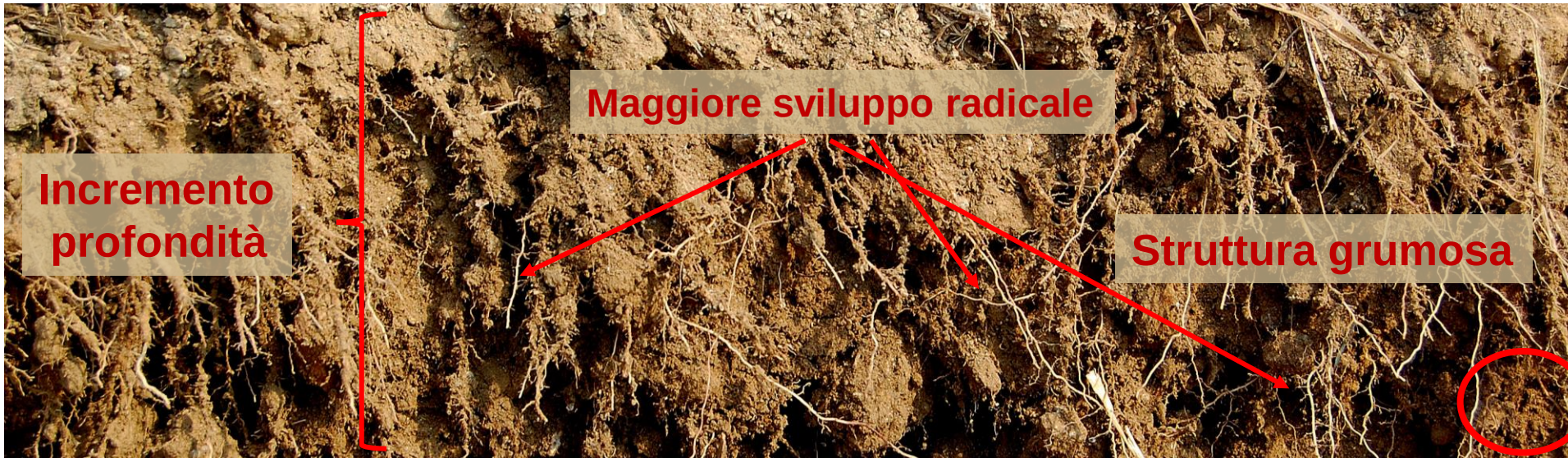
Diminuzione della reazione (*da 8,3 a 7,9 pH*)

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



Azione B1

Analisi e caratterizzazione dei sedimenti dragati e dei sedimenti compostati

Analisi fisiche e chimiche

campione	sabbia	limo	argilla	ρs	ρa	porosità
	%			g cm^{-3}		%
co-compost 1:3	20	63	17	2.176	0.934	57
co-compost 1:1	27	54	19	2.035	0.992	51
co-compost 3:1	25	55	20	2.094	1.143	45
fango dragaggio	73	12	15	2.446	1.388	43
fango dragaggio bidoni	79	8	12	2.464	1.302	47

campione	pH	salinità - EPS	$CaCO_3$	$CaCO_3$ attivo	C totale	C org	N totale	C/N
		dS m^{-1}	g kg^{-1} SS					
co-compost 1:3	7.7	5.7	63.1	14.1	75.90	76.4	6.16	12
co-compost 1:1	7.6	4.4	70.2	15.3	51.47	52.2	3.54	15
co-compost 3:1	7.7	3.7	88.5	19.1	38.68	36.2	2.60	14
fango dragaggio	8.1	8.9	60.4	15.9	12.46	8.9	0.58	15
fango dragaggio bidoni	8.2	16.6	78.6	7.5	12.56	3.5	0.51	7

campione	CSC	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Mg/K	K_2O - calcolo
	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}					
co-compost 1:3	40.7	3.82	5.48	0.43	0.7	2581
co-compost 1:1	32.9	5.17	3.84	0.46	1.3	1810
co-compost 3:1	30.3	6.59	2.11	0.39	3.1	996
fango dragaggio	14.5	2.64	0.85	4.37	3.1	401
fango dragaggio bidoni	7.57	2.64	0.72	5.73	3.7	339

