INTERREG IIIA Valorizzazione dei fanghi derivanti dalla lavorazione lapidea

IL LIMO DI SEGAGIONE QUALE RISORSA:

BIORISANAMENTO E POTENZIALITÀ DI IMPIEGO NEL SETTORE VERDE

RAPPORTO DI PROGETTO

Autori:
Gabriele Carraro e Stefano Castelli
Dionea SA, Locarno

In collaborazione con:
Germano Righetti
Sezione Protezione Aria, Acqua e Suolo SPAAS
Dipartimento del Territorio
Cantone Ticino

Locarno, novembre 2005

INTERREG IIIA - Valorizzazione dei fanghi derivanti dalla lavorazione lapidea

BIORISANAMENTO E POTENZIALITÀ DI IMPIEGO DEL LIMO DI SEGAGIONE NEL SETTORE VERDE

RAPPORTO FINALE DI RICERCA novembre 2005

Autori:

Gabriele Carraro e Stefano Castelli

Dionea SA, Locarno www.dionea.ch

Con la collaborazione di:

Germano Righetti

Sezione protezione aria, acqua e suolo www.ti.ch/DT/DA/SPAA/

Dipartimento del Territorio del Cantone Ticino

Mandante:

AIGT

Associazione Industrie dei Graniti, marmi e pietre naturali del Ticino

www.aigt.ch

INDICE

1 Introduzione 3

2 Scopi e limiti del progetto 4

3 Il limo di segagione 5

3.1 Di cosa si tratta? 5

3.2 La produzione di limo nel territorio Interreg 5

3.3 Il problema degli inquinanti: gli idrocarburi ed il Cobalto 6

3.4 Aspetti finanziari 9

4 Ipotesi esistenti sui possibili campi di utilizzo 11

4.1 Nel settore agricolo e nel recupero ambientale 11

4.2 Nel settore artigianale/industriale 12

5 Analsi settoriali 14

5.1 Esperimento ILICO – applicazione dei principi del biorisanamento per la riduzione degli idrocarburi presenti nel limo 14

5.1.1 Il principio del biorisanamento 14

5.1.2 Elementi della sperimentazione 15

5.1.3 La determinazione degli Idrocarburi nelle miscele 17

5.1.4 I risultati del biorisanamento 19

5.1.5 Conclusioni dell'esperimento ILICO e prospettive 20

5.2 Esperimento PELICO – caratteristiche pedologiche delle miscele limo-compost nella formazione di suoli artificiali 21

5.2.1 Caratteristiche dei suoli 21

5.2.2 Conclusioni dell'esperimento PELICO e prospettive 27

5.3 Altre esperienze nel settore verde: antiparassitario 28

6 Sintesi dei risultati raggiunti e prospettive per il futuro 30

6.1 Le principali potenzialità d'impiego del limo di segagione e delle miscele limo-compost nel settore verde 32

6.2 Le condizioni qualitative indispensabili per un possibile riutilizzo del limo 33

6.3 Indicazioni per una corretta gestione del limo quale risorsa 34

7 Conclusioni e ringraziamenti 35

8 Bibliografia 36

9 Siti internet interessanti 37

10 Allegati 38

1 INTRODUZIONE

Lo scopo di questo studio è accertare le possibilità di riciclaggio nell'ambito del settore verde di uno scarto della lavorazione della pietra naturale – il limo di segagione - e di presentarne i risultati in modo che l'informazione sia offerta in una forma accessibile agli interessati. A questo scopo gli autori hanno dapprima analizzato la situazione generale, identificando i potenziali impieghi e quindi in via sperimentale hanno affrontato i problemi tecnici che nel settore verde limitano un riutilizzo di questi scarti, presenti con volumetrie ingenti nella zona interessata.

Le attività di estrazione e lavorazione della pietra naturale nel territorio della Provincia del VCO e del Cantone Ticino rappresentano infatti un settore artigianale ed industriale di rilievo. In Ticino esso comprende complessivamente 46 aziende occupanti 448 lavoratori (ubicate prevalentemente in Valmaggia e Riviera), mentre nel VCO le aziende sono 172 con 888 occupati[1]. Queste attività sono prevalentemente situate nelle valli, lontano dai centri urbani, ed assumono un ruolo particolarmente importante nell'economia nelle regioni periferiche.

Le stesse attività sono altresì responsabili della generazione di una notevole quantità di scarti, sia sotto forma di limi di segagione che di pezzature più grossolane, la cui gestione e smaltimento può originare impatti sull'ambiente e costi supplementari per le aziende.

Se per gli scarti di calibro maggiore le soluzioni per un riciclaggio sono in parte già avviate, la necessità di gestire i fanghi derivanti della lavorazione lapidea è stata ravvisata solo recentemente. In particolare per parte italiana sono stati compiuti in merito i primi studi riguardanti le possibilità di riutilizzo in campo edile e industriale (Assocave, 1995; Tecnolab, 2001), tuttavia non sembra siano stati rilevati in tal senso dei campi di applicazione che permettano, se non di garantire un ritorno economico alle aziende, almeno un abbattimento dei costi di smaltimento del suddetto materiale.

In seguito all'entrata in vigore dell'Ordinanza federale sui rifiuti speciali (OTRs) e, per parte italiana, del Decreto Ronchi (Legge 22/1997) e del Decreto Ministeriale 03/08/2005, i fanghi derivanti dal processo di lavorazione dei materiali lapidei sono classificati come "rifiuti speciali". Sono emersi quindi nuovi problemi formali relativi al loro smaltimento, tenuto conto che il tema fanghi va affrontato con autorizzazioni, trattamenti o depositi in discariche ufficiali, sostenendo quindi un ulteriore costo di smaltimento derivante dal trasporto e dalla tassa di discarica.

Il presente studio Interreg III si prefigge di individuare le possibilità di riutilizzo nel settore verde (agricoltura, orticoltura, recupero ambientale), mentre il compito principale del partner italiano consisteva nella ricerca di sbocchi nel settore industriale. Tali eventualità, oltre a permettere una riduzione di rifiuti e quindi dell'impatto degli stessi, rappresenterebbero un potenziale mercato per le aziende che operano nel settore, già confrontate con problemi di competitività.

[1] Situazione nel 2003, al momento in cui, nell'ambito del presente progetto Interreg, è stata effettuata l'inchiesta presso le aziende da parte dell'Istituto di scienze economiche dell'Università della Svizzera Italiana (Flaminio Cadlini, Oscar Gonzalez – si veda rapporto specifico)

2 SCOPI E LIMITI DEL PROGETTO

Gli scopi del progetto sono quelli di individuare una reale possibilità di riutilizzo dei fanghi di segagione del campo dell'agricoltura, selvicoltura e di progetti naturalistici, attraverso una fase di sperimentazioni volte a verificare le caratteristiche e le potenzialità di questo prodotto.

Lo studio tratta parallelamente due aspetti principali, per ognuno dei quali è stato allestito un esperimento pratico sul terreno:

- verifica delle idoneità fisico-chimiche del limo di segagione per un suo impiego nel settore verde (compatibilità con le prescrizioni di legge) e dei possibili processi per un abbattimento degli inquinanti mediante metodi di biorisanamento - ESPERIMENTO ILICO (Idrocarburi LImo COmpost)
- verifica di possibili impieghi del limo nel settore verde, in condizioni di miscela con composto maturo o con terra vegetale (caratteristiche podologiche, qualità agronomiche, condizioni di utilizzo in contesti particolari, ecc.) – ESPERIMENTO PELICO (Pedologia LImo COmpost)

In fase di sintesi, grazie alle conoscenze acquisite, vengono indicate le premesse necessarie, le potenzialità e le strategie per l'impiego di questo prodotto nel settore verde (agricoltura, florovivaismo, recupero ambientale). Spetterà in seguito alle cerchie economiche e politiche direttamente interessate (associazioni di settore, cavisti, produttori di materie per l'agricoltura, enti preposti per il promovimento economico, enti di sorveglianza cantonali/regionali, ecc.) creare i presupposti politici, economici e di mercato necessari per una loro applicazione.

I limiti del presente studio sono dettati prevalentemente da problemi di scala e di tempo:

- gli esperimenti svolti e le prove d'impiego dei prodotti sono stati condotti a scala ridotta. Per verificare la reale qualità dei risultati ottenuti sarà pertanto necessario procedere con realizzazioni pratiche in scala 1:1 opportunamente monitorate e corrette da un dispositivo di osservazione
- effetti imprevisti e benefici dell'impiego di prodotti a base di limo di segagione in natura si prolungano dopo un lungo lasso di tempo (5-20 anni e oltre), mentre lo studio è stato concluso in un periodo di soli 3 anni
- restano aperti i temi legati alla commercializzazione ed al marketing di un nuovo prodotto.

3 IL LIMO DI SEGAGIONE

3.1 Di cosa si tratta?

Il limo di segagione rappresenta la componente più fine delle parti di roccia prodotte dal taglio e dalla lavorazione delle pietre ornamentali, la sua granulometria varia infatti dai pochi μm fino al massimo pochi mm di diametro. In genere oltre il 50% dei granuli di limo ha un diametro inferiore a 0.025 mm.

Questo materiale si ritrova inizialmente in sospensione nelle acque dell'impianto di lavorazione impiegate per il raffreddamento dei macchinari; appena disidratato costituisce una sorta di impasto fangoso che tende alla cementazione. Il limo puro viene ottenuto da un processo di filtraggio ed essiccazione di questi fanghi.

Le cave ed i laboratori ticinesi lavorano prevalentemente rocce di tipo granitico (beola, gneiss), di conseguenza la composizione minerale del limo è caratterizzata da minerali silicei e ferrosi, assenti i carbonati. Le principali costituenti mineralogiche sono i quarzi ed i plagioclasi che uniti superano l'80%, la rimanenza è costituita dai feldspati alcalini e dalle miche. Anche in assenza di carbonati il pH del limo ticinese derivato dal taglio di gneiss è a reazione basica, con valori attorno 8.5-9.5 e questo è dovuto alla liberazione di cationi di fosforo, potassio e magnesio, in misura minore di calcio ed una serie di diversi microelementi per un totale che può superare il numero di 50 elementi, scaturiti dai minerali finemente triturati. L'indagine condotta dall'Università di Milano, parallelamente a questo studio, informa nel dettaglio su composizione e variabilità del limo ticinese e su quelli ossolani.

