



LIFE AGRISED, LIFE17 ENV/IT/000269

“Utilizzo di sedimenti dragati per la creazione di substrati innovativi e tecnosuolo per vivai e riabilitazione del suolo”

Azione B5

“Linee guida sull’uso di co-compost nella ricostituzione del suolo”

Dr Paolo Manfredi, D.ssa Chiara Cassinari



Prefazione

Le linee guida nascono dai risultati della pedotecnica della ricostituzione applicata a sedimenti di dragaggio e a co-compost effettuata durante il progetto LIFE AGRISED, LIFE17 ENV/IT/000269 “Utilizzo di sedimenti dragati per la creazione di substrati innovativi e tecnosuolo per vivai e riabilitazione del suolo”.

Queste linee guida descrivono come la ricostituzione possa essere utilizzata come strumento efficace per creare un tecnosuolo fertile, applicando anche i principi dell'Economia Circolare, partendo da sedimenti di dragaggio e da co-compost.

Sommario

La ricostituzione nell'ambito di AGRISED	4
PEDOGÉNIA.....	6
Risultati	13
Analisi chimico-fisiche: confronto dati.....	13
Dati sonde Hydra	19
Temperatura	19
Umidità.....	20
Conducibilità elettrica	22
Acqua di lisciviazione: confronti	24
Acqua interstiziale: confronti.....	25
Conclusioni	27

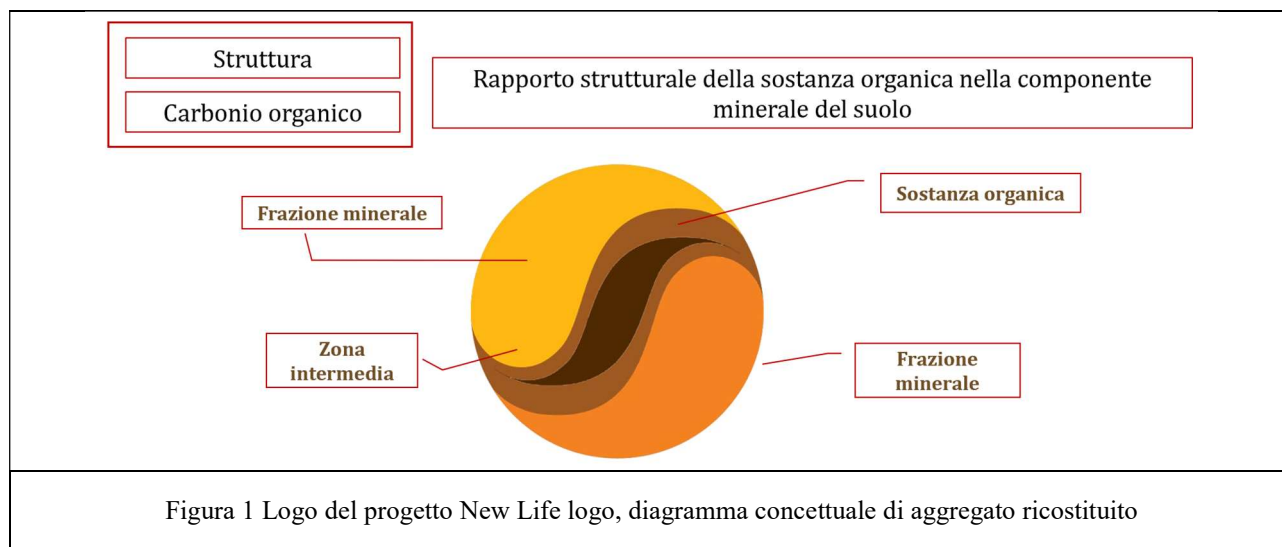
La ricostituzione nell'ambito di AGRISED

La pedotecnica della ricostituzione si basa sul trattamento di matrici organiche e inorganiche per la produzione di un Technosuolo. La tecnologia applica un modello concettuale basato sulla produzione di nuovi aggregati di suolo con caratteri ambientali idonei, generati attraverso un processo chimico-meccanico che prevede il riutilizzo di residui di specifica origine.

La tecnologia della ricostituzione è stata ideata nel 2004 nei laboratori di Ecosistemi e successivamente brevettata, nel 2006 e nel 2009 con due istanze specifiche sull'impiantistica e sul modello concettuale.

Successivamente agli studi sperimentali e alla fase di brevetto la ricostituzione ha proceduto con ulteriori prove sperimentali ottenendo le autorizzazioni necessarie dagli Enti preposti per operare nel campo del ripristino dei suoli, del miglioramento fondiario e del recupero delle risorse sull'intero territorio nazionale. Il processo di lavorazione, in sintesi, inizia con la miscelazione di differenti matrici - dosate sulla base delle loro proprietà chimico-fisiche ed agronomiche -, la miscela viene successivamente sottoposta ad una disaggregazione, sfibratura e sfaldamento con movimenti e forze meccaniche atti a rivestire la sostanza organica nella componente minerale. A tale fase segue la ricostituzione vera e propria che consiste in una conformata compressione meccanica della miscela disagregata in funzione di alcuni parametri tecnici che interessano le proprietà delle diverse matrici utilizzate. A questo trattamento, a seconda delle caratteristiche delle matrici coinvolte nella miscela, può essere necessaria una fase aggiuntiva di policondensazione che interviene durante la disaggregazione mediante l'aggiunta di acidi umici e fulvici.

Nella figura seguente (Fig. 1) viene esposto graficamente il concetto principale della ricostituzione dove si schematizza la posizione della sostanza organica nei neo-aggregati ricostituiti, collocata al centro e rivestita dalla componente minerale.



Da tale impostazione, del tutto innovativa, è nata la partecipazione al progetto AGRISED per l'applicazione della tecnologia di Ecosistemi poiché vengono offerte delle possibilità per la conversione dei fanghi dragati, nello specifico provenienti dal Canale Navicelli, in suolo fertile da utilizzare in substrati di coltivazione o in terre per il ripristino di aree degradate.

Tale opportunità offre potenzialità d'intervento di molteplice valenza su diversi comparti di particolare interesse:

- *Rendere fattibile economicamente gli interventi di svuotamento di canali, bacini irrigui, idroelettrici ed idropotabili naturali e artificiali:* la tecnologia consente infatti di convertire i sedimenti accumulati negli anni in un materiale riutilizzabile anche in quantitativi massivi

operando in prossimità dei luoghi d'intervento con il dispendio nettamente inferiore di risorse economiche.

- *Avviare la produzione di un materiale che può sostituire l'impiego di risorse non rinnovabili:* la sempre maggiore carenza di suolo da impiegare in opere di ripristino dei profili paesaggistici, di rivalutazione ambientale, forestale, agraria e di miglioramento fondiario può essere risolta dal grande quantitativo di sedimenti che, attualmente, non trovano una loro ricollocazione idonea ad esclusione dello smaltimento.

Nel progetto AGRISED i suoli ricostituiti, prodotti con fanghi di dragaggio e co-compost, sono stati utilizzati per fare esperimenti in colonne di terreno e prove in vaso. L'obiettivo era dimostrare se la tecnologia di ricostituzione potesse essere uno strumento efficace per il riutilizzo di fanghi di dragaggio e di co-compost per creare un Technosuolo da utilizzare come substrato di coltura per il vivaismo e la riabilitazione del suolo.

I Technosuoli AGRISED sono stati analizzati ed è stato eseguito un esperimento in colonne di suolo (volume colonne 40 L) della durata 8 mesi. Durante l'esperimento le colonne sono state regolarmente bagnate con cicli mensili; il percolato e l'acqua interstiziale sono stati campionati ogni 2 mesi e analizzati; l'umidità, la conducibilità elettrica e la temperatura del suolo sono state monitorate ogni 15 minuti utilizzando sonde Hydra. Al termine dell'esperimento le colonne sono state dismesse e il terreno è stato campionato e analizzato.