campione	P_2O_5	Fe disponibile	Mn disponibile	Fe/Mn	Zn disponibile	Cu disponibile	K assimilabile	Mg assimilabile	Bo solubile
	mg kg^{-1} SS				mg kg^{-1} SS				
co-compost 1:3	324	238.0	59.2	4.0	27.6	10.5	1741.2	370.2	3.44
co-compost 1:1	232	267.7	78.0	3.4	24.0	16.6	810.8	373.3	2.91
co-compost 3:1	186	179.7	40.2	4.5	11.5	12.4	319.4	301.2	1.83
fango dragaggio	65	138.3	17.7	7.8	9.4	6.8	163.4	235.5	1.71
fango dragaggio bidoni	112	91.16	8.3	11.0	27.7	7.1	130.04	205.09	1.24

Azione B1

Analisi e caratterizzazione dei sedimenti dragati e dei sedimenti compostati

Metalli sul tal quale	co-compost 1:3	co-compost 1:1	co-compost 3:1	fango dragaggio	fango di dragaggio bidoni
	mg kg^{-1} SS				
Arsenico	6.6	5.7	6.6	3.4	3.2
Cadmio	0.3	0.22	0.25	<0.2	0.3
Cromo	24.1	22.1	24.3	40.4	35.8
Mercurio	0.12	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nichel	25.7	21.3	24.2	43.9	38.5
Piombo	14.5	11.5	13.8	10.2	21.5
Rame	54.6	46.4	53.1	24.0	51.1
Zinco	164.0	105.0	111.0	65.1	396.0

Test di cessione		Compost 1:3	Compost 1:1	Compost 3:1	Fango di dragaggio	Fango di dragaggio bidoni
pH		7.7	7.7	7.7	8.1	8.4
Nitrati	mg L^{-1} NO_3^-	80.6	<5	25.7	<5	<5
Fluoruri	mg L^{-1}	<0.5	<0.5	<0.5	0.53	1.36
Solfati	mg L^{-1}	120	167	230	152	271
Cloruri	mg L^{-1}	33.2	16.9	9	89.3	151
Cianuri	µg L^{-1}	10	19	35	<10	<10
Bario	mg L^{-1}	0.151	0.125	0.111	0.035	0.03
Rame	mg L^{-1}	0.049	0.027	0.013	0.006	0.011
Zinco	mg L^{-1}	0.058	0.016	0.008	0.006	0.008
Berillio	µg L^{-1}	<1	<1	<1	<1	<1
Cobalto	µg L^{-1}	3.06	1.55	<1	<1	<1
Nichel	µg L^{-1}	11.2	9.85	6.16	<1	3.28
Vanadio	µg L^{-1}	24.4	19	5.09	4.61	1.36
Arsenico	µg L^{-1}	14.7	7.95	3.17	1.58	<1
Cadmio	µg L^{-1}	<1	<1	<1	<1	<1
Cromo totale	µg L^{-1}	5.17	4.08	1.82	<1	<1
Piombo	µg L^{-1}	<1	1.69	<1	<1	<1
Selenio	µg L^{-1}	1.02	<1	<1	<1	<1
Mercurio	µg L^{-1}	0.17	0.15	<0.1	<0.1	<0.1
Amianto	mg L^{-1}	<1	<1	<1	<1	<1

Idrocarburi	fango di dragaggio bidoni
	mg kg^{-1} SS
C>12	17
C<12	<1
Benzo(a)antracene	<0.01
Benzo(a)pirene	<0.01
Benzo(b)fluorantene	<0.01
Benzo(k)fluorantene	<0.01
Benzo(ghi)perilene	<0.01
Dibenzo(a,e)pirene	<0.01
Dibenzo(a,i)pirene	<0.01
Dibenzo(a,l)pirene	<0.01
Dibenzo(a,h)pirene	<0.01
Dibenzo(a,h)antracene	<0.01
Pirene	<0.01
Crisene	<0.01
Indeno(1,2,3-cd)pirene	<0.01
IPA	<0.1