3.2 La produzione di limo nel territorio Interreg

L'attività di estrazione e lavorazione dei blocchi di pietra in prodotti finiti è responsabile della generazione di diverse tipologie di scarti tra le quali figurano il limo di segagione. Oltre il 40% dei volumi di estrazione è rappresentato da prodotti di scarto, di questi quasi il 10% è formato da materiali a granulometria fine, tra cui il limo. I dati comunemente citati indicano la produzione di ca. 7'000 t annue in Ticino, ma questo valore in realtà varia nel tempo e vi sarebbero ragioni per credere che esso sia sottostimato.

Nell'intero comparto interreg vi è una produzione annua di limo di segagione che supera le 70'000 tonnellate, di queste quasi i 9/10 vengono prodotti nella provincia italiana del VCO dove il settore lapideo ha dimensioni maggiori rispetto alla realtà ticinese.

Per la maggior parte delle ditte che operano nel Cantone, lo "stoccaggio" di questo prodotto avviene in genere mediante la raccolta delle acque e dei fanghi di lavorazione, il trattamento tramite impianto di filtraggio e di essiccazione ed il deposito in benne o comparti pavimentati. Lo smaltimento non è organizzato, si realizza per mezzo di depositi presso i laboratori stessi o in discariche per materiali, mentre solo in alcuni casi isolati si è proceduto ad un loro reimpiego nel campo dell'edilizia (componente per la formazione di sottofondi stradali).

Filtropressa per il trattamento del limo presso i laboratori

3.3 Il problema degli inquinanti: gli idrocarburi ed il Cobalto

A causa dell'impiego di macchinari di taglio il limo di segagione rimane talora contaminato da sostanze inquinanti in modo da rendere impossibile un suo impiego diretto nell'ambiente.

Di seguito non viene trattato il problema della contaminazione provocata da graniglia di ferro (con svariati metalli in lega), aspetto che interessa praticamente solo il VCO.

E` invece un tema rilevante e – in sostanza – transfrontaliero la presenza di idrocarburi con catene C10-40; esso è da ricondurre alle procedure di taglio e lavorazione della pietra.

Gli idrocarburi (HCtot) provengono dai macchinari impiegati che rilasciano oli e lubrificanti dagli ingranaggi i quali vanno poi a confluire nelle acque di lavorazione dalle quali viene filtrato il limo. Recenti indagini del Politecnico di Torino (vedi rapporto Interregg parallelo) confortano provvisoriamente l'ipotesi che i limi derivanti da taglio con disco diamantato siano quelli più ricchi di idrocarburi mentre quelli derivanti da telaio (una tecnica dismessa in Ticino) siano meno problematici proprio per la diversa conformazione del sistema di taglio (le parti meccaniche non vengono a diretto contatto del limo).

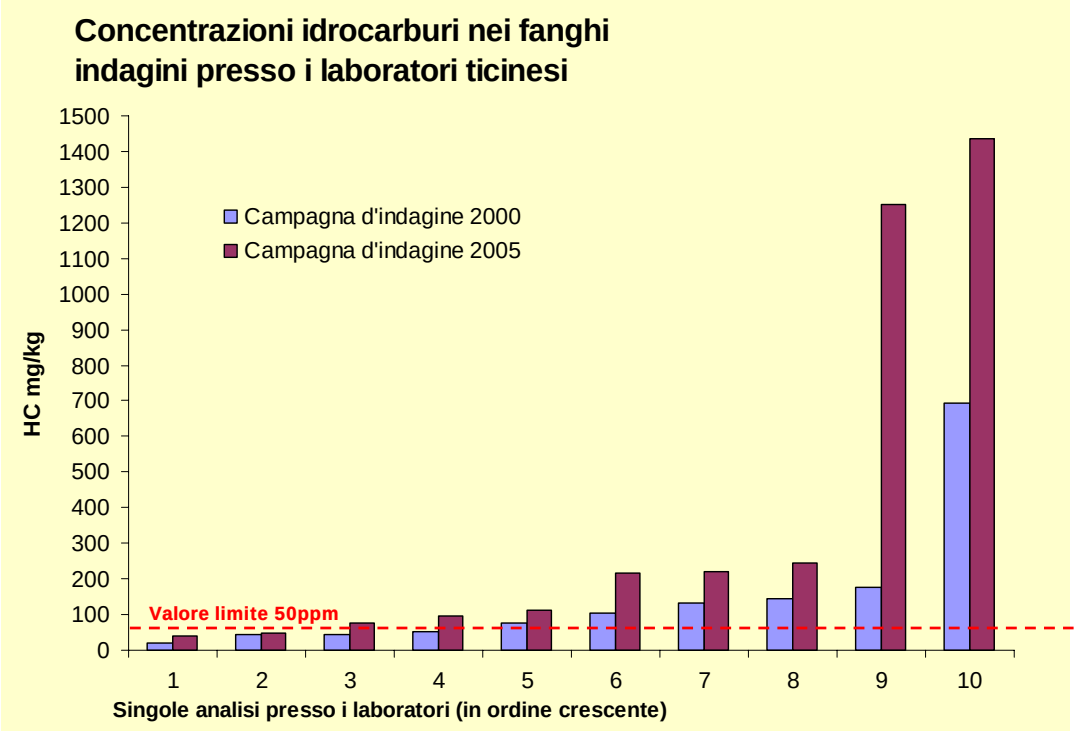
Nello studio parallelo condotto dall'Università di Milano Bicocca si dimostra infine che il cobalto – un oligoelemento prezioso sul piano biologico - è già presente in tracce nella pietra naturale, ma questo solo a concentrazioni molto contenute, in ogni caso inferiori a 10 ppm.

Cobalto in quantitativi più elevati è presente unicamente nei fanghi prodotti dalle aziende che prevedono l'utilizzo di utensili diamantati per il taglio delle pietre; questo metallo che viene infatti applicato per indurire e proteggere la diamantatura, viene quindi lentamente usurato nel corso del taglio con il filo della lama stessa e si mescola quindi al limo.

La conferma della presenza di tali sostanze è data da diverse analisi chimiche svolte negli ultimi anni presso diversi laboratori pubblici e privati (vedi allegati e ricerche citate).

La legislazione prevede per gli idrocarburi il limite di 50 ppm (= mg/kg) di idrocarburi oltre il quale lo smaltimento del fango di segagione deve avvenire in discarica per materiali inerti, o a reattore se la concentrazione supera i 500 ppm (750 ppm per la legislazione italiana).

Nei fanghi derivanti dalla lavorazione lapidea questi valori vengono talora superati: un quarto delle aziende ticinesi produce del limo di qualità con Hctot < 50 ppm, la maggior parte delle rimanenti aziende si situa tra i 50 ppm ed i 500 ppm, mentre alcuni casi isolati superano quest'ultimo limite. Il grafico seguente mostra i risultati di due campagne d'analisi distinte (anni 2000 e 2005), svolte dalla SPAAS (Dipartimento del Territorio) presso alcuni laboratori del Cantone.



A causa della presenza di Idrocarburi totali in quantitativi che superano i valori limite di legge un loro riutilizzo in ambito agricolo o naturalistico può avvenire solo subordinatamente ad una riduzione delle concentrazioni degli inquinanti al di sotto di tali limiti (50 ppm). Ciò può avvenire attraverso due vie complementari fra di esse:

1. con una riduzione a livello preventivo degli idrocarburi nelle fasi di lavorazione mediante accorgimenti tecnici su macchinari, sistemi di lavoro e di trattamento del materiale
2. mediante un processo di biorisanamento del limo, volto ad abbattere le concentrazioni fino ai valori legali

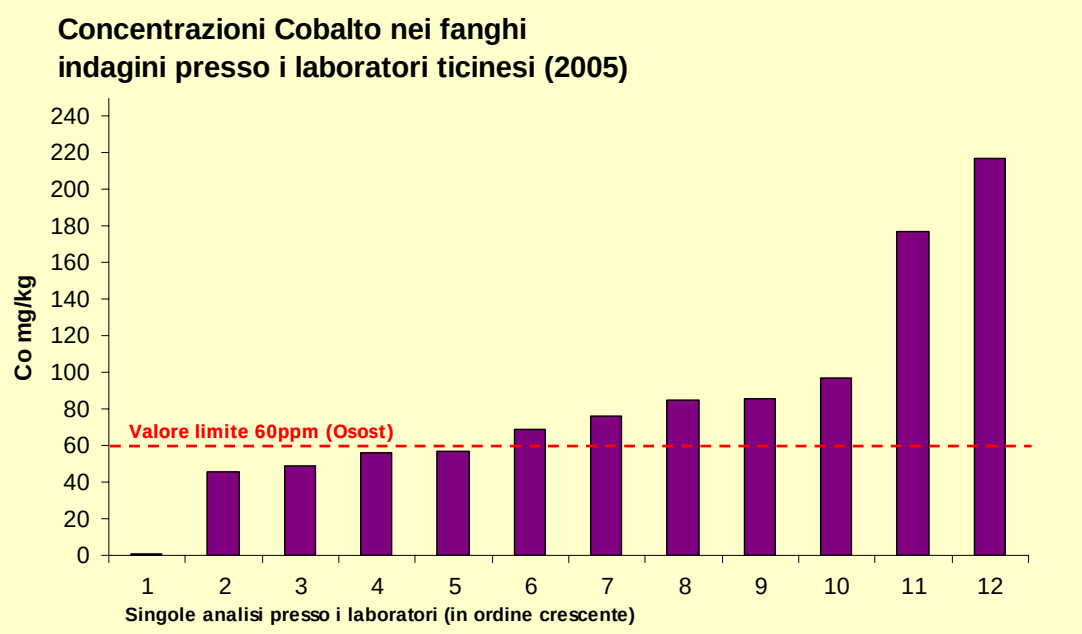
Nell'affrontare la problematica degli idrocarburi, ci si è concentrati prevalentemente sulla seconda procedura, sperimentando un processo di riduzione degli idrocarburi mediante i principi del biorisanamento (vedi cap. 5.2). In fase di sintesi viene richiamata la necessità di riduzione gli idrocarburi nel limo alla fonte.

