

# TIOXIDE

ITALIA

S. p. A.

Progetto per il reinserimento ambientale  
delle discariche "gessi" in localita'

Casone di Scarlino

PROGETTISTI : Dott. Gianluca Galli — Agronomo  
Geom. Fabio Lapi — Rilievi



RAPPORTO FINALE SULLA  
SPERIMENTAZIONE IN CAMPO

Firenze — Novembre 1989

Dott. Gianluca Galli Agronomo  
Via Solferino 43 - Firenze

## TIOXIDE ITALIA S.F.A.

Progetto per il reinserimento ambientale delle discariche

Gessi in localita' casone di Scarlino

- Rapporto finale sulla sperimentazione in campo -

Firenze, nov. '89



## INDICE

### 1 - STATO ATTUALE DELLA SPERIMENTAZIONE.

### 2 - MONITORAGGIO ANALITICO

#### 2.1 - ANALISI EFFETTUATE

#### 2.2 - RISULTATI OTTENUTI

#### 2.3 - VALUTAZIONE DEI RISULTATI ANALITICI

##### 2.3.1 - Parametri generali

##### 2.3.2 - Elementi macronutritivi

##### 2.3.3 - Microelementi e metalli pesanti sul tal quale

##### 2.3.4 - Eluato acetico 0.5 N

##### 2.3.5 - Elementi scambiabili

##### 2.3.6 - Analisi dei Vegetali

### 3 - VALUTAZIONE AGRONOMICA DEI RISULTATI

#### 3.1 - MATUTENZIONE DEL PRATO

### 4 - PROSPETTIVE DI APPLICAZIONE DEI RISULTATI ATTUALI

INDICE TABELLE

- Tab. 1 - Analisi dei gessi campioni prelevati il 27/04/89 -  
Parametri generali, CSC e frazione organica.
- Tab. 2 - Analisi dei gessi campioni prelevati il 27/04/89 -  
Frazione minerale, microelementi sul tal quale.
- Tab. 3 - Analisi dei gessi campioni prelevati il 27/04/89 -  
Eluato acetico 0,5 N IRSA/CNR.
- Tab. 4 - Analisi dei gessi campioni prelevati il 27/04/89 -  
Elementi scambiabili in Acetato Ammonivo + EDTA.
- Tab. 5 - Analisi dei Vegetali campioni prelevati il 27/04/89 -  
Assorbimento atomico e dissoluzione umida.
- Tab. 6 - Riferimenti analitici sul contenuto medio di metalli pesanti in suoli agricoli e in aree contaminate di tutto il mondo (Estratto da Kabata-Pendias e Pendias 1985).  
Dati espressi in ppm riferiti alla sostanza secca (cfr Allegato 3).
- Tab. 7 - Raffronto tab. A, L 319 -  
Eluati acetici 0,5 N dei vari campioni di gesso (valori di ppm).
- Tab. 8 - Elementi scambiabili in Acetato Ammonico + EDTA -  
Raffronto con il contenuto totale e valori medi riscontrati in letteratura (Fonte SISS) ppm.
- Tab. 9 - Analisi dei Vegetali - Confronto contenuti in metalli pesanti dei vegetali cresciuti sui gessi e dati reperiti in bibliografia.



## INDICE ALLEGATI

ALL.1 - Metodi normalizzati di analisi del suolo (S.I.S.S.).

ALL.2 - Istogrammi tabelle analitiche gessi.

ALL.3 - Analisi Fanghi di depurazione e Compost da RSU.

ALL.4 - Riferimenti bibliografici contenuto metallici pesanti in  
suoli e vegetali.

ALL.5 - Documentazione fotografica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - Legge 319, 10 maggio 1976: Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- 2 - Comitato dei Ministri per la Tutela delle Acque dall'Inquinamento (1977): Criteri, metodologie, norme tecniche generali di cui all'art. 2b), d), e), della Legge 10/5/1976, n. 319, Delibera 4/2/1977.
- 3 - D.P.R. n. 915, 10/9/1982: Attuazione delle direttive CEE n. 73/442 relative ai rifiuti, n. 76/403, relative allo smaltimento dei policlorodifenili e dei policlorotrifenili, e n. 78/319 relative ai rifiuti tossici e nocivi.
- 4 - Comitato Inteministeriale di cui all'art. 5 del D.P.R. 10/9/1982, n. 915: Disposizioni per la prima applicazione dell'art. 4 del D.P.R., n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti. (Deliberazione 27/7/1984).
- 5 - Commissione delle Comunità Europee (1986): Direttiva del Consiglio, del 12 giugno 1986, concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura (86/278/CEE). Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, 4/7/1986, 6-12.



- 6 - Genevini P.L., Vismara R., Mezzanotte V. (1986): Utilizzo agricolo dei fanghi di depurazione. Quaderni di Ingegneria Ambientale, n. 5.
- 7 - C.N.R., Collana promozione qualità ambiente: "Guida alla utilizzazione in agricoltura dei fanghi derivanti dai trattamenti biologici delle acque di scarico urbane". Roma 1982.
- 8 - L. Collivignarelli, V. Riganti, G. Urbini. Riutilizzazione di rifiuti in un' azienda zoo-agricola. I.A. n. 1/87.
- 9 - Atti Simposio internazionale: "Recupero biologico e utilizzazione agricola dei rifiuti urbani". Napoli ottobre 1983.
- 10 - E.R.S.A. Utilizzazione agricola dei fanghi prodotti dai depuratori urbani. Maggio 1982.
- 11 - C.N.R. Paris P., Robotti A., Gavezzi C., "Prove agronomiche di Compost da rifiuti solidi urbani". Roma 1982.
- 12 - R. Vismara, "Depurazione biologica". Hoepli 1982.

## 1 - STATO ATTUALE DELLA SPERIMENTAZIONE

Facendo seguito all'ultimo elaborato prodotto: "Stato di avanzamento. Gennaio '89. Impianto del prato", si aggiorna la situazione della sperimentazione allo stato attuale.

All'inizio del corrente anno, dopo la semina del prato, si è passati alla fase di monitoraggio dei risultati e di manutenzione del verde.

La conduzione ordinaria del prato ha richiesto solo alcune irrigazioni all'inizio della stagione estiva e un singolo intervento di sfalcio al termine di giugno.

Il monitoraggio dei risultati è stato effettuato mediante una serie di sopralluoghi e il prelievo di campioni di gessi e di vegetali effettuato il 27 aprile, in piena stagione di ripresa vegetativa.

I campioni di gesso e dei vegetali sono stati analizzati presso il laboratorio Tioxide in base a un completo programma di analisi, al fine di verificare le modificazioni indotte dal trattamento con organico ai gessi e quelle trasmesse da questi alla vegetazione.

Nel presente elaborato vengono riportati i risultati di tali analisi, le conclusioni agronomiche su questa esperienza, le indicazioni per la prosecuzione della ricerca e la applicazione dei risultati già ottenuti.



## 2 - MONITORAGGIO ANALITICO

Il programma completo delle analisi necessarie per la corretta interpretazione dei risultati conseguiti e' stato elaborato in funzione di evidenziare le modificazioni di tipo bio-agronomico nei gessi e nei vegetali, ed ha richiesto un notevole impegno da parte del laboratorio Tioxide per la messa a punto della metodologia e della strumentazione.

Per quanto riguarda le analisi dei suoli, le metodologie impiegate sono quelle ufficiali elaborate dalla Societa' Italiana Scienza del Suolo (S.I.S.S.) che vengono riportate integralmente nell'All. 1.

Per i vegetali si e' fatto riferimento alle norme IRSA - CNR, ovvero si e' operato un'analisi dei microinquinanti metallici dopo dissoluzione umida in Assorbimento Atomico.

### 2.1 - ANALISI EFFETTUATE

Di seguito viene riportato il programma completo delle analisi eseguite sul suolo e sui vegetali.

#### A - Analisi del suolo

Sui moduli sperimentali sono stati prelevati 4 diversi campioni e 1 testimone per la verifica dei Sistemi di concimazione :

- Compost + Letame - 1 campione 5-15 cm prof - campione 1  
- 1 campione 30-40 cm prof - campione 2
- Fanghi + paglia + letame - 1 campione 5-15 cm prof - campione 3  
- 1 campione 30-40 cm prof - campione 4
- Gessi non trattati - 1 campione 5-40 cm prof - testimone 5

Ogni campione e' stato ottenuto mescolando 5 subcampioni prelevati in maniera randomizzata nei due moduli (metodologia S.I.S.S.).

Per confronto e verifica delle analisi di partenza e' stato prelevato anche un campione di gesso indisturbato su di un modulo adiacente.

Su ognuno di questi 5 campioni sono state effettuate le analisi seguenti: (numerazione riferita all. 1)

1 - Preparazione (1.2) e determinazione umidita' (1.3)

2 - pH (3.1)

3 - Capacita' scambio cationico:

metodo in acetato ammonico (a pH 7) (4.1.1)

4 - Elementi totali sul tal quale:

- Fosforo (5.1.1)
- Potassio (5.1.2)
- Cd "
- Cr "
- Cu "
- Ni "
- Zn "
- Hg "
- Pb "



5 - Elementi totali in eluato acetico 0,5 N -

Norme IRSA - CNR, gli stessi già descritti al punto 4

6 - Elementi scambiabili in acetato ammonico: (4.2.1)

- Potassio

7 - Frazione organica:

- Carbonio organico (6.1.1)

- Azoto totale - Metodo Kjeldhal (6.2.1)

8 - Fosforo organico (6.3.1)

9 - Elementi scambiabili in acetato ammonico + EDTA (7.3.1)

- Cd

- Cr

- Cu

- Ni

- Hg

- Zn

- Pb

10 - Conducibilità elettrica in:

- Ac. carbonico

- Ac. acetico

B - Analisi dei vegetali cresciuti sui moduli

Per completare il quadro analitico e verificare la qualità delle erbe cresciute sui gessi sono stati prelevati 5 campioni secondo il seguente schema:

Tesi 1

- Sottovagli - campione 1
- Compost + letame -
- Miscuglio Galli A - campione 2

Tesi 2

- Miscuglio Galli A - campione 3
- Fanghi + paglia -
- Sottovagli - campione 4

Grano loc. Scarlino Scalo - testimone 5

Sui cinque campioni così ottenuti, dopo lavaggio in acqua demineralizzata ed essiccazione in stufa a 105°, è stata operata una lettura del contenuto dei seguenti metalli pesanti, previa dissoluzione a caldo per via umida con acido nitrico e cloridrico concentrati (metodologia IRSA - CNR proposta per analisi Sostanza Organica in DPR 915)

- Cd
- Cr
- Cu
- Ni
- Zn
- Hg
- Pb

## 2.2 - RISULTATI OTTENUTI

I risultati delle analisi descritte vengono riportate nelle tabelle 1.2.3.4.5. e nelle figure 1 - 10 dell'allegato 2 che contiene la rappresentazione grafica a due e tre dimensioni delle tabelle stesse.

Tab.1 - Analisi dei gessi, campioni prelevati il 27/4/89 - Parametri generali, CSC e frazione organica

Parametri	Unità	C1	Campioni C2	C3	C4	T5
Umidità	a 105c %	13.62	13.85	14.33	15.16	16.25
Ph	Ph sol H2O	8.70	8.16	7.95	8.11	8.10
Ph	Ph KCl 1N	8.45	7.86	7.68	7.89	7.82
Ph	Ph agit24h	7.00	6.95	6.80	6.50	6.50
C.S.C.	meq/100 g	5.04	4.39	5.36	4.07	3.11
K scambiab	meq/100 g	0.59	0.42	0.17	0.96	0.65
Cond.Elet	Mos/cm	3.75	3.81	3.78	3.80	3.95
N Tot	ppm	0.01	0.01	1.50	0.01	0.35
P inorg	ppm	46.00	39.00	83.00	18.00	25.00
P org	ppm	34.00	4.00	0.00	46.00	5.00
K Tot	%	0.18	0.22	0.23	0.19	0.14
C org	%	1.88	1.15	1.79	1.40	0.36
C inorg	%	1.42	1.28	1.12	1.18	1.17

Tab.2 - Analisi dei gessi, campioni prelevati il 27/4/89 - Frazione minerale, microelementi sul tal quale.

Elemento	C1	C2	Campioni C3	C4	T5
Cd ppm	0.377	0.316	0.267	0.212	0.243
Cr ppm	270.0	223.0	223.0	238.0	257.0
Cu ppm	25.00	16.00	11.70	11.30	6.00
Ni ppm	11.70	11.00	11.40	8.30	5.10
Zn ppm	103.0	56.0	50.0	34.0	25.0
Hg ppm	3.50	2.60	3.50	1.90	1.05
Pb ppm	17.80	12.00	8.40	11.20	5.50

Tab.3 - Analisi dei gessi, campioni prelevati il 27/4/89 - Eluato acetico 0,5N IRSA/CNR.

Elemento		Campioni				
		C1	C2	C3	C4	T5
Cd	ppm	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cr	ppm	<0.01	0.0178	0.0156	0.0207	0.0143
Cu	ppm	0.0085	0.0057	0.0041	0.0012	0.001
Ni	ppm	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Zn	ppm	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Hg	ppm	0.0025	0.0018	0.0020	0.0020	0.0022
Pb	ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Tab.4 - Analisi dei gessi, campioni prelevati il 27/4/89 - Elementi scambiabili in Acetato Ammonico + EDTA.

Elemento		Campioni				
		C1	C2	C3	C4	T5
Cd	ppm	0.0113	0.0102	0.0071	0.0061	0.0090
Cr	ppm	1.80	2.16	1.4	1.57	2.64
Cu	ppm	1.49	0.92	0.48	0.54	0.38
Ni	ppm	0.132	0.126	0.122	0.096	0.097
Zn	ppm	4.7	3.1	2.2	1.4	1.1
Pb	ppm	1.50	1.16	0.646	0.476	0.343
Hg	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Tab.5 - Analisi dei vegetali, campioni prelevati il 27/4/89 - Assorbimento atomico e dissoluzione umida.

Elemento		Campioni				
		C1	C2	C3	C4	T5
Cd	ppm	0.0028	0.0011	0.0034	0.0017	0.0012
Cr	ppm	1.71	1.70	2.17	2.70	0.29
Cu	ppm	4.75	3.69	4.36	3.80	3.84
Ni	ppm	0.72	0.42	0.83	1.57	1.72
Zn	ppm	38.0	27.0	33.0	34.0	29.0
Pb	ppm	0.85	0.59	1.1	0.48	0.12
Hg	ppm	0.176	0.41	0.44	0.1	0.064

## 2.3 - VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Si inizia il commento dei risultati partendo dalle analisi dei gessi, (tab.1) tenendo conto delle metodologie analitiche impiegate, dei diversi trattamenti effettuati ai gessi in fase sperimentale (campione 1 - 4 e testimone) e di tutte le varie notizie raccolte durante l'esperienza.

Quando cio' sia possibile, sono evidenziate le differenze fra il testimone e i campioni trattati e fra i due trattamenti stessi.

### 2.3.1 - Parametri generali

#### - Umidita':

Ottenuta in stufa a 105°C, questa misura indica la sola acqua costituzionale dei gessi o acqua di Cristallizzazione che e' notevolmente abbondante se confrontata con un qualsiasi suolo agrario (1-8%) ma che non puo' essere considerata disponibile per le piante poiche' costituzionalmente legata alle molecole del terreno.

Si nota una leggera differenza fra i valori del testimone ( $u=16,25\%$ ) e i 4 campioni ( $u=14,25\%$ ) che puo' essere determinata dalla aggiunta di S.O. che tende a rendere maggiormente disponibile l'acqua per le piante.



- Ph:

Sono state effettuate tre misure diverse del ph. La prima e la seconda direttamente sui gessi in acqua pura e in KCl 1N, la terza e' stata effettuata sull'eluato acetico 0,5N dopo agitazione per 24 ore (Norme IRSA/CNR).

Dal punto di vista agronomico la misura di riferimento e' quella mediana, poiche' il KCl ha la funzione di disgregare la struttura del suolo e particolarmente le micelle argillose, liberando gli ioni presenti. I valori riscontrati variano intorno a ph 8 con estremi tra 8,45 e 7,68, pertanto questo substrato puo' essere definito subalcalino/alcalino. Non si hanno spostamenti significativi di ph fra i campioni trattati e il testimone.

- Capacita' di Scambio Cationica:

E' il parametro che viene piu' largamente impiegato per misurare sinteticamente la reattivita' di un suolo. La CSC di un terreno agrario oscilla fra un minimo di 5 meq/100g e 50 meq/100 g. I valori riscontrati sui gessi trattati variano fra 4,07 e 5,36 mentre il testimone e' 3,11.

Si nota che i campioni 1 e 3, quelli prelevati piu' superficialmente, hanno valori di 5,04 e 5,36, mentre i campioni piu' profondi (e quindi meno modificati dal trattamento organico) hanno valori di 4,39 e 4,07.

Si ritiene di poter imputare queste differenze al trattamento effettuato sui gessi e all'instaurarsi di un complesso di scambio su base organica.

- K scambiabile:

Questa misura deve essere correlata a quella della CSC per dare un giudizio della disponibilità di K per le piante in rapporto ai cationi totali.

Considerando un valore medio (C1/C4) di CSC di 5,24 e K scambiabile di 0,53 si ha una disponibilità di K per le piante di circa il 10% che è un valore classificato alto. Questo valore è da leggersi anche in relazione alla analisi del K totale che assume valori di media dotazione.

- Conducibilità elettrica:

Questo parametro è stato misurato sull'eluato acetico 0,5N, pertanto è stata misurata anche la conducibilità indotta dell'estrattore acetico.

In ogni caso si possono assumere questi valori come confrontabili in eccesso con quelli normalmente utilizzati dall'estratto acquoso a saturazione.

I valori riscontrati nei 4 campioni trattati differiscono solo leggermente dal testimone.

Il valore medio riscontrato (3,78 ms/cm) confrontato con i valori medi dei suoli agrari si colloca in un campo di media salinità con pericolo di depressione della vegetazione solo per le colture maggiormente sensibili.

### 2.3.2 - Elementi macro nutritivi

#### - N totale:-

Questo tipo di misura presenta non poche difficoltà legate alla particolare instabilità di questo elemento nelle sue varie forme di ossidazione. La variabilità dei valori riscontrati denota una probabile perdita di N ammoniacale dopo il prelievo del campione o in fase di preparazione.

I valori misurati in C3 e T5 denoterebbero una estrema carenza di questo elemento che certamente è in contrasto con la vigorosa crescita dei vegetali.

Si deve inoltre tenere conto che una corretta valutazione analitica dell'Azoto disponibile per le piante, dovrebbe essere eseguita mediante una serie di prelievi nelle varie fasi vegetative. È noto infatti che in funzione del ritmo di assorbimento radicale e di quello di mineralizzazione della sostanza organica varia notevolmente il quantitativo di N rintracciabile nel suolo.

In sostanza si ritiene di non dover tenere conto di questo parametro così espresso, ma di dover stimare in base allo sviluppo delle piante, una normale disponibilità di N e soprattutto un corretto funzionamento del potere nitrificante del suolo, ovvero della capacità del complesso microbiologico di trasformare la sostanza organica in un composto azotato assimilabile dalle piante.

- P organico e inorganico -

Anche per il fosforo vale in linea di massima quanto detto a proposito dell'Azoto.

Si può comunque notare un dato sufficientemente costante di maggiore presenza di P nei campioni trattati che non nel testimone, in particolare per quanto riguarda la frazione organica. Sommando le due frazioni si ottiene un valore globale fra le 50 e le 100 ppm che rappresenta una dotazione estremamente povera di questo elemento se comparato con quella di un normale suolo agrario che contiene 0,10/ 0,25% pari a 1000/2500 ppm.

- C organico e inorganico -

Questa ultima misura dei macroelementi interessa soprattutto per quantificare il tenore di Sostanza Organica nel suolo.

In particolare la percentuale di organico è direttamente legata alla presenza di Humus nel suolo.

Nei testi di chimica agraria la percentuale di C nella composizione dei vari tipi di Humus, viene fatta oscillare fra 52-58% a seconda del diverso grado di "maturazione" dell'Humus e quindi della percentuale di acidi Fulvici (solubili e meno stabili) e di acidi Umici (più stabili e ricchi di C).

Prendendo a riferimento il valore medio (55%), il contenuto di Humus dei gessi trattati varierebbe da un minimo del 2% a un massimo del 3,4% mentre il testimone non contiene più dello 0,6% di sostanza organica.

### 2.3.3 - Microelementi e Metalli pesanti sul tal quale (cfr tab.2)

Su questo argomento possono essere fatte alcune considerazioni che vengono esposte per punti:

- L'apporto di S.O. ha determinato un generale aumento di microinquinanti rispetto al testimone, ad esclusione di Cr.
- Valutando la distribuzione di questi elementi lungo il profilo del suolo, si nota una maggiore concentrazione negli strati superficiali in associazione alla sostanza organica. Non si notano effetti di lisciviazione.
- La diversa natura e provenienza dei due trattamenti e' riscontrabile: la tesi 1 (compost) risulta maggiormente arricchita di metalli che non la tesi 2 (fanghi).

Questo fatto a parita' di sostanza secca distribuita, e' imputabile alla maggiore concentrazione di metalli pesanti del compost rispetto ai fanghi. (cfr. analisi del compost e fanghi all.3)

- Tutti gli elementi analizzati rientrano negli standard medi dei terreni agrari reperibili in letteratura e riportati nell'allegato 4.

A questo proposito viene riportata la tab. 6, riassuntiva dei numerosi dati bibliografici contenuti nell'allegato 3.



Da notare inoltre la buona concordanza dei valori del C organico in funzione della profondità del prelievo; fra 0-15 cm (camp. 1 e 3) si ha la maggiore percentuale di C, mentre decresce in ambedue le tesi (camp. 2 e 4) prelevando il campione alla maggiore profondità (30-40 cm).

Questo quantitativo stimato di Humus nei gessi corrisponde abbastanza bene a quanto calcolato preventivamente in fase di distribuzione dell'organico.

La dotazione del 2-3% di Humus in un terreno, può dirsi sufficiente a una normale attività biologica, fattore questo essenziale per il superamento dei limiti intrinseci nei gessi.

Infine è noto che l'Humus del suolo ha una composizione sufficientemente costante per quanto riguarda il rapporto C/N, che negli Humus stabili ha il valore di 15:1.

Questo ci permette di calcolare il quantitativo di azoto totale presente in circa 0,2-0,3%, anch'esso un valore normale per i suoli agrari.

2.3.4 - Eluato acetico 0,5N - Norme IRSA/CNR - (tab. 3)

Questo tipo di indagine e' stata condotta in conformita' alle metodologie indicate dal DPR 319/76 per verificare la accettabilita' nel recettore finale (Fiume Pecora) delle acque meteoriche reflue dai moduli sperimentali.

Nella Tab. 7 vengono confrontati i limiti di tab.A (L 319/76) con i valori riscontrati nei moduli sperimentali e nel testimone.

Come si puo' notare tutti i valori riscontrati rientrano largamente nei limiti di accettabilita' di legge.

In base a cio' si ritiene che il fattore idrico sia sufficientemente tutelato e non sussistano vincoli alla circolazione naturale delle acque meteoriche.

Tab. 7 - Raffronto tab. A L. 319 / eluati acetici 0,5 N dei vari campioni di gesso (valori in ppb)

Metalli	C1	C2	C3	C4	T5	tab.A L.319
Cd	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,02
Cr 3	<0,01	0,0178	0,0156	0,020	0,0143	2
Cr 6	tracce	tracce	tracce	tracce	tracce	0,2
Cu	0,0085	0,0057	0,0041	0,0012	0,001	0,1
Ni	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	2,0
Zn	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Hg	0,0025	0,0018	0,0020	0,0020	0,0020	0,005
Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2

Tabella 6. Riferimenti analitici sul contenuto medio di metalli pesanti in suoli agricoli e in aree contaminate di tutto il mondo. (Estratto da Kabata-Pendias e Pendias 1985) Dati espressi in ppm riferiti alla sostanza secca (cfr Allegato 3).