Azione B4

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



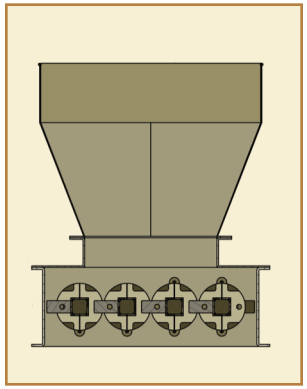


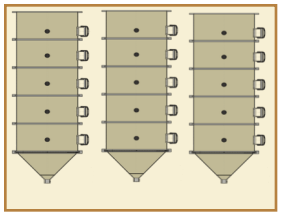
Azione B4

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

Azione C3

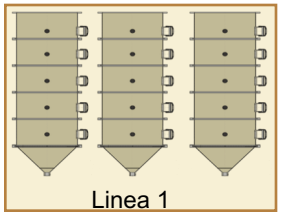
Controllo e validazione dei sedimenti e dei sedimenti compostati nella ricostituzione dei suoli

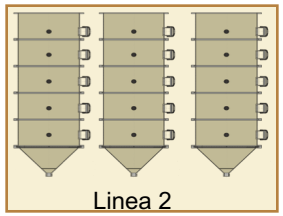


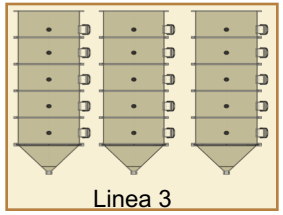


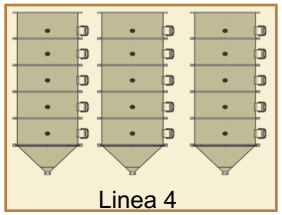
Caratterizzazione I

Linee sperimentali		colonne
SUOLO DEGRADATO	**D**	2
FANGO DRAGAGGIO	**F**	2
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**	2
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**	1
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**	1
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**	2
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**	1
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**	1
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**	2
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**	1
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**	1
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**	2









Caratterizzazione II

Controllo dati dai sensori

Analisi soluzione suolo

Controllo analitico degli eluati

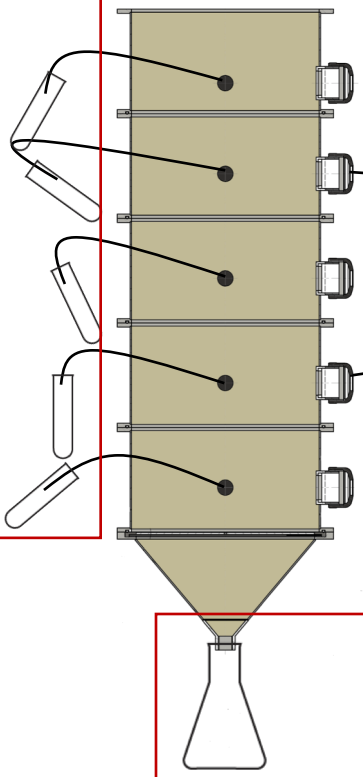
Azione C3

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

Caratterizzazione II

Analisi soluzione circolante

- pH
- Salinità
- N totale
- Nitrati



Parametri in continuo

- Temperatura
- Salinità
- Umidità





Analisi sui lisciviati

- pH
- Salinità
- N totale
- Nitrati
- As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn

Azione C3

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







Azione B4

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

Caratterizzazione I

Metalli sul tal quale

	CR 1:1.a	CR 1:3.a	CR 3:1.a	DR	CR 1:1.b	CR 1:3.b	CR 3:1.b
	mg kg^{-1} SS						
Be	0.48	0.43	0.36	0.45	0.31	0.34	0.37
Al	6248	6569	5798	10623	5495	6230	7154
Ti	233	262	214	216	225	211	241
V	19	19	19	16	16	18	21
Cr	53	56	80	95	68	59	82
Mn	375	396	372	263	335	395	465
Fe	15825	16561	16266	14812	14181	15126	18075
Co	7.39	7.41	7.22	7.40	6.93	7.59	9.52
Ni	56	55	69	81	79	58	99
Cu	28	31	29	35	23	28	51
Zn	93	76	73	47	65	61	95
As	4.40	5.14	4.75	3.63	4.13	4.79	5.36
Se	0.67	0.94	0.84	0.49	0.66	1.00	0.95
Sr	76	72	72	84	68	89	119
Mo	4.66	13.68	1.54	2.78	5.82	-0.12	-0.10
Cd	0.16	0.17	0.14	0.13	0.11	0.13	0.23
Sn	6.00	10.52	9.15	7.94	5.49	4.39	5.45
Sb	0.12	0.83	0.45	0.16	0.18	0.18	0.16
Te	0.14	1.60	0.77	0.56	0.23	0.11	0.21
Ba	62	57	53	37	43	54	63
Hg	0.07	0.07	0.07	0.04	0.04	0.06	0.06
Tl	-0.06	0.04	-0.03	-0.07	-0.05	-0.08	-0.12
Pb	7.96	15.18	7.80	8.47	6.89	8.61	19.28