In generale per un'ottimizzazione della qualità del limo quale materia prima, tutte le possibili combinazioni fra le due possibilità, compreso l'impiego di lubrificanti biodegradabili, devono venire considerate.

Per quanto attiene al cobalto non vi sono limiti di legge specifici riguardanti il suo riciclaggio. Quale valore di riferimento può venire considerato quello riferito all'impiego ai composti e fanghi di depurazione nell'agricoltura (secondo Osost[2]), paragonando i fanghi di segagione a quelli di depurazione. Secondo tale ordinanza, valida per un impiego in ambito agricolo, i fanghi miscelati con del composto devono soddisfare delle precise esigenze qualitative con valori di cobalto non superiori a 60 ppm. Oltre questo limite il riutilizzo del limo di segagione è precluso ed il suo smaltimento deve avvenire in discarica.

In Italia il valore limite di Cobalto per la formazione di terreni destinati a verde pubblico o privato in aree residenziali, è di 20ppm (D.M. 471/99). In Svizzera per tale impiego l'Osuolo[3] non menziona valori limite per il Cobalto, indicativamente si possono però considerare i valori validi per altri metalli pesanti (Nichel, Piombo, Cromo, Rame) fissati a 50ppm.

Di seguito sono riportati i valori misurati nell'ambito della campagna d'analisi della SPAAS svolta nel 2005:



La maggior parte dei limi analizzati si attesta su di un valore di Cobalto tra le 50 e le 100 ppm. Considerando che il limite Osost di 60 ppm viene applicato ai fanghi in condizione di miscela con il composto, possiamo concludere che con concentrazioni di partenza fino ad un massimo di 100 ppm il limo può essere impiegato in miscele limo-compost in proporzioni fino a 30-40% in volume. Con concentrazioni di Cobalto nel limo "puro" inferiori a 60ppm, come riscontrato in circa la metà dei casi analizzati, il suo utilizzo può avvenire senza le restrizioni del caso.

Solo in 2 casi su 12 le concentrazioni superano decisamente i 100 ppm. Per questi limi non vi sono possibilità di riutilizzo: il loro smaltimento deve avvenire in discarica.

Una riduzione del Cobalto nel limo è già possibile, sia mediante l'uso di lame adattate alla pietra da tagliare, sia attraverso un miglioramento qualitativo (durezza) delle stesse lame da taglio; queste migliorie farebbero doppiamente gli interessi dei cavisti che potrebbero così ridurre sia i costi di gestione per quanto concerne la riprofilatura delle lame esauste, sia i costi di smaltimento.

[2] OSost: Ordinanza sulle sostanze pericolose per l'ambiente, del 9 giugno 1986

[3] OSuolo: Ordinanza contro il deterioramento del suolo, del 1 luglio 1998

I limi monitorati dalla SPAAS, sia nella campagna d'analisi del 2000 che in quella del 2005, non hanno ravvisato la presenza di altre sostanze inquinanti in quantitativi rilevanti (tutti i risultati delle analisi sono riportati all'allegato 1). Fa eccezione un unico laboratorio che, a causa di un differente metodo di lavorazione (utilizza il sistema a telai anziché le lame diamantate), invece del Cobalto possiede nel limo valori di Nichel non trascurabili, anche se inferiori ai limiti di legge.

Questo aspetto lascia intendere come, in un futuro in cui i produttori di strumenti da taglio immettessero sul mercato nuove tipologie di lame, altre tipologie di metalli potrebbero sostituire il cobalto. Risulta pertanto importante sensibilizzare i fornitori affinché riescano a garantire dei prodotti che rilascino pochi metalli durante la lavorazione.

3.4 Aspetti finanziari

-> *Il limo di segagione non rappresenta solo un tema sul piano volumetrico ed ecotossicologico, ma possiede pure precise dimensioni finanziarie per il settore o la singola azienda. Quanto segue rappresenta un riassunto dell'**analisi economica dei costi interni di smaltimento del limo**, svolta nell'ambito del presente progetto INTERREG da parte di Flaminio Cadlini e Oscar Gonzalez (Università della Svizzera Italiana – Istituto Ricerche Economiche). Per una visione più completa della tematica si rimanda al rapporto specifico.*

Intento della ricerca era di effettuare un'analisi dei costi derivanti dallo smaltimento dei fanghi di segagione per le imprese operanti nel settore lapideo ticinese e nella Provincia di Verbania-Cusio-Ossola (VCO) e di servire da giudizio economico nella scelta di possibili riutilizzi alternativi del limo.

Per svolgere un'analisi settoriale è stato necessario sottoporre un questionario alle imprese, con l'obiettivo di raccogliere dati inerenti i costi di smaltimento del limo. In particolare si sono richieste informazioni sui macchinari utilizzati in azienda, sulla quantità di limo prodotta, sul materiale lavorato, sugli occupati, sugli impianti di smaltimento, sui costi di smaltimento suddivisi in gestione e manutenzione impianto smaltimento, costi di stoccaggio limo in azienda, costo di carico e trasporto, costi di deponia in discarica e sul fatturato.

In generale si può affermare come la quantità e qualità dei dati non sia eccellente. Parecchie aziende hanno omesso di completare alcuni campi importanti quali la cifra d'affari o il costo del limo. Ciò ha precluso che si riuscisse a stilare delle importanti considerazioni e conclusioni in merito. La carenza di dati, ma pure la diversa struttura delle aziende nelle due aree, ha reso necessaria una segmentazione per classe dimensionale le aziende ticinesi (grandi e piccole), mentre sono state suddivise per tipologia d'azienda nel VCO (Laboratori, Laboratori con segheria, Segherie – Vedi rapporto economico completo).

La problematica dei costi di smaltimento del limo è stata affrontata seguendo tre scenari:

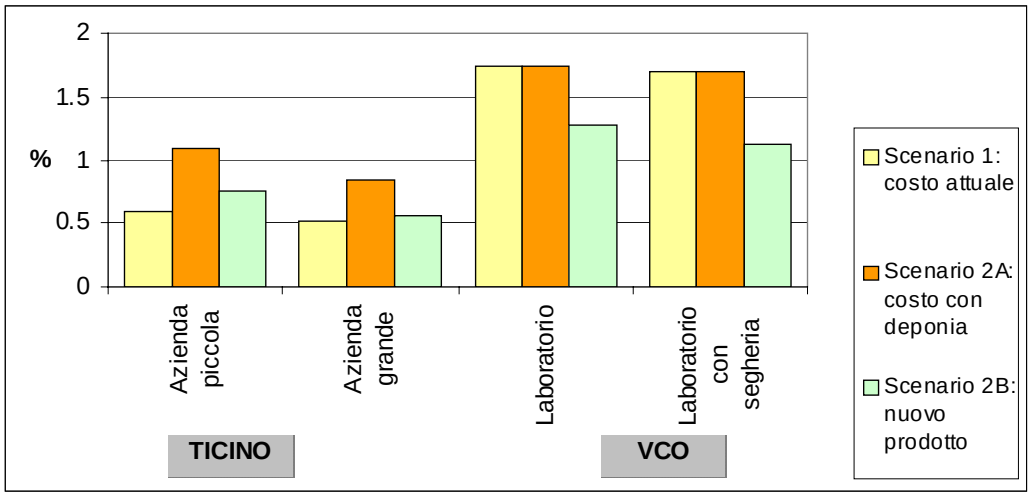
1. **il costo attuale del limo:** in questa fase del rapporto l'interesse è focalizzato nella valutazione del costo di smaltimento effettivo sostenuto attualmente dalle imprese;

2A. il costo del limo con deponia centralizzata: in questo scenario si stimano i costi di smaltimento ipotizzando che tutti gli operatori depositino il limo in una deponia autorizzata. Questo è quanto già succede nel VCO e sarà la prassi nel prossimo futuro in Ticino;

2B. costi-benefici di nuovi prodotti: in questa sezione compare il principio di riutilizzo del limo quale componente di un nuovo prodotto. In particolare si valuta l'impatto economico del limo quale componente per la produzione di composto vegetale.

Il grafico a margine mostra come evolve il costo di smaltimento sulla base del fatturato a dipendenza dello scenario analizzato e dal tipo di azienda.

Costo dello smaltimento a dipendenza dello scenario, tassi percentuali in rapporto al fatturato, Ticino e VCO



In particolare dal grafico si nota come:

- l'aspetto più importante è dato da un calo generalizzato dei costi per la variante relativa al riutilizzo in un nuovo prodotto. Il presupposto per la produzione di questo nuovo prodotto, il composto vegetale, è che il limo non sia troppo inquinato . Ciò implica, ad esempio, da parte degli operatori un servizio di manutenzione regolare ed accurato ai macchinari come pure un'attenzione particolare a tenere separato diversi tipi di residui di lavorazione e rifiuti;
- in Ticino questo ultimo scenario permette di mantenere praticamente inalterati i costi su livelli precedenti l'applicazione della legge federale;
- nel VCO si osserva una tendenza analoga per le diverse tipologie di laboratorio. Vi è però ancora un punto oscuro per quanto riguarda i costi di recupero del ferro. Infatti il costo finale dipende dal costo dal processo di recupero della parte ferrosa utilizzata durante la segagione. Se questo processo fosse oltremodo oneroso, queste aziende potrebbero preferire il deposito in discarica piuttosto che il riutilizzo.

Dallo studio si è potuto capire come il costo di smaltimento dipenda dal volume di limo prodotto e come sia legato alla dimensione aziendale e alla tecnologia adottata nel processo produttivo. Di fatto, maggiori sono i volumi, più contenuti sono i costi unitari. L'impatto è dunque maggiore per le imprese di piccole dimensioni.

I dati raccolti e il diverso tipo di azienda permettono un confronto limitato tra le aziende di aree geografiche diverse ma sembrerebbe che in Ticino i costi siano leggermente inferiori.

Quale termine di confronto vi sono i Laboratori che sono relativamente simili in entrambe le regioni e presentano un costo di smaltimento al metro cubo di limo essiccato attorno ai 47 franchi in Ticino e di circa 42 Euro nel VCO (scenario 1, costo attuale).