I terreni ricostituiti sono stati utilizzati anche per fare una prova in vaso.

PEDOGÉNIA

Il sistema di ricostituzione prevede una fase di progettazione prima del trattamento che, attraverso un programma di calcolo ideato e di proprietà di Ecosistemi, PEDOGÉNIA, consente il dosaggio, per migliorarne le proprietà, della matrice primaria (la componente principale, per quantità utilizzata o per obiettivo di progetto, coinvolta nella trattamento di ricostituzione, è rappresentato da suoli degradati e/o sedimenti dragati da dighe, bacini e canali; nel progetto AGRISED sedimenti dragati e co-compost) unitamente alle matrici più idonee (matrici secondarie: componenti organiche e/o minerali, additivate a la matrice primaria, sono materiali di scarto di diversa produzione, Fig. 2).



AZIONE B5

Il fango di dragaggio, il suolo degradato e i co-compost del progetto AGRISED sono stati analizzati e i dati analitici sono stati elaborati utilizzando il software PEDOGÉNIA. Tutti i parametri sono stati analizzati nei laboratori chimici (Fig. 3) e di pedotecnica (Fig. 4) della società Ecosistemi.



Alla caratterizzazione delle matrici primarie ha fatto seguito la ricerca negli archivi di PEDOGÉNIA delle matrici secondarie. Il programma PEDOGÉNIA (Fig. 5) contiene, infatti, i dati storici ambientali e agronomici di centinaia di materiali idonei. Sulla base di questo archivio con PEDOGÉNIA è possibile identificare una serie di matrici secondarie, da miscelare con la matrice primaria, considerando la loro composizione chimico-fisica su base ambientale - a partire dalla concentrazione dei parametri chimici ammessi ai limiti di legge (Colonna A del 152/2006 parte quinta) - e su base agronomica.

GRUPPO V														
Matrice		%	B disponibile mg/Kg		Fe disponibile mg/Kg		Mn disponibile mg/Kg		Cu disponibile mg/Kg		Zn disponibile mg/Kg		Fe/Mn	
M I	R59	65	0.24	0.18	98.8	75.06	29.25	22.22	2.65	2.01	5.27	4	3.35	2.55
M II ₁	R1	3	0.67	0.02	23	0.64	4.33	0.12	4.1	0.11	13.31	0.37	5.2	0.14
M II ₂	R11	17	3.61	0.42	79.9	9.29	6.05	0.7	1.96	0.23	14.53	1.69	12.15	1.41
M II ₃	R12B	5	16.57	0.25	558	8.32	46.58	0.69	21.78	0.32	24.36	0.36	13.56	0.2
M II ₄	R34	5	0.52	0.02	10.91	0.43	1.26	0.05	0.18	0.01	1.04	0.04	8.98	0.35
M II ₅	R45A	5	0.97	0.04	49.2	2.06	39.96	1.68	6.43	0.27	7.63	0.32	5.05	0.21
VF _{TR}		100	0.93		95.8		25.46		2.95		6.78		4.86	
VI _{TR}			0.50 - 0.99		15.00 - 19.99		15.00 - 19.99		3.00 - 4.99		3.00 - 9.99		1.50 - 1.99	

Figura 5 Esempio di una pagina del programma PEDOGÉNIA

Ulteriori parametri, determinati per la pianificazione del trattamento, riguardano la determinazione dei caratteri tecnici (reologici) quali: limiti liquidi e plastici; resistenza alla penetrazione; fibrosità; consistenza della fibra; frazione fibrosa; osservazioni qualitative e quantitative delle fibre (Fig. 6 – 7); frazione amorfa.



Figura 6 Laboratorio di microscopia per la determinazione delle componenti fibrose



Figura 7 Componenti fibrose microfotografie 300X

AZIONE B5

Dopo aver definito le matrici da utilizzare e il dosaggio, la ricostituzione è stata effettuata mediante un impianto pilota di laboratorio (Fig. 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13).



Figura 8 Laboratorio di pedotecnica con colonne di suolo



Figura 9 Mixer



Figura 10 Trattamento di ricostituzione



Figura 11 Tecnosuolo per analisi



Figura 12 Ricostituire impianto pilota da laboratorio



Figura 13 Suoli ricostituiti

Sono state prodotte due linee di terreno ricostituito: linea a: matrici primarie + terreno degradato, linea b: matrici primarie + terreno degradato + matrici secondarie.

Le matrici primarie non ricostituite, insieme alle 2 differenti tipologie di tecnosuoli sono state utilizzate per allestire 18 colonne di suolo (75 x 26 cm, V 40 L) (Fig. 14).

1. Colonne di suolo con matrici primarie non ricostituite

- Suolo degradato, 2 colonne
- Fango di dragaggio, 2 colonne
- Co-compost 1:1, 1 colonna
- Co-compost 1:3, 1 colonna
- Co-compost 3:1, 1 colonna

2. Colonne di suolo con matrici primarie ricostituite

a) Linea a

- CR 1:1.a Co-compost 1:1 – suolo degradato, 1 colonna
- CR 1:3.a Co-compost 1:3 – suolo degradato, 1 colonna
- CR 3:1.a Co-compost 3:1 – suolo degradato, 1 colonna

b) Linea b

- DR fango di dragaggio – suolo degradato – matrici secondarie, 2 colonne
- CR 1:1.b Co-compost 1:1 – suolo degradato – matrici secondarie, 2 colonne
- CR 1:3. b Co-compost 1:3 – suolo degradato – matrici secondarie, 2 colonne
- CR 3:1. b Co-compost 3:1 – suolo degradato – matrici secondarie, 2 colonne



Figura 14 Colonne di suolo

La finalità di tale prova era monitorare nel tempo l'andamento di alcuni parametri: il contenuto idrico, la temperatura e la conducibilità elettrica del suolo, il percolato e l'acqua interstiziale. Durante la prova sono stati seguiti cicli bagnato-asciutto: una bagnatura al mese.