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	**D**
FANGO DRAGAGGIO	**F**
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**

Azione B4

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

Caratterizzazione I

campione	pH	salinità - EPS	$CaCO_3$	$CaCO_3$ attivo	C totale	C org	N totale	C/N	S totale
		dS m^{-1}	g kg^{-1} SS						g kg^{-1} SS
CR 1:1.a	8.0	3.5	62.4	11.5	27.75	17.5	2.98	6	6.0
CR 1:3.a	8.0	3.2	54.5	16.0	20.89	16.4	1.68	10	3.5
CR 3:1.a	8.3	4.0	58.5	34.1	39.39	30.6	3.02	10	2.9
DR	8.1	4.3	64.1	20.1	15.38	25.5	0.75	34	1.5
CR 1:1.b	8.0	2.5	62.6	25.5	24.93	25.8	1.38	19	1.2
CR 1:3.b	7.5	3.4	87.8	51.4	31.00	23.8	1.73	14	1.5
CR 3:1.b	7.2	3.6	99.1	80.3	38.01	31.7	2.37	13	1.4

campione	sabbia	limo	argilla	ρs	ρa	porosità
	%			g cm^{-3}		
CR 1:1.a	66	27	7	2.484	1.249	50
CR 1:3.a	67	25	9	2.485	1.311	47
CR 3:1.a	68	25	7	2.454	1.222	50
DR	84	11	5	2.331	1.208	48
CR 1:1.b	75	18	7	2.468	1.257	49
CR 1:3.b	62	29	9	2.493	1.324	47
CR 3:1.b	65	24	11	2.421	1.164	52

campione	P Olsen	P_2O_5	Fe disponibile	Mn disponibile	Fe/Mn	Zn disponibile	Cu disponibile	K assimilabile	Mg assimilabile	Bo solubile
	mg kg^{-1} SS		mg kg^{-1} SS			mg kg^{-1} SS				
CR 1:1.a	78.7	180	136.23	20.17	6.8	11.20	6.89	339.64	175.23	1.76
CR 1:3.a	83.5	191	122.73	13.91	8.8	11.00	7.24	204.06	172.02	1.42
CR 3:1.a	85.2	195	141.34	26.40	5.4	13.21	5.18	633.72	165.56	2.40
DR	29.5	68	22.79	12.97	1.8	5.01	2.50	89.22	99.24	0.88
CR 1:1.b	67.6	155	90.62	25.36	3.6	8.32	4.88	251.27	123.38	1.43
CR 1:3.b	75.6	173	117.10	19.68	5.9	9.17	6.72	174.96	149.79	1.36
CR 3:1.b	89.9	206	132.14	34.62	3.8	9.23	5.13	412.62	138.28	2.44

campione	CSC	Mg^{2+}	K^+	Na^+	ESP - calcolo	Mg/K	K_2O - calcolo
	$cmol_{(+)}$ kg^{-1}						
CR 1:1.a	22.54	2.82	1.20	0.20	0.9	2.3	567
CR 1:3.a	22.28	3.08	0.81	0.19	0.9	3.8	383
CR 3:1.a	28.27	2.79	2.55	0.22	0.8	1.1	1199
DR	19.51	1.68	0.32	2.64	13.5	5.3	149
CR 1:1.b	21.72	2.05	0.84	0.23	1.1	2.4	397
CR 1:3.b	22.25	2.33	0.99	0.24	1.1	2.4	465
CR 3:1.b	26.50	2.44	2.41	0.30	1.1	1.0	1138