Elemento	Suoli agricoli		Suoli contaminati	Gessi *
	Range	Media	Range	
Cd	0,01-4	0,60	200	0,31
Cr	1,4-1384	114	20000	225,2
Cu	1-300	28	3-3700	15,25
Ni	2-50	21	10000	10,58
Zn	5-300	58	15-53000	60,7
Hg	0,01-5,8	0,20	0,6-40	2,87
Pb	10-70	22	6-21500	12,35

\* Valore medio dei campioni C1 - C2 - C3 - C4

Come si può notare tutti gli elementi rientrano nei range dei suoli agricoli e si allineano al di sotto dei valori medi riscontrati ad eccezione di Cr e Hg che si collocano nella fascia medio alta, pur senza interessare i limiti di concentrazione di suoli contaminati.

### 2.3.5 - Elementi scambiabili in Acetato Ammonico + EDTA - (tab.4)

Questo tipo di analisi e' stata messa a punto dagli studiosi di chimica agraria in modo da simulare la capacita' di assorbimento radicale per gli ioni presenti nelle soluzioni del suolo. Pur essendo nota la selettivita' del meccanismo di assorbimento radicale, la maggiore o minore disponibilita' di determinati elementi nel complesso di scambio puo' influenzare l'assunzione radicale degli elementi traccia.

Pertanto questa misura e' rappresentativa della frazione di metalli pesanti disponibile per le piante.

Le variazioni dei rapporti fra queste due misure sono probabilmente imputabili all'azione complessante della sostanza organica che limita in una certa misura la mobilita' di alcuni elementi.

Tab. 8 - Elementi scambiabili in Acetato Ammonico + EDTA, raffronto con il contenuto totale e valori medi riscontrati in letteratura (fonte SISS) - ppm

Elemento	C1		C2		C3		C4		T5		R
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Cd ppm	0.377	0.0113	0.316	0.0102	0.267	0.0071	0.212	0.0061	0.243	0.009	
Cr ppm	217	1.8	223	2.6	223	1.4	238	1.57	257	2.64	0.2-3
Cu ppm	25	1.49	16	0.92	11.7	0.48	11.3	0.54	6	0.38	1.5-12
Ni ppm	11.7	0.132	11	0.126	11.4	0.122	8.3	0.096	5.1	0.097	
Zn ppm	103	4.7	56	3.1	50	2.2	34	1.4	25	1.1	0.6-8
Hg ppm	3.5	<0.001	2.6	<0.001	3.5	<0.001	1.9	<0.001	1.05	<0.001	
Pb ppm	17.8	1.5	12	1.16	8.4	0.646	11.2	0.476	5.5	0.343	

A - contenuto totale B - scambiabile R - riferimenti di letteratura

Analizzando la tabella 8 possono essere fatte alcune considerazioni qualitative sui vari elementi:

- Cadmio - la frazione disponibile è circa 3,1% del totale per la tesi 1; 2,7 per la tesi 2 e 3,7% per il testimone. Inoltre se si controllano separatamente i campioni più superficiali si nota che questi, pur contenendo una maggiore quantità totale, hanno una minore percentuale di Cd disponibile rispetto al testimone e ai campioni più profondi:

tesi 1: C1 = 3,0% ; C2 = 3,2% ;

tesi 2: C3 = 2,65% ; C4 = 2,88% ;

testimone: C5 = 3,71%.

- Cromo - La frazione disponibile di questo elemento in tutti i casi rientra nei range citati in letteratura (SISS). Anche per il Cr si può notare un legame inverso fra la concentrazione totale e la sua disponibilità per le piante in funzione del quantitativo di sostanza organica.

I rapporti sono i seguenti:

tesi 1: C1 = 0,82% ; C2 = 1,16% ;

tesi 2: C3 = 0,63% ; C4 = 0,69% ;

testimone: C5 = 1,03%.



- Rame - La frazione disponibile anche di questo elemento rientra ampiamente nei limiti proposti dalla letteratura.

I rapporti "contenuto tal quale" / "frazione assimilabile" sono i seguenti:

tesi 1: C1 = 5,96% ; C2 = 5,75% ;

tesi 2: C3 = 4,1% ; C4 = 4,7% ;

testimone: C5 = 6,3%

- Nichel - Rapporto tal quale / disponibile:

tesi 1: C1 = 1,12% ; C2 = 1,14% ;

tesi 2: C3 = 1,07% ; C4 = 1,15% ;

testimone: C5 = 1,9%.

- Zinco - Notevole incremento di questo elemento nella tesi trattata con compost frazione disponibile sempre inferiore ai riferimenti di letteratura. Rapporto tal quale / disponibile:

tesi 1: C1 = 4,56% ; C2 = 5,53% ;

tesi 2: C3 = 4,4% ; C4 = 4,1% ;

testimone: C5 = 4,4%.

- Mercurio - Per questo elemento, considerati i valori estremamente bassi di concentrazione, non sono possibili considerazioni sulla disponibilità per le piante.

- Piombo - Rapporto tal quale / disponibile:

tesi 1: C1 = 8,42% ; C2 = 9,66% ;

tesi 2: C3 = 7,69% ; C4 = 4,25% ;

testimone: C5 = 6,23%.

In definitiva quindi si ha che:

- Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, pur risultando piu' concentrati nei campioni trattati sono meno disponibili per le piante di quanto non lo siano nel testimone a parita' di dotazione totale.

- La immobilizzazione di questi elementi e' maggiore negli strati superficiali del terreno e decresce aumentando la profondita' di prelievo.

- Il cromo in particolare risulta assai poco mobile e disponibile per le piante, solo circa 1% del totale presente e' scambiabile.

- Per tutti gli elementi si ha un abbattimento dei quantitativi disponibili per le piante dell'ordine del 95% .

- La frazione disponibile di Cromo, Rame, Zinco, confrontata con i dati disponibili in letteratura, rientra pienamente nei valori medi citati dalla Societa' Italiana Scienza del Suolo.

### 2.3.6 - Analisi dei Vegetali - (tab. 5).

Sulla base dei valori analitici contenuti in tab. 5 e' stata ricavata la tab. 9 nella quale si confrontano fra i dati ottenuti sui gessi e i riferimenti bibliografici reperiti sulla letteratura inerente gli elementi-traccia in suoli e piante.

Un altro riferimento interno alla sperimentazione e' costituito dal testimone, un campione di grano a maturazione lattea prelevato lo stesso giorno dei C1-C4 in un campo coltivato in loc. Scarlino Scalo.

Infine la tab. 9 consente un ulteriore confronto interno fra i due tipi di seme impiegato e il diverso trattamento dei gessi.

Tab. 9 Analisi dei Vegetali - Confronto contenuti in metalli pesanti dei vegetali cresciuti sui gessi e dati reperiti in bibliografia.

Elemento	C1	Campioni		C3	C4	T5	Riferimenti					
		C2	C5				Colture agrarie		Vegetali inquinati			
							range	media		range		
Cd ppm	0.0028	0.0011	0.0034	0.0017	0.0012	0.001 - 0.75	0.11	0.04 - 45				
Cr ppm	1.71	1.70	2.17	2.70	0.29	0.02 - 14	0.6	-				
Cu ppm	4.75	3.69	4.36	3.80	3.84	1.1 - 8.8	4.1	-				
Ni ppm	0.72	0.42	0.83	1.57	1.72	0.013 - 44	3.6	-				
Zn ppm	38	27	33	34	29	5 - 73	32	-				
Pb ppm	0.85	0.59	1.1	0.48	0.12	0.02 - 18	-	0.04 - 33.6				
Hg ppm	0.176	0.41	0.44	0.1	0.064	0.05 - 3.6	-	16 - 1506				

### 3 - VALUTAZIONE AGRONOMICA DEI RISULTATI

Dal punto di vista agronomico i risultati ottenuti con i trattamenti organici dei gessi rispondono perfettamente agli obiettivi prefissati, ovvero alla riattivazione biologica dei gessi in modo da permettere l'instaurarsi della vegetazione e la formazione di uno strato di suolo attivo.

All'interno di questa considerazione generale, nel corso della sperimentazione sono state fatte valutazioni sul comportamento delle varie tesi analizzate e sulla operatività dei cantieri di lavoro. Ripercorrendo le varie tappe dell'intervento, che sono illustrate fotograficamente nell'allegato 5, vengono esposte queste considerazioni di dettaglio.

#### **- Lavori iniziali di sistemazione e drenaggio -**

Questa fase dell'intervento non ha richiesto particolari competenze ed è stata efficacemente realizzata con i normali mezzi di movimento terra disponibili presso i cantieri interni Tioxide. I livellamenti e la rippatura dei gessi sono stati eseguiti con sufficiente precisione, facilitando le successive operazioni.

Anche la tecnica adottata nella posa in opera dei tubi di drenaggio, seppure laboriosa, era proporzionata alla ridotta dimensione dell'intervento.

In proposito al drenaggio, a tutt'oggi non si è avuto alcuna attivazione dei dreni che sono rimasti secchi anche nei (pochi) momenti di forte precipitazione.

Le possibili considerazioni sono le seguenti:

- Tutti i valori analitici riscontrati sono comparabili con i dati della letteratura e compresi entro gli standard medi per le colture agrarie.
- I dati relativi ai vegetali trattati sono dello stesso ordine di quelli misurati nel testimone, ad esclusione di Cr che risulta 6/10 volte superiore.
- Sommando i valori di colonna C1+C2 e confrontandoli con gli analoghi C3+C4, ovvero confrontando la risposta delle piante al diverso trattamento ammendante, si riscontra una maggiore asportazione di metalli nel caso della tesi 2, su cui erano stati distribuiti i fanghi di depurazione.
- Il confronto del diverso comportamento delle due sementi a parità di substrato, (somma colonne C1+C4 e C2+C3) non fornisce, in questo stadio vegetativo, differenze significative e univoche per quanto riguarda il contenuto in metalli pesanti.



Le cause di questo mancato funzionamento sono probabilmente legate alla impossibilit  di formazione di una falda sospesa all'interno dei moduli di gesso, condizione necessaria all'innesco dell'azione drenante dei tubi microfessurati o di qualunque altro dreno.

Visto l'intento sperimentale con cui era stata prevista la posa dei dreni su uno dei moduli e considerato che a livello agronomico non si sono notate differenze, si ritiene inutile il drenaggio in caso di applicazione su scala operativa di questo sistema.

- Lavori di ammendamento -

Il cantiere di lavoro adottato per la distribuzione della sostanza organica   parso ben proporzionato alle dimensioni sperimentali e suscettibile di poter essere adattato anche alle esigenze di una maggiore superficie.

Il carro spandiletame   risultato particolarmente idoneo allo scopo ottenendo anche una buona miscela fra le varie materie impiegate.

Piuttosto laborioso il carico con forca della paglia, che si suggerisce potrebbe essere caricata e trinciata direttamente dopo mietitura, risparmiando il passaggio della formazione delle bal-  
le.

La semina a mano, adottata per criteri di praticit , puo' naturalmente essere sostituita con una semina a spaglio meccanica o con seminatrici da prato.

Le due sostanze organiche testate hanno dato risultati agronomici analoghi, sebbene le parcelle del compost dimostrassero una iniziale minore crescita e talvolta fenomeni di fitotossicità.

Alla luce di tutte le esperienze fatte e dei risultati analitici si ritiene di potere scegliere il fango di depurazione come ammandante base, per i seguenti motivi:

- minor contenuto in metalli pesanti
- nessun effetto fitotossico
- facile reperibilità
- possibile distribuzione anche con carro-botte e iniettori.

Al termine di questa fase, si può dire che ambedue le prove abbiano raggiunto l'obiettivo richiesto di crescere e stabilizzarsi sui gessi.

Il miscuglio contenente anche la medica ha però ottenuto un risultato agronomico superiore, poiché questa specie ha notevoli capacità miglioratrici, grazie alla notevole profondità radicale e al potere azotofissativo, a tutto vantaggio di una più rapida trasformazione del substrato originale.

Osservata nelle varie fasi di crescita, la medica non ha mai dimostrato sintomi di fitopatologici e al contrario ha concluso interamente il proprio ciclo, fiorendo e andando a seme regolarmente.

Nella prima fase, in ambedue le parcelle, sono emerse le graminacee, specialmente *Lolium perenne*, *Brumus*, *Hordeum*, solo in un secondo tempo nella parte seminata con il miscuglio confezionato sono comparse le essenze leguminose (*Medicago sativa*, *Hedysarum coronarium*, *Vicia sativa*), mentre nell'altro appezzamento sono esplose tutte le infestanti come *Avena sterilis*, *Hordeum murinum*, *Sinapis arvensis*, *Rumex* sp, *Poligonum convolvulus*, *Arundo fragmitis* ecc.

Durante i mesi estivi potrebbe essere utile il mantenimento della irrigazione di soccorso, anche se già durante la presente stagione gli apporti idrici si sono limitati al minimo indispensabile senza che la vegetazione abbia riportato danni.

Sarà comunque necessario controllare l'evoluzione biologica del prato e intervenire con gli opportuni correttivi nel caso si manifestassero condizioni patologiche o fenomeni di fitotossicità tardivi.

Viste le attuali premesse e' comunque mia opinione che questo "sistema" sia in grado di mantenere un proprio equilibrio autonomo.

### 3.1 - MANUTENZIONE DEL PRATO

La conduzione ordinaria di questo intervento di recupero ambientale nell'ipotesi di mantenere l'attuale manto di copertura erbaceo, può ridursi al solo sfalcio con trinciatura dell'erba. *Chenopodium album*, *Matricaria camomilla*, *Inula viscosa*, *Taraxacum officinalis*, ecc..

L'aspetto odierno dei due moduli (v. All.5) è assai diverso:

- la prima parte seminata con i sottovagli, pur essendo assai rigogliosa ha l'aspetto di un campo abbandonato con piante di tutti i tipi e una non completa copertura del terreno.
- la parte seminata con semente specifica ha invece l'aspetto di un normale campo di erba medica, molto rigoglioso e compatto, con qualche rara pianta di sulla e alcune graminacee.

Proseguendo con l'attuale sistema di manutenzione del prato, ovvero trinciando l'erba e lasciandola macerare in campo, si assicura una naturale disseminazione e una spontanea selezione delle essenze più idonee allo specifico ambiente.

#### - Scelta delle sementi -

Nel corso della stagione, dal momento della semina allo stato attuale sulle due parcelle a confronto per la scelta varietale, si sono succedute una serie di specie fra di loro in competizione, scalate come periodo di emergenza e via via in evoluzione verso consociazioni più stabili.

#### 4. - PROSPETTIVE APPLICATIVE E PROSECUZIONE DELLA RICERCA

Il monitoraggio analitico e agronomico di questa sperimentazione, nello scomporre i fenomeni nelle loro categorie più essenziali, ha fornito una serie di parametri numerici fondamentali per conoscere quantitativamente l'evoluzione di questo processo biologico di rivitalizzazione.

Da questo panorama numerico si ha però difficoltà ad individuare un punto fondamentale della sperimentazione, ovvero il momento in cui i gessi, classificati rifiuto speciale ai sensi del D.P.R. 915, e utilizzati quale substrato per la crescita dei vegetali, possano essere chiamati a tutti gli effetti "terreno".

Allo stato attuale, in seguito al trattamento subito, i gessi si comportano come un normale terreno agrario il che consente il recupero funzionale ed anche produttivo delle superfici di colmatazione dei disposti, senza ricorrere a prelievi di terra dell'ambiente circostante.

Tecnicamente quindi i gessi possono essere impiegati quale materiale di ricopertura o di riempimento per cave o altri tipi di discariche, garantendo poi la possibilità di rinverdimento stabile della superficie di colmatazione.

Il complesso delle caratteristiche fisiche di questo rifiuto, abbinate alla possibilità di recupero ambientale, sono tali da poter richiedere, ai sensi della L.R. 47/88 (norme per la limitazione e il recupero dei rifiuti) una diversa classificazione eventualmente come materia prima secondaria.



Nell'ambito della vigente progettazione di recupero delle discariche esistenti nell'area del Casone di Scarlino, e' proponibile una variante per l'impiego di questa tecnica in alternativa a quella approvata.

La sperimentazione fino ad oggi effettuata e' tale da garantire una concreta salvaguardia e un impatto ambientale positivo, sia per il reimpiego di materie altrimenti inquinanti, sia per il fatto di non richiedere l'apertura di nuove cave per il prelievo della terra altrimenti necessaria.

Ad ulteriore supporto si rammentano anche le raccomandazioni contenute nella legge 319/75 (legge Merli) e nella direttiva Cee 278/86 (protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nella utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura), ambedue tendenti a fornire una regolamentazione e una incentivazione del riutilizzo in agricoltura dei fanghi di depurazione.

La sperimentazione condotta in questi 18 mesi sui gessi rossi di Scarlino, sia in campo che in ambito Universitario, e' giunta a una fase in cui e' possibile indagare ulteriormente nel campo della riforestazione e della utilizzazione produttiva dei terreni recuperati.

Per riforestazione si intende la sperimentazione di varie specie arbustive e arboree, per verificare la possibilita' di un recupero a bosco nel caso di utilizzo dei gessi in ambienti forestali.

Il secondo campo di ricerca e' quello della possibile utilizzazione zootecnica delle foraggere cresciute sui disposti, onde garantire il piu' completo reinserimento e la prosecuzione spontanea delle necessarie cure colturali.

**ALLEGATO 1**

**METODOLOGIA ANALITICA**

# **METODI NORMALIZZATI DI ANALISI DEL SUOLO**

*Società italiana  
della scienza del suolo*



**EDAGRICOLE**

---

# SEZIONE 1: PRELEVAMENTO E PREPARAZIONE DEL CAMPIONE

---

## 1.1 Prelevamento

Deve essere effettuato in maniera diversa a seconda degli scopi che si vogliono raggiungere. Per studi di genesi, classificazione e cartografia, si rimanda alla «Guida alla descrizione del suolo» di G. Sanesi — CNR Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, sottoprogetto Dinamica dei versanti — Firenze, 1977. Pubblicazione n. 11.

Nel caso di suoli messi a coltura si procederà come indicato in 1.1, tenendo presente che la rappresentatività del campione è condizione indispensabile per la validità di tutta l'indagine.

## 1.2 Preparazione

Ha lo scopo di separare la «terra fine» (frazione  $< 2$  mm) da sottoporre all'analisi, nonché la frazione  $< 0,5$  mm, da utilizzare per quei metodi che prevedono l'impiego di quantità di campione inferiore a 2 grammi.

## 1.3 Umidità

Deve essere sempre determinata per poter riferire i risultati analitici al suolo secco a  $105^{\circ}\text{C}$ , dato che i suoli, anche se secchi all'aria, trattengono quantitativi di acqua variabili in funzione della loro costituzione.

Arato  
Serra o bancale

campione medio entro lo strato interessato  
campione medio del terriccio

Nota: quando si analizza per la prima volta un suolo è indispensabile una conoscenza più approfondita che può derivare unicamente dall'esame del profilo.

#### 1.1.2.4

##### *Confezionamento e quantità*

Ciascun campione di suolo, di non meno di 1 kg, escluso l'eventuale scheletro, viene conservato in contenitori che consentano gli scambi gassosi (sacchetti di plastica tramata, tela di juta, sisal ecc.).

Nel caso di determinazioni che debbono essere effettuate sul suolo umido (azoto ammoniacale in presenza di calcare) o di analisi di alcuni tipi di suoli es. ando-suoli, è indispensabile l'uso di contenitori che escludano gli scambi gassosi.

Ogni campione deve essere contrassegnato da due cartellini con scritte indelebili da porre all'interno e all'esterno del contenitore.



---

## 1.3 DETERMINAZIONE DELL'UMIDITÀ

---

### 1.3.1 *Mezzi occorrenti*

- Pesafiltri di diametro di 7-8 cm
- Essiccatore
- Stufa

### 1.3.2 *Modo di procedere*

Circa 5,0 g di suolo secco all'aria e setacciato a 2 mm, posto in un pesafiltri previamente tarato, vengono pesati e quindi essiccati in stufa a 105°C per 16-18 ore.

Dopo raffreddamento in essiccatore si pesa nuovamente il pesafiltri contenente il campione disidratato.

### 1.3.3 *Calcolo*

$$\text{Umidità \%} = \frac{P_u - P_s}{P_u} \cdot 100$$

$P_u$  = peso del suolo secco all'aria

$P_s$  = peso del suolo secco in stufa a 105°C.

### 1.3.4 *Calcolo del fattore*

Il fattore che converte i dati ottenuti per il suolo secco all'aria in dati riferiti al suolo secco in stufa a 105°C si calcola da:

$$f = \frac{P_u}{P_s}$$

---

## 3.1 DETERMINAZIONE DEL pH

---

### 3.1.1 *Apparecchiature e reattivi*

- pH-metro
- Potassio cloruro (KCl) soluzione 1 N (74,6 g/l).

### 3.1.2 *Modo di procedere*

Un campione di suolo setacciato a 2 mm si addiziona di acqua deionizzata o di soluzione salina nella proporzione 1 : 2,5.

Si agita meccanicamente per 15 minuti (oppure a mano frequentemente per 60 minuti). Si lascia in riposo 30 minuti e si misura il pH immergendo l'elettrodo a vetro nel sedimento e l'elettrodo a calomelano (o la giunzione salina nel caso di elettrodo combinato) nel liquido limpido. Nel caso di suoli torbosi può essere necessario utilizzare una maggiore quantità di liquido che in tal caso deve essere specificata.

---

## 4.1 DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SCAMBIO CATIONICO (CSC)

---

### 4.1.1 *Determinazione con acetato ammonico (pH 7)*

#### 4.1.1.1 *Generalità*

Lo scambio tra suolo e soluzione scambiante viene effettuato prima per agitazione e successivamente per lisciviazione. Si elimina l'eccesso della soluzione di acetato ammonico con ripetuti lavaggi con alcool etilico. Si procede quindi alla determinazione dell'ammonio assorbito per distillazione sec. Kjeldahl operando direttamente sul terreno oppure su una aliquota della soluzione ottenuta lisciviando il suolo-NH<sub>4</sub> con una soluzione di sodio cloruro.

#### 4.1.1.2 *Reattivi*

— ammonio acetato (NH<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) soluzione 1 N. In un pallone tarato da 1000 ml si mescolano 68 ml di idrato ammonico (NH<sub>4</sub>OH d = 0.90) e 57 ml di acido acetico (CH<sub>3</sub>COOH) al 99.5%. Si raffredda, si porta a volume e si aggiusta il pH a 7 con acido acetico oppure con ammoniaca.

— Etanolo 95%.

— Reattivo di Nessler. In un pallone da 100 ml si sciolgono in acqua deionizzata 13 g di ioduro mercurico (HgI<sub>2</sub>) e 16 g di ioduro potassico (KI). Si porta a volume con acqua. La soluzione si mescola quindi con un egual volume di soluzione di soda (NaOH) al 20%.

#### 4.1.1.3 *Modo di procedere*

A 25 g di suolo secco all'aria setacciato a 2 mm posti in una beuta da 250 ml si aggiungono da 35 a 50 ml della soluzione di acetato. Si tappa la beuta, si agita per alcuni minuti e si lascia a sé per una notte. Si trasferisce il contenuto della beuta in un imbuto di Buchner coperto con un filtro umido di carta Wathman n = 42. Si filtra, applicando, se necessario, una blanda aspirazione. Si lava quindi con 200 ml della soluzione di acetato ammonico, aggiungendo piccole porzioni per volta in modo che la lisciviazione richieda almeno un'ora; la soluzione trasferita in un pallone tarato, potrà

#### 4.1.1.3.2.2 *Modo di procedere*

Si lava il suolo ottenuto in 4.1.1.3 con piccole porzioni della soluzione di sodio cloruro lasciando defluire completamente il liquido ogni volta. Complessivamente si usano 240 ml di soluzione. Il percolato raccolto in palloncino tarato da 250 ml si porta a volume. Se ne preleva un'aliquota in un micro Kjeldahl, si inserisce il vapore e si aggiungono lentamente 10 ml della soluzione di soda 1 N. Si raccoglie il distillato in una beuta contenente 10 ml di acido borico. Al termine della distillazione si aggiungono 3 gocce di indicatore e si titola con acido solforico 0.01 N, fino a color rosso, usando un bianco per confronto.