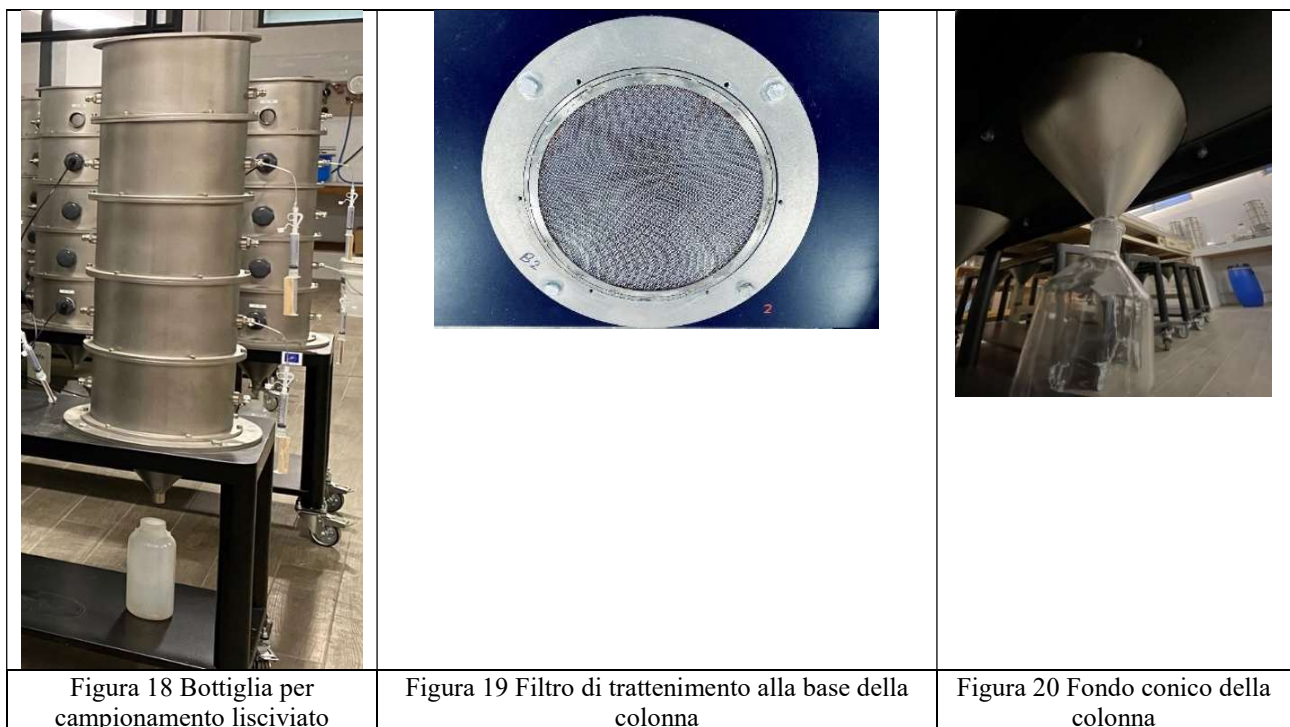
Per questi test le colonne sono state dotate di sonde Hydra (Fig. 15 – 16) (a 25 e 50 cm di altezza) collegate a 6 data logger per creare una serie di misurazioni a lungo termine. I sensori Hydra misuravano contemporaneamente il contenuto idrico, la temperatura e la conducibilità elettrica del suolo; le misurazioni sono state rilevate ogni 15 minuti. I dati delle sonde Hydra sono stati elaborati calcolando le medie mensili per ciascun parametro.

AZIONE B5

L'acqua interstiziale è stata prelevata ogni 2 mesi mediante suttori (Fig. 17) posti a 25 e 50 cm di altezza. Sull'acqua interstiziale sono stati analizzati pH, conducibilità elettrica, ferro, manganese, sodio, calcio, cloruri e nitrati.

L'acqua di percolazione è stata campionata ogni 2 mesi utilizzando una bottiglia (Fig. 18 – 19 – 20). Sul percolato sono stati analizzati pH, conducibilità elettrica, N totale, nitrati, arsenico, cadmio, cromo, mercurio, nichel, piombo, rame e zinco.

Al termine della prova, il terreno è stato campionato a 25 (alto) e 50 (basso) cm di altezza nelle colonne per valutare possibili variazioni durante il tempo. Questi risultati analitici sono stati confrontati con i dati su fanghi di dragaggio, co-compost e suoli ricostituiti prima della prova (Tabelle 1 – 2 – 3 – 4).



Risultati

Analisi chimico-fisiche: confronto dati

La tessitura del co-compost era terriccio era franco-limosa, quella del fango di dragaggio sabbiosa; la densità apparente era di 0.9 g cm^{-3} nel co-compost 1:1 e 1:3, mentre $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ nel co-compost 3:1 e $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ nel fango di dragaggio. La tessitura dei terreni ricostituiti era per tutti i co-compost era franco sabbiosa, mentre il fango di dragaggio ricostituito era sabbiosa franca. La densità reale e apparente era aumentata dopo la ricostituzione. La porosità è stata ridotta mediante ricostituzione nel co-compost 1:3 e aumentata nel co-compost 3:1.

I valori di pH indicano che i co-compost erano neutri mentre il fango di dragaggio era leggermente alcalino. La ricostituzione non ha indotto un cambiamento nel valore del pH.

La conducibilità elettrica era molto alta nel fango dragaggio descrivendolo come terreno salino. Dopo la ricostituzione si è osservata una riduzione del valore EC rispetto al campione originale e all'interno dei suoli ricostituiti linea "b" era inferiore rispetto alla linea "a".

CaCO_3 totale viene ridotto a seguito della ricostituzione; il calcare attivo aumentato.

Il carbonio totale è diminuito nei suoli ricostituiti.

Il carbonio organico è diminuito nel co-compost ricostituito mentre è aumentato nel fango di dragaggio ricostituito.

C/N ha mostrato il maggiore aumento nel fango di dragaggio ricostituito.

Il fosforo Olsen è diminuito nei co-compost ricostituiti ad eccezione del co-compost 3:1a e b, rispetto al campione tal quale.

Ferro e manganese disponibili sono diminuiti principalmente nella linea "b". Fe/Mn è diminuito nel fango di dragaggio ricostituito, mentre è aumentato nei co-compost ricostituiti.

Lo zinco e il rame disponibili sono diminuiti nel terreno ricostituito.

Il potassio assimilabile è diminuito in tutti i terreni ricostituiti eccetto nel co-compost ricostituito 3:1.

Il magnesio assimilabile è diminuito in tutti i suoli ricostituiti.

Il boro solubile è diminuito in tutti i suoli ricostituiti.

La capacità di scambio cationico, le basi scambiabili e la percentuale di sodio scambiabile sono diminuite in tutti i suoli ricostituiti.

Mg/K è aumentato nel fango di dragaggio ricostituito e nel co-compost ricostituito 1:3; è diminuito nel co-compost 3:1 ricostituito; nel co-compost 1:1 ricostituito non è cambiato.

AZIONE B5

			CaCO ₃	Calcare attivo	C tot	C inorg.	C org.	S.O.	N tot	C/N
			g kg ⁻¹ SS							
pre	F		78.6	7.5	12.56	9.4	3.5	6.01	0.51	7
post		A	118.6	10.5	25.09	14.2	8.5	14.7	0.94	9
		B	68.0	13.3	15.53	8.2	8.0	13.8	0.99	8
		A	93.6	15.6	14.69	11.2	6.4	11.0	0.68	9
		B	65.5	5.6	10.86	7.9	5.6	9.6	5.32	1
post	D	A	43.4	1.2	4.69	5.2	1.4	2.5	3.40	0
		B	41.8	2.1	4.79	5.0	1.3	2.2	2.04	1
		A	7.5	4.8	8.35	0.9	1.3	2.2	0.60	2
		B	39.2	9.9	5.11	4.7	1.1	2.0	0.33	3
pre	DR		64.1	20.1	15.38	7.7	25.5	44.0	0.75	34
post		A	68.3	31.0	52.13	8.2	15.0	25.9	3.21	5
		B	74.6	31.9	23.23	8.9	12.5	21.5	1.28	10
		A	54.0	28.0	26.60	6.5	12.3	21.2	1.66	7
		B	62.8	28.4	22.27	7.5	10.1	17.4	1.27	8
pre	C 1:1		70.2	15.3	51.47	8.4	52.2	90.1	3.54	15
post		A	83.4	30.9	47.83	10.0	36.3	62.5	3.52	10
		B	81.3	31.9	47.68	9.8	33.4	57.6	3.47	
pre	CR 1:1.a		62.4	11.5	27.75	7.5	17.5	30.1	2.98	6
post		A	50.5	19.6	29.36	6.1	15.8	27.3	2.06	8
		B	55.9	18.8	35.43	6.7	13.3	22.9	2.38	6
pre	CR 1:1.b		62.6	25.5	24.93	7.5	25.8	44.5	1.38	19
post		A	66.4	27.1	32.00	8.0	17.3	29.9	2.10	8
		B	60.5	27.1	32.30	7.3	15.6	26.9	2.19	7
		A	66.0	29.7	28.35	7.9	25.8	44.4	1.81	14
		B	54.1	25.3	25.13	6.5	23.1	39.8	1.59	
pre	C 1:3		63.1	14.1	75.90	7.6	76.4	131.7	6.16	12
post		A	73.4	26.8	39.98	8.8	27.1	46.8	3.18	9
		B	73.0	28.1	43.17	8.8	24.2	41.7	3.13	8
pre	CR 1:3.a		54.5	16.0	20.89	6.5	16.4	28.2	1.68	10
post		A	50.2	18.8	17.07	6.0	13.3	22.9	1.23	11
		B	43.5	19.9	28.37	5.2	10.6	18.3	1.84	6
pre	CR 1:3.b		87.8	51.4	31.00	10.5	23.8	41.0	1.73	14
post		A	69.0	22.4	27.57	8.3	13.9	23.9	1.79	8
		B	64.5	25.0	26.09	7.7	10.6	18.3	1.62	7
		A	70.5	30.1	7.39	8.5	17.5	30.2	1.2	14
		B	66.7	29.5	17.91	8.0	13.9	24.0	1.1	12
pre	C 3:1		88.5	19.1	38.68	10.6	36.2	62.4	2.60	14
post		A	78.0	29.3	71.05	9.4	52.7	90.9	6.14	9