Caratterizzazione I: confronti prima e dopo la ricostituzione

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	D
FANGO DRAGAGGIO	F
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	DR
LINEA CO-COMPOST 1:1	C 1:1
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:1.a
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:1.b
LINEA CO-COMPOST 1:3	C 1:3
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:3.a
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:3.b
LINEA CO-COMPOST 3:1	C 3:1
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 3:1.a
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 3:1.b

campione	sabbia	limo	argilla	ρs	ρa	porosità
	%			g cm^{-3}		%
co-compost 1:3	20	63	17	2.176	0.934	57
CR 1:3.a	67	25	9	2.485	1.311	47
CR 1:3.b	62	29	9	2.493	1.324	47
co-compost 1:1	27	54	19	2.035	0.992	51
CR 1:1.a	66	27	7	2.484	1.249	50
CR 1:1.b	75	18	7	2.468	1.257	49
co-compost 3:1	25	55	20	2.094	1.143	45
CR 3:1.a	68	25	7	2.454	1.222	50
CR 3:1.b	65	24	11	2.421	1.164	52
fango dragaggio bidoni	79	8	12	2.464	1.302	47
DR	84	11	5	2.331	1.208	48

campione	pH	salinità	$CaCO_3$	$CaCO_3$ attivo	C totale	C org	N totale	C/N	CSC	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Mg/K	K_2O
		dS m^{-1}	g kg^{-1} SS						cmol$_{(+)}$ kg^{-1}					
co-compost 1:3	7.7	5.7	63.1	14.1	75.9	76.4	6.2	12	40.7	3.8	5.5	0.4	0.7	2581
CR 1:3.a	8.0	3.2	54.5	16.0	20.9	16.4	1.7	10	22.3	3.1	0.8	0.2	3.8	383
CR 1:3.b	7.5	3.4	87.8	51.4	31.0	23.8	1.7	14	22.2	2.3	0.9	0.2	2.4	465
co-compost 1:1	7.6	4.4	70.2	15.3	51.5	52.2	3.5	15	32.9	5.2	3.8	0.5	1.3	1810
CR 1:1.a	8.0	3.5	62.4	11.5	27.7	17.5	2.9	6	22.5	2.8	1.2	0.2	2.3	567
CR 1:1.b	8.0	2.5	62.6	25.5	24.9	25.8	1.4	19	21.7	2.1	0.8	0.2	2.4	397
co-compost 3:1	7.7	3.7	88.5	19.1	38.7	36.2	2.6	14	30.3	6.6	2.1	0.4	3.1	996
CR 3:1.a	8.3	4.0	58.5	34.1	39.4	30.6	3.0	10	28.3	2.8	2.5	0.2	1.1	1199
CR 3:1.b	7.2	3.6	99.1	80.3	38.0	31.7	2.4	13	26.5	2.4	2.4	0.3	1.0	1138
fango dragaggio bidoni	8.2	16.6	78.6	7.5	12.6	3.5	0.5	7	7.6	2.6	0.7	5.7	3.7	339
DR	8.1	4.3	64.1	20.1	15.4	25.5	0.7	34	19.5	1.7	0.3	2.6	5.3	149

Caratterizzazione I: confronti prima e dopo la ricostituzione

campione	P_2O_5	Fe disponibile	Mn disponibile	Fe/Mn	Zn disponibile	Cu disponibile	K assimilabile	Mg assimilabile	Bo solubile
	mg kg^{-1} SS				mg kg^{-1} SS				
co-compost 1:3	324	238.0	59.2	4.0	27.6	10.5	1741.2	370.2	3.4
CR 1:3.a	191	122.7	13.9	8.8	11.0	7.2	204.1	172.0	1.4
CR 1:3.b	173	117.1	19.7	5.9	9.2	6.7	174.9	149.8	1.4
co-compost 1:1	232	267.7	78.0	3.4	24.0	16.6	810.8	373.3	2.9
CR 1:1.a	180	136.2	20.2	6.8	11.2	6.9	339.6	175.2	1.8
CR 1:1.b	155	90.6	25.4	3.6	8.3	4.9	251.3	123.4	1.4
co-compost 3:1	186	179.7	40.2	4.5	11.5	12.4	319.4	301.2	1.8
CR 3:1.a	195	141.3	26.4	5.4	13.2	5.2	633.7	165.6	2.4
CR 3:1.b	206	132.1	34.6	3.8	9.2	5.1	412.6	138.3	2.4
fango dragaggio bidoni	112	91.1	8.3	11.0	27.7	7.1	130.0	205.1	1.2
DR	68	22.8	12.9	1.8	5.0	2.5	89.2	99.2	0.9