#### 4.1.1.3.2.3 *Calcolo*

$$\text{Capacità di scambio (meq/100 g)} = \frac{m \cdot N \cdot n}{P \cdot A}$$

P = peso del suolo

m = millilitri della soluzione di acido solforico usati nella titolazione

N = normalità della soluzione di acido solforico

n = millilitri di percolato

A = millilitri dell'aliquota prelevata

#### *Referenze:*

1972 - Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for collectiong Soil Samples (Soil Survey Investigations Report n. 1).

#### 4.1.2 *Determinazione con cloruro di bario e trietanolamina (pH 8.1)*

##### 4.1.2.1 *Generalità*

Lo scambio tra suolo e soluzione scambiante viene effettuato per agitazione. Il Ba-suolo ottenuto viene quindi trattato con una soluzione di solfato di magnesio: in tal modo una parte del magnesio scambia tutto il bario adsorbito, perché la formazione di solfato di bario insolubile sposta l'equilibrio di scambio.

Nella soluzione si determina il magnesio residuo e per differenza si ottiene il magnesio che ha spostato il bario e che eguaglia la capacità di scambio cationico. Il metodo si adatta a tutti i suoli.

##### 4.1.2.2 *Reattivi*

— Bario cloruro ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione al 10% a pH 8.1. Si sciolgono 100 g di cloruro di bario in matraccio tarato da 1000 ml contenente 700 ml di acqua deionizzata, si aggiungono 22,5 ml di trietanolamina, si porta a pH  $8,1 \pm 0,1$  con acido cloridrico N (ne occorrono ca 100 ml) e si completa il volume.

— Magnesio solfato ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) soluzione 0,1 N (12,324 g/l).

— Sale bisodico dell'acido etilendiamminotetracetico (EDTA) soluzione 0,05 N (9,305 g/l).

— Ammonio acetato ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) soluzione N. In matraccio da 1000 ml si pongono 700 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  deionizzata, 57 ml di acido

---

# SEZIONE 5: FRAZIONE MINERALE

---

## 5.1 Contenuto totale dei principali elementi minerali

La determinazione ha lo scopo di valutare le riserve sia a breve che a lungo termine dei singoli elementi.

### 5.1.1 Fosforo

5.1.2 Sodio, potassio, calcio, magnesio, ferro, alluminio, manganese, silicio, rame, zinco, molibdeno, nichel, cobalto, cromo, cadmio, piombo, mercurio, selenio, arsenico

## 5.2 Frazionamento del ferro e dell'alluminio

Viene utilizzato prevalentemente in indagini pedologiche.

### 5.2.1 Estrazione con ditionito-citrato bicarbonato

Il metodo permette di determinare il ferro e l'alluminio cosiddetti liberi, presenti sotto forma di ossidi sia amorfi che cristallini, oltre ad una parte delle frazioni legate alla sostanza organica.

### 5.2.2 Estrazione con ossalato di ammonio acido

Il metodo permette di determinare gli ossidi amorfi di ferro e di alluminio e, contemporaneamente, i complessi Fe-sostanza organica e Al-sostanza organica.



N, 5 ml di soluzione molibdica e 5 ml di acido ascorbico. Si porta a volume e dopo 15 minuti di riposo a freddo si legge l'estinzione a 650 nm. Il fattore analitico (A) si ottiene da:

$$A = \frac{CS}{E}$$

C = concentrazione di P (mg in 100 ml)

S = spessore della vaschetta (in cm)

E = estinzione

Se i 5 fattori concordano alla seconda cifra decimale, A sarà uguale alla loro media.

#### 5.1.1.4

##### *Modo di procedere*

1,000 g di campione, macinato a 0,5 mm, viene posto in pallone Kjeldahl da 300 ml; si aggiungono 12,5 ml di acido solforico concentrato e 2 ml di acido perclorico al 60%. Si riscalda a fiamma diretta (se il liquido dovesse schiumeggiare si lascia a digerire) fino a distruzione della sostanza organica in modo da ottenere un liquido incolore o debolmente colorato ed un residuo biancastro. Se il liquido stenta a decolorarsi (suoli ricchi di sostanza organica) si raffredda, si aggiungono cautamente 2 ml di acido perclorico e si riscalda di nuovo all'ebollizione. Terminato l'attacco, si aggiungono con cautela 50 ml circa di acqua deionizzata e si porta all'ebollizione. Si travasa il liquido per decantazione in un matraccio tarato da 250 ml nel quale si aggiungono anche le acque ottenute da un lavaggio a fondo del residuo, effettuato sempre per decantazione. Si porta a segno, si agita, si lascia decantare e si prelevano con pipetta 25 ml della soluzione che si portano in matraccio tarato da 100. Si diluisce a circa 80 ml, si aggiungono, agitando bene, 5 ml di soluzione molibdica e 5 ml di acido ascorbico. Si porta a volume e dopo 15 minuti di riposo a freddo si misura l'estinzione a 650 nm contro la prova in bianco dei reattivi.

Per i suoli ricchi di fosforo totale è opportuno effettuare la determinazione colorimetrica su 10 ml di soluzione; in questo caso è necessario aggiungere 3,3 ml di acido solforico 8 N in modo da riportare la concentrazione in acido a quella della prova condotta con 25 ml.

#### 5.1.1.5

##### *Calcolo*

Se si sono prelevati 25 ml di soluzione si avrà:

$$\text{fosforo totale (P\%)} = \frac{AE}{S}$$

A = fattore analitico

E = estinzione

S = spessore della vaschetta

Se si sono prelevati 10 ml di soluzione si avrà:

$$\text{fosforo totale (P\%)} = \frac{AE}{S} \cdot 2,5$$

---

## SEZIONE 6: FRAZIONE ORGANICA

---

### 6.1 Carbonio organico

La determinazione è effettuata per ossidazione in condizioni standardizzate. Dal dosaggio sono esclusi il carbonio inorganico e il carbonio contenuto in composti ad alta condensazione.

### 6.2 Azoto totale

La determinazione consta di due fasi:

1) Mineralizzazione dell'azoto organico ad azoto ammoniacale con acido solforico concentrato all'ebollizione in presenza di catalizzatore.

2) Dosaggio dello ione  $\text{NH}_4^+$  a) per distillazione e successiva titolazione; b) con elettrodo specifico.

Dal dosaggio sono esclusi i composti contenenti legami N-N e N-O (es.  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , azo-nitroso e nitro-composti, ossime, pirazoloni), per altro presenti nel suolo in quantità trascurabili. I nitrati possono essere dosati a parte su un estratto acquoso del suolo, per colorimetria o con elettrodo specifico.

Il periodo di digestione sufficientemente lungo permette di valutare anche l' $\text{NH}_4^+$  fissato dalle argille.

### 6.3 Fosforo organico

Si determina mediante estrazione con HCl concentrato di due aliquote di suolo di cui una previamente trattata a 240° C.

concentrato. Si agita nuovamente evitando che le particelle di suolo aderiscano alle pareti, si copre con un vetro da orologio e si lascia in riposo per 30 minuti esatti alla fine dei quali si interrompe la reazione aggiungendo 200 ml. circa di acqua deionizzata. Si aggiungono 5 ml di acido fosforico, 0,5 ml di indicatore difenilammina e si titola con la soluzione di ferro (II) fino al viraggio dal blu al verde.

Contemporaneamente si esegue una prova in bianco con 10 ml di dicromato, 20 ml di acido solforico, 5 ml di acido fosforico e 200 ml di acqua distillata.

Nota: come indicatore si può utilizzare anche la ferroina (1,485 g di 1-10 fenantrolin-cloruro monoidrato e 0,695 g di  $\text{FeSO}_4$  in 100 ml). In questo caso non si aggiunge acido fosforico

#### 6.1.4

##### Calcolo

$$C \text{ organico } \% = (S - T) \cdot \frac{10}{S} \cdot \frac{0.003}{0.77} \cdot \frac{100}{P}$$

S e T = ml di soluzione di Fe (II) usati, rispettivamente, per la prova in bianco e per la determinazione.

P = peso del suolo

0.003 = millequivalente del carbonio

$$\text{Sostanza organica } \% = C \text{ organico } \% \cdot 1.72.$$

Nota: i risultati sono inesatti in presenza di ossidi superiori di manganese, di composti ferrosi e di cloruri. I primi sono di solito in quantità trascurabile, i secondi si ossidano durante l'essiccamento all'aria; per i cloruri occorre operare in uno dei seguenti modi:

a) se il contenuto in  $\text{Cl}^-$  è inferiore allo 0,2%, si aggiunge qualche cristallo di solfato di argento (o di solfato di mercurio) prima dei reattivi e si continua come al 6.1.3.

b) se il contenuto in  $\text{Cl}^-$  è superiore allo 0,2%, dopo la diluizione con 200 ml di acqua e prima dell'aggiunta dell'acido fosforico, si fa bollire la soluzione per 2 minuti, si raffredda e si procede come al 6.1.3.

Si determina la percentuale in cloruri per altra via e si applica la correzione seguente:

carbonio organico (in g/100 g) = carbonio determinato - 0,11  $\text{Cl}^-$

sostanza organica (in g/100 g) = sostanza organica determinata - 0,189  $\text{Cl}^-$

dove  $\text{Cl}^-$  rappresenta la concentrazione in ione cloruro espressa in g/100 g di suolo.

##### Referenze:

JACKSON M.L. (1958) *Soil chemical analysis* ed. Prentice-Hall, 219.

- Acido borico ( $H_3BO_3$ ) soluzione all'1%.
- Sodio idrato (NaOH) soluzione 2,5 N (100 g/l).

### 6.2.3 *Modo di procedere*

#### 6.2.3.1 *Mineralizzazione*

La quantità di campione è scelta in relazione all'apparecchiatura disponibile e varia da 500 a 2000 mg. L'acido solforico viene aggiunto nella proporzione di 10 ml/g di campione e il catalizzatore nella quantità di 0,2 g/ml di  $H_2SO_4$  impiegato.

Il campione, posto nel pallone Kjeldahl o nel tubo del digestore, viene addizionato della quantità opportuna di acido e di catalizzatore e portato all'ebollizione. La mineralizzazione viene condotta fino a che il liquido sia limpido e proseguita ancora per 1 ora. Senza attendere il completo raffreddamento, si procederà quindi alla distillazione.

#### 6.2.3.1.1 *Dosaggio dell'azoto ammoniacale per distillazione e titolazione*

La distillazione viene condotta in corrente di vapore sul digerito previamente diluito 1:1 e quindi alcalinizzato con NaOH al 40% (circa 3 ml di NaOH/ml di  $H_2SO_4$  impiegato). Si distilla per circa 5 minuti raccogliendo il distillato su 10 ml di soluzione di acido borico all'1% contenente 2 gocce di indicatore. Dopo aver controllato che tutta l'ammoniaca sia distillata, la soluzione raccolta è titolata con acido solforico N/28.

#### 6.2.3.1.2 *Calcolo*

$$N \text{ tot } \% = \frac{0,5 \cdot A \cdot 100}{P}$$

0,5 = mg di N corrispondenti a 1 ml di  $H_2SO_4$  N/28

A = ml di  $H_2SO_4$  N/28 consumati nella titolazione

P = peso del suolo.

#### *Referenze:*

BREMNER, J.M. (1960) J. AGRIC. Sci. 55, 11.

BREMNER J.M. (1965) *Methods of Soil Analysis* - vol. 2 Am. Soc. Agr. Madison 1149.

NELSON, D.W., SOMMERS, L.E. (1972) J. Environ. Qual. 1, 423.

GOH, K.M. (1972) J. Sci. Food Agric. 23, 275.

#### 6.2.3.1.3 *Dosaggio dell'azoto ammoniacale con elettrodo specifico*

La soluzione dopo mineralizzazione deve avere un volume finale di 100 ml ed una concentrazione di  $N-NH_4$  di circa 0,01 mg/l.

Aliquote di 10 ml del mineralizzato sono poste in becker da 150 ml contenenti una barretta magnetica ricoperta di teflon. Si aggiungono 80 ml di acqua deionizzata mantenendo i becker sull'agitatore magnetico, e quindi 10 ml di NaOH 2.5 N; immediatamente si immerge l'elettrodo nella soluzione.

Dopo un minuto dall'aggiunta della soda si effettua la lettura (la concentrazione finale di  $N-NH_4$  dovrebbe essere nell'intervallo 0,1



reagire per 1 ora a temperatura ambiente. Evitare di lasciare a riposo per lungo tempo l'estratto cloridrico del campione non trattato termicamente onde ovviare alla possibile e graduale idrolisi dei fosfati organici. Si aggiungono 25 ml di acqua, si agita, si centrifuga e si travasa la soluzione limpida in matraccio tarato da 100 ml, si lava il residuo una volta aggiungendo le acque di lavaggio alla soluzione e si porta a volume con acqua deionizzata. Si trasferiscono da 2 a 10 ml di soluzione, a seconda del contenuto di fosforo, in matraccio tarato da 50 ml, si aggiungono 2 gocce di soluzione di para-nitrofenolo e si aggiunge idrossido di ammonio 6 N fino a neutralità (comparsa di colore giallo). Si ripristinano condizioni acide mediante aggiunta di alcune gocce di acido cloridrico 0,5 N (scomparsa del colore giallo), si diluisce con acqua distillata e si aggiungono 5 ml di reattivo molibdico. Si porta a volume, si agita, si lascia a riposo per 15 minuti e si legge allo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 650 nm.

Il contenuto di fosforo dei campioni in esame viene ricavato da una curva di taratura riferita a concentrazioni finali pari a 0-0,2-0,4-0,6-0,8-1,0 ppm di P, e ottenuta secondo le modalità sperimentali previste dal metodo, prelevando opportune aliquote della soluzione standard (5.1.1.3).

La differenza tra il contenuto percentuale di fosforo nel campione trattato termicamente e quello del campione non trattato dà il tenore percentuale di fosforo organico

$$P \text{ organico } \% = P \% \text{ campione trattato} - P \% \text{ campione non trattato.}$$

*Referenze:*

LEGG J.O. and BLACK C.A. (1955). *Soil Science Society of American Proceedings* 19, 139.



---

## 7.3 DETERMINAZIONE DI FERRO, RAME, ZINCO MANGANESE, COBALTO, SELENIO, CADMIO, CROMO, NICHEL, PIOMBO, MERCURIO ASSIMILABILI

---

### 7.3.1 *Generalità*

Il metodo consiste nell'estrazione dei diversi elementi mediante una soluzione di ammonio-acetato tamponata a pH 4,65 e addizionata di acido etilendiamino tetracetico (EDTA): può essere utilizzato anche per la valutazione delle quote assimilabili di calcio, magnesio, potassio, sodio.

I metalli vengono dosati mediante spettrofotometria AA: gli standards debbono contenere la soluzione estraente nella stessa concentrazione degli estratti portati alla misura.

### 7.3.2 *Reattivi*

Soluzione estraente: ammonio acetato ( $\text{NH}_4\text{-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ) soluzione 0,5 M + EDTA [ $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2(\text{CH}_2\text{COOH})_4$ ]: sciogliere 38,5 g di  $\text{NH}_4\text{-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$  in 500 ml di  $\text{H}_2\text{O}$  + 25 ml di  $\text{CH}_3\text{COOH}$  e aggiungere 5,845 g di EDTA. Aggiustare il pH a  $4,65 \pm 0,1$  e portare a 1000 ml.

### 7.3.3 *Modo di procedere*

10 g di suolo secco all'aria sono posti a contatto con 100 ml di soluzione estraente ed agitati meccanicamente per 60'. Si centrifuga, eventualmente si filtra e si misura all'assorbimento atomico.

I risultati sono espressi in parti per milione o per miliardo (selenio e mercurio).

Per i suoli organici il rapporto suolo-estraente deve essere di 1:20.

### *Referenze:*

LAKANEN E., ERVIO R. (1971) Acta Agr. Fenn. 123, 223.

**ALLEGATO 2**

**RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

**DATI ANALITICI**

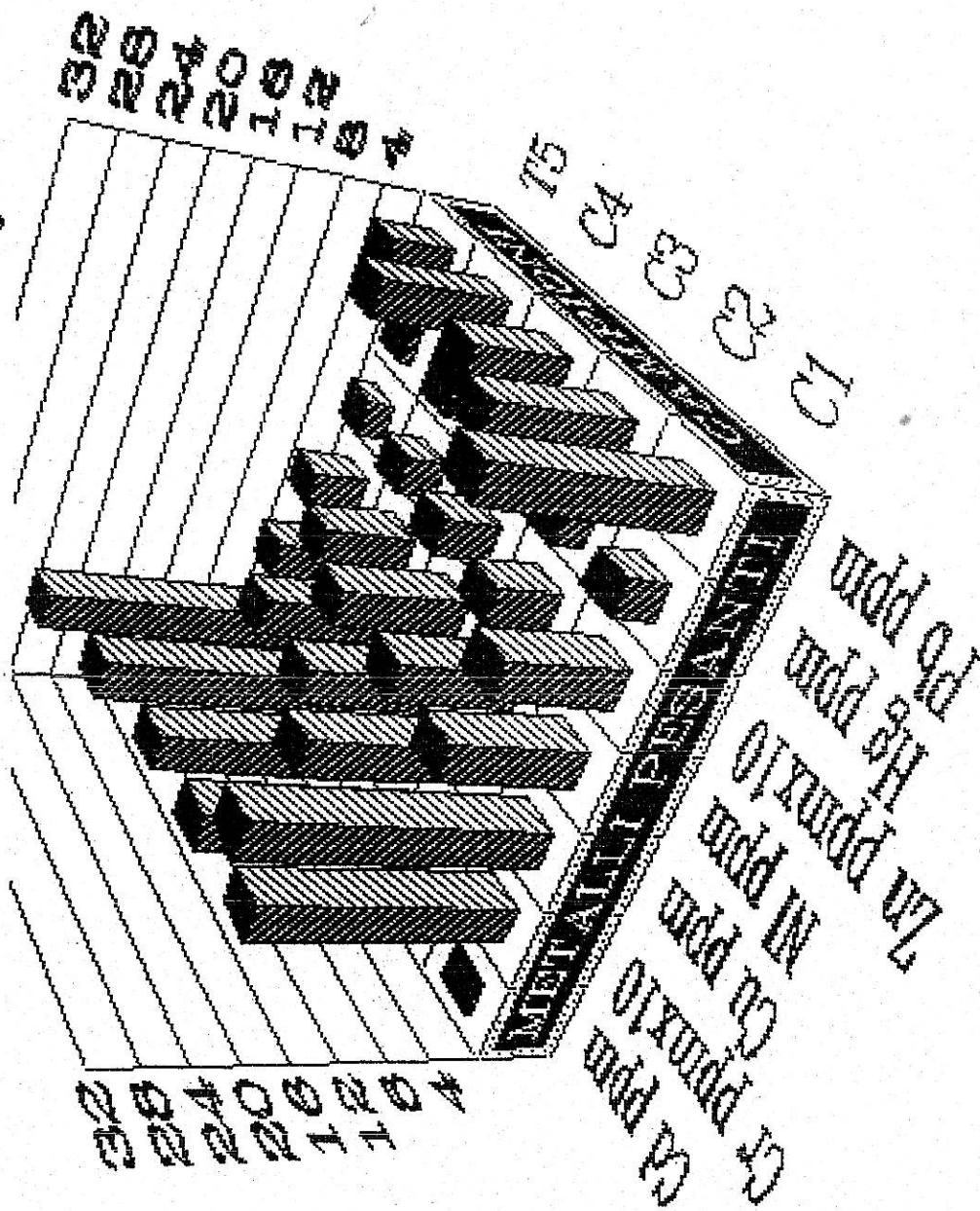
Nel presente allegato sono riportati gli istogrammi derivati dalle tabelle dei dati analitici dei Gessi e dei vegetali prelevati in data 27/04/89.

Gli istogrammi in 3D (n 1.2.3.4.5.), derivanti dalle corrispondenti tabelle 1 + 5 del testo, offrono la possibilità di un migliore confronto tra i vari campioni.

Gli istogrammi in 2D (n 2a.3a.4a.5a.5b) offrono una visione più precisa del singolo dato della sua esatta rappresentazione grafica.