		B	79.2	26.3	71.26	9.5	49.1	84.6	6.07	8
pre	CR 3:1.a		58.5	34.1	39.39	7.0	30.6	52.8	3.02	10
post		A	46.1	21.5	44.77	5.5	22.2	38.3	3.51	6
		B	48.3	19.4	39.15	5.8	17.9	30.8	3.01	
pre	CR 3:1.b		99.1	80.3	38.01	11.9	31.7	54.6	2.37	13
post		A	88.3	28.2	44.87	10.6	36.1	62.2	3.49	10
		B	86.5	33.8	40.88	10.4	34.2	58.9	2.79	12
		A	70.5	24.5	34.09	8.5	19.2	33.0	2.44	8
		B	69.2	26.1	36.52	8.3	18.1	31.3	2.52	7

Tabella 1: analisi chimiche: confronto (A: alto, B: basso)

			pH	EC	S tot	Olsen P	P ₂ O ₅
				dS m ⁻¹	g kg ⁻¹ SS	mg kg ⁻¹ SS	
pre	F		8.2	16.6	2.7	49	112
post		A	7.9	9.5	2.51	54	123
		B		9.3	2.94	54	125
		A	8.1	7.9	2.43	62	142
		B		7.7	5.10	54	123
post	D	A	8.9	0.8	2.86	1	2
		B	9.1	0.7	1.84	2	4
		A	8.2	0.8	1.65	19	44
		B	8.7	0.6	1.04	2	4
pre	DR		8.1	4.3	1.5	30	68
post		A	8.0	2.9	2.23	40	94
		B	7.4	2.7	1.46	37	85
		A		2.6	1.55	33	75
		B	7.5	2.5	1.44	31	70
pre	C 1:1		7.6	4.4	2.9	101	232
post		A	7.3	8.3	2.21	145	331
		B		7.6	2.62	138	315
pre	CR 1:1.a		8.0	3.5	6.0	79	180
post		A	7.5	3.6	1.09	84	193
		B	7.4	3.5	1.99	85	194
pre	CR 1:1.b		8.0	2.5	1.2	68	155
post		A	7.4	2.2	1.51	82	189
		B		2.1	1.40	86	196
		A		2.0	1.11	67	153
		B	7.3	1.9	1.37		
pre	C 1:3		7.7	5.7	3.6	142	324
post		A	7.6	8.5	3.76	131	301
		B	7.2		3.32	116	265

pre	CR 1:3.a		8.0	3.2	3.50	84	191
post		A	7.8	3.4	1.38	34	79
		B	7.6	3.2	1.24	36	82
pre	CR 1:3.b		7.5	3.4	1.5	76	173
post		A	7.3	1.8	0.97		
		B		1.7	3.39	71	162
		A		2.5	0.9	67	154
		B	7.4	2.2	1.1	74	169
pre	C 3:1		7.7	3.7	1.7	81	186
post		A	7.1	8.5	3.47	179	410
		B	7.2	8.4	2.97	187	428
pre	CR 3:1.a		8.3	4.0	2.9	85	195
post		A	7.3	4.7	1.31	107	245
		B		4.5	1.28	105	241
pre	CR 3:1.b		7.2	3.6	1.4	90	206
post		A	7.0	5.8	1.33	118	269
		B	7.3	5.6	1.07	110	252
		A	7.2	2.9	0.97	73	167
		B	7.3	2.6	0.94	66	151

Tabella 2: analisi chimiche: confronti (A: alto, B: basso)

			CSC	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	GSB	SAR	ESP	Mg/K	K ₂ O
			cmol(+) kg ⁻¹						%	meq L ⁻¹		mg kg ⁻¹ SS
pre	F		7.6	2.64	0.72	5.73	1.52	100	10.8	75.7	3.7	339
post		A	9.8	7.54	7.91	2.00	25.94	441	0.5	20.3	1.0	3730
		B	8.2	7.52	8.09	2.07	25.72	530		25.3	0.9	3813
		A	13.8	1.69	1.06	2.40	7.22	90	1.1	17.4	1.6	498
		B	9.3	1.78	1.05	2.36	7.65	139		25.6	1.7	493
post	D	A	8.7	0.15	0.07	0.52	1.58	26	0.6	5.9	2.3	31
		B	6.5	0.15	0.06	0.48	1.60	35	0.5	7.4	2.5	30
		A	5.1	0.17		0.02	2.65	57	0	0.5	3.1	26
		B	4.0	0.11	0.04		1.74	47		2.7	19	
pre	DR		19.5	1.68	0.32	2.64	14.88	100	0.9	13.5	5.3	149
post		A	8.2	0.64	0.18	0.25	6.34	91	0.1	3.1	3.6	83
		B	13.2	0.63		0.27	6.19	55		2.1	3.5	84
		A	12.2	0.64	0.21	0.31	6.31	61	0.2	2.5	3.0	100
		B	8.1	0.66	0.23	0.43	6.53	97		5.2	2.8	113
pre	C 1:1		32.9	5.17	3.84	0.46	23.44	100	0.2	1.4	1.3	1810
post		A	32.8	7.89	7.10	1.44	26.44	131	0.3	4.4	1.1	3346
		B	34.3	8.13	8.25	1.87	27.27	133	0.4	5.5	1.0	3890
pre	CR 1:1.a		22.5	2.82	1.20	0.20	18.31	100	0.1	0.9	2.3	567