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	**D**
FANGO DRAGAGGIO	**F**
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**

Azione C3

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

Caratterizzazione I: dati preliminari

profondità sonda	temperatura °C, media ± st.dev.					
	F		D		DR	
20 cm	22 ± 1	22 ± 1	22 ± 1	22 ± 1	23 ± 1	23 ± 1
60 cm	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1

	C 1:1	CR 1:1 a	CR 1:1 b	
20 cm	23 ± 1	22 ± 1	23 ± 1	23 ± 1
60 cm	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1

	C 1:3	CR 1:3 a	CR 1:3 b	
20 cm	22 ± 1	22 ± 1	23 ± 1	23 ± 1
60 cm	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1

	C 3:1	CR 3:1 a	CR 3:1 b	
20 cm	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1
60 cm	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1	23 ± 1

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	**D**
FANGO DRAGAGGIO	**F**
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**

Azione C3

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

Caratterizzazione I: dati preliminari

profondità sonda	umidità %, media ± st.dev.					
	F		**D**		**DR**	
20 cm	7 ± 2	7 ± 5	2 ± 2	5 ± 2	7 ± 2	14 ± 2
60 cm	12 ± 1	10 ± 1	16 ± 1	21 ± 1	28 ± 1	28 ± 1

	C 1:1	**CR 1:1 a**	**CR 1:1 b**	
20 cm	6 ± 1	9 ± 3	6 ± 1	11 ± 1
60 cm	28 ± 1	26 ± 1	23 ± 1	26 ± 1

	C 1:3	**CR 1:3 a**	**CR 1:3 b**	
20 cm	3 ± 2	8 ± 2	16 ± 7	15 ± 8
60 cm	25 ± 1	22 ± 2	28 ± 3	28 ± 2

	C 3:1	**CR 3:1 a**	**CR 3:1 b**	
20 cm	8 ± 1	6 ± 1	17 ± 3	16
60 cm	31 ± 1	27 ± 1	20	22

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	**D**
FANGO DRAGAGGIO	**F**
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**

Azione C3

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

Caratterizzazione I: dati preliminari

profondità sonda	conducibilità elettrica dS m^{-1}, media ± st.dev.					
	F		D		DR	
20 cm	0.17 ± 0.06	0.19 ± 0.1	0.02 ± 0.05	0.03 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.20 ± 0.02
60 cm	0.79 ± 0.1	0.72 ± 0.07	4.90 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.57 ± 0.1	0.70 ± 0.05

	C 1:1	CR 1:1 a	CR 1:1 b	
20 cm	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.15 ± 0.03
60 cm	1.09 ± 0.05	0.75 ± 0.06	0.51 ± 0.02	0.55 ± 0.05

	C 1:3	CR 1:3 a	CR 1:3 b	
20 cm	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.03	0.27 ± 0.1	0.21 ± 0.1
60 cm	75.70 ± 5	0.57 ± 0.04	0.65 ± 0.03	0.71 ± 0.02

	C 3:1	CR 3:1 a	CR 3:1 b	
20 cm	0.18 ± 0.03	0.10 ± 0.02	0.28 ± 0.05	0.19 ± 0.05
60 cm	153.24 ± 3	0.81 ± 0.03	0.53 ± 0.04	0.44 ± 0.01

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	D
FANGO DRAGAGGIO	F
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	DR
LINEA CO-COMPOST 1:1	C 1:1
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:1.a
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:1.b
LINEA CO-COMPOST 1:3	C 1:3
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:3.a
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:3.b
LINEA CO-COMPOST 3:1	C 3:1
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 3:1.a
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 3:1.b