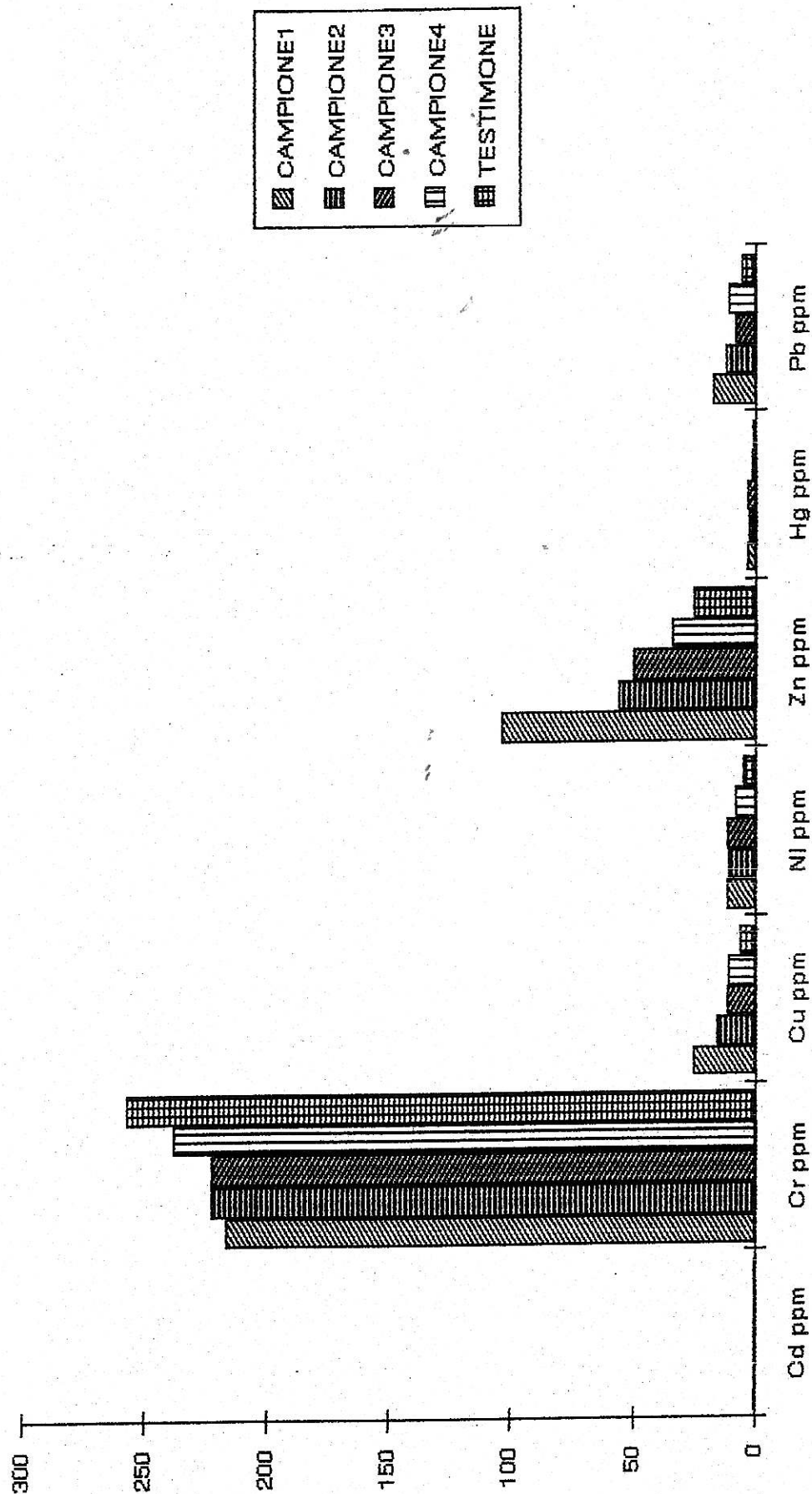
# MICROELEMENTI SUL TAL QUALE



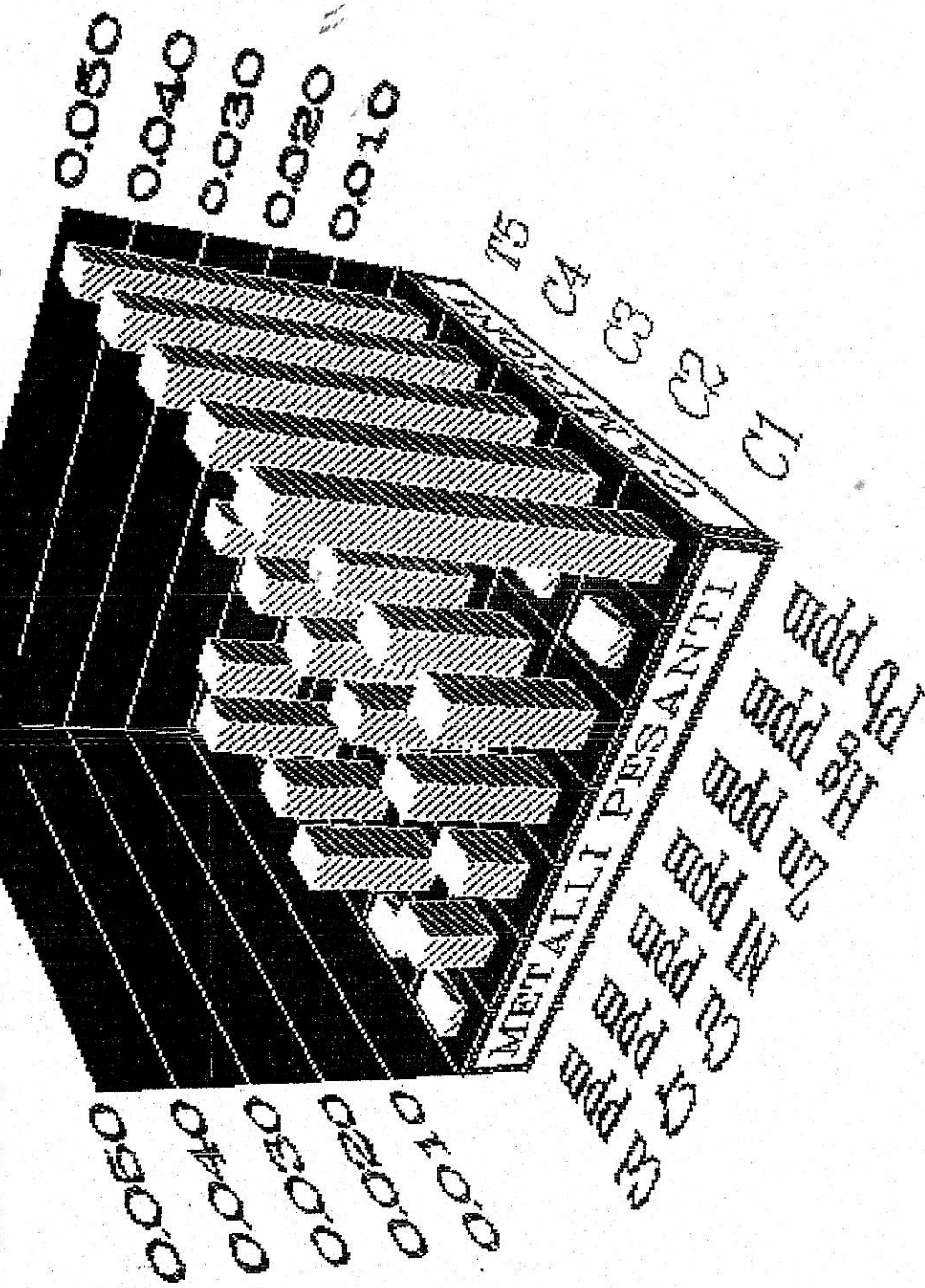


TIOX01.XLC

ANALISI GESSO TAL QUALE

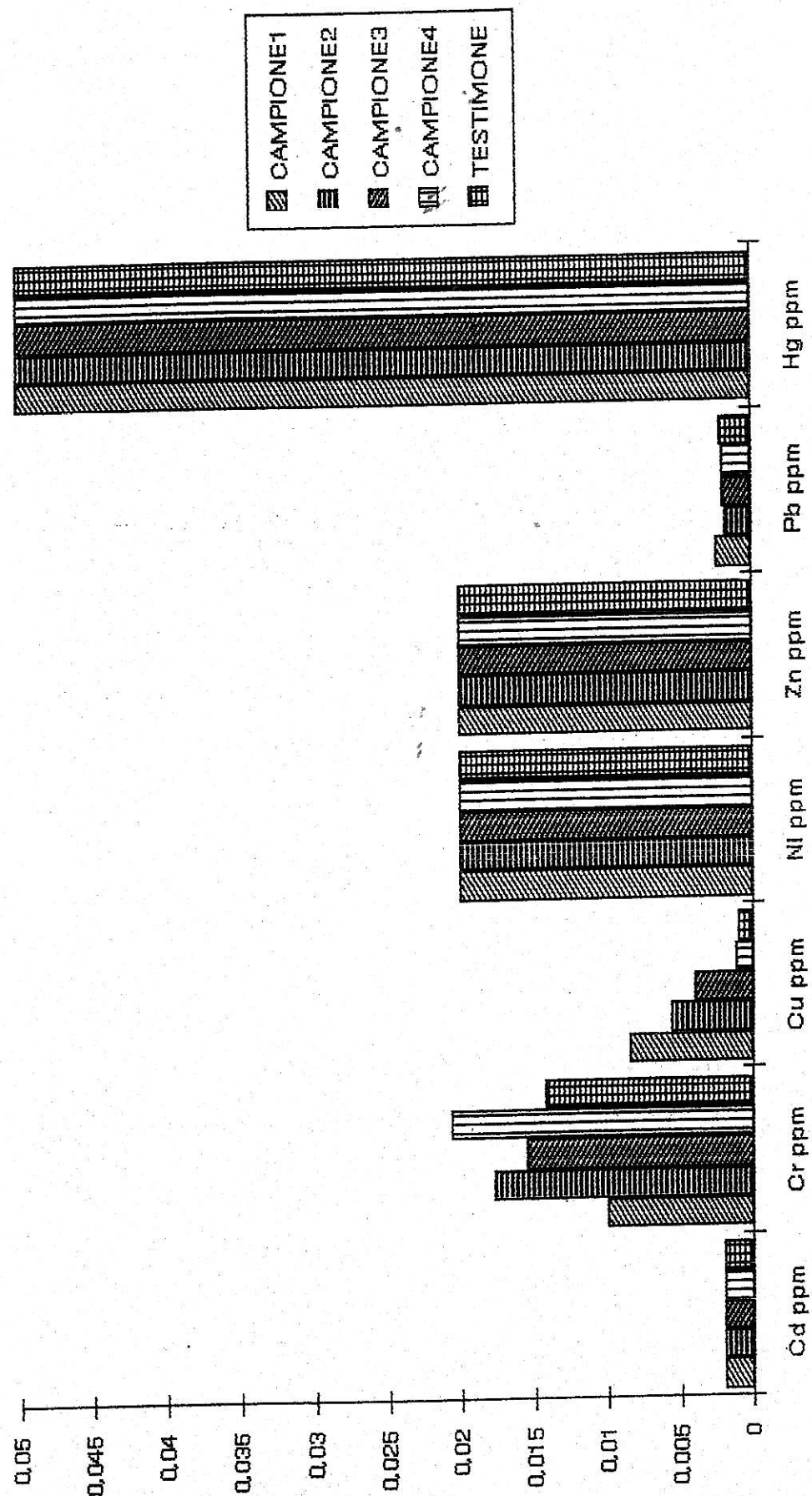


# ELUATO ACACETICO 0,5N



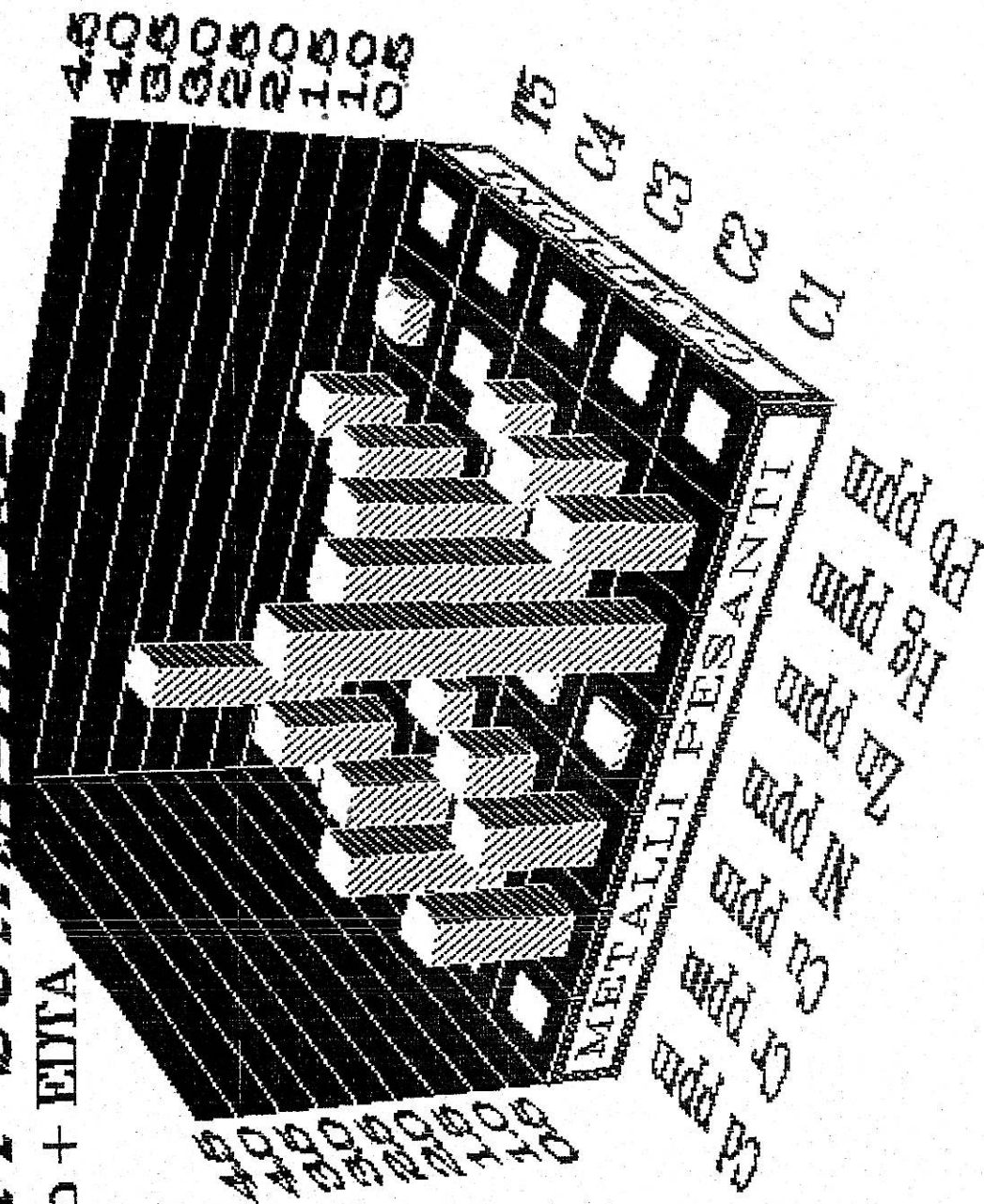
TIOX03XLC

ELUATO ACETICO 0.5N



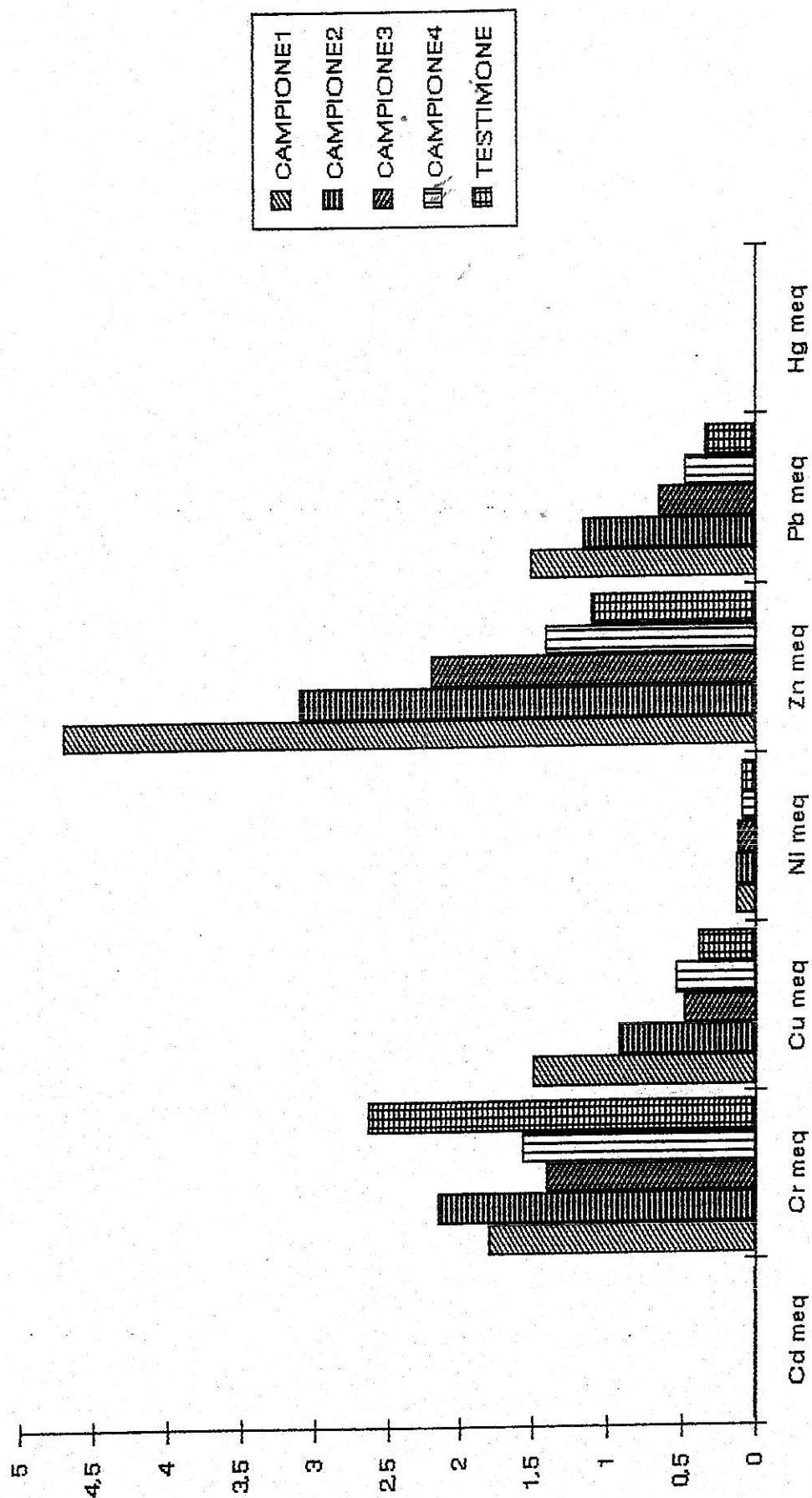
# ELEMENTI SCAMBIABILI

In acetato ammonico + EDTA



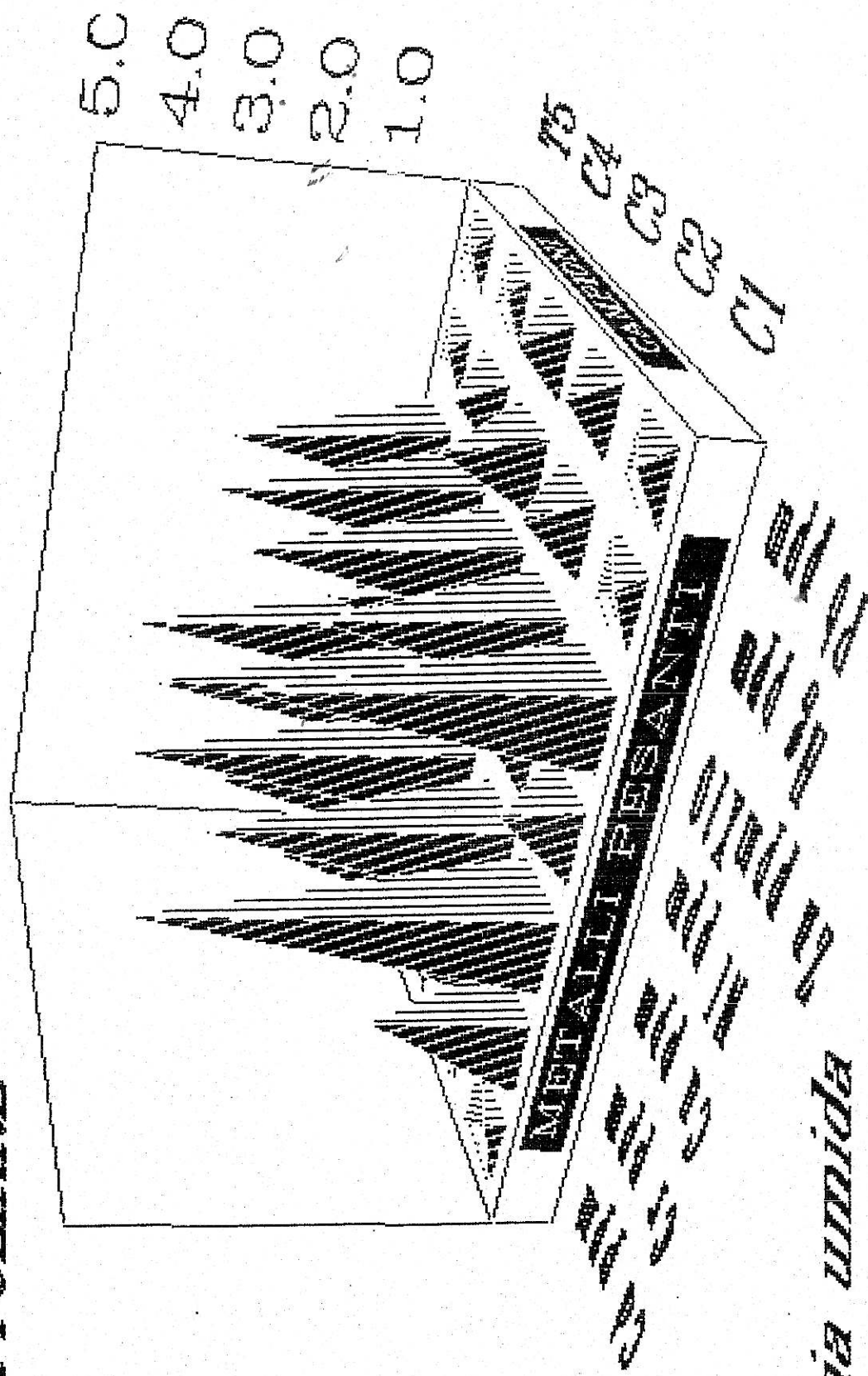
TIOX05.XLC

ELEMENTI SCAMBIABILI IN ACETATO AMMONICO+EDTA





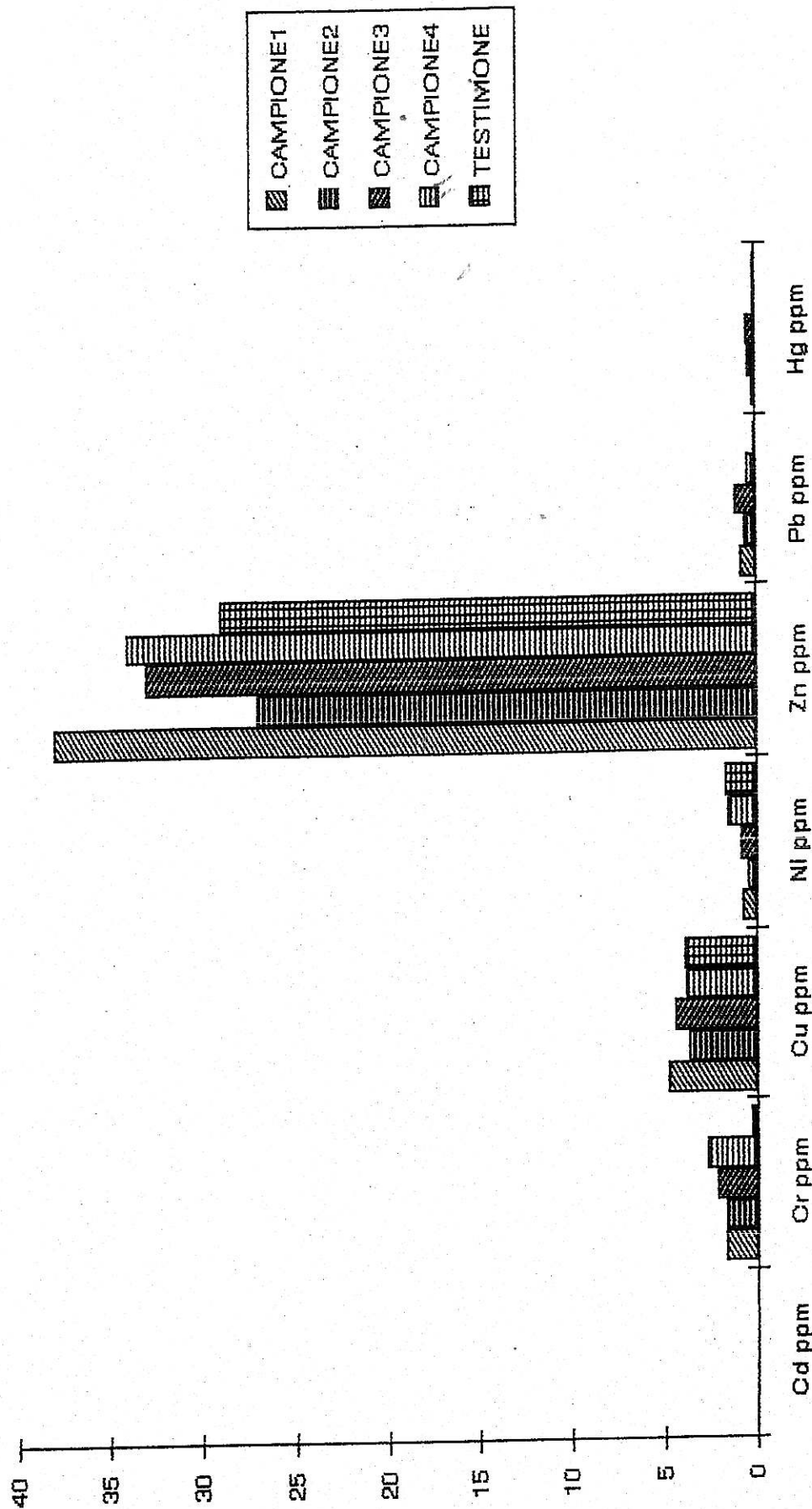
# ANALISI FOLIARE



*A.A. via umida*

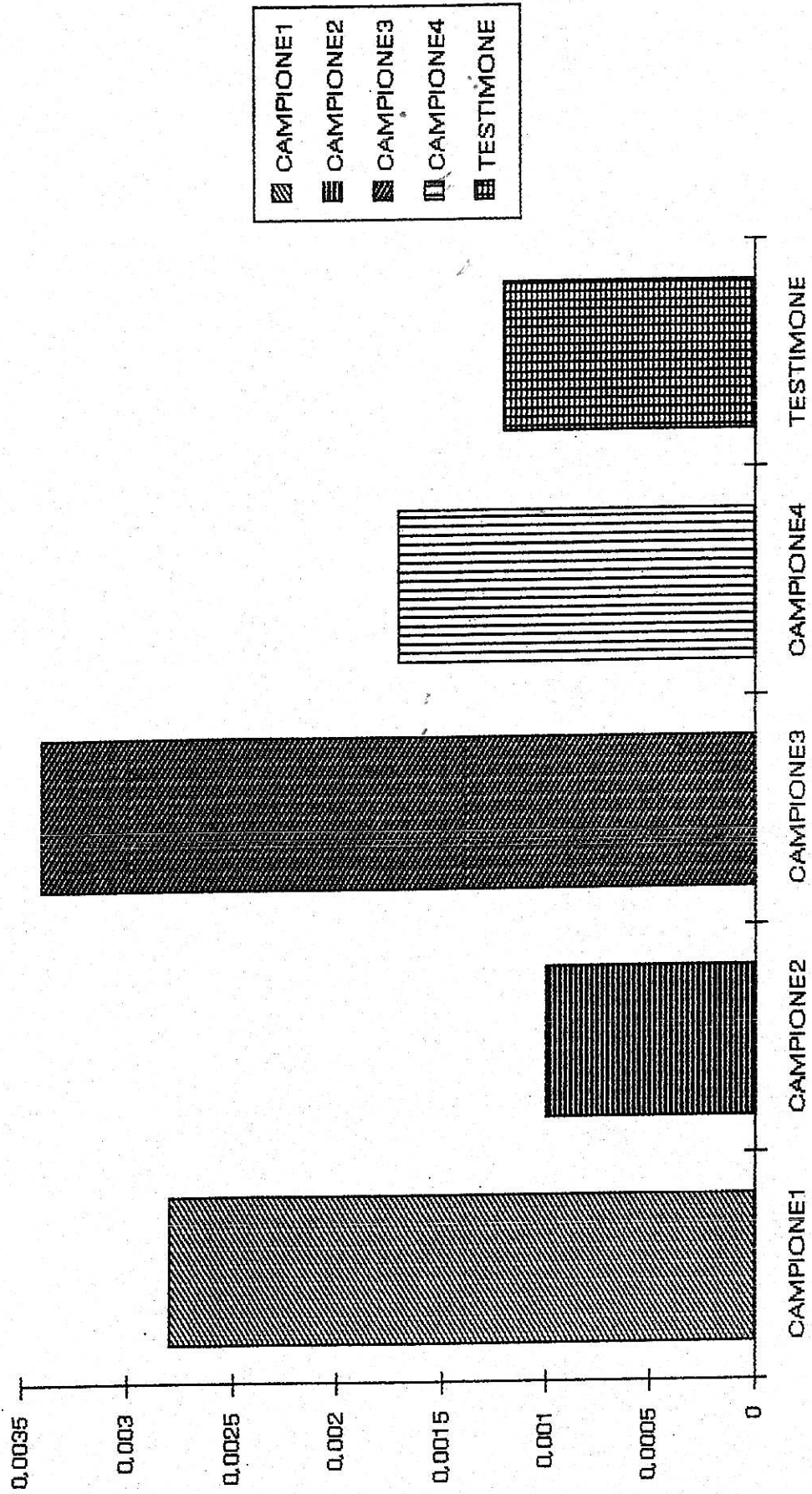
TIOX07.XLC

ANALISI FOLIARE A.A. DISSOLUZIONE ACIDA



TIOX08.XLC

ANALISI FOLIARE A.A. DISSOLUZIONE ACIDA Cd ppm (dettaglio)



**ALLEGATO 3**

**ANALISI COMPOST E**

**FANGHI DI DEPURAZIONE**

## CERTIFICATO D'ANALISI

N. 814

Campione di compost

Data di arrivo 29/08/88

Imballo sacchetto plastica

ricevuto da

SOGIS S.r.l.

via A. Volta

33058 S. Giorgio di Nogaro (U)

Etichetta

TIPO DI ANALISI	METODO	SUL TAL QUALE	SUL SECCO
Umidita'	105 °C	29.5	%
Materiali inerti		2	%
Vetri (>3 mm)		2	%
Materiali ferrosi		.1	%
Materiali plastici		.1	%
Sostanza organica totale	perdita a fuoco	31.4	%
Sostanza organica solubile in	pirofosfato sod. 0,1M	9.5	%
Ceneri	550 °C	39.1	%
Azoto (N) totale	Kjeldahl	.51	%
Anidride fosforica (P2O5) totale		.26	%
Ossido di potassio (K2O) totale		.17	%
pH (H2O)	potenziometria	7.4	
C/N		35.9	
Zinco (Zn) totale		391	mg/kg
Rame (Cu) totale		116	mg/kg
Cromo (Cr) totale		13	mg/kg
Piombo (Pb) totale		195	mg/kg
Cadmio (Cd) totale		1.1	mg/kg
Nichel (Ni) totale		18	mg/kg
Mercurio (Hg) totale		1.1	mg/kg
Arsenico (As) totale		.8	mg/kg

NOTE

Pozzuolo, 14/09/1988

IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO ANALISI

dr. Andrea Del Gisa

IL DIRETTORE

dr. Pierluigi Nassimbeni



Parma, 11 26 Ottobre 1987

Prot. N. 5157 *TOLLONIA*

OGGETTO: FANGO BIOLOGICO N° 6.

Spett.le Ditta

"CO. TR. ECO." - S.p.A. -

Via Nobel

PARMA

Il campione di " FANGHI N° 6 CO. TR. ECO. "   
presentato a questo P.M.P. - Settore Chimico - il 22/9/1987   
ha dato all'analisi i seguenti risultati :

RISULTATI DI ANALISI

Umidità ..... % = 82,45  
Residuo all'incenerimento ..... % stq = 5,21

Determinazione metalli :

	a) Estrazione in — Ac. Nitrico mg/kg - stq	b) Cessione in — Ac. Acetico 0,5 M mg/l	c) Cessione in — H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> mg/l
Rame . . . . .	40,0	< 0,05	< 0,05
Zinco . . . . .	320,0	0,90	< 0,02
Ferro . . . . .	920,0	1,30	0,10
Manganese . . . . .	48,0	1,30	0,10
Piombo . . . . .	16,0	0,01	0,010
Cromo tot. . . . .	3,0	0,10	< 0,010
Cromo 6+ . . . . .	Assente	Assente	Assente
Nickel . . . . .	6,0	0,02	< 0,01
Cadmio . . . . .	3,0	0,001	< 0,001

GIUDIZIO :

- a) Il campione, se considerato rifiuto, non è da classificare tossi-  
co-nocivo ai sensi della legislazione vigente.
- b) Limitatamente ai parametri sopra riportati, il campione rientra  
nei limiti di accettabilità fissati dalla Tab. A della legge  
319/76 e succ. modificazioni.
- c) Limitatamente ai parametri sopra riportati, il campione rientra  
nei limiti di accettabilità fissati dalla Tab. A della legge 319/76  
e succ. modificazioni.

IL CHIMICO COADIUTORE  
(Dr. Gianluigi Corti)



PRESIDIO MULTIZ. PREVENZ.  
SETTORE CHIMICO - AMBIENTALE  
IL DIRETTORE  
(Dott. Gianni Goldoni)

**ALLEGATO 4**

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

# CADMIUM CONTENT OF SURFACE SOILS OF DIFFERENT COUNTRIES (PPM DW)

Soil	Country	Range	Mean
Podzols and sandy soils	Poland	0.01—0.24	0.07
	Canada	0.10—1.80	0.43
Loess and silty soils	Poland	0.18—0.25	0.20
Loamy and clay soils	Poland	0.08—0.58	0.26
	Canada	0.12—1.61	0.64
Soils on glacial till	Denmark	—	0.25
	Great Britain	0.49—0.61	—
Fluvisols	Austria	0.21—0.52	0.37
	Great Britain	0.41—2	1.10
	Poland	0.24—0.36	0.30
	Bulgaria	0.42	—
Gleysols	Poland	0.14—0.96	0.50
Rendzinas	Poland	0.38—0.84	0.62
Brown soils	Austria	0.22—0.49	0.33
Chernozems	Poland	0.18—0.58	0.38
	Bulgaria	0.55—0.71	0.61
Histosols and other organic soils	Denmark	0.8 —2.2	1.05
	Canada	0.19—1.22	0.57
	Great Britain	0.56	—
Forest soil	U.S.	0.5 —1.5	0.73
Various soils	Austria	0.19—0.46	0.29
	Denmark	—	0.26
	Great Britain	0.27—4	1.00
	West Germany	0.3—1.8	0.80
	Japan	0.03—2.53	0.44
	Poland	0.09—1.80	0.44
	Bulgaria	0.24—0.35	0.29
	Canada	—	0.56
	U.S.	0.41—0.57	—
	U.S.S.R.	0.01—0.07	0.06

Tab. 1.: contenuto di Cd in suoli superficiali di diversi Paesi (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

## CADMIUM CONTAMINATION OF SURFACE SOILS (PPM DW)

Site and pollution source	Range in content	Country
Ancient mining area	0.6—14.0	Great Britain
	2—468	Great Britain
Nonferrous metal mining	2—144	Belgium
	1.5—5.7	Great Britain
Metal-processing industry	2—5	Bulgaria
	2—36	Canada
	9—33	Holland
	2.2—88	Japan
	6—10	Poland
	26—160	U.S.
	0.6—46	Zambia
Urban garden	0.4—4.5	Poland
	0.02—13.6	U.S.
	0.1—3.7	U.S.
Sludged, irrigated, or fertilized farmland	7.3—8.1	Canada
	15—57	Holland
	13—35	West Germany
Vicinity of highways	1—10	U.S.

\* 6 and 16 tonnes dry matter sludge/ha/year, for 5 years.

Tab. 2.: contenuto di Cd in diversi suoli superficiali contaminati (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

Country	Cereal	Range	Mean	Ref.
Australia	Wheat	0.012—0.036	0.022	878
Canada	Oats	—	0.21	497
Denmark	Oats	—	0.03*	625
Egypt	Wheat	0.01—0.09	0.05	213
East Germany	All cereals	0.02—0.06	0.05	430, 488
West Germany	Various cereals	0.01—0.75	0.22	55
	Barley	0.01—0.02	0.02	577
	Wheat	0.03—0.04	0.04	577
	Oats	0.02—0.03	0.02	577
Japan	Rice, unpolished	0.05—0.11	0.08	891
	Rice, unpolished	0.01—0.11	0.05	395
	Wheat (flour)	—	0.03*	395
Norway	Barley	0.006—0.044	0.022	446
	Wheat	0.008—0.260	0.071	446
Poland	Oats	—	0.060	915
	Wheat	—	0.056	915
	Rye	—	0.070	915
Sweden	Barley	—	0.013	22
	Wheat	—	0.06	18
U.S.	Corn	—	0.1	704
	Wheat	0.07—0.13	0.10	906
	All cereals	0.1—0.5	—	704
U.S.S.R.	Wheat	0.06—0.07	—	338

\* FW basis.

Tab. 3 : contenuto di Cd in granella di cereali da diversi paesi (ppm peso secco)

Country	Grasses		Clovers		Ref.
	Range	Mean	Range	Mean	
Canada	—	0.21	—	0.28*	497
Czechoslovakia	—	0.6	—	—	655
France	—	0.16	—	0.11*	577
East Germany	0.05—1.26	0.27	0.02—0.35	0.16	430, 488
West Germany	0.03—0.14	0.07	0.04—0.18	0.08*	577
Iceland	0.07—0.14	0.10	—	—	577
Poland	0.05—0.20	0.08	0.07—0.30	0.10	915
U.S.	0.03—0.3	0.16	0.02—0.2*	—	330a, 704

\* Alfalfa.

Tab. 4 : Livelli medi e range di contenuto di Cd in erbe e cereali da differenti paesi (ppm peso secco)

Site and pollution source	Plant and part	Mean or range in content	Country	Ref.
Ancient mining area	Grass tops	1.0—1.6	Belgium	728
	Lichens	11—22	Belgium	728
	Brussel sprouts	0.10—1.77	Great Britain	168
	Grass tops	1.1—2.0	Great Britain	513
	Clover tops	4.9	Great Britain	513
Metal-processing industry	Lettuce leaves	45	Australia	57
	Silver beet leaves	0.04—0.49 <sup>a</sup>	Australia	793a
	Turnip leaves	0.5	West Germany	430
	Brown rice	0.12—4.17	Japan	395, 891
	Lettuce leaves	5.2—14.1	Poland	224
	Carrot roots	1.7—3.7	Poland	224
	Spinach leaves	6.4	Zambia	573
	Grass tops	1.1	Czechoslovakia	655
Lignite coal-fired power station	Grass tops	1.1	Czechoslovakia	655
Urban garden	Brussel sprouts	1.2—1.7	Great Britain	786