post		A	16.0	2.14	1.40	0.22	10.09	87		1.4	1.5	661	
		B	15.3	2.16	1.37	0.19	10.20	91		1.3	1.6	646	
pre	CR 1:1.b		21.7	2.05	0.84	0.23	18.60	100	0.2	1.1	2.4	397	
post		A	12.7	1.47	0.98	0.19	9.83	98		1.5		461	
		B	16.3	1.43	1.08	0.38	9.47	76		2.3	1.3	508	
		A	13.0	0.96	0.92	0.16	5.68	59		1.2	1.1	431	
		B	11.0	0.91	0.87	0.20	5.40	67		1.8	1.0	411	
pre		C 1:3		40.7	3.82	5.48	0.43	30.94		100	0.1	1.1	0.7
post	A		31.9	4.82	3.24	1.20	17.45	84	0.4	3.8	1.5	1527	
	B		28.3	4.77	3.33	1.29	17.19	94		4.6	1.4	1571	
pre	CR 1:3.a		22.3	3.08	0.81	0.19	18.19	100	0.1	0.9	3.8	383	
post		A	8.4	0.82	0.32	0.24	7.16	102		2.9	2.5	152	
		B	12.2	0.83	0.29	0.11	7.28	70		0.9	2.9	135	
pre		CR 1:3.b		22.2	2.33	0.99	0.24	18.69		100	0.1	1.1	2.4
post	A		20.6	1.25	0.59	0.08	9.50	55	0.0	0.4		2.1	277
	B		14.0	1.25	0.66	0.22	9.47	83	0.1	1.5		1.9	313
	A		15.0	1.04	0.58	0.11	8.22	66		0.7		1.8	272
	B		16.2	1.10	0.60	0.09	8.68	65	0.0	0.5			282
pre	C 3:1		30.3	6.59	2.11	0.39	21.16	100	0.1	1.3	3.1	996	
post		A	44.0	5.09	5.77	0.61	20.59	73	0.2	1.4	0.9	2718	
		B	47.9	4.51	6.05	0.79	18.32	62	0.2	1.7	0.7	2853	
pre	CR 3:1.a		28.3	2.79	2.55	0.22	22.71	100	0.1	0.8	1.1	1199	
post		A	21.0	2.07	2.15	0.35	9.83	69		1.7	1.0	1013	
		B	22.0	2.09	1.96	0.20	9.97	65		0.9	1.1	921	
pre	CR 3:1.b		26.5	2.44	2.41	0.30	21.34	100	0.2	1.1	1.0	1138	
post		A	25.9	2.21	2.16	0.55	13.06	70		2.1		1.1	1020
		B	23.2	2.18	2.04	0.49	12.90	76		3.1	961		
		A	16.6	1.49	1.40	0.51	10.13	81			660		
		B	19.2	1.51	1.44	0.55	10.20	71			2.9		1.0

Tabella 3: analisi chimiche: confronto (A: alto, B: basso)

			Fe disp.	Mn disp.	Fe/Mn	Zn disp	Cu disp..	K assim.	Mg assim..	Bo sol.
			mg kg ⁻¹ SS			mg kg ⁻¹ SS				
pre	F		91.2	8.3	11	27.7	7.1	130.0	205.1	1.24
post		A	78.4	4.3	18	7.6	9.2	56.4	112.5	0.45
		B	71.3	4.7	15	9.8	10.2	109.7	178.4	0.61
		A	72.9	4.4	17	8.0	9.3	54.3	103.7	0.05
		B	82.2	4.8		7.7	9.8	95.6	128.9	
post	D	A	8.5	5.2	2	0.5	0.2	0.5	13.6	
		B	7.5	3.5		0.0	0.1	4.4	10.1	
		A	11.5	3.6	3	21.5	0.7	5.7	14.0	0.03

AZIONE B5

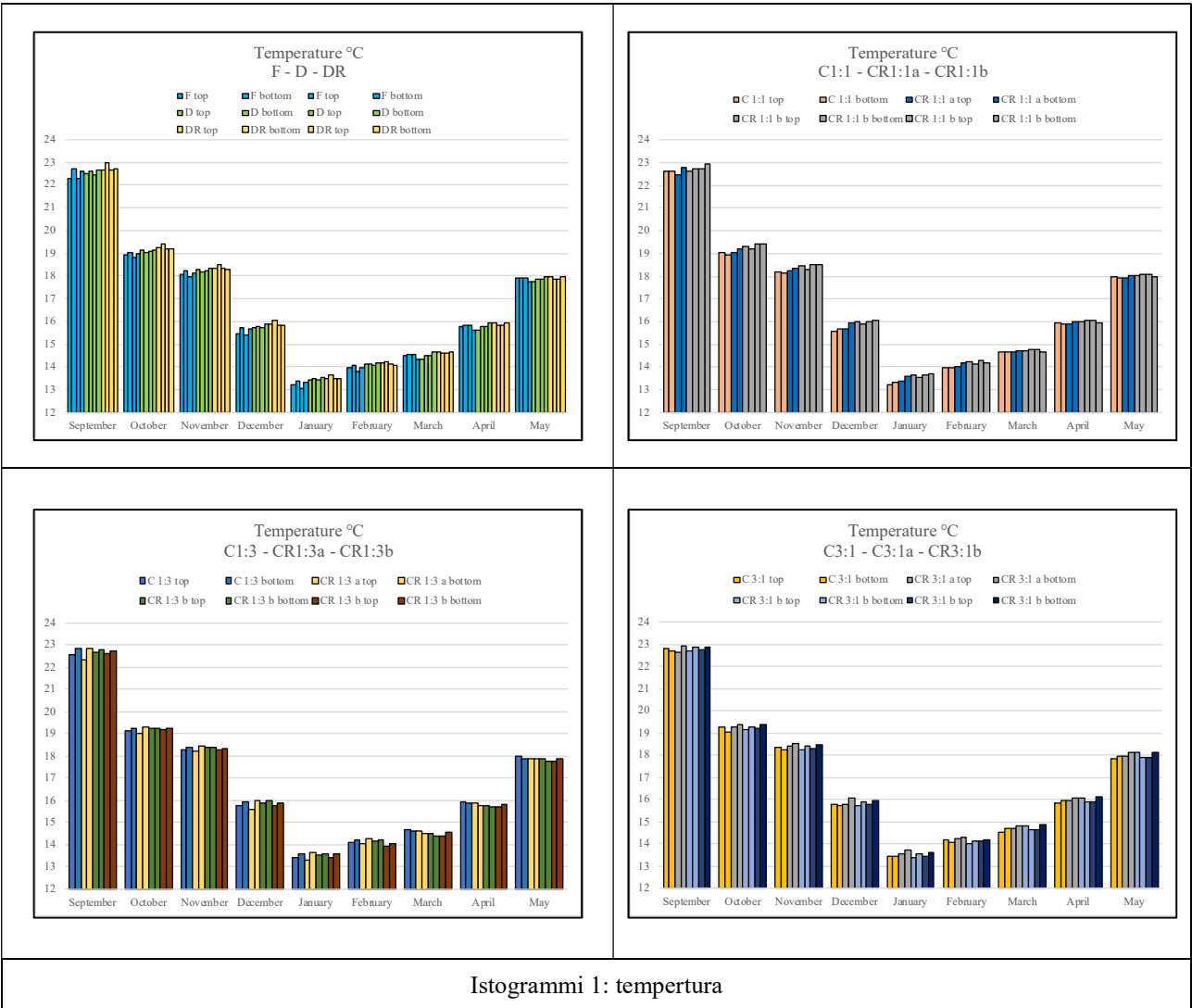
		B	6.5	4.0	2	0.6	0.1	2.9	8.3	0.02
pre	DR		22.8	13.0		5.0	2.50	89.2	99.2	0.88
post		A	27.2	3.2	9	4.0	2.9	26.6	50.6	0.53
		B	27.3	3.3	8	3.9	2.9	26.5	52.0	0.50
		A	19.7	2.9	7	2.0	1.6	19.9	45.3	0.47
		B	19.5	2.8		2.1	1.2	20.2	46.8	0.41
pre	C 1:1		267.7	78.0	3	24.0	16.6	810.8	373.3	2.91
post		A	178.3	22.1	8	29.8	13.3	553.3	310.7	1.24
		B	154.3	22.8	7	70.8	12.7	564.3	291.3	1.24
pre	CR 1:1.a		136.2	20.2		11	11.20	6.89	339.6	175.2
post		A	96.2	9.0	21.8		6.1	163.4	114.3	1.01
		B	100.6	9.5	22.7	6.3	161.9	128.6	1.07	
pre	CR 1:1.b		90.6	25.4	4	8.32	4.88	251.3	123.4	1.43
post		A	88.7	11.0	8	25.9	5.7	141.0	91.6	0.73
		B	91.5	11.3		26.8	5.8	144.9	94.5	0.74
		A	45.6	5.6		4.2	2.6	64.3	49.0	0.75
		B	59.2	7.4		5.1	3.5	85.0	63.2	0.76
pre	C 1:3		238.0	59.2	4	27.6	10.5	1741	370.2	3.44
post		A	144.2	13.1	11	25.8	14.5	266.5	280.9	1.50
		B	141.4	12.8		25.4	14.3	257.6	275.1	1.56
pre	CR 1:3.a		122.7	13.9	9	11.0	7.24	204	172.0	1.42
post		A	24.6	2.8		2.4	1.9	22.5	46.9	1.09
		B	23.5	3.1	8	2.8	1.9	22.9	58.4	1.04
pre	CR 1:3.b		117.1	19.7	6	9.17	6.72	175	149.8	1.36
post		A	41.2	6.4		4.9	3.4	61.9	63.1	0.66
		B	44.1	7.1		4.8	3.3	52.1	62.3	0.63
		A	54.9	7.5	7	16.5	4.5	66.0	67.5	0.43
		B	53.6	7.3	7	16.0	4.2	64.6	65.5	0.39
pre	C 3:1		179.7	40.2	4	11.5	12.4	319.4	301.2	1.83
post		A	166.7	25.8	6	40.7	8.8	1039.4	261.2	0.04
		B	173.7	23.6	7	37.1	9.1	1005.6	253.8	
pre	CR 3:1.a		141.3	26.4	5	13.2	5.2	633.7	165.6	2.40
post		A	69.8	9.8	7	12.2	3.9	360.8	110.3	1.43
		B	71.7	10.7		13.1	4.0	353.3	113.0	1.42
pre	CR 3:1.b		132.1	34.6	4	9.2	5.1	412.6	138.0	2.44
post		A	86.3	12.8	7	12.1	4.4	318.9	141.1	0.90
		B	80.3	11.9		11.4	4.2	295.3	131.5	0.95
		A	53.5	8.1		10.8	2.9	167.3	84.2	0.72
		B	53.2	8.0		10.7	2.8	166.7	83.7	0.71