Azione C3

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

Caratterizzazione II

Controllo analitico degli eluati 09/2020

campione	pH	salinità	N totale	nitrati	As	Cd	Cr totale	Hg	Pb	Cu	Zn
		dS m^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}				µg L^{-1}			
F	7.6	28.1	20.7	17.2	2.3	1.1	53.3	0.5	<1	68.4	40.3
F	4.2	32.7	15.2	30.5	2.7	5.5	25800	0.2	2.5	248	496
D	7.7	0.7	12.6	19.4	2.5	<1	32.7	0.1	<1	8	14.7
D	7.7	0.9	15.9	24.6	1.8	<1	11.6	0.2	<1	10.2	11.8
DR	7.3	6.4	14.5	2.29	7.7	<1	45.4	<0.1	<1	2.3	15
DR	7.0	5.5	8.89	1.29	5.6	<1	13.4	<0.1	<1	<1	15.6
C 1:1	7.5	5.1	67.4	202	5.7	<1	7.3	<0.1	<1	52.8	42.5
CR 1:1.a	7.4	5.5	139	468	3.0	<1	20.6	0.2	<1	35.9	22.8
CR 1:1.b	7.5	5.0	6.8	27.7	14.8	<1	1.5	0.2	<1	29.6	48.7
CR 1:1.b	7.5	4.6	4.75	21.8	17.1	<1	<1	0.1	<1	24.6	43.5
C 1:3	7.4	5.2	224	716	6.1	<1	<1	<0.1	<1	61.6	403
CR 1:3.a	7.5	5.4	310	1360	7.8	<1	1.1	<0.1	<1	39.6	26.6
CR 1:3.b	7.7	5.2	340	876	9.2	<1	<1	0.2	<1	32.6	31.9
CR 1:3.b	7.7	4.3	310	756	9.4	<1	<1	0.2	<1	29.4	23.5
C 3:1	7.6	6.4	90.2	301	8.4	<1	51.4	<0.1	<1	52.5	18.3
CR 3:1.a	7.5	6.0	64.9	201	6.6	<1	25.6	<0.1	<1	61	11.5
CR 3:1.b	7.4	5.4	30.4	269	5.6	<1	42.7	0.3	<1	57.6	18.2
CR 3:1.b	7.6	5.4	27.1	223	14.5	<1	1.4	0.1	<1	43	35

Azione C3

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

Caratterizzazione II

Controllo analitico degli eluati 11/2020

campione	pH	salinità	N totale	nitrati	As	Cd	Cr totale	Hg	Pb	Cu	Zn
		dS m^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}				µg L^{-1}			
F	7.6	16.4	14	63	<1	<1	3	<1	<1	15	146
F	6.9	17.3	17	74	<1	<1	1	<1	<1	13	122
D	8.0	0.3	3	10	2	<1	4	<1	<1	3	32
D	7.9	0.8	13	47	<1	<1	4	<1	<1	4	158
DR	7.3	5.7	157	532	1	<1	4	<1	<1	6	83
DR	7.0	4.3	129	535	1	<1	5	<1	<1	9	180
C 1:1	7.2	4.1	109	497	2	<1	5	<1	<1	39	18
CR 1:1.a	7.3	4.1	95	394	2	<1	17	<1	<1	13	27
CR 1:1.b	7.6	4.0	182	754	10	<1	<1	<1	<1	8	2834
CR 1:1.b	7.7	4.3	165	758	9	<1	<1	<1	<1	10	49
C 1:3	7.4	4.9	257	1049	5	<1	<1	<1	<1	24	97
CR 1:3.a	7.6	4.3	207	875	6	<1	<1	<1	<1	20	39
CR 1:3.b	7.5	5.3	199	790	5	<1	<1	<1	<1	14	1195
CR 1:3.b	7.7	4.5	245	1030	5	<1	<1	<1	<1	15	213
C 3:1	7.5	4.9	56	215	7	<1	11	<1	<1	35	30
CR 3:1.a	7.7	4.2	31	139	5	<1	2	<1	<1	39	35
CR 3:1.b	7.3	4.0	119	566	3	<1	5	<1	<1	51	70
CR 3:1.b	7.9	4.5	97	463	6	<1	2	<1	<1	26	249