Considerando lo stesso scenario per entrambe le aree (scenario 2B: costo con deponia centralizzata) si arriva ad un prezzo per il Ticino di 57 franchi al metro cubo, che è inferiore al corrispondente italiano di 42 Euro.

4 IPOTESI ESISTENTI SUI POSSIBILI CAMPI DI UTILIZZO

Di seguito vengono presentati alcuni possibili campi d'impiego, in parte già adottati in passato a titolo sperimentale, in altri casi ancora da verificare. Si tratta unicamente di una descrizione succinta, i possibili impieghi nel settore verde vengono ripresi e descritti nel dettaglio in fase di sintesi del presente rapporto.

4.1 Nel settore agricolo e nel recupero ambientale

L'impiego del limo di segagione nel settore verde può avvenire in modalità differenti, sia in qualità di miscela con composto, sia puro o disciolto in acqua. L'uso è conosciuto da tempi remoti, basti pensare all'effetto di fertilizzante già riconosciuto al prezioso limo deposto annualmente dal Nilo lungo le sue sponde.

Un uso ragionato fu ripreso in Germania verso la metà dell'800, propagato dalla scuola steineriana nell'agricoltura biodinamica e nelle conoscenze popolari. Un'abbondante letteratura esiste a questo proposito (MIRO, 2004; Vez, 1995; Emmermann 1984) e numerosi siti internet (vedi allegati) informano e/o promuovono l'utilizzo di farina di roccia.

Le rocce più preziose in tal senso sono senza dubbio quelle basaltiche, in secondo luogo sono ritenute di alto valore le miscele di rocce diverse, siano esse artificiali, siano naturali, presenti spontaneamente in natura sui fronti glaciali, quale prodotto dell'erosione di bacini collettori costituiti da diversi tipi litologici.

Miscele di limo sono quindi impiegate e studiate come ammendante (suoli agricoli, terreni da orto, manti erbosi, ecc.). L'uso è ben conosciuto e praticato con le rocce carbonatiche (calcari, dolomie e marmi, vedi p. es. Vez, 1995). Le basi scienifiche più recenti all'avanguardia a livello mondiale sono state fornite da Harley & Gilkes (2000) i quali, con il loro lavoro intitolato *"Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock podwers: a geochemical overview",* hanno messo in evidenza in modo esteso il ruolo delle farina di roccia silicee nel ciclo biogeochimico dei nutrienti.

La nazione che attualmente fa maggior uso di farina di roccia sarebbe l'Australia (MIRO, 2004), dove i terreni siccitosi, dilavati o "antichi" vengono spesso migliorati con l'impiego di diverse farine di roccia, in particolare quelle basaltiche; in Europa il leader nell'uso di farine di roccia in agricoltura (biologica) è la Germania.

Alle nostre latitudini l'impiego di limo nel settore verde potrebbe preludere ad un reimpiego su vasta scala permettendo virtualmente la valorizzazione di quantitativi importanti di limo di segagione derivanti dal settore lapideo; i possibili usi identificati sono i seguenti:

Quale remineralizzante del suolo ovvero come **ammendante per un impiego mirato** nei terreni utilizzati in agricoltura, a pascolo, in viticoltura, orticoltura e giardinaggio, puro, in minuscoli granuli seccati, o con miscelazioni fino al 30% con compost. L'impiego oculato di limo derivato da rocce di tipo siliceo assicura:

- un modesto ma significativo apporto di minerali paramagnetici (Lees, 2003) e di nutrienti principali (potassio, fosforo) e di numerosi micro-elementi, sia in forma direttamente utilizzabile dalla pianta, sia in forma di riserva
- il tamponamento del pH (i.p. per terreni acidi, pascoli acidificati, ..., Vez, 1995)
- l'aumento della capacità di ritenzione idrica (i.p. per terreni filtranti, con abbondante scheletro)

Nella **formazione di terreni artificiali** (substrato terroso) in qualità di miscele limo-compost-componenti grossolane in proporzioni variabili a dipendenza della tipologia di terreno richiesto (compenso per terreni soggetti all'erosione, bonifiche di terreni aridi, formazione di terreni mesofili, terre da orto, ecc.).

Per **piantagioni forestali** (miscela nella buca di impianto) **e substrato per la formazione di biotopi aridi** (prati magri) **o biotopi palustri** (impianti di vegetazione palustre) quale componente principale che influisce sulla ritenzione idrica.

Nel **florovivaismo,** in sostituzione di antiparassiti per il controllo biologico di funghi, pidocchi e parassiti delle piante (farina di roccia diluita in acqua).

In letteratura e presso i citati siti internet vengono pure segnalati **altri possibili usi** (deodorante per stalle, additivo per colaticcio, additivo per mangimi, sottofondo di impianti equestri, lettiera per animali, mineralizzatore dietetico, ...)

4.2 Nel settore artigianale/industriale

Per completezza d'informazione vengono qui sintetizzate alcune ipotesi di riutilizzo raccolte in fase di allestimento del presente progetto Interreg. Per parte svizzera esse non sono state approfondite nel dettaglio in quanto lo studio si è concentrato sugli impieghi del limo nel settore verde. Informazioni più dettagliate si trovano presso gli altri rapporti settoriali della ricerca, in particolare il rapporto del Politecnico di Torino e in studi eseguiti negli scorsi anni quali Assocave (1995) e Tecnolab (2001). Per una panoramica a livello globale MIRO (2004) fornisce numerosi spunti passando in rivista le diverse opzioni.

Impiego come stabilizzante per sottofondi e rilevati stradali. Il limo in questo caso verrebbe trattato e macinato insieme ad altri materiali per la produzione di uno stabilizzato impiegabile principalmente nella costruzione di strade. L'uso appare precluso almeno per quanto concerne il Canton Ticino, dove in genere si segnala un eccesso di particelle fini nei materiali di sottofondo, per cui spesso si rende necessario il lavaggio dei limi presso tutti gli impianti degli inertisti (anch'essi quindi produttori di limo).

Impiego come filler per conglomerati bituminosi. Il materiale è utilizzabile come filler (additivo finissimo di rocce macinate che costituisce l'elemento di riempimento delle porosità dello strato portante) negli strati bituminosi che costituiscono il "collegamento " tra il sottofondo ed il manto di finitura. Il mercato sembra del tutto saturo, almeno per quanto concerne il Canton Ticino, dove gli inertisti e ditte di pavimentazione già producono in proprio (ed in eccesso) le frazioni limose occorrenti.

Impiego per la produzione di cementi, mattoni e laterizi. Data la stretta affinità tra i fanghi derivanti dalla lavorazione del granito ed i materiali argillosi, è possibile ipotizzare un loro impiego in questo settore. A seconda delle proporzioni di limo, questa produzione è senz'altro possibile, meno chiari sono i costi e la competitività sul mercato. In Inghilterra è ormai di uso corrente l'impiego di piastrelle e tegole derivate dal riciclaggio di scarti, fra i quali figura pure il limo di segagione, commercializzate con discreto successo come "prodotto ecologico" (MIRO, 2004).

Impiego quale impermeabilizzante e coibentante nelle discariche. La condizione necessaria per cui un materiale possa essere impiegato quali impermeabilizzante nelle discariche

è quella di avere una conducibilità idraulica inferiore a 10-7 cm/s; i fanghi di origine granitica presentano valori maggiori (10-5-10-6 cm/s), è possibile tuttavia miscelarlo con materiali più pregiati al fine di ottenere le prestazioni in termini di conducibilità richieste. Un uso simile è oggetto di studio presso il Politecnico di Torino (vedi rapporto parallelo) ed é già realizzato all'estero (MIRO, 2004).

Aggregati sintetici: sfruttando le particelle fini presenti nel limi e le proprietà delle resine artificiali è possibile fabbricare manuffatti di vario genere (MIRO, 2004).

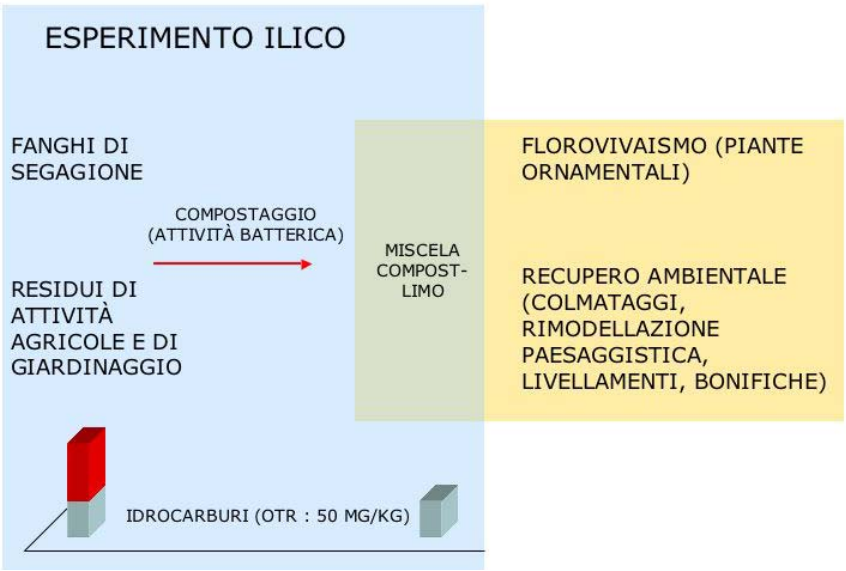
Elementi decorativi in resina e farina di roccia promossi sul web

Nella letteratura e presso i citati siti internet vengono pure segnalati **altri possibili usi** (sostanze abrasive, superfici antisdrucciolo, filtraggio, produzione della carta, , ...)

5 ANALSI SETTORIALI

5.1 Esperimento ILICO – applicazione dei principi del biorisanamento per la riduzione degli idrocarburi presenti nel limo

L'esperimento ILICO (Idrocarburi, Limo, Compost) illustrato di seguito, è stato svolto in stretta collaborazione con la SPAAS (Dipartimento del Territorio), la Bettazza Graniti SA e la Compodino SA. Esso si prefiggeva di verificare la possibilità di ridurre la concentrazione di HCtot nel fango di segagione tramite miscelazione e compostaggio con materiale verde, come mostra lo schema seguente.