Tabella 4: analisi chimiche: confronto (A: alto, B: basso)

Dati sonde Hydra

Temperatura

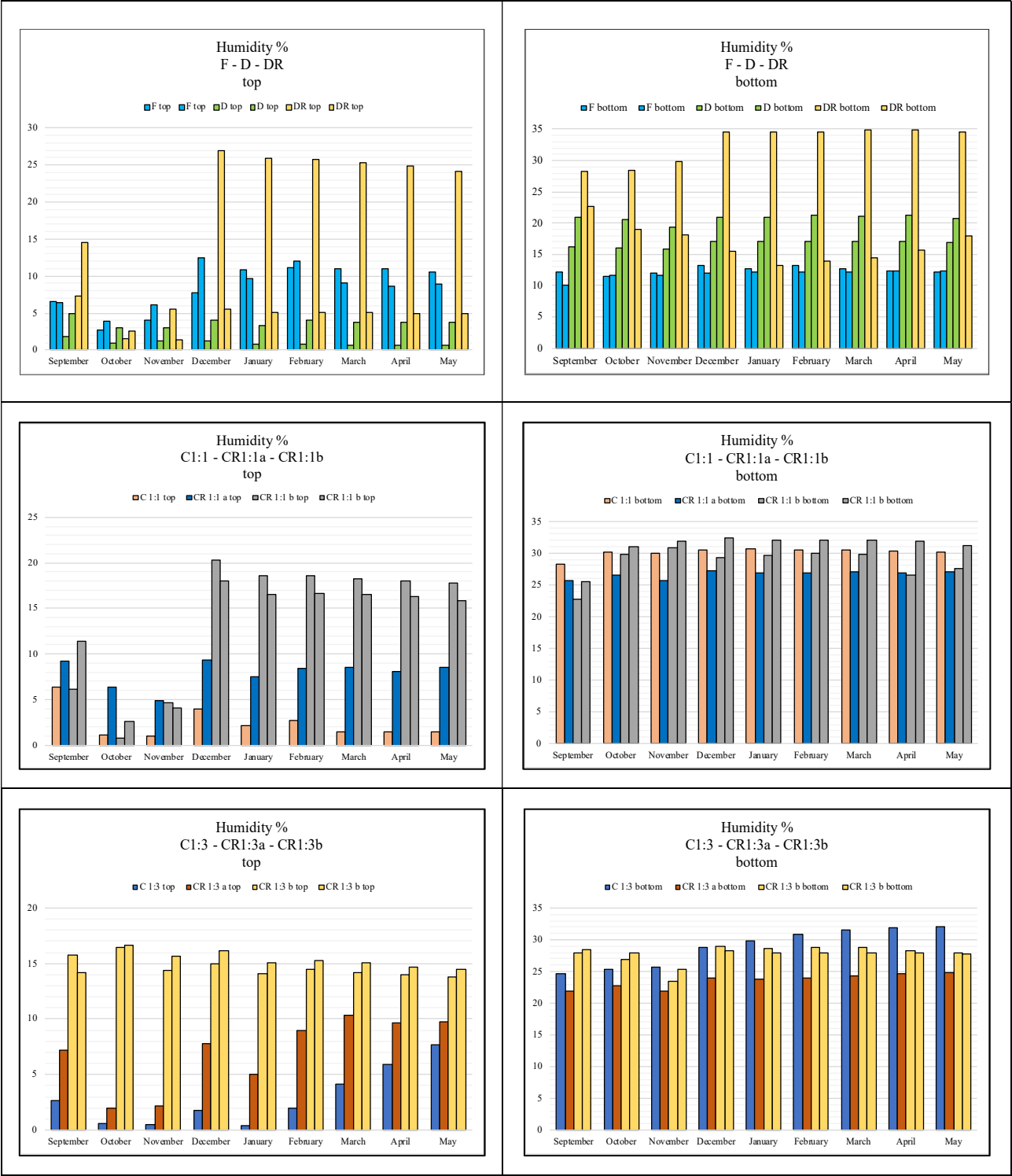
I dati delle sonde Hydra relativi alla temperatura hanno descritto per tutte le colonne un andamento assimilabile alla temperatura ambiente (Istogrammi 1).