	Cabbage outer leaves	1.1—3.8	Great Britain	786
	Lettuce leaves	0.9—7.0	U.S.	627
Sludged, irrigated, or fertilized farmland	Cereal grains	0.1—1.1	Finland	748
	Brown rice	5.2 (max.)	Japan	336
	Lettuce <sup>b</sup>	70	U.S.	789
	Corn <sup>b</sup>	35	U.S.	789
	Lettuce leaves	0.5—22.8	U.S.	127
	Carrot roots	0.2—3.3	U.S.	127
	Soybean seeds	2.3	U.S.	102
	Cabbage leaves	130	U.S.S.R.	826
	Wheat grains	5.5—14.2 <sup>c</sup>	U.S.S.R.	338
	Wheat leaves	19—47	U.S.S.R.	338
	Wheat roots	397—898	U.S.S.R.	338
	Lettuce leaves	5.2	Denmark	625
Airborne contamination	Spinach leaves	3.9	Denmark	625
	Carrot roots	3.5	Denmark	625

Tab. 5: Livelli eccessivi di Cd in piante cresciute in luoghi contaminati (ppm peso secco)

Plant	Tissue sample	FW basis	DW basis	AW basis
Buckwheat	Seeds	—	0.03(a)	—
Wheat	Grains	—	0.2(b), 0.014(a,c)	—
Sweet corn	Grains	0.037(d)	0.15(d)	5.7(d)
Beans	Pods	0.0087(e)	0.15(d)	2.3(d)
Cabbage	Leaves	0.0013(e)	—	<1.5(d)
Lettuce	Leaves	0.008(e)	—	<1.5(d)
Onion	Bulbs	0.0021(d)	0.021(d)	0.5(d)
Carrot	Roots	0.018(e)	—	<1.5(d)
Potato	Tubers	0.018(e)	0.021(d)	0.49(d)
Cucumber	Fruits	0.064(e)	—	—
Tomato	Fruits	0.0039(d)	0.074(d)	0.62(d)
Apple	Fruits	0.003—0.008 (e)	0.013(d)	0.70(d)
Orange	Fruits	0.004(d)	0.029(d)	0.80(d)
Vegetables	Edible parts	—	0.05—8.0(f)	—
	Edible parts	—	0.02—14.0(g)	—
Alfalfa	Tops	—	0.101(a), 0.46—0.91(h)	—
Grass	Tops	—	0.6—3.4(i)	—
	Tops	—	0.11—0.35(j)	—

Note: Sources are as follows: a, 122; b, 267; c, 860; d, 705; e, 574; f, 197; g, 94; h, 200; i, 27; and j, 388.

Tab 6 : Contenuto di Cr in piante alimentari e da foraggio



Soil	Country	Range	Mean	Ref.
Podzols and sandy soils	Austria	1.4—3.5	—	6
	Canada	2.6—34	—	243
	Madagascar	—	110	557a
	New Zealand	47—530 <sup>b</sup>	—	861
	Poland	30—91	51	665
	U.S.S.R.	18—25	21	493
Loess and silty soils	Bulgaria	77—178	—	255
	Chad	180—300	—	39
	New Zealand	31—160 <sup>a</sup>	—	861
	Poland	21—38	29	268
	U.S.S.R.	—	84	493
	U.S.S.R.	—	84	493
Loamy and clay soils	Austria	23—24	—	6
	Bulgaria	107—122	115	558
	Canada	4—46	19	243
	Chad	100—200	—	39
	New Zealand	70—1100 <sup>a</sup>	—	861
	Poland	35—81	58	665
Soils on glacial till Fluvisols	U.S.S.R.	—	51	493, 631, 714
	Denmark	—	12	801
	Austria	13—30	16	6
	Bulgaria	—	91	558
	Madagascar	—	190	557a
	U.S.S.R.	—	55	4, 493
Gleysols	Austria	—	19	6
	Poland	27—100	57	665
	U.S.S.R.	—	85	631
Rendzinas	Austria	—	38	6
	Ireland	35—50	—	236
	Madagascar	—	95	557a
Kastanozems and brown soils	Austria	11—31	19	6
	U.S.S.R.	—	72	714
Ferral soils	Burma	69—331	—	575
	Chad	100—280	—	39
	Madagascar	130—540	—	557a
Solonchaks and solonetz	Burma	81—110	82	575
	Chad	25—80	—	39
	Madagascar	—	215	557a
Chernozems	U.S.S.R.	78—99	88	351
	Bulgaria	116—173	153	558
	U.S.S.R.	71—195	121	4, 351, 714
Meadow soils	U.S.S.R.	30—110	—	631, 714
Histosols and other or- ganic soils	Canada	4—39	15	243
	Denmark	1.8—10	7	1, 801
Forest soils	U.S.S.R.	—	8	493
	Bulgaria	152—1384	—	558
	U.S.S.R.	—	54	631, 714
Various soils	Bulgaria	71—1085	221	558
	Great Britain	—	69	818
	Canada	11.6—189	50	409, 540
	Canada	10—100	43 <sup>b</sup>	521
	Chad	4—80	—	39
	Denmark	—	15	801
	Japan	3.5—810	50	395

Tab. 7 : Contenuto di Cr in terreni superficiali di differenti paesi.

Plant	Tissue sample	FW basis		DW basis			AW basis	
		Data source 547, 574	Data source 395	Data source 705	Data source 354, 381	Data source 354	Data source 705	Data source 354
Sweet corn	Grains	0.60	—	1.4	2.1	—	54	88
Bean	Pods	1.7	10.0*	5.1	—	8	73	126
Cabbage	Leaves	0.33	0.3	2.9	3.3	4	31	40
Lettuce	Leaves	0.11	1.7 <sup>b</sup>	8.1	—	6	58	42
Beet	Roots	—	—	—	8.1	5	—	87
Carrot	Roots	0.22	—	4.6	8.4	4	65	70
Onion	Bulbs	0.69	—	4.6	6.0	4	110	68
Potato	Tubers	0.38	1.3	3.7	6.6	3	88	105
Tomato	Fruits	0.65	—	8.8	—	6	73	84
Apple	Fruits	0.03	—	1.1	—	—	63	—
Orange	Fruits	0.11	0.4 <sup>c</sup>	1.9	—	—	52	—

- \* Pulses.
- <sup>b</sup> Spinach.
- <sup>c</sup> *Citrus unshiu* (Satsuma orange).

Tab. 10: contenuto medio di Cu in piante di interesse alimentare (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985). Dati espressi in ppm.

<i>Specie</i>	<i>Parte vegetale</i>	<i>Ni (mg/kg)</i>
Artemisia scoparia	pianta intera	0,3 - 1
Artemisia scoparia	pianta intera	10 - 30
Artemisia scoparia	radici	10
Avena sativa	foglia	3
Avena sativa	pianta	16
Avena sativa	semi	1,9
Carota	fittone	0,4 - 0,6
Pomodoro	bacca	0,013
Medica	pianta	44
Miglio	seme	4,33
Pisello	seme	2,57
Pero	frutto	20
Pero	frutto	0,4
Pero	fiore	2,5
Rapanello	radice	0,11 - 0,2
Spinacio	foglia	4,2
Trifoglio bianco	seme	5,7
Grano	seme	1,02 - 2,69
Mais	seme	0,5
Mais	seme	1,4

Tab. 11 : Concentrazione di Ni in diverse specie vegetali  
(valori normali ppm)

<i>Specie</i>	<i>Ni (mg/l)</i>	<i>Autore</i>
Fagiolo	2 - 40	[311]
Fagiolo	2 - 15	[83]
Mais	2 - 40	[311]
Grano	5	[258]
Grano saraceno	2 - 60	[160]
Orzo	2 - 15	[83]
Orzo	8	[849]
Lino	0,5 - 5	[527]
Avena	1 - 30	[798]
Avena	15 - 30	[320, 321]
Avena	5	[322]
Avena	2,5	[165]
Bietola	15 - 30	[320, 321]
Pomodoro	15 - 30	[320, 321]
Pomodoro	88	[575]
Pomodoro	1	[599, 600]
Patata	15 - 30	[320, 321]
Arancio	25 - 300	[792]

Tab. 12 : soglie di tossicità per diverse specie  
vegetali secondo vari Autori (Ni ppm)

# ZINC CONTENT OF SURFACE SOILS OF THE U.S. (PPM DW)

Soil	Range	Mean
Sandy soils and lithosols on sandstones	<5—164	40.0
Light loamy soils	20—118	55.0
Loess and soils on silt deposits	20—109	58.5
Clay and clay-loamy soils	20—220	67.0
Alluvial soils	20—108	58.5
Soils over granites and gneisses	30—125	73.5
Soils over volcanic rocks	30—116	78.5
Soils over limestones and calcareous rocks	10—106	50.0
Soils on glacial till and drift	47—131	64.0(a)
Light desert soils	25—150	52.5
Silty prairie soils	30—88	54.3(a)
Chernozems and dark prairie soils	20—246	83.5
Organic light soils	<5—108	34.0
Forest soils	25—155	45.7(a)
Various soils	13—300	73.5

Tab.13 : contenuto medio di Zn in diversi suoli superficiali degli USA (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

# ZINC CONTAMINATION OF SURFACE SOILS (PPM DW)

Site and pollution source	Country	Mean or range in content
Old mining area	Great Britain	220—66,400
	Great Britain	455—810
Nonferrous metal mining	Great Britain	185—4,500
	U.S.	500—53,000
	U.S.S.R.	400—4,245
Metal-processing industry	Canada	185—1,397
	Holland	915—3,626
	Japan	800—5,400
	Poland	1,665—5,567
	U.S.	155—12,400
	Zambia	180—3,500
Urban garden and orchard	Canada	30—117
	Poland	15—99
	U.S.	20—1,200
	U.S.	20—1,200
Sludged farmland	Great Britain	217—525
	Great Britain	1,097—7,474
	West Germany	190—1,485
	Holland	234—757
	Sweden	369

Tab.14 : contenuto medio di Zn in diversi suoli contaminati (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

# MEAN ZINC CONTENT OF PLANT FOODSTUFFS (PPM)

Plant	Tissue sample	FW basis		DW basis			AW basis	
		Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
		source	source	source	source	source	source	source
		574	395	705	852	381	705	852
Sweet corn	Grains	—	—	25	36	—	980	1060
Bean	Pods	0.3	28.3	38	32	—	550	500
Cabbage	Leaves	0.6	2.2*	24	26	31	270	275
Lettuce	Leaves	0.1	11.7	73	44	—	520	240
Carrot	Roots	0.5	—	21	24	27	290	325
Beet	Roots	—	—	—	28	46	—	485
Onion	Bulbs	—	—	22	22	32	530	395
Potato	Tubers	0.3	3.4	14	10	26	340	310
Tomato	Fruits	—	—	26	17	—	220	235
Apple	Fruits	0.03	—	m2 1.2	—	—	67	—
Orange	Fruits	0.09	0.9*	5.0	—	—	140	—

\* Pulses.