Il composto così ottenuto dovrebbe soddisfare le esigenze qualitative dettate dalla legislazione in materia (Ordinanza federale tecnica sui rifiuti del 1990; Decreti Ministeriali 471-99; 748 – 84) e quindi essere impiegato in varie utilizzazioni nell'agricoltura o nel settore verde.

5.1.1 Il principio del biorisanamento

Il biorisanamento consiste nell'applicazione di trattamenti biologici nella bonifica di suoli, sottosuoli o acque sotterranee inquinate.

[4]I microrganismi hanno la capacità naturale di degradare specifici composti organici. Sfruttando tale potenzialità, il biorisanamento si basa sull'accelerazione o l'attivazione dell'attività microbica mediante il controllo della concentrazione di nutrienti (come azoto, fosforo) e l'aggiunta di altri reagenti (come ad esempio l'ossigeno) che favoriscono la degradazione del composto interessato. Un processo di biodegradazione può portare ad una completa conversione del composto organico tossico in prodotti finali inorganici e innocui oppure indurre modificazioni che trasformano il composto originario in altri composti organici diversi.

Vi sono tre classi principali di reazione: ossidazione aerobica (con apporto di ossigeno quale reagente), ossidazione anaerobica (in assenza di ossigeno, con altri composti quali elettron-accettatori) o declorurazione riduttiva anaerobica (riguarda la degradazione di composti organici clorurati attraverso reazioni riduttive).

[4] da: Tunesi Simonetta e Napoleoni Quintillo, *Tecnologie di bonifica dei siti inquinati – I libri di ambiente e sicurezza*, Il sole 24ore, Milano 2003

Nel caso in esame il processo di biorisanamento aveva quale scopo l'abbattimento degli idrocarburi totali (C10-C40), ciò è possibile mediante l'ossidazione aerobica. Questo percorso metabolico avviene in presenza di ossigeno che funge da elettron-accettatore finale. L'ossidazione del benzene (C6) riportata di seguito è un esempio di reazione di ossidazione aerobica:

$$C_{16}H_{16} + 24O_2 \rightarrow 16CO_2 + 16H_2O$$

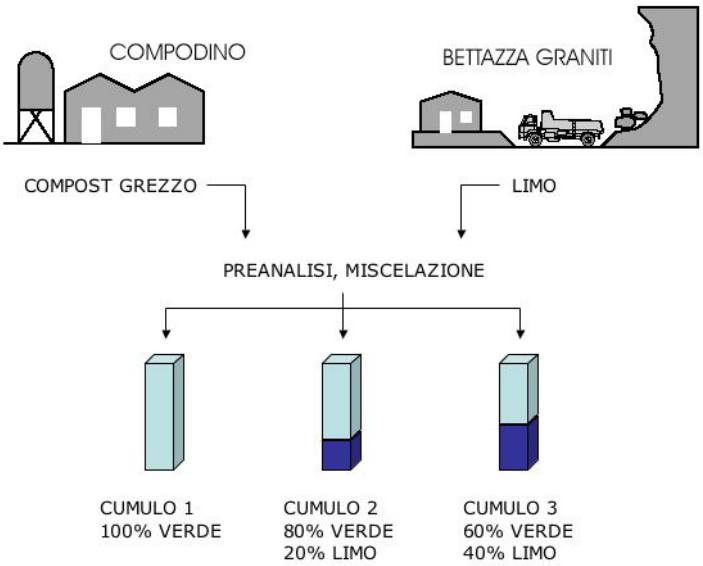
La reazione, che avviene internamente ai suoli, è quindi accompagnata da una progressiva diminuzione della concentrazione di ossigeno ed un aumento della concentrazione di anidride carbonica. Questi cambiamenti richiedono un costante monitoraggio nei trattamenti di risanamento.

Il risanamento di terreni da idrocarburi di origine petrolifera, mediante degradazione aerobica, è stata la prima e più frequente applicazione delle tecnologie biologiche. L'efficacia di tale processo metabolico e ritenuto efficace il tasso di rendimento netto si situa attorno all'80% i valori massimi al 90%.

5.1.2 Elementi della sperimentazione

L'esperimento è stato preparato miscelando fango di segagione della ditta Bettazza Graniti (Cevio), opportunamente arricchito con idrocarburi in modo tale da risultare molto inquinato (**625 ppm**), con scarti vegetali macinati presso la Compodino SA (Locarno), una ditta ufficialmente autorizzata a fare del compostaggio.

I tre cumuli per un volume complessivo di 10 m3 presentavano diverse percentuali volumetriche di limo di segagione (0%, 20%, 40%).



cumulo 1 (100%verde)

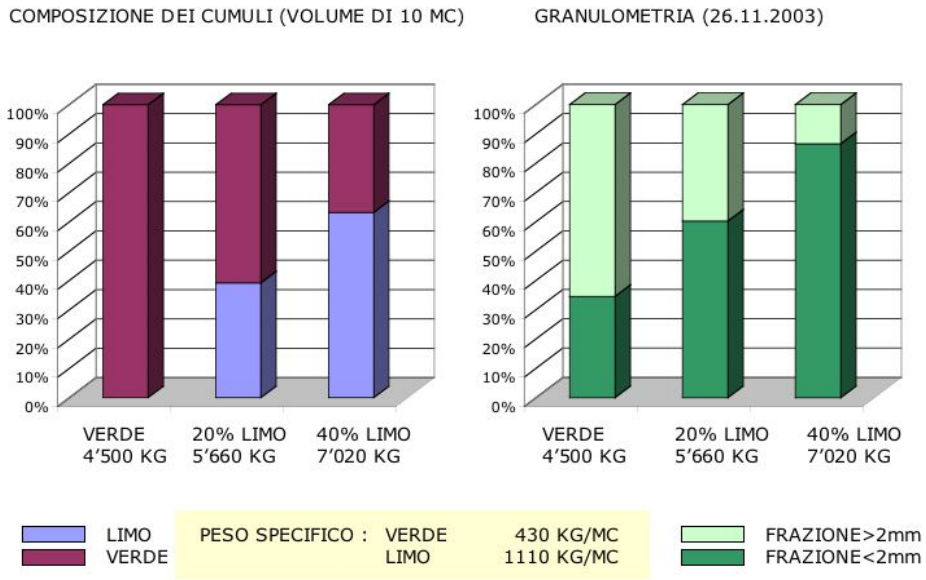
cumulo 2 (80%verde / 20%limo)

cumulo 3 (60%verde / 40%limo)

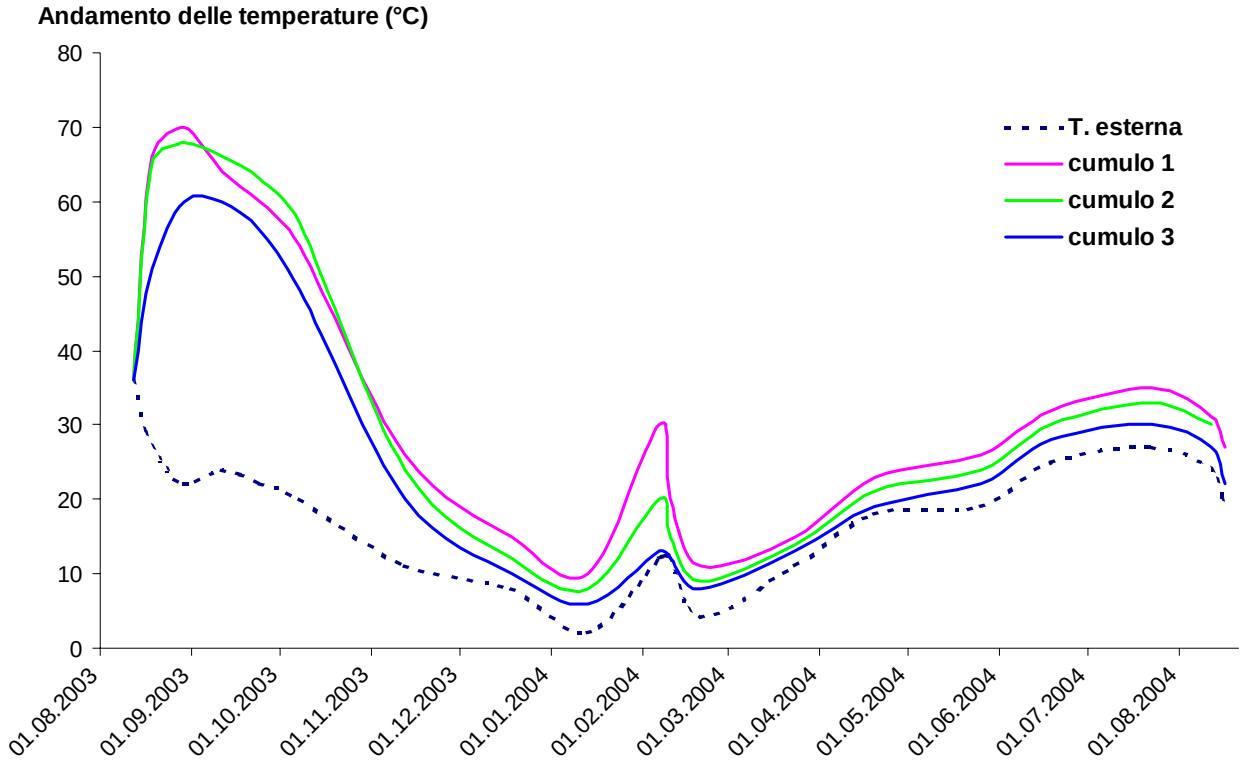
(foto: 26 marzo 2004 – dopo 6 mesi di maturazione)

Il grafico seguente mostra la composizione dei cumuli in funzione del peso specifico e della granulometria. Ricordiamo come il peso specifico del fango di segagione sia più del doppio di quello del materiale verde, pertanto nel cumulo 3 il limo rappresenta il 70% del peso totale.

Il fango di segagione è formato da particelle molto fini, nel cumulo 3 vi era solo il 15% di materiale grossolano, prevalentemente fibroso.



Come per un processo di tipo classico, dall'inizio del processo di compostaggio sono state misurate regolarmente le temperature interne dei cumuli. Questo dato permette di monitorare indirettamente l'azione batterica (processo di compostaggio) interna dei cumuli.