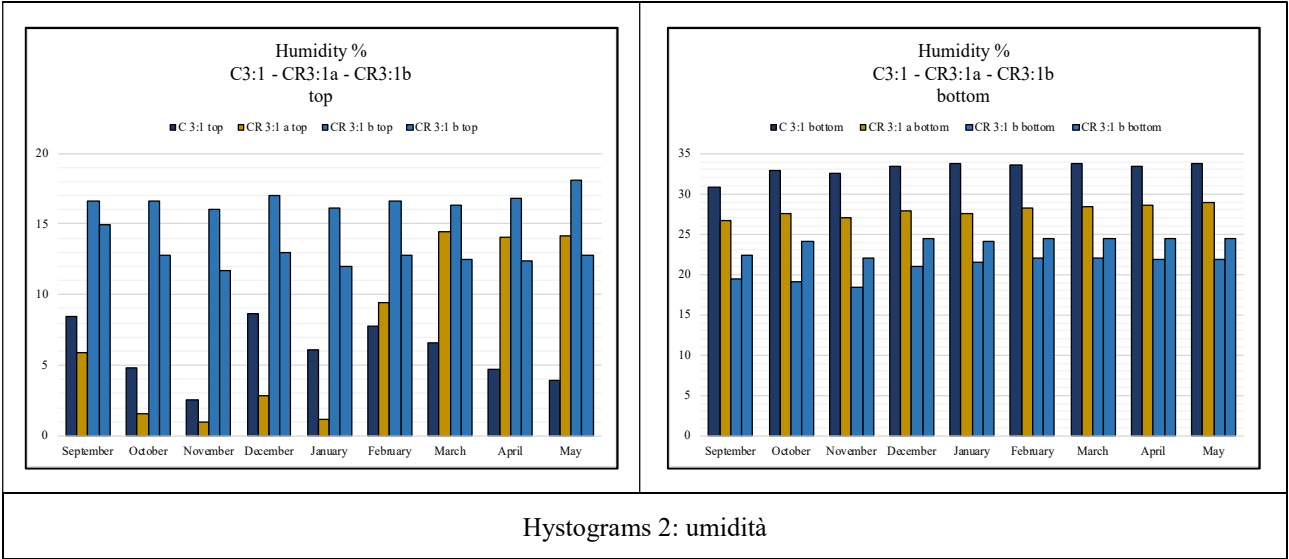


Istogrammi 1: temperatura

Umidità

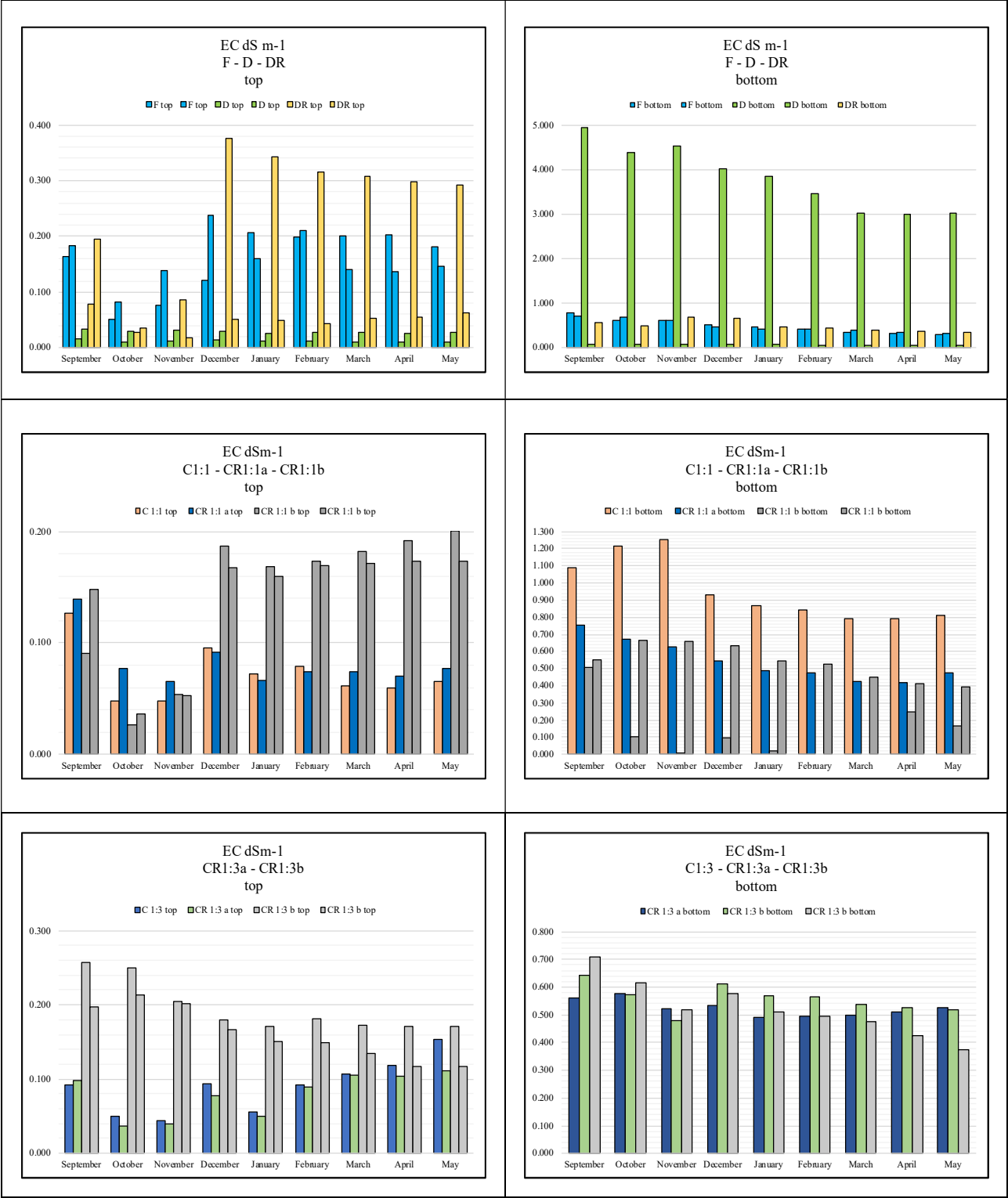
L'umidità nel fango di dragaggio tal quale e nel fango di dragaggio ricostituito ha mostrato un valore elevato nel suolo ricostituito (Istogrammi 2). Lo stesso vale per la linea co-compost 1:1. Il co-compost 1:3 e 3:1 hanno mostrato solo nella parte superiore della colonna un'umidità più elevata rispetto al terreno ricostituito.

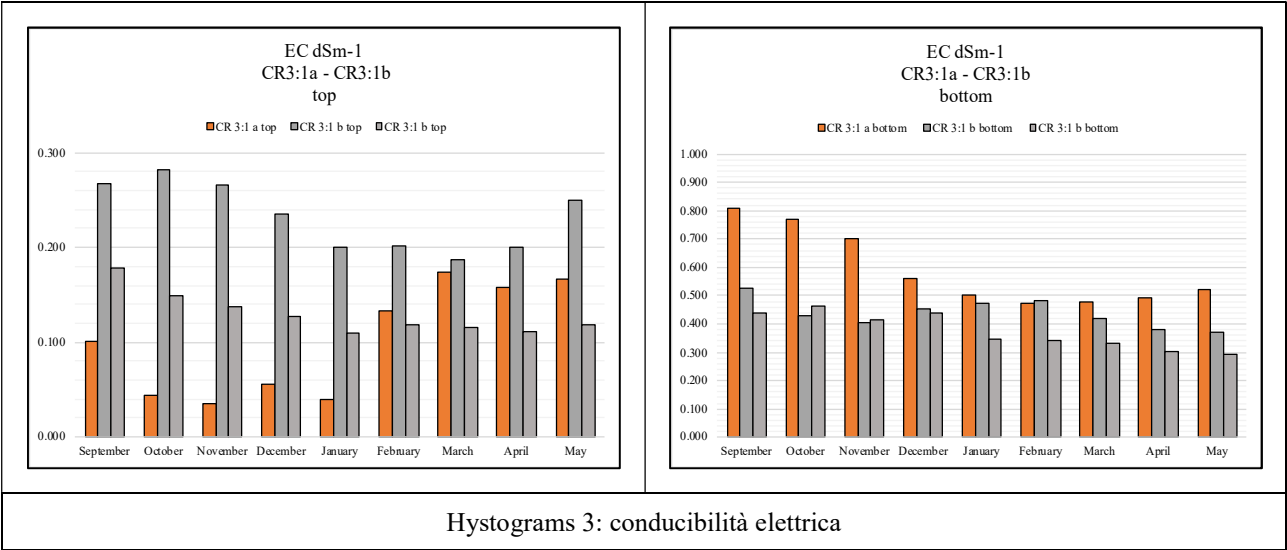




Conducibilità elettrica

I dati di conducibilità elettrica erano sempre più alti nella parte inferiore delle colonne (Istogrammi 3). In particolare nella parte alta i suoli ricostituiti mostravano valori più elevati rispetto al co-compost e al fango di dragaggio tal quali, mentre il contrario considerando i valori nella parte bassa.