\* *Citrus unshiu* (Satsuma orange).

Tab. 15: contenuto medio di Zn in piante di interesse alimentare (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).



# MERCURY CONTENT OF SURFACE SOILS OF DIFFERENT COUNTRIES (PPM DW)

Soil	Country	Range	Mean	Ref.
Podzols and sandy soils	Holland	—	0.04	223
	Canada	0.01—0.70	0.06	243
Desert sands	Israel	0.008—0.03	0.02	724
Cambisols, luvisols, and other loamy soils	Holland	0.45—1.1	—	223
	Canada	0.02—0.78	0.13	243
Soils on glacial till	Canada	0.02—0.10	0.05	368
Gleysols	Canada	0.018—0.22	0.053	520
Histosols and other organic soils	Canada	0.05—1.11	0.41	243
	Switzerland	0.04—0.11	0.08	637
Forest soils	Norway	0.02—0.55	0.19	447
	Japan	0.02—0.20	0.07 <sup>a</sup>	395
	Yugoslavia	0.08—0.58	0.23	413, 754 <sup>a</sup>
	Switzerland	0.073—0.10	0.08	637
Paddy soils	Japan	0.15—0.76	0.35 <sup>a</sup>	395
	Japan	0.13—0.46	0.27	277
	Viet Nam	0.02—1	0.3	8
Various soils	Canada	0.005—0.10	0.06 <sup>a</sup>	521
	Great Britain	0.01—0.09	0.03	164 <sup>a</sup>
	Japan	0.08—0.49	0.28	395
	Norway	0.02—0.35	0.19	367
	Poland	0.02—0.16	0.06	162
	Sweden	0.004—0.99	0.06	19
	West Germany	0.025—0.35	0.09	390
	U.S.S.R. (Europe)	0.04—5.8	—	8

Tab. 16 : Contenuto di Hg in suoli superficiali di diversi paesi. (ppm peso secco)

# MERCURY CONTENT OF SURFACE SOILS OF THE U.S. (PPM DW)

Soil	Range	Mean
Sandy soils and lithosols on sandstones	<0.01—0.54	0.08
Light loamy soils	0.01—0.60	0.07
Loess and soils on silt deposits	0.01—0.38	0.08
Clay and clay loamy soils	0.01—0.90	0.13
Alluvial soils	0.02—0.15	0.05
Soils over granites and gneisses	0.01—0.14	0.06
Soils over volcanic rocks	0.01—0.18	0.05
Soils over limestones and calcareous rocks	0.01—0.50	0.08
Soils on glacial till and drift	0.02—0.36	0.07
Light desert soils	0.02—0.32	0.06(a)
Silty prairie soils	0.02—0.06	0.04(a)
Chernozems and dark prairie soils	0.02—0.53	0.10
Organic light soils	0.01—4.60	0.28
Forest soils	0.02—0.14	0.06(a)
Various soils	0.02—1.50	0.17

Note: Sources are as follows: 706; a, 218, 219.

Tab. 17 : Contenuto di Hg in suoli superficiali negli U.S. (ppm peso secco)

# MERCURY CONTAMINATION OF SURFACE SOILS (PPM DW)

Site and pollution source	Maximum or range of content	Country	Ref.
Ancient mining area	0.21—3.4	Great Britain	164a, 165
Hg mining or ore deposit	0.2 —1.9	Canada	368
	0.6 —4.2	Yugoslavia	413, 414
	8.2 —40	U.S.	79, 703
	0.1 —2.4	U.S.	198
Chlor-alkali or chemical works	3.8	Great Britain	111
	0.32—5.7	Canada	776
	0.10—0.43	Switzerland	637
Urban garden, orchard, and park	0.03—1.14	Canada	243
	0.25—15.0	Great Britain	488a, 850
	0.6	Great Britain	634
	0.6	U.S.	208
	0.04—0.08	Israel	724
	0.06—0.24	Japan	277
Sludged or irrigated farmland	10.0 <sup>a</sup>	Holland	223
	1.5 <sup>b</sup>	West Germany	205
	0.29—0.71	Japan	395
	0.8	Sweden	25
	0.12—0.35	Poland	162
Application of fungicides	9.4 —11.5	Canada	498

<sup>a</sup> Soil flooded by Rhine River water.

<sup>b</sup> Soil irrigated with sewage water for 80 years.

Tab. 18 : Contenuto di Hg in suoli inquinati (ppm peso secco)

# MERCURY CONTENT OF CEREAL GRAINS FROM DIFFERENT COUNTRIES (PPB DW)

Country	Cereal	Range	Mean	Ref.
Canada	Barley	5—17	12	279a
	Oats	4—19	9	279a
	Wheat	7—15	11	279a
Egypt	Wheat	11—28	21	213
West Germany	Wheat	—	<10	400
Japan	Wheat (flour)	—	20 <sup>a</sup>	395
	Buckwheat (flour)	—	10 <sup>a</sup>	395
Norway	Barley	0.2—17.2	3.4	446
	Wheat	0.2—2.7	0.9	446
Poland	Barley	7—82	19	373
	Oats	7—42	20	373
	Rye	3—18	9	373
	Wheat	4—33	13	373
Sweden	Oats	<4—45	14	748
Switzerland	Wheat	6—10	7	637
U.S.	Barley	—	19	110
	Oats	—	12	110
	Wheat	10—16	14	110, 447a
U.S.S.R.	Wheat	7—12	10	163

<sup>a</sup> FW basis.

Tab .19 : contenuto di Hg in granella di cereali di differenti paesi (ppm peso secco)

# MEAN MERCURY CONTENT OF PLANT FOODSTUFFS (PPB)

Plant	Tissue sample	FW basis	DW basis
Sweet corn	Grains	—	4.6(d), 3(f)
Bean	Pods	70(e), 17(g)	3(d), 11(i)
Beet	Roots	3(a)	—
Carrot	Roots	—	86(c), 5.7(d)
Lettuce	Leaves	<0.6(a)	8.3(d)
Cabbage	Leaves	10(e)	6.5(d)
Potato	Tubers	3(b), 12(g)	47(c), <10(d)
Onion	Bulbs	7(g)	<10(d)
Cucumber	Unpeeled fruits	1(a), 11(g)	—
Tomato	Fruits	1(a)	34(c), 3.1(d)
Apple	Fruits	10(g)	<10(d)
Orange	Fruits	—	2.6(d)
Lemon	Fruits	43(g)	—
Mushroom	Caps and stalks	—	3.5(h)

Note: Sources are as follows: a, 776; b, 710; c, 496; d, 705; e, 395; f, 126; g, 163; h, 754a; and i, 373.

Tab. 20: Contenuto medio di Hg in piante di interesse alimentare (ppb peso secco)

# MERCURY CONTENT OF PLANTS GROWN IN CONTAMINATED SITES (PPM DW)

Site and pollution source	Plant and part	Maximum or range in content	Country	Ref.
Metal-processing industry	Edible mushrooms	37.6	Yugoslavia	414
	Carrot, roots	0.5—0.8*	Yugoslavia	116
	Apple, flesh	0.04—0.13*	Yugoslavia	116
	Apple, pips	0.33—1.32*	Yugoslavia	116
Soil overlying Hg deposit	Labrador tea, stems	1—3.5	U.S.	703
	Carrot, roots	0.05—0.1*	Yugoslavia	116
Chlor-alkali or chemical works	Lettuce, leaves	0.15—0.36	Switzerland	637
	Spinach	0.11—0.59	Switzerland	637
	Corn, grains	0.074—0.136	Switzerland	637
	Wheat, grains	0.007—0.025	Switzerland	637
	<i>Festuca rubra</i>	4.0	Great Britain	111
	Lichens	36.0	Finland	485
	Lettuce leaves	0.1*	Canada	776
Urban vicinity and parks	Bryophytes	1.4	U.S.	893
	Edible mushrooms	33.6	Switzerland	635
Sludged or irrigated farmland	Brome grass, tops	0.09—2.01*	Canada	321
	Brown rice	4.9	Japan	336
Application of fungicides or Hg salts	Potato, foliage	1.1—6.8	Canada	585
	Lettuce, leaves	0.1—0.3	Canada	496
	Oat, grains	631*	Sweden	748
	Oat, straw	99*	Sweden	748
	Wheat, grains	0.05—0.17*	Poland	162

Tab.21 : Contenuto di Hg in piante cresciute in luoghi contaminati (ppm peso secco)

# LEAD CONTENT OF SURFACE SOILS OF THE U.S. (PPM DW)

Soil	Range	Mean
Sandy soils and lithosols on sandstones	<10—70	17
Light loamy soils	<10—50	20
Loess and soils on silt deposits	10—30	19
Clay and clay loamy soils	10—70	22
Alluvial soils	10—30	18
Soils over granites and gneisses	10—50	21
Soils over volcanic rocks	10—70	20
Soils over limestones and calcareous rocks	10—50	22
Soils on glacial till and drift	10—30	17(a)
Light desert soils	10—70	23
Silty prairie soils	10—30	21(a)
Chernozems and dark prairie soils	10—70	19
Organic light soils	10—50	24
Forest soils	10—50	20(a)
Various soils	<10—70	26

Tab.22 : contenuto in Pb di alcuni suoli superficiali negli USA (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

# LEAD CONTAMINATION OF SURFACE SOILS (PPM DW)

Site and pollution source	Mean or range of content	Country
Old mining area	51—21,546	Great Britain
Nonferrous metal mining	170—4,563	Great Britain
	>300	West Germany
	15—13,000	U.S.
	21—3,044	U.S.S.R.
Metal processing industry	291—12,123	Canada
	1,250—18,500	Greece
	628—1,334	Holland
	310—2,100	Japan
	104	Norway
	72—1,350	Poland
	500—6,500	U.S.
	92—2,580	Zambia
	3,000	U.S.S.R.
Urban garden and urban vicinity	6—888	Canada
	270—15,240	Great Britain
	17—165	Poland
	218—10,900	U.S.
Sludged farmland	425	Great Britain
	60—253*	Japan
	80—254*	Holland
Roadside soil	132—397	Japan
	114—885	West Germany
	960—7,000	U.S.

\* Paddy soil.

6 and 16 Tonnes dry matter sludge/ha/year, for 5 years.

Tab.23 : contenuto in Pb di suoli superficiali da esso contaminati (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

# MEAN LEAD CONTENT OF PLANT FOODSTUFFS (PPM)

Plant	Tissue sample	FW basis (a)	DW basis	AW basis
Sweet corn	Grains	—	0.88(b), 3(c), <0.3(d)	34(b), 94(c)
Bean	Pods	0.08	2(c), <1.5(d)	37(c)
Beet (red)	Roots	—	7(c), 0.7(c)	28(c)
Carrot	Roots	0.012	3(c) <1.5(d), 0.5(e)	38(c)
Lettuce	Leaves	0.001	0.7(b), 2(c), 3.3(d), 3.6(e)	5(b), 13(c)
Cabbage	Leaves	0.016	1.7(c), 2.3(d)	17(c)
Potato	Tubers	—	3(c), 0.5(d)	90(c)
Onion	Bulbs	—	2(c), 1.3(d), 1.1(e)	35(c)
Cucumber	Fruits, unpeeled	0.024	—	—
Tomato	Fruits	—	3(c), 1(d), 1.2(e)	44(c)
Apple	Fruits	0.001	0.05(b), 0.2(d)	2.7(b)
Orange	Fruits	0.002	—	—

Tab. 24: contenuto medio di Pb in piante di interesse alimentare (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

# EXCESSIVE LEVELS OF LEAD IN PLANTS GROWN IN CONTAMINATED SITES (PPM DW)

Site and pollution source	Plant and part	Mean or range in content	Country
Mining, or mineralized area	Grass, tops	63—232	Great Britain
	Maple, stems	135*	U.S.
	Birch, twigs	277—570	U.S.S.R.
Metal-processing industry	Blueberry, stems	150	Canada
	Lettuce, leaves	596—1506*	Canada
	Potato, tubers	350—425*	Canada
	Grass, shoots	229—2714	Canada
	Chinese cabbage	45	Japan
	Lettuce, leaves	45—69	Poland
	Carrot, roots	27—57	Poland
	Blueberry, leaves	141—874	U.S.
	Spinach, leaves	322	Zambia
Battery manufacturer	Tree foliage	34—459	Canada
Urban garden and urban vicinity	Spinach, leaves	66	Zambia
	Potato, tubers	100—200*	Canada
Roadside	Corn, leaves	56	Poland
	Corn, leaves	16—24*	U.S.
	Grass, shoots	111—186	West Germany
	Grass, young shoots	67—950	Sweden

Tab. 25: contenuto medio in Pb di piante cresciute in zone contaminate (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).



MANGANESE CONTENT OF SURFACE SOILS OF THE  
U.S. (PPM DW)<sup>706</sup>

Soil	Range	Mean
Sandy soils and lithosols on sandstones	7—2000	345
Light loamy soils	50—1000	480
Loess and soils on silt deposits	50—1500	525
Clay and clay loamy soils	50—2000	580
Alluvial soils	150—1500	405
Soils over granites and gneisses	150—1000	540
Soils over volcanic rocks	300—3000	840
Soils over limestones and calcareous rocks	70—2000	470
Soils on glacial till and drift	200—700	475
Light desert soils	150—1000	360
Silty prairie soils	200—1000	430
Chernozems and dark prairie soils	100—2000	600
Organic light soils	7—1500	260
Forest soils	150—1500	645
Various soils	20—3000	490

Tab. 26 : contenuto medio di Mn in alcuni suoli superficiali degli USA (da Kabata-Pendias & Pendias, 1985).

ALLEGATO 5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

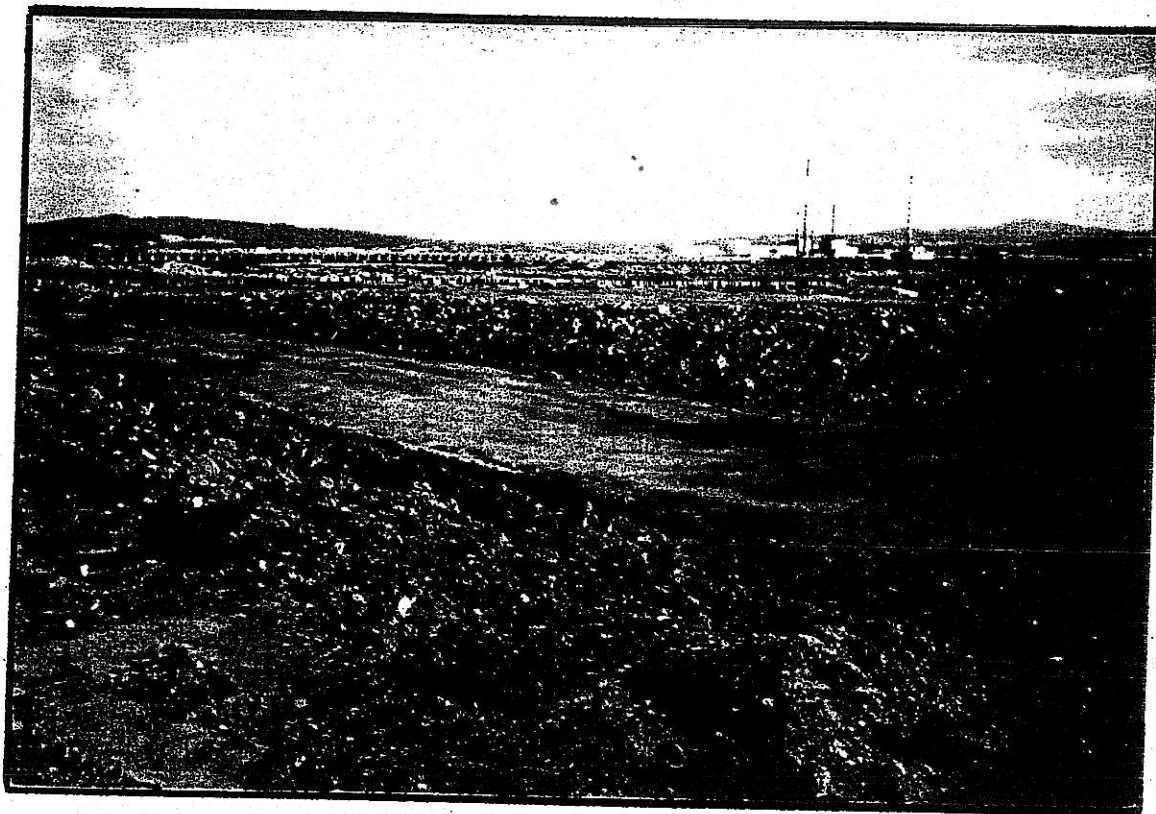


FOTO 1 : Aprile / '88 - Disposal "gessi" Tioxide

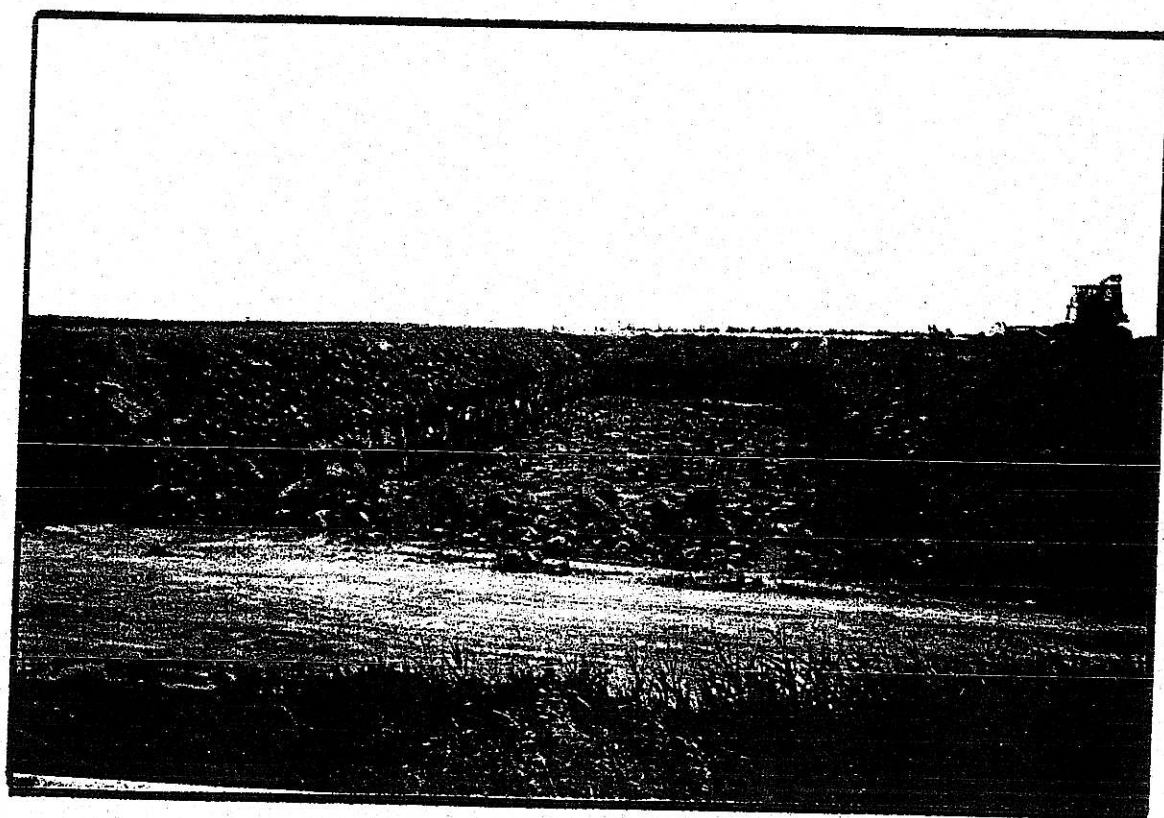


FOTO 2 : Aprile '88 - Moduli sperimentali prima della sistemazione

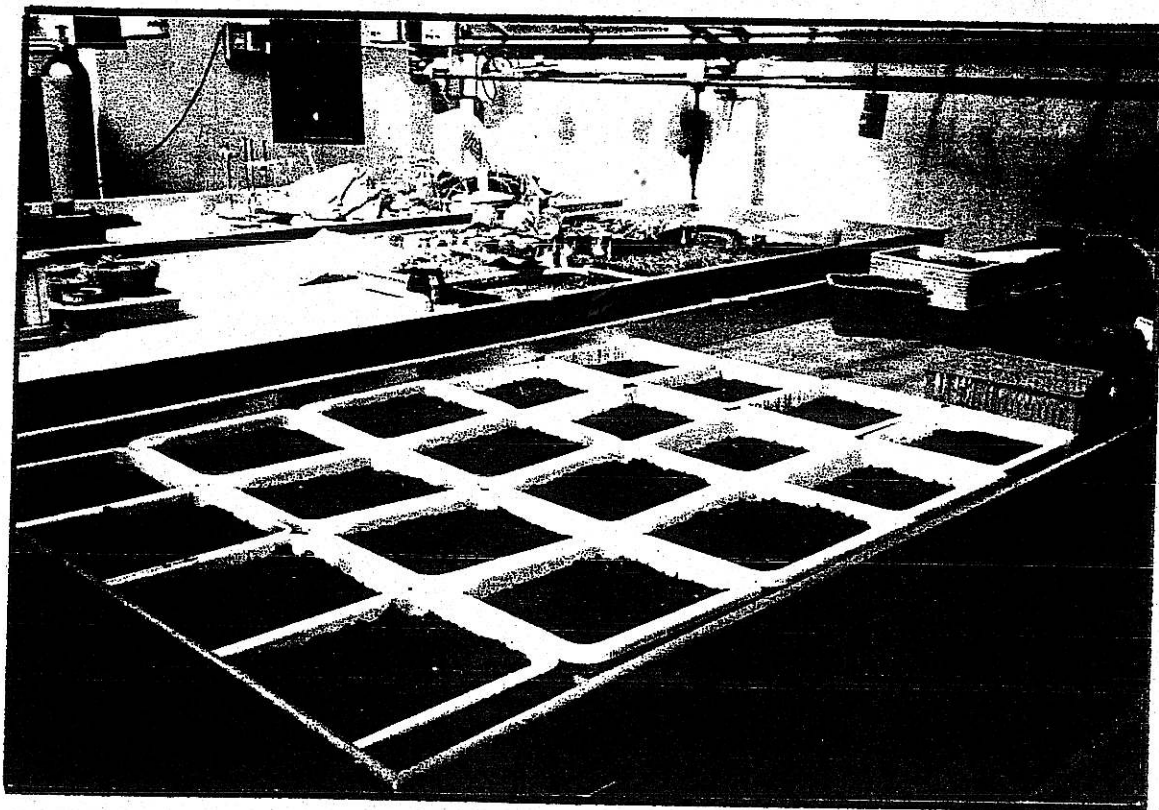


FOTO 3 : Prove di germinazione presso l'Istituto di Coltivazioni Erba-  
cee della Facoltà di Agraria di Firenze

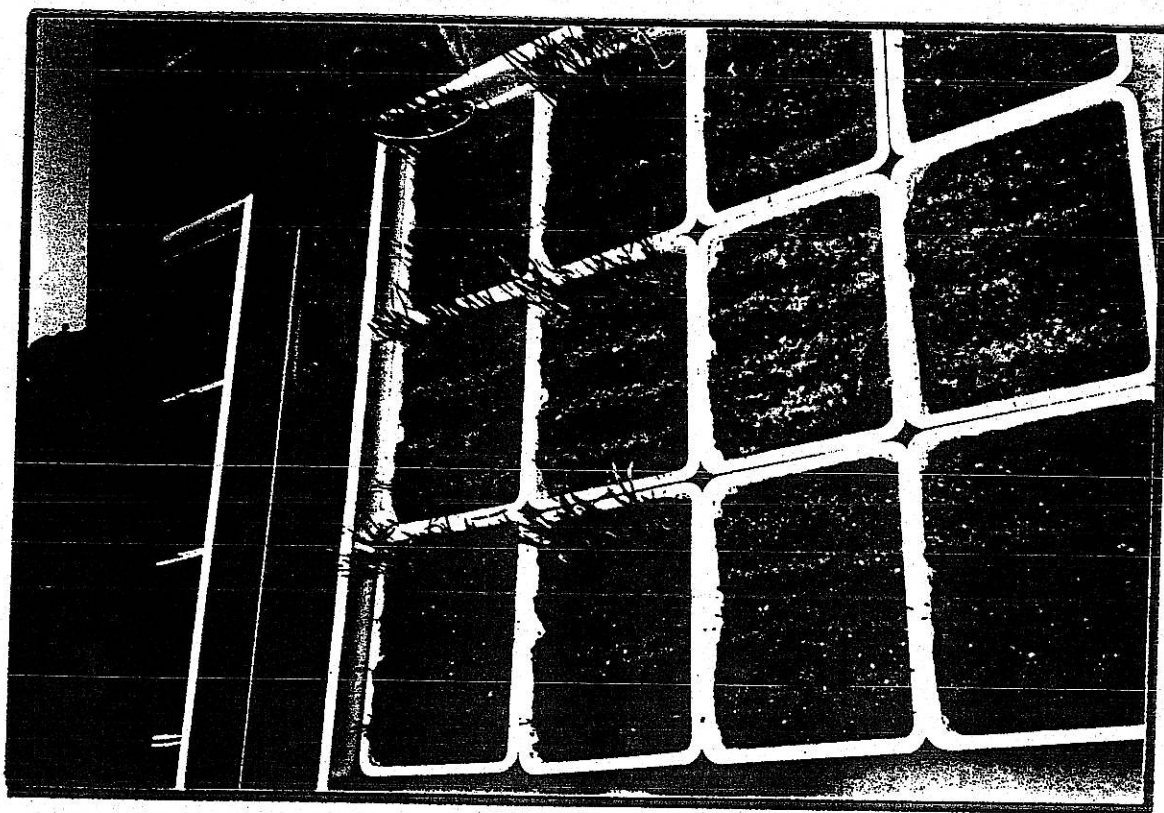


FOTO 4 : Altre prove con differenti substrati e ammendanti.