Il processo di compostaggio è stato svolto secondo le normali regole dell'arte, senza l'aggiunta di additivi, con le medesime tecniche messe a punto per la produzione di un terriccio di qualità.

In questo senso si è voluto testare se vi erano delle possibilità di smaltimento presso una filiera già affermata in tutta la Svizzera, già presente sul territorio con impianti di scala per il compostaggio di scarti verdi e la commercializzazione dei prodotti finiti, tale quindi da poter raccogliere e valorizzare dei volumi ingenti di limo.

L'esperimento é stato monitorato per 14 mesi con l'apporto ed il controllo delle autorità cantonali. I primi 5-6 mesi rappresentano la fase di fermentazione con la massima attività batterica interna, la quale ha portato ad un forte incremento delle temperature che si distanziano di quasi 50°C dalla temperatura atmosferica. Alla fine del periodo invernale, un repentino riscaldamento della temperatura esterna (febbraio 2004) ha portato ad un temporaneo riavvio della fermentazione, subito interrotto da un nuovo calo delle temperature dell'aria. Gli ultimi 6 mesi rappresentano il periodo di maturazione del prodotto, in questo caso le temperature interne dei cumuli seguono l'andamento della temperatura estera. L'azione batterica viene sostutuita da quella della microfauna.

Com'era da prevedere l'elevata percentuale di limo inibisce parzialmente l'azione batterica, di conseguenza la temperatura del cumulo 3, povero di materiale verde, ha raggiunto un valore massimo più tardi e di 10 gradi inferiore a quello misurato negli altri due cumuli. In quest'ultimo cumulo il processo di fermentazione é stato comunque marcato, con il raggiungimento di una temperatura massima dopo 1 mese di oltre 60°C. La ragione di questo risiede probabilmente nelle proprietà intrinseche del limo, ricco di elementi minerali e di oligo elementi che fungono da stimolante naturale dell'azione batterica.

A prescindere dalle percentuali più o meno elevate di limo introdotte a titolo sperimentale, il materiale vegetale grezzo è stato lavorato con la medesima tecnica abitualmente impiegata dalla ditta Compodino SA per la produzione di compost qualitativo. La ditta ha infatti provveduto ad un controllo della bontà del procedimento, verificando la qualità degli scarti vegetali in entrata e svolgendo gli interventi di gestione necessari (copertura invernale, periodico capovolgimento dei cumuli, ecc.)

Il ciclo di produzione seguito dalla Compodino SA si innesca naturalmente con la fermentazione dei carboidrati. Esso si estende sull'arco delle 4 stagioni di un anno, come del resto avviene in natura.

Meritano un accenno anche i diversi attivatori per compost e biorisanamento, brevettati e tenacemente propagandati in diversi modi (...). I maggiori produttori di compost svizzeri che parimenti operano con il biorisanamento naturale affrmano senza eccezioni e sulla base della loro esperienza più che ventennale che il ricorso ad attivatori artificiali (amidi, enzimi, elementi minerali, zuccheri a catena lunga, ...), tali da accelerare il processo di fermentazione, è in genere ritenuto inutile se non controproducente se si intende conseguire un prodotto di qualità (ammonio troppo elevato, presenza di parti indecomposte, nitrificazione incompleta).

5.1.3 La determinazione degli Idrocarburi nelle miscele

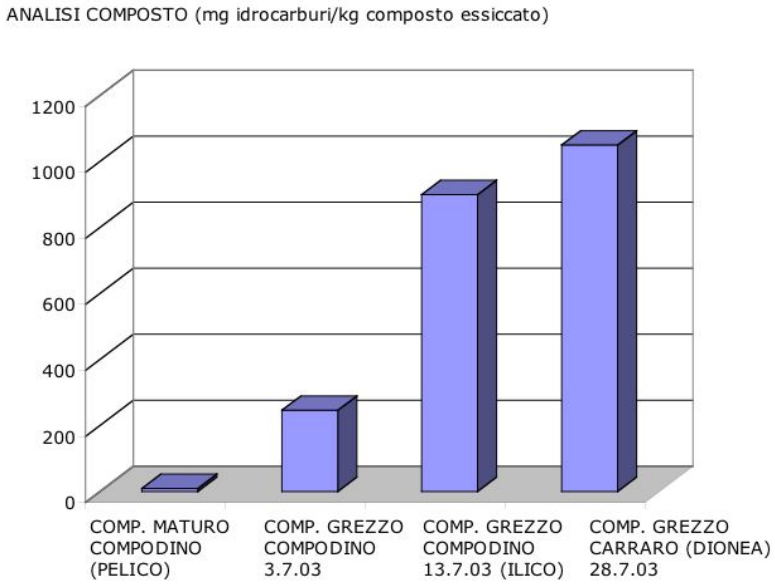
Per la determinazione della presenza di HCtot è stato utilizzato il metodo no. 48 edito dal Dipartimento Federale dell'Interno, al quale fanno riferimento i valori limite indicati nella legislazione svizzera. Questo metodo prevede che il campione venga sottoposto ad estrazione con percloroetilene. L'estratto contenente gi idrocarburi, purificato dalle componenti polari tramite passaggio su una colonnina di Alox, viene misurato all'infrarosso.

Per la quantificazione vengono considerate le bande di assorbimento a 2925 e 2960 cm-1 e confrontate con una miscela standard di riferimento (Simard)

Nella misurazione della concentrazione di idrocarburi nei cumuli ci si è subito scontrati con un problema di tipo analitico: i risultati delle analisi indicavano infatti valori elevati già nel materiale verde, dovuti alla presenza di composti organici naturali non polari (terpeni, oli essenziali e altre sostante aromatiche). Essi vengono rilevati come fossero idrocarburi nel metodo di analisi utilizzato che contempla la separazione delle componenti polari prima della misura all'infrarosso.

Il metodo di analisi, idoneo per la determinazione degli oli minerali nel fango di segagione, si è quindi rivelato meno adatto per la miscela contenente composti organici naturali, una parte dei quali si ritrova nel risultato finale, come mostrano le analisi di materiale verde compostato riprodotte nella figura seguente

In genere oli essenziali, terpeni e affini – descrivibili come composti organici naturali non polari – vengono progressivamente degradati nel processo di compostaggio fino a sparire del tutto nel composto maturo.

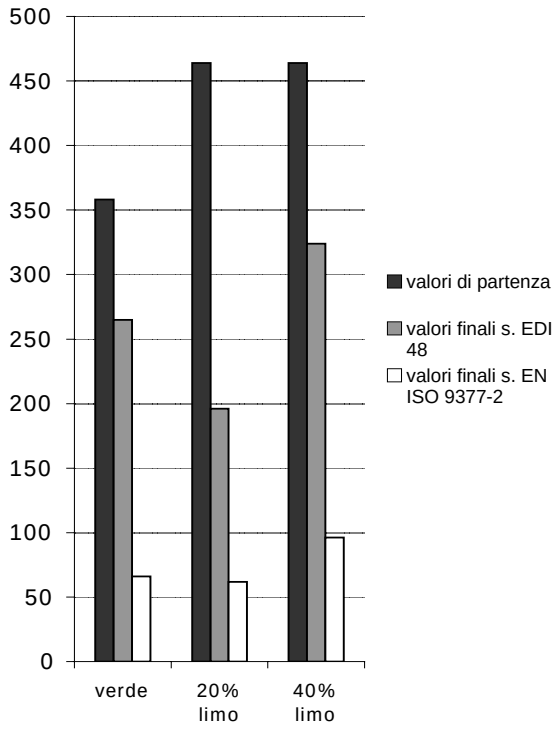


La scelta del metodo EDI 48 è dovuta al fatto che si tratta del metodo ufficiale al quale si riferiscono i limiti fissati nella legge svizzera e che è stato utilizzato con successo per determinare le concentrazioni di olio nei fanghi di segagione. In questo caso, questo metodo analitico non è però sufficientemente selettivo per rapporto ad un materiale ricco di composti organici naturali i quali, nonostante la separazione su un'apposita colonna cromatografia, hanno raggiunto concentrazioni non trascurabili nell'estratto destinato all'analisi, sommandosi alla componente degli oli minerali da determinare. A questo inconveniente va ad aggiungersi la grande inomogeneità creatasi con il mescolamento di materiali così diversi nella granulometria quali il verde, ricco di parti fibrose ed il limo, con particelle molto fini.

Il metodo di analisi EN ISO 9377-2 prevede un pretrattamento del campione da analizzare simile al metodo EDI 48. L'estratto viene però ulteriormente separato nelle singole componenti in un processo di gascromatografia. I singoli composti chimici passano attraverso un detettore a ionizzazione di fiamma, in modo sequenziale, dal meno pesante al più pesante. Vengono quantificati gli idrocarburi con un numero di atomi di carbonio compreso tra 10 e 40, campo del quale fanno parte gli oli minerali. Questo metodo può pertanto essere considerato più idoneo per la definizione delle concentrazioni di idrocarburi nel nostro caso specifico, con un campione miscela limo-compost, e permette quindi di apprezzarne il tasso netto di abbattimento.

5.1.4 I risultati del biorisanamento

Il grafico seguente illustra i risultati dell'esperimento che si è protratto per la durata di un anno. I risultati sono riferiti alla frazione di materiale inferiore a 2mm di diametro.

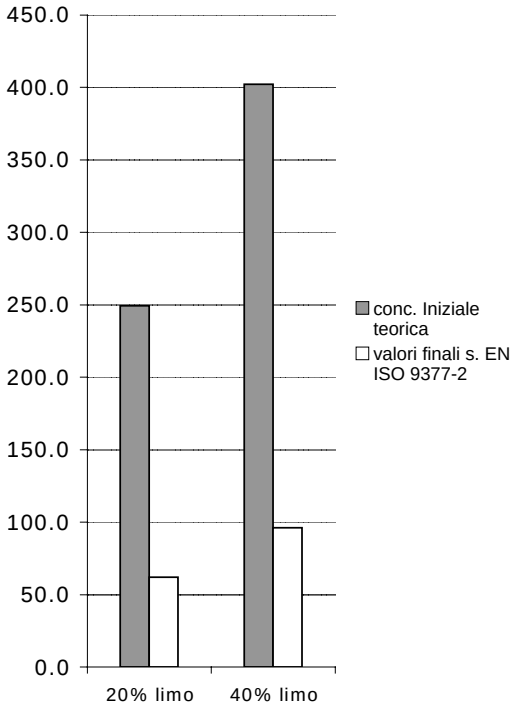


Se si considera il risultato ottenuto applicando il metodo gascromatografico EN-ISO 9377-2 si ottiene una concentrazione finale di idrocarburi che si situa attorno a 50 mg/kg. Con il metodo previsto dal Dipartimento federale dell'Interno (EDI 48) la concentrazione finale si situa tra 200 e 300 mg/kg.