Acqua di lisciviazione: confronti

La conducibilità elettrica dell'acqua percolata da settembre a maggio è diminuita soprattutto nei fanghi di dragaggio ricostituiti (Tabella 6).

	EC				
	dS m ⁻¹				
	Settembre	Novembre	Gennaio	Marzo	Maggio
F	28.1	16.4	9.4	7.4	5.0
F	32.7	17.3	13.9	8.9	6.8
D	0.7	0.3	0.4	0.3	0.3
D	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5
DR	6.4	5.7	2.7	1.8	1.3
DR	5.5	4.3	3.0	1.9	1.3
C 1:1	5.1	4.1	3.6	2.4	1.2
CR 1:1.a	5.5		4.1	3.3	2.8
CR 1:1.b	5.0	4.0	3.9	2.0	1.4
CR 1:1.b	4.6	4.3	2.6	1.9	1.2
C 1:3	5.2	4.9	4.8	3.9	3.3
CR 1:3.a	5.4	4.3	4.2	2.9	2.7
CR 1:3.b	5.3	5.3	3.4		2.2
CR 1:3.b	4.3	4.5	3.3	3.5	2.3
C 3:1	6.4	4.9	4.0	2.7	1.5
CR 3:1.a	6.0	4.2	4.1	3.4	2.9
CR 3:1.b	5.4	4.0	3.4	3.0	2.1
CR 3:1.b	5.4	4.5	2.4	2.0	2.0

Tabella 6: acqua di lisciviazione: conducibilità elettrica

L'azoto totale nelle acque di lisciviazione è aumentato nel fango di dragaggio ricostituito soprattutto nel mese di novembre; nel mese di settembre nel co-compost 1:3 l'azoto totale era più alto nel campione ricostituito rispetto al campione tal quale, negli altri mesi era più basso. Lo stesso valeva per i nitrati (Tabella 7).

	N tot				
	mg L ⁻¹				
	Settembre	Novembre	Gennaio	Marzo	Maggio
F	21	14	10	9	10
F	15	17	21	25	11
D	13	3		2	4
D	16	13	7	6	9
DR	15	157	36	15	5
DR	9	129	17	10	11
C 1:1	67	109	122	67	41
CR 1:1.a	139	95	83	73	70

AZIONE B5

CR 1:1.b	7	182	63	19	14
CR 1:1.b	5	165	7		9
C 1:3	224	257	377	205	498
CR 1:3.a	310	207	238	153	127
CR 1:3.b	340	199	121	145	147
CR 1:3.b	310	245	116	194	121
C 3:1	90	56	72	77	48
CR 3:1.a	65	31	30	34	27
CR 3:1.b	30	119	65	74	73
CR 3:1.b	27	97	81	128	147

Tabella 7: acqua di lisciviazione: N totale

Acqua interstiziale: confronti

La conducibilità elettrica dell'acqua interstiziale ei nitrati hanno confermato l'andamento osservato nel percolato (Tabelle 8 – 9).

		EC				
		dS m ⁻¹				
		Settembre	Novembre	Gennaio	Marzo	Maggio
F	A	18.6	16.5	8.3	6.8	6.3
	B	25.3	18.6	9.8	8.5	8.9
F	A	20.5	18.2	8.5	6.6	6.9
	B	28.8	19.6	15.4	8.2	9.3
D	A	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
	B	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
D	A	0.9	0.6	0.6	0.6	0.4
	B	1.0	0.4	0.3	0.4	0.4
DR	A	6.2	5.8	3.4	3.0	2.5
	B	6.0	6.0	4.6	4.1	2.0
DR	A	6.3	5.6	3.0	3.1	2.3
	B	6.0	5.8	5.0	3.9	2.3
C 1:1	A	4.8	4.6	2.8	2.5	1.6
	B	4.8	4.0	3.6	2.0	1.5
CR 1:1.a	A	6.0	5.5	5.5	3.8	3.5
	B	3.4	3.8	4.2	4.0	3.1
CR 1:1.b	A	5.8	4.2	3.9	2.4	2.0
	B	5.6	4.0	4.2	2.5	2.4
CR 1:1.b	A	5.9	4.9	4.0	2.4	1.9
	B	5.4	3.7	3.8	2.2	2.2
C 1:3	A	5.7	5.1	5.2	4.4	2.9
	B	4.0	4.9	4.5	4.2	3.8
CR 1:3.a	A	5.0	4.6	3.9	3.1	3.0

AZIONE B5

	B	4.8	5.1	4.2	3.6	3.4
CR 1:3.b	A	5.8	5.0	4.2	3.5	3.2
	B	5.2	4.9	4.5	4.0	2.4
CR 1:3.b	A	5.6	4.8	4.0	3.8	3.8
	B	5.6	5.3	4.8	3.4	3.1
C 3:1	A	7.1	7.8	5.3	3.8	2.7
	B	7.9	7.2	6.8	4.1	2.9
CR 3:1.a	A	7.2	7.8	5.5	4.2	3.2
	B	8.5	7.5	6.1	5.8	3.8
CR 3:1.b	A	4.9	5.1	4.8	3.9	3.0
	B	5.2	5.2	5.0	3.7	2.8
CR 3:1.b	A	5.4	5.4	4.5	3.1	2.5
	B	5.6	4.9	3.8	2.9	2.4

Tabella 8: acqua interstiziale: conducibilità elettrica (A: alto, B: basso)

		NO ₃ ⁻				
		mg L ⁻¹				
		Settembre	Novembre	Gennaio	Marzo	Maggio
F	A	0.7	28	52	54	53
	B	7.6	31	60	50	46
F	A	10	60	30	46	44
	B	21	73	34	73	67
D	A	14	11	10	8	8
	B	19	14	12	10	9
D	A	12	14	10	9	9
	B	22	28	28	22	18
DR	A	0.6	305	207	53	32
	B	0.8	396	250	82	17
DR	A	1.1	301	199	67	26
	B	0.9	388	266	80	72
C 1:1	A	198	186	102	99	67
	B	225	378	329	285	124
CR 1:1.a	A	389	412	365	305	315
	B	457	425	383	326	300
CR 1:1.b	A	153	831	454	231	115
	B	184	925	382	162	94
CR 1:1.b	A	85	827	356	110	98
	B	104	864	264	132	60
C 1:3	A	726	905	895	746	215
	B	544	877	900	833	362
CR 1:3.a	A	754	908	804	612	515

	B	841	886	825	720	585
CR 1:3.b	A	945	824	602	510	363
	B	879	855	659	606	422
CR 1:3.b	A	866	859	597	587	405
	B	894	906	601	675	388
C 3:1	A	74	262	250	208	184
	B	83	307	298	234	176
CR 3:1.a	A	189	201	157	109	76
	B	207	194	128	86	52
CR 3:1.b	A	174	488	253	220	287
	B	98	427	226	241	270
CR 3:1.b	A	110	383	288	324	322
	B	132	412	210	307	358
	A	132	412	210	307	358

Tabella 9: acqua interstiziale: nitrati (A: alto, B: basso)

Conclusioni

I dati delle analisi hanno confermato e corroborato i risultati ottenuti negli anni sui suoli ricostituiti: la ricostituzione migliora tutti i caratteri legati alla fertilità del suolo.

In generale si può affermare che la ricostituzione migliora i caratteri chimico-fisici delle matrici primarie e secondarie utilizzate: vale la pena considerare:

- aumento del contenuto di carbonio organico
- C/N che descrive un aumento dei processi di umificazione
- aumento della capacità di ritenzione idrica e miglioramento di tutte le proprietà fisiche ad essa correlate.

Secondo i dati AGRISED si può affermare che la pedotecnica della ricostituzione è in grado di creare un Technosuolo fertile utilizzabile per il vivaismo a partire da co-compost e da fango di dragaggio.