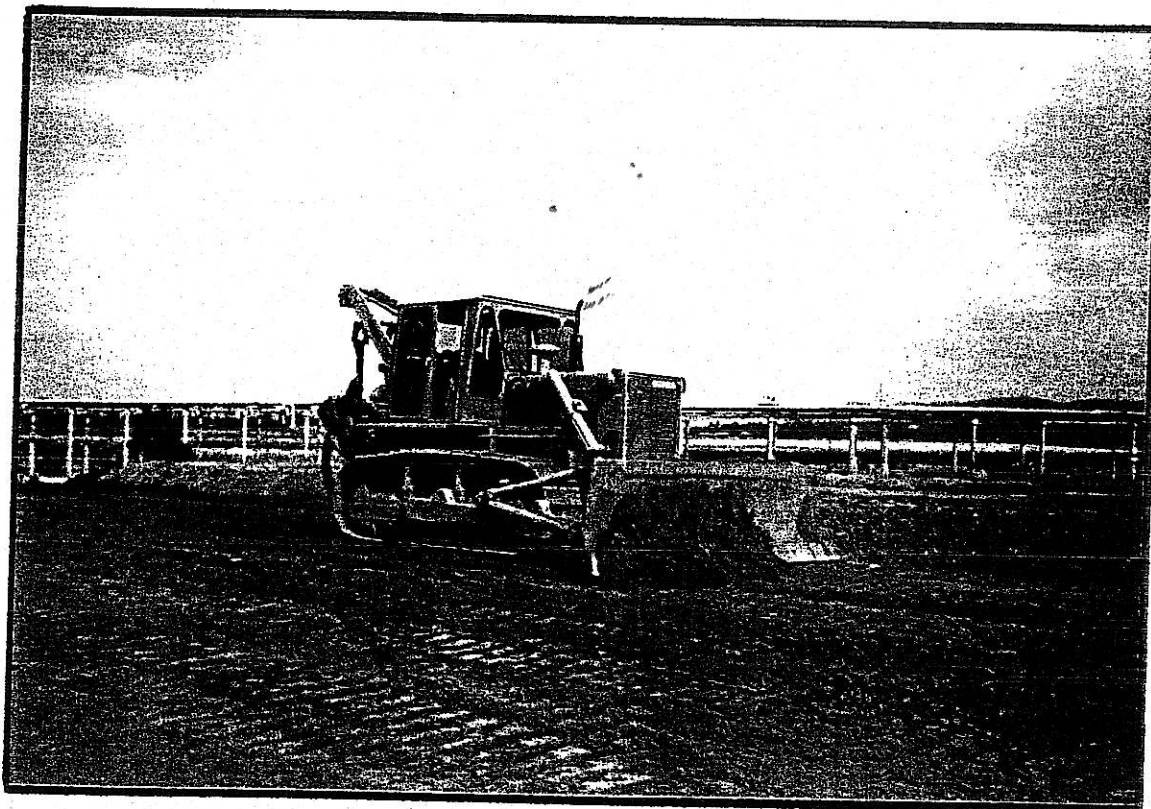


FOTO 5 : Luglio'88 -Lavori di sistemazione iniziali-Spianamento moduli.



FOTO 6 : Luglio'88- Rippatura profonda.





FOTO 7: Luglio '88 - Posa tubi drenaggio  
in PVC microfessurato e rive-  
stito in tessuto non tessuto.

Modulo B



FOTO 8 : Luglio '88 - Superficie dei gessi a sistemazione ultimata.

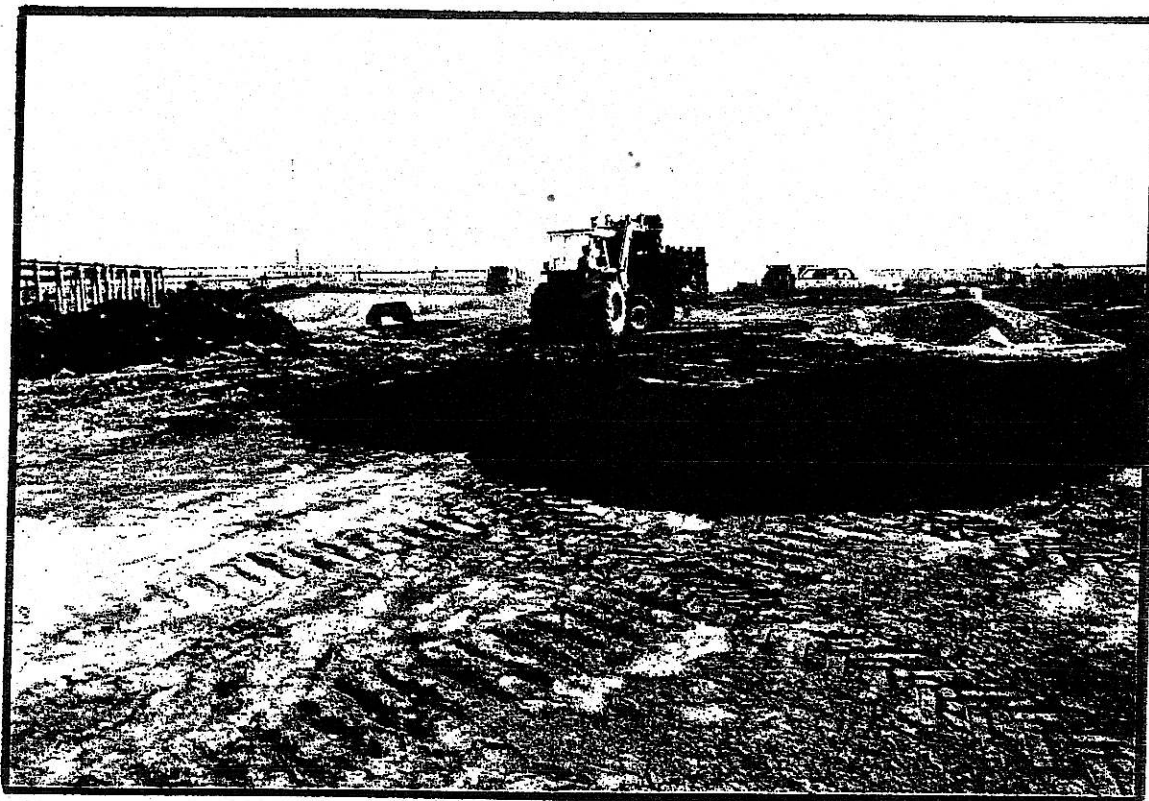


FOTO 9 : Agosto '88 - Cantieri di ammendamento. Particolare dei fanghi di depurazione da digestore anaerobico, tipico colore scuro.

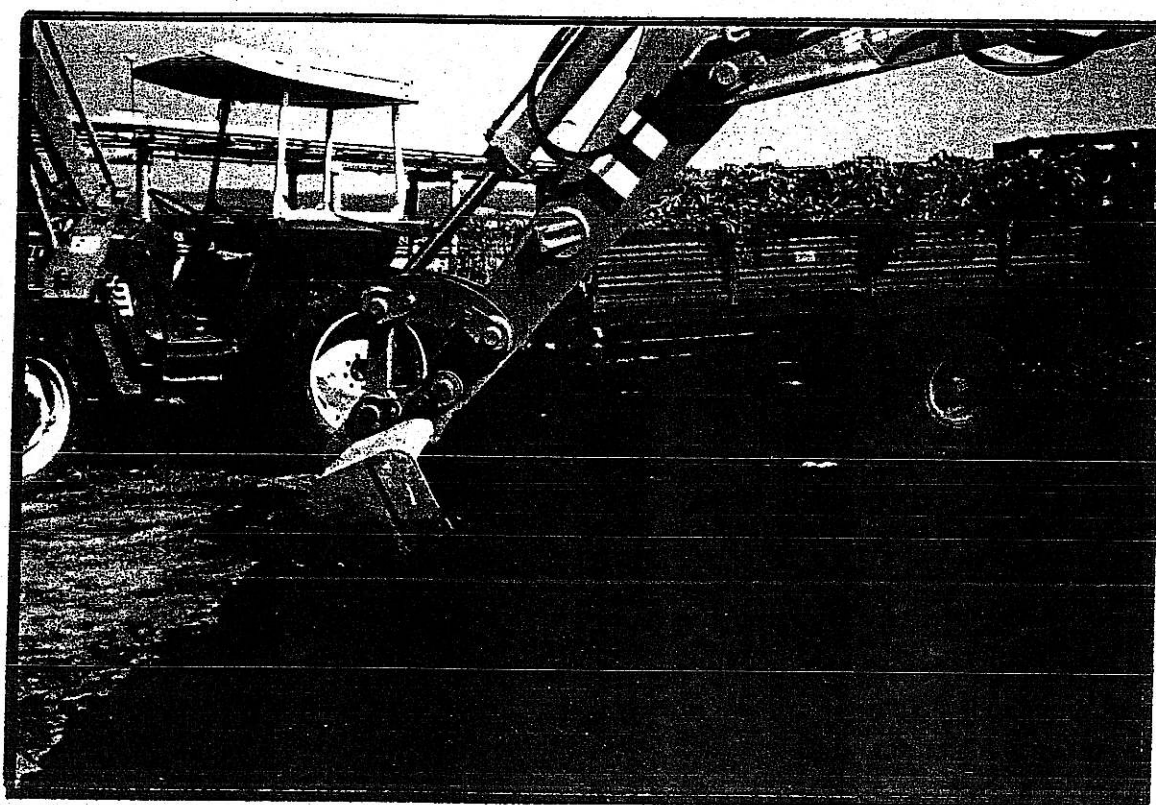


FOTO 10 : Agosto '88- Preparazione della miscela di fanghi+ paglia di cereali .

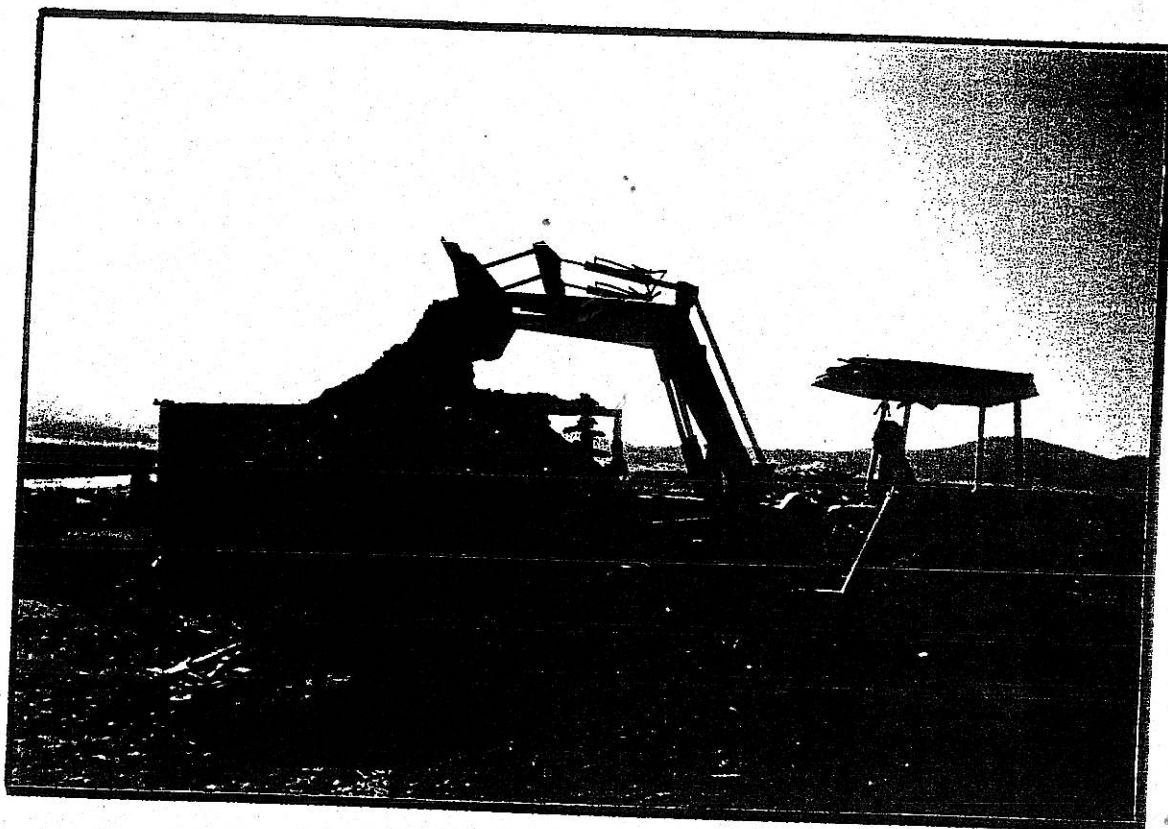


FOTO 11 : Secondo tipo di ammendante: compst da R S U.



FOTO 12 : Agosto '88- Distribuzione organico con carro spandiletame.



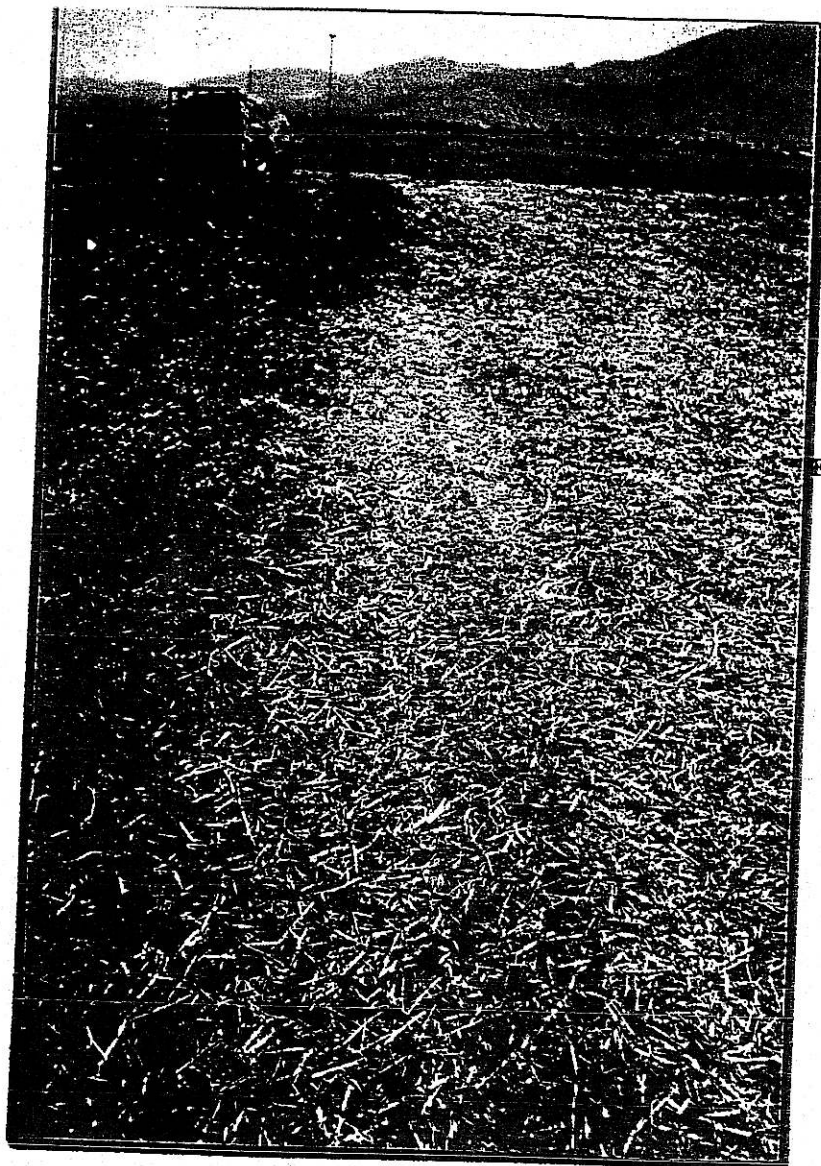


FOTO 13: Agosto '88- Aspetto della superficie dei gessi dopo la distribuzione di S.O.-A DX:fanghi +paglia, a SX : compost.

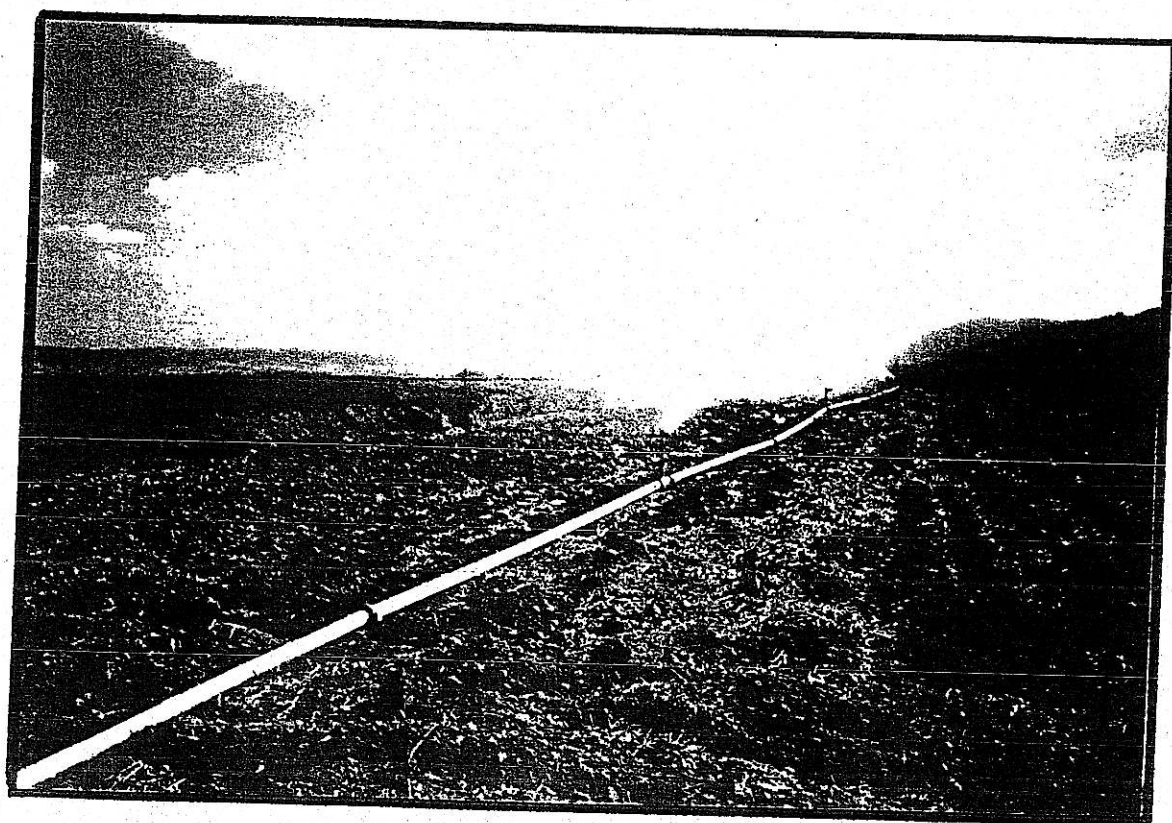


FOTO 14 :Estate '88- Interramento superficiale dell'organico e irrigazione dei gessi ammendati.

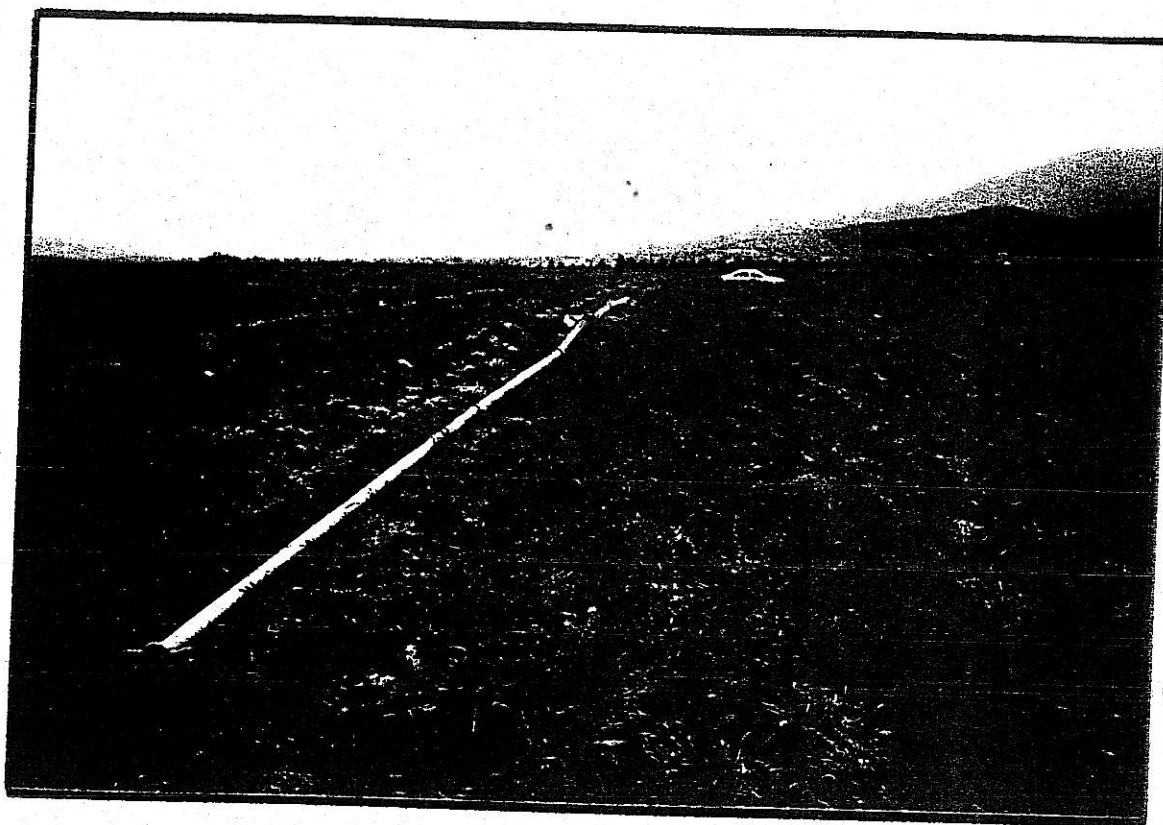


FOTO 15: Ottobre '88 - Emergenza spontanea dei semi contenuti nelle paglie.