Caratterizzazione II: confronti dei primi dati

campione	pH		salinità	
	09/20	11/20	09/20	11/20
			dS m^{-1}	
F	7.6	7.6	28.1	16.4
F	4.2	6.9	32.7	17.3
D	7.7	8.0	0.7	0.3
D	7.7	7.9	0.9	0.8
DR	7.3	7.3	6.4	5.7
DR	7.0	7.0	5.5	4.3
C 1:1	7.5	7.2	5.1	4.1
CR 1:1.a	7.4	7.3	5.5	4.1
CR 1:1.b	7.5	7.6	5.0	4.0
CR 1:1.b	7.5	7.7	4.6	4.3
C 1:3	7.4	7.4	5.2	4.9
CR 1:3.a	7.5	7.6	5.4	4.3
CR 1:3.b	7.7	7.5	5.2	5.3
CR 1:3.b	7.7	7.7	4.3	4.5
C 3:1	7.6	7.5	6.4	4.9
CR 3:1.a	7.5	7.7	6.0	4.2
CR 3:1.b	7.4	7.3	5.4	4.0
CR 3:1.b	7.6	7.9	5.4	4.5

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	**D**
FANGO DRAGAGGIO	**F**
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	**DR**
LINEA CO-COMPOST 1:1	**C 1:1**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:1.a**
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:1.b**
LINEA CO-COMPOST 1:3	**C 1:3**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	**CR 1:3.a**
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 1:3.b**
LINEA CO-COMPOST 3:1	**C 3:1**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	**CR 3:1.a**
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	**CR 3:1.b**

Caratterizzazione II: confronti dei primi dati

Linee sperimentali	
SUOLO DEGRADATO	D
FANGO DRAGAGGIO	F
SUOLO DEGRADATO / FANGO DRAGAGGIO / MATRICI	DR
LINEA CO-COMPOST 1:1	C 1:1
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:1.a
LINEA CO-COMPOST 1:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:1.b
LINEA CO-COMPOST 1:3	C 1:3
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO	CR 1:3.a
LINEA CO-COMPOST 1:3 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 1:3.b
LINEA CO-COMPOST 3:1	C 3:1
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO	CR 3:1.a
LINEA CO-COMPOST 3:1 / SUOLO DEGRADATO / MATRICI	CR 3:1.b

campione	As		Cd		Cr totale		Hg		Pb		Cu		Zn	
	09/20	11/20	09/20	11/20	09/20	11/20	09/20	11/20	09/20	11/20	09/20	11/20	09/20	11/20
	µg L^{-1}													
F	2	<1	1	<1	53	3	<1	<1	<1	<1	68	15	40	146
F	3	<1	5	<1	25800	1	<1	<1	2.5	<1	248	13	496	122
D	2	2	<1	<1	33	4	<1	<1	<1	<1	8	3	15	32
D	2	<1	<1	<1	12	4	<1	<1	<1	<1	10	4	12	158
DR	8	1	<1	<1	45	4	<0.1	<1	<1	<1	2	6	15	83
DR	6	1	<1	<1	13	5	<0.1	<1	<1	<1	<1	9	16	180
C 1:1	6	2	<1	<1	7	5	<0.1	<1	<1	<1	53	39	42	18
CR 1:1.a	3	2	<1	<1	21	17	<1	<1	<1	<1	36	13	23	27
CR 1:1.b	15	10	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	30	8	49	2834
CR 1:1.b	17	9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	10	43	49
C 1:3	6	5	<1	<1	<1	<1	<0.1	<1	<1	<1	62	24	403	97
CR 1:3.a	8	6	<1	<1	1	<1	<0.1	<1	<1	<1	40	20	27	39
CR 1:3.b	9	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	33	14	32	1195
CR 1:3.b	9	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	29	15	23	213
C 3:1	8	7	<1	<1	51	11	<0.1	<1	<1	<1	52	35	18	30
CR 3:1.a	7	5	<1	<1	26	2	<0.1	<1	<1	<1	61	39	11	35
CR 3:1.b	6	3	<1	<1	43	5	<1	<1	<1	<1	8	51	18	70
CR 3:1.b	14	6	<1	<1	1	2	<1	<1	<1	<1	43	26	35	249

Grazie per la vostra attenzione