In ambedue i casi la differenza tra il materiale verde di riferimento e il materiale misto contenente limo non si differenzia in modo significativo. La riduzione degli idrocarburi per rapporto al valore iniziale supera di poco il 50% nel migliore dei casi (20% limo).

L'esperimento ha dimostrato che il processo di compostaggio di materiale verde misto a limo porta ad un'effettiva riduzione del contenuto di oli minerali che risulta però difficilmente quantificabile con i metodi analitici normalmente adottati.

Con una concentrazione di idrocarburi di partenza nel limo di 625 ppm, le concentrazioni finali ottenute, misurando con il metodo gascromatografico EN-ISO 9377-2, si situano attorno al valore di 50 mg/kg rientrando nei limiti previsti dall'Ordinanza federale tecnica sui rifiuti.



Ammettendo che il materiale verde non contenga oli minerali (grafico sotto a sinistra), e ricalcolando i tenori iniziali nei mucchi con 20 e 40% di limo con le concentrazioni verificate nel limo inquinato, escludendo i benefici dell'effetto di diluizione nella matrice vegetale, **si sono osservati rendimenti di abbattimento netti tra il 75 e l'80 % capaci quindi di portare a valori legali dei limi miscelati a compost, anche se inquinati fino ad un massimo di 500 ppm.**

Quanto precede è sostenibile dato che nel limo sono presenti solo idrocarburi di origine minerale e quindi il metodo EDI 48 risulta applicabile senza inconvenienti. I risultati e le analisi sono depositati presso la SPAAS (Dipartimento del territorio).

5.1.5 Conclusioni dell'esperimento ILICO e prospettive

L'esperimento ha dimostrato che il compostaggio del limo, inquinato per un massimo di 500-600ppm di idrocarburi, con materiale verde in ragione di ca. 1/3 del volume iniziale (50-60% del peso) costituisce una possibile via di smaltimento, in quanto vi è un sufficiente abbattimento degli HCtot di origine minerale.

Abbiamo visto in fase di presentazione del problema (cap. 3.3 "*Il problema degli inquinanti: gli idrocarburi ed il Cobalto*") che gran parte dei limi prodotti nei laboratori del Cantone hanno concentrazioni di HCtot comprese tra i 50 ppm ed i 500ppm; per questi il biorisanamento rappresenta quindi un metodo efficace di trattamento. Per i limi di segagione con livelli di inquinamento maggiori di 500 ppm questo metodo non è per contro possibile, le misure che potrebbero essere adottate in sede aziendale per prevenire la perdita di lubrificanti permetterebbero però ai più di raggiungere tale soglia.

Il processo di compostaggio deve però essere qualitativo, condizione che in realtà in diverse piazze di compostaggio maggiori e in particolare in quelle di piccola-media dimensione (piazze comunali, compostaggi privati, ecc.) è piuttosto rara. Esso deve venire finalizzato alla produzione di terricci di qualità, svolto con cura in tutte le sue fasi e per tutto il tempo necessario, utilizzare componenti di partenza opportunamente vagliate e venir seguito da personale di provata esperienza.

Maggiori indicazioni in merito alle caratteristiche e le esigenze di qualità per l'ottenimento di un composto di qualità, possono sono ottenibili presso www.kompost.ch.

5.2 Esperimento PELICO – caratteristiche pedologiche delle miscele limo-compost nella formazione di suoli artificiali

In collaborazione con l'AIGT – Associazione Industrie dei Graniti e Marmi Ticinesi – è stato allestito il progetto PELICO (PEdologia – LImo – COmpost) descritto di seguito.

Se l'esperimento ILICO visto in precedenza ha permesso di dimostrare che entro certi limiti è possibile disinquinare dei limi di segagione carichi di idrocarburi attraverso un processo di compostaggio, nulla era ancora dimostrato sull'idoneità del prodotto finale così ottenuto. L'esperimento PELICO ha quindi lo scopo di verificare la natura ed il comportamento di questi suoli artificiali formati da miscele in proporzioni diverse di limo e compost maturo, per meglio conoscere la loro natura pedologica, il comportamento sul piano fisico-chimico, eco-tossicologico ed ecologico.

Presso la Compodino SA sono stati assemblati 4 suoli artificiali mediante la miscelazione intima in percentuali differenti di limo di segagione (farina di roccia silicea – ortogneiss - della cava "Boschetto", Cevio, Vallemaggia) e di compost maturo (produzione Compodino, maturazione 12-14 mesi) .

5 casse in legno di larice costruite a Losone hanno ospitato i seguenti suoli:

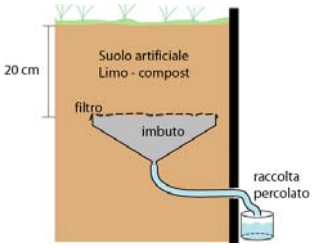
T0 terra da orto biologico, poco concimata

T1 20% limo 80% compost

T2 40% limo 60% compost

T3 60% limo 40% compost

T4 80% limo 20% compost



Per consentire la raccolta delle acque piovane d'infiltrazione dei terreni ("percolato") è stato allestito un sistema lisimetrico di raccolta posto a ca. 20cm sotto la superficie, come illustrato nella figura a lato.

Ad inizio dell'indagine (maggio 2003) é stato eseguito un rinverdimento dei terreni mediante miscela di sementi tipo Insubria®, senza tuttavia utilizzare concime di alcun tipo. La gestione è stata di tipo estensivo, senza l'apporto di fertilizzanti o diserbanti. Sono stati svolti due rilievi della vegetazione e due interventi di sfalcio nei mese di ottobre 2003 e ottobre 2004.

Per la verifica delle caratteristiche e delle qualità dei suoli si è proceduto a prelievi periodici di campioni di terreno, di "percolato" e della biomassa vegetale (parte aerea) verificando i seguenti parametri: pH, conducibilità, sostanza organica, azoto, fosforo, potassio, metalli pesanti principali (Fe, Ni, Co, Cu, Pb), idrocarburi totali e tessitura.

5.2.1 Caratteristiche dei suoli

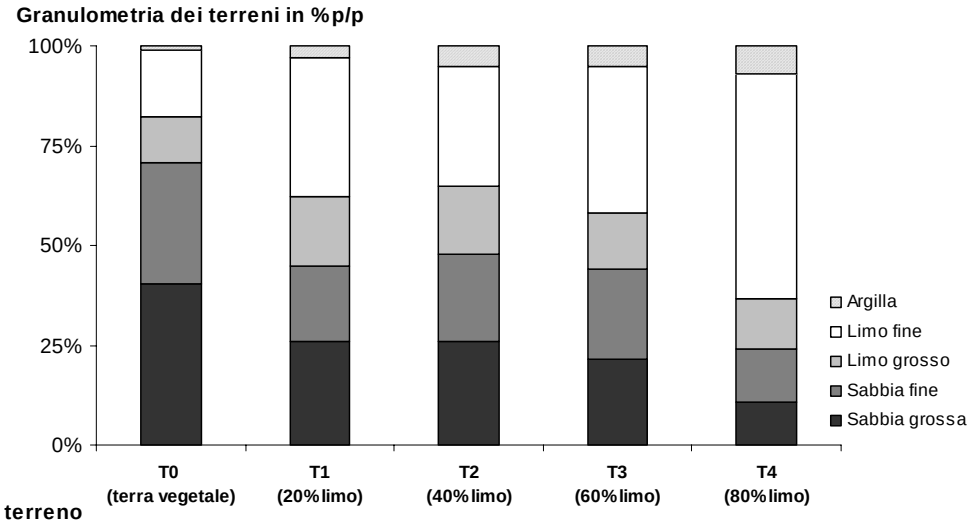
Con le analisi di laboratorio si è cercato di determinare sia le caratteristiche del suolo, sia le caratteristiche simili o divergenti fra i diversi terreni artificiali (T1-T4) ed un terreno da orto (T0) poco concimato.

Tutte le campagne d'analisi, effettuate sull'arco di 18 mesi (maggio 2003 – ottobre 2004), sono riportate nella tabella che segue. I risultati completi vengono invece inseriti in allegato al presente rapporto (allegato 2).

N. oss.	Data prelievo	Tipologia Terreno	Percolato	Vegetale
analisi 1	05.05.03	Tx-1	Px-1	no
analisi 2	02.07.03	Tx-2	no	no
analisi 3	06.10.03	Tx-3	Px-3	Vx-3
analisi 4	14.10.04	Tx-4	Px-4	no

Granulometria

Il grafico seguente riporta la ripartizione granulometria (tessitura) dei terreni artificiali realizzati. I valori esposti fanno riferimento all' analisi 4 (del 14.10.2004) svolta a conclusione dell'esperimento.



La terra vegetale da orto (campione T0), pure essendo formata prevalentemente da componenti sabbiose (oltre il 60%), possiede un quantitativo non trascurabile di componenti limose (pari al 20-30%). La ripartizione granulometrica di questo campione rappresenta un riferimento valido nella determinazione della tessitura ideale per la formazione di un terreno vegetale tipo.

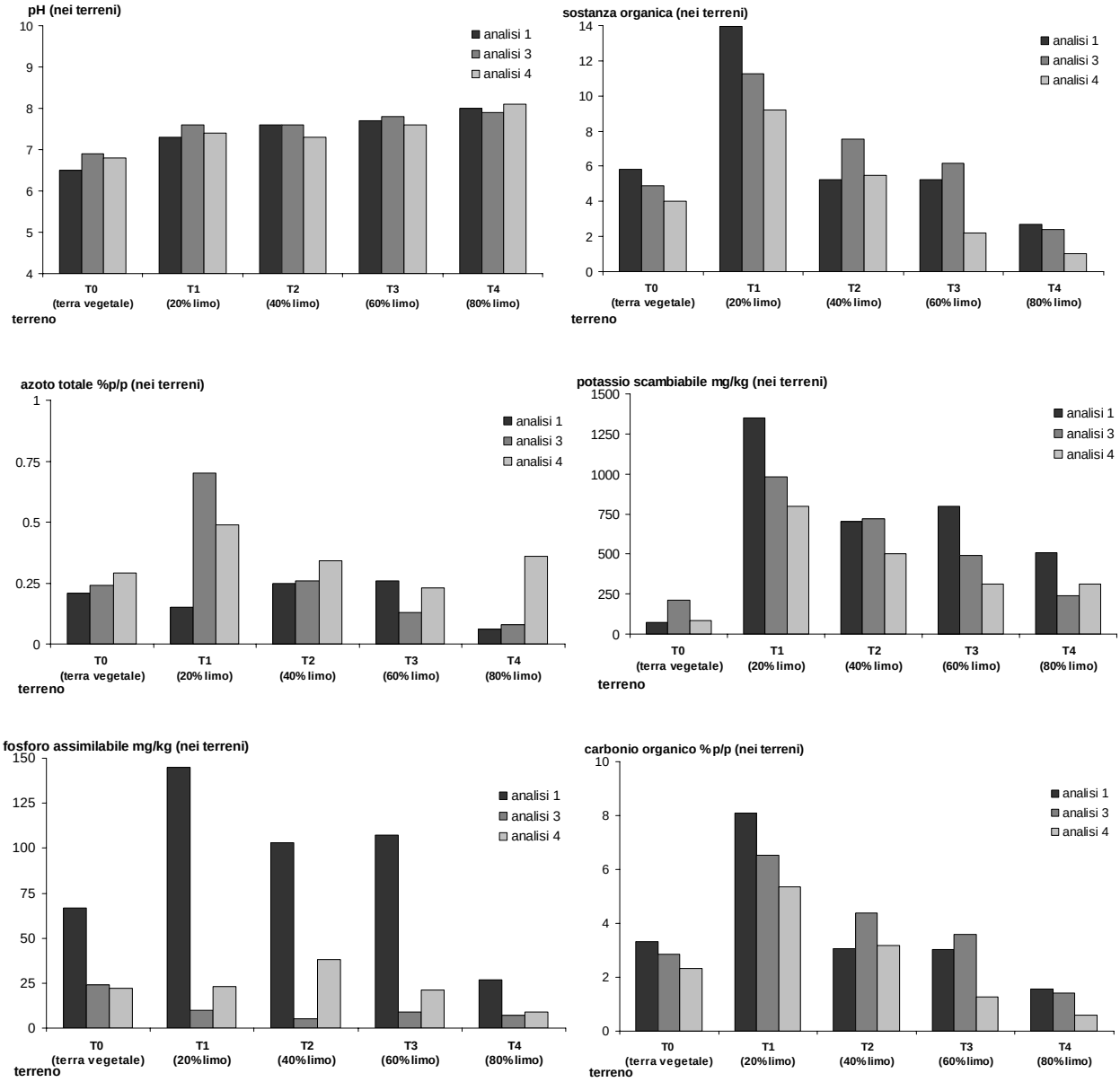
Nei terreni artificiali a miscela limo-compost, l'apporto di limo di segagione contribuisce ad un incremento delle parti fini a scapito delle sabbie più grossolane, mentre i limi più grossi nel complesso restano costanti.

Nei i terreni con un apporto di limo di segagione tra il 20% ed il 60% (T1-T3), il maggior contributo in parti limose rispetto ad un classico terreno vegetale, si situa a circa il 20-30% sul volume. Di conseguenza le sabbie si riducono al 45% ca.. Nell'ipotesi si volesse formare una terra vegetale tradizionale partendo da tali miscele bisognerebbe prevedere un'aggiunta di componenti grossolane (scheletri, ghiaia, sabbie) pari a circa il 25% del volume.

Nel caso T4 più estremo (limo all'80%) le particelle sabbiose si riducono addirittura al 25-30%, mentre le parti fini superano il 60% delle particelle presenti. In questo caso, per raggiungere una composizione granulometria tipica dei suoli vegetali, l'apporto di componenti grossolane (scheletri, ghiaia, sabbie) dovrebbe essere di almeno il 50% del volume.

Caratteristiche fisico-chimiche dei terreni

Particolarmente interessanti, nell'ottica di un utilizzo di queste miscele in ambito agronomico e naturalistico, risultano i valori riguardanti il pH, per la definizione dell'acidità dei terreni, come pure la sostanza organica, l'azoto totale, il potassio ed il fosforo assimilabile.



(l'analisi 2 non è stata considerata in quanto si era limitata alla misurazione degli idrocarburi)

Confrontando i risultati delle analisi qui esposti si può notare come le caratteristiche fisico-chimiche dei terreni, malgrado una costante tendenza alla riduzione dei minerali, siano generalmente rimaste stabili durante tutto il corso dello studio. Fa eccezione il fosforo che nel tempo di un anno dalla formazione del terreno ha ridotto la propria presenza mediamente del 70-80%

I risultati d'analisi dimostrano come il limo di segagione contribuisca ad accrescere il valore del pH dei terreni. Il limo può quindi portare ad un tamponamento del pH nei terreni acidi.

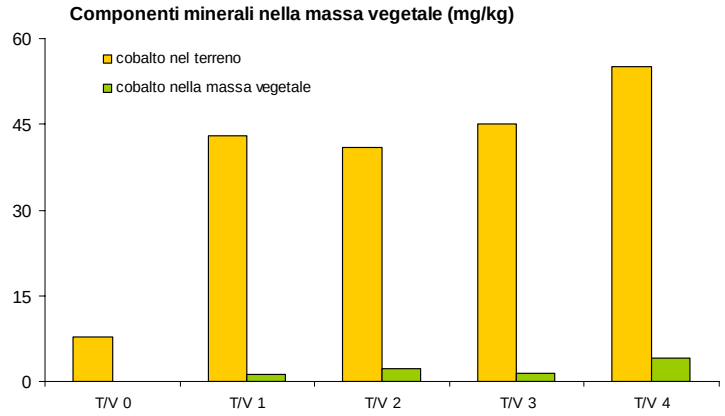
Con un contributo di limo compreso tra il 20% ed il 40% (sul volume) i terreni si arricchiscono di micro-elementi, e di sostanze nutritive quali il potassio, il fosforo, ecc., che costituiscono importanti nutrienti per la produzione vegetale.

Per un'analisi complessiva delle caratteristiche dei terreni artificiali a diverse miscele limo-compost proponiamo di seguito i dati completi riguardanti la campagna d'analisi T4, la quale può essere considerata rappresentativa in quanto è stata svolta dopo un intero ciclo vegetativo dei terreni (T4), concedendo agli stessi un periodo sufficiente per la consolidazione della struttura pedologica.

Terreno T4 (14.10.2004)	*Compost*	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*
	Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**T0-4**	**T1-4**	**T2-4**	**T3-4**	**T3-4**
conducibilità	uS/cm	103	150	130	144	100
pH		6.8	7.4	7.3	7.6	8.1
azoto totale	% p/p	0.29	0.49	0.34	0.23	0.36
calcare attivo	% p/p	0.9	0.3	0.5	2.3	0.7
calcare totale	% p/p	2.1	0.7	1.3	1	0.3
carbonio organico	% p/p	2.32	5.35	3.18	1.27	0.6
fosforo assimilabile	mg/kg	22	23	38	21	9
potassio scambiabile	mg/kg	85	800	500	310	310
rapp. carbonio/azzoto		8	10.9	9.4	5.5	1.7
sostanza organica	% p/p	3.99	9.2	5.48	2.18	1.03
cobalto	mg/kg	7.8	43	41	45	55
nichel	mg/kg	35	11.4	11.7	9.9	7
piombo	mg/kg	64	28	24	28	16.5
Idrocarburi Totali	mg/kg	30	80	300	380	170
TESSITURA						
Sabbi grossa	% p/p	40.2	25.8	25.9	21.6	10.7
Sabbia fine	% p/p	30.5	19	21.6	22.6	13.4
Limo grosso	% p/p	11.5	17.6	16.9	14	12.7
Limo fine	% p/p	16.8	34.6	30	36.7	56.2
Argilla	% p/p	1	3	5	5.1	7

caratteristiche dei terreni artificiali al termine dell'esperimento

Consci da principio della problematica "idrocarburi" e "cobalto" presenti nel limo di segagione, le analisi opportunamente orientate hanno confermato la presenza e persistenza, di queste due sostanze in concentrazioni elevate. Il cobalto dimostra inoltre la capacità di migrare – ancorché in deboli concentrazioni - nella biomassa vegetale, trovandosi in valori proporzionali alla sua presenza nel suolo.



Va segnalato come l'analisi degli idrocarburi si è rilevata complessa a causa di problemi di analitica citati in precedenza (differenze in parte spiegabili per l'approccio analitico nei confronti di "sostanze organiche naturali" non polari quali terpeni, oli essenziali e altre sostante aromatiche presenti negli scarti vegetali).

Caratteristiche delle acque d'esfiltrazione, il "percolato"

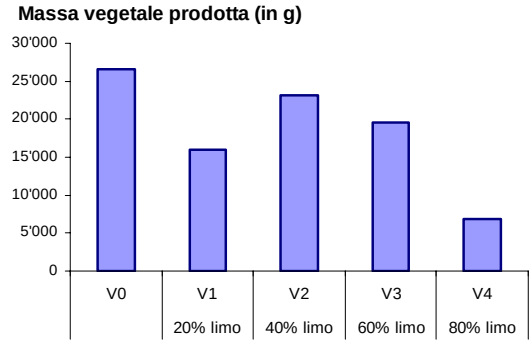
Le analisi svolte sul **percolato** hanno permesso di provare che nelle acque piovane che esfiltrano per gravità dopo aver attraversato uno strato di 20 cm di miscela limo-compost, gli idrocarburi erano praticamente assenti per tutte le tipologie di terreno. Stesso discorso vale per il Cobalto, di cui si è rilevato traccia solo in alcuni sporadici casi, e comunque in quantitativi trascurabili.