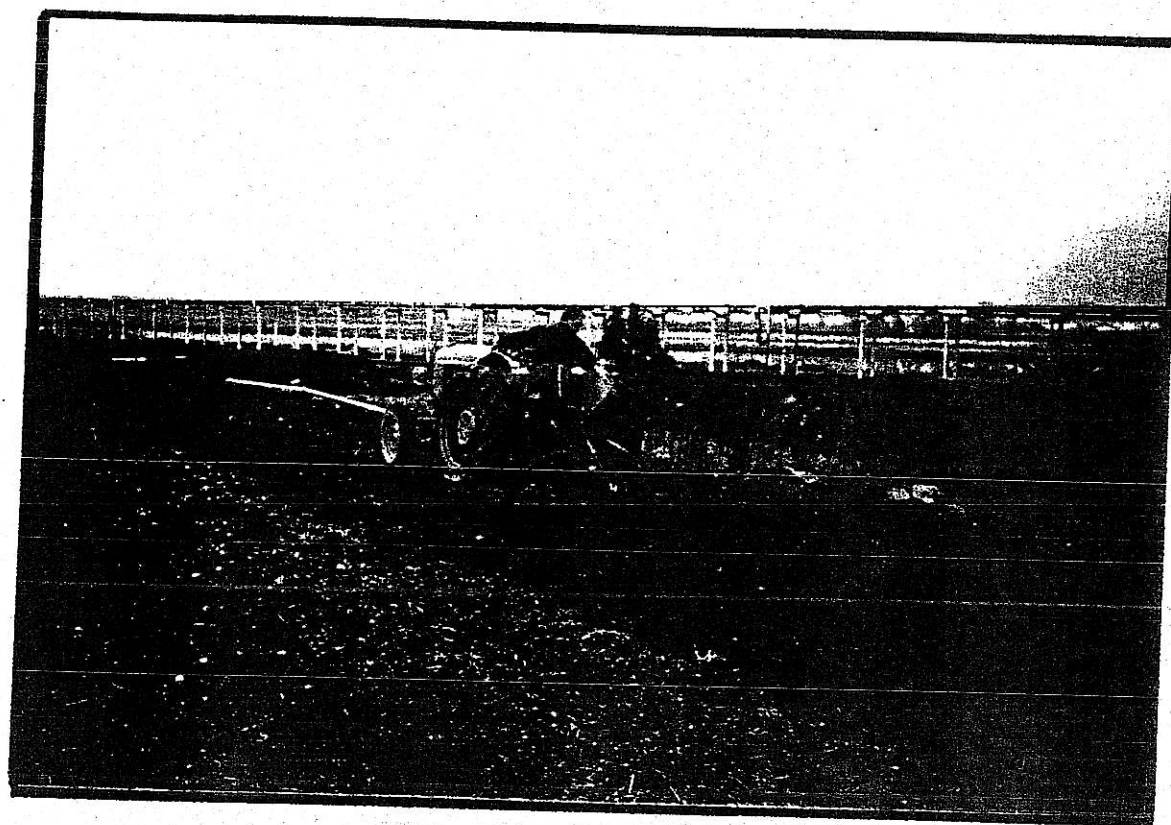


FOTO 16 :24 OTTOBRE '88- Preparazione per la semina, si noti il diverso aspetto dei gessi dopo il trattamento ammendante.



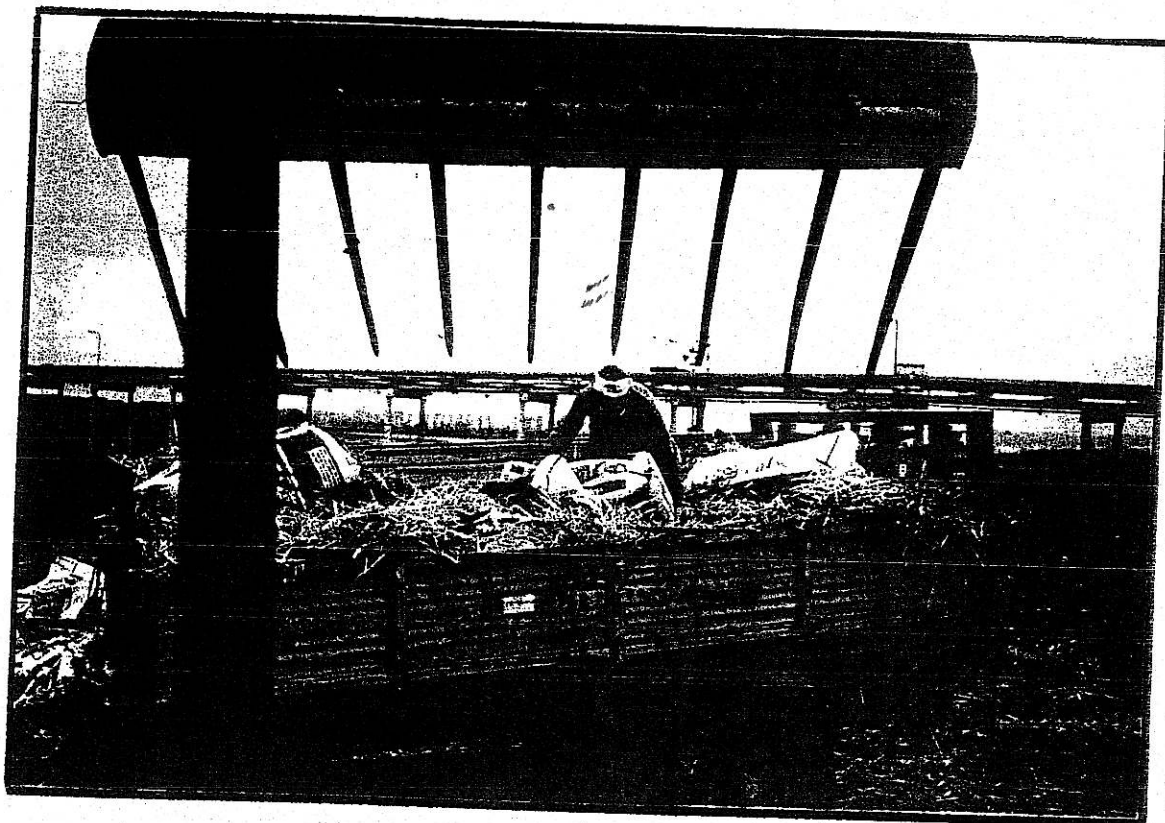


FOTO 17 : 24 Ottobre -Preparazione miscela per pacciamatura.

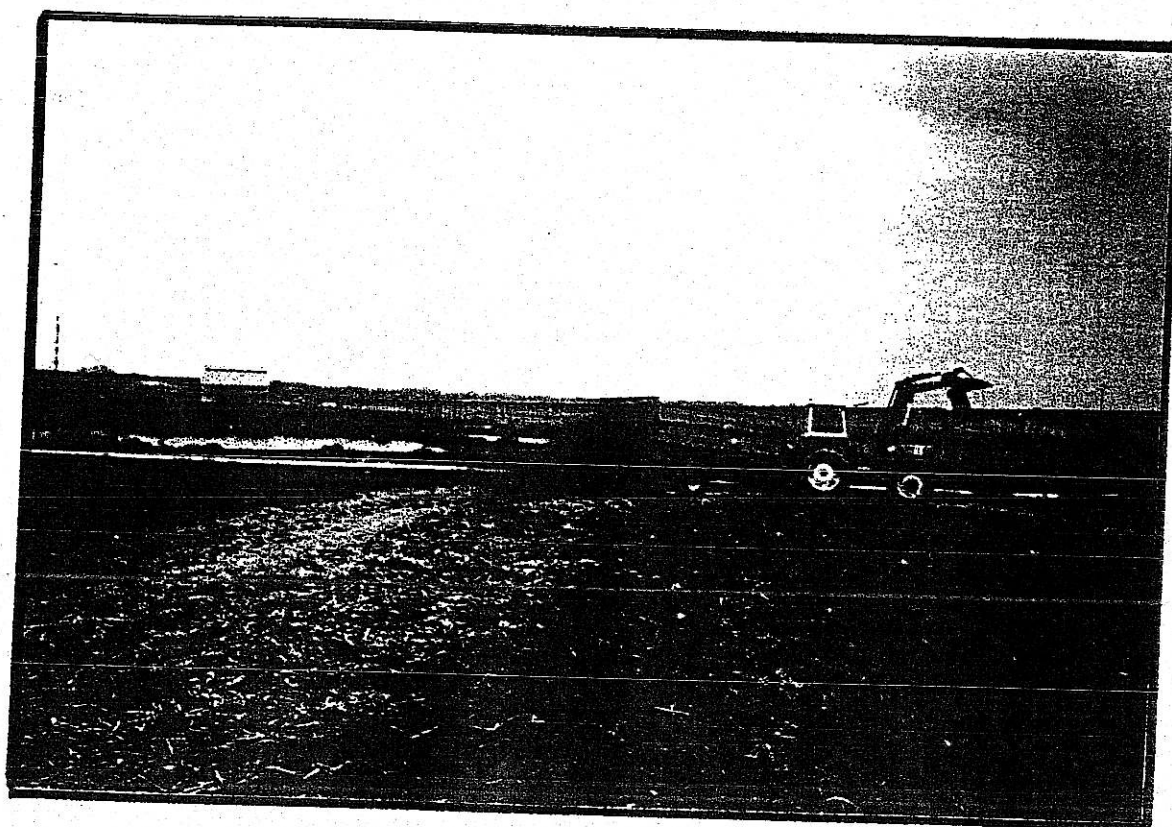


FOTO 18 : 24 Ott.- Distribuzione pacciamatura.

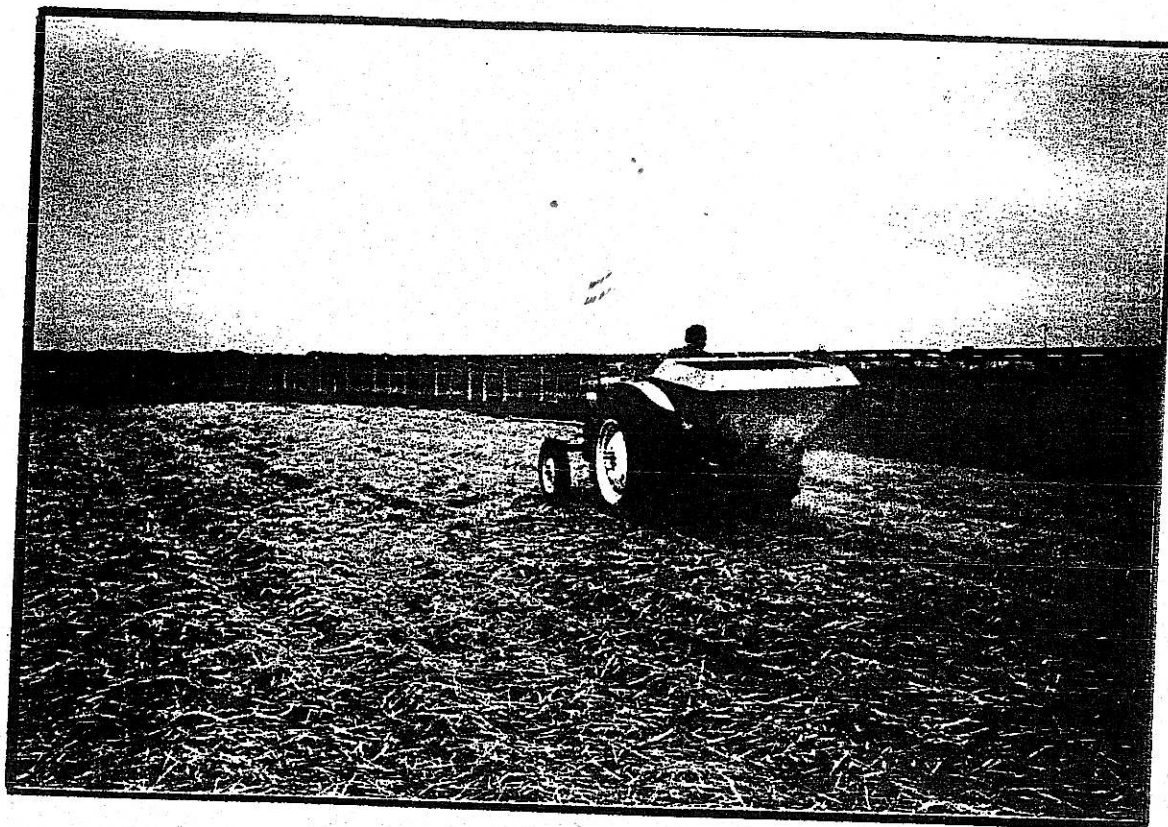


FOTO 19 : Distribuzione attivatore biologico.



FOTO 20 : 24 Ottobre '88 - Semina manuale dei due moduli; la metà verso mare è seminata con miscuglio "Galli A", l'altra con sottovagli di mietitrebbiatura.



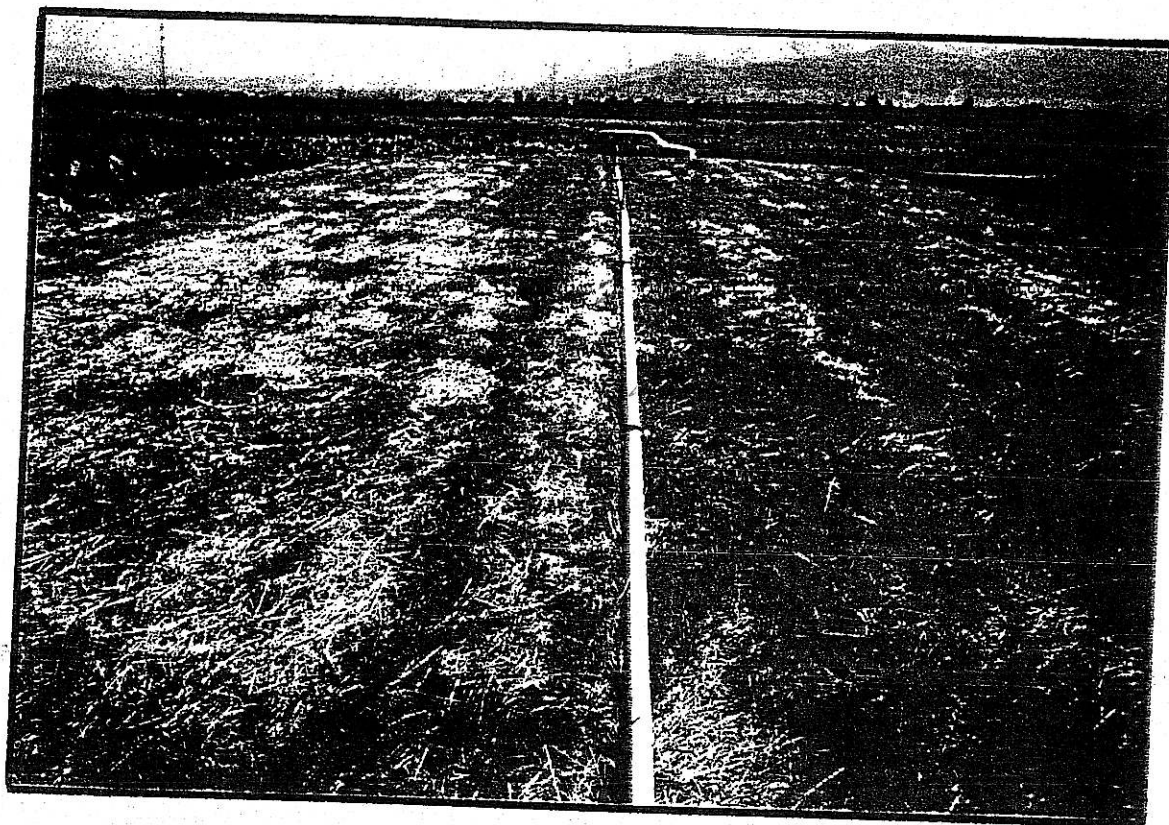


FOTO 21 : 24 Novembre '88 - Prima emergenza delle graminacee.(Loglio )



FOTO 22 : 12 Gennaio 1989



FOTO 23 : 12/1/89 -Effetti del pascolamento intensivo.



FOTO 24 : 28/6/89 - Particolare dei terminali dei dreni, del tubo di irrigazione e dell' erba del primo sfalcio.



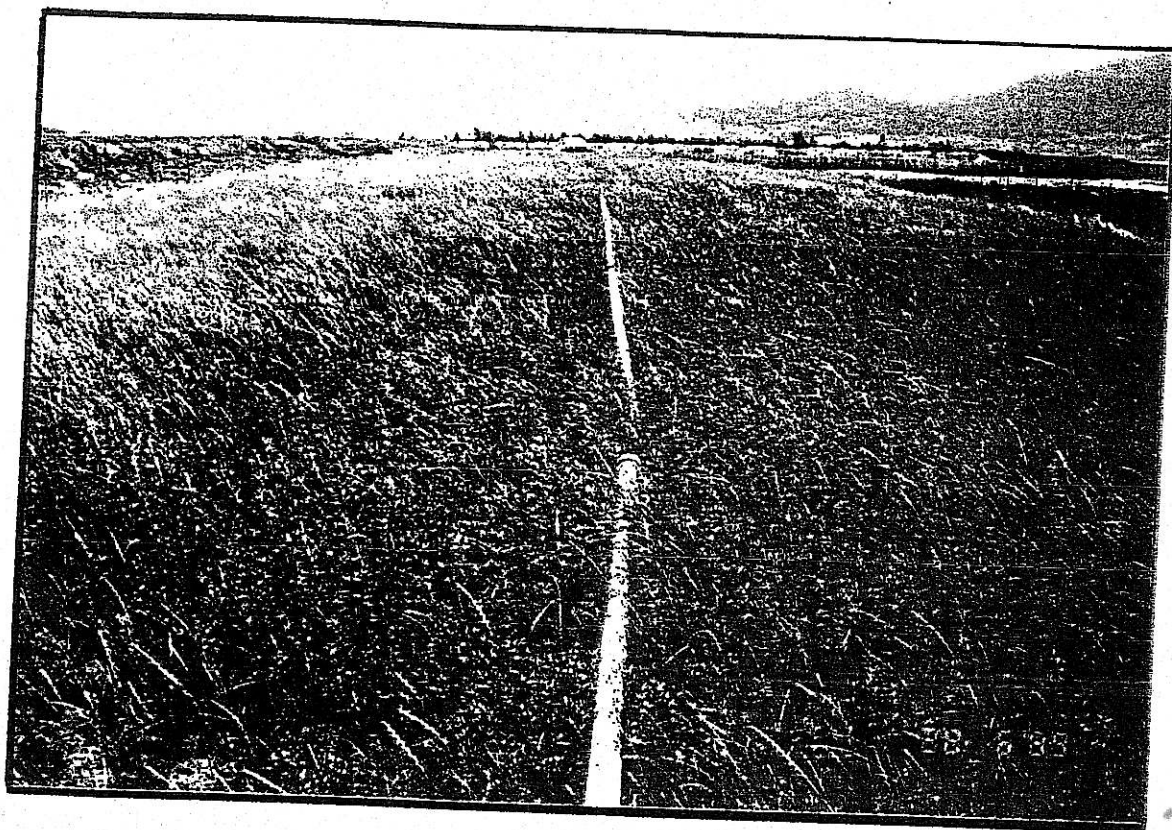


FOTO 25 : 28/6/89- Lato mare, Erba medica in fase di ricaccio.



FOTO 26 : 28/6/89 Lato terra, prevalenza di Lolium.





FOTO 27 : 28/6/89 - *Medicago sativa*, *Bromus*, *Lolium*, *Hordeum*.



FOTO 28 : 6/10/89- *Medica* a seme.



FOTO 29 : 6/10/89 - Trifoglio



FOTO 29 : 6/10/89 - Matricaria camomilla ,Plantago maior,ecc..





FOTO 31 : 6/10/89 - Arundo fragmites.

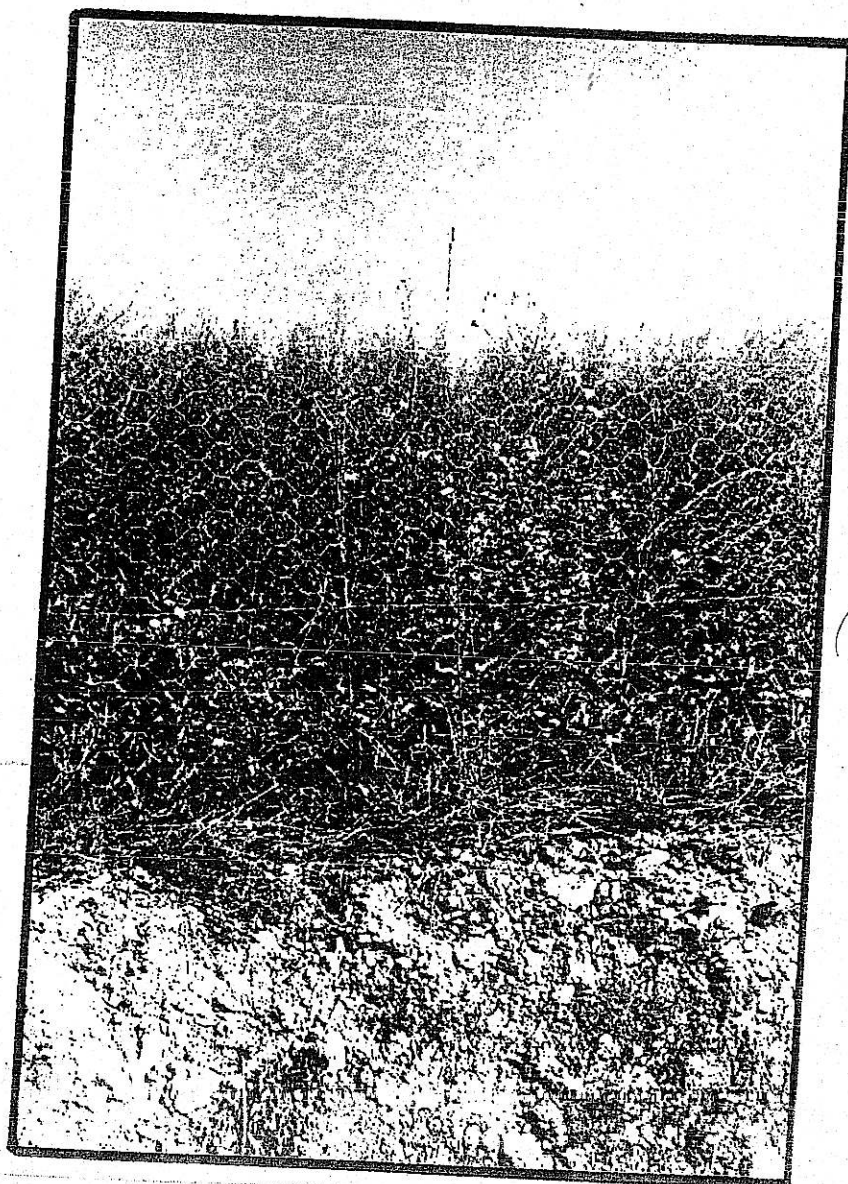


FOTO 32 : 6/10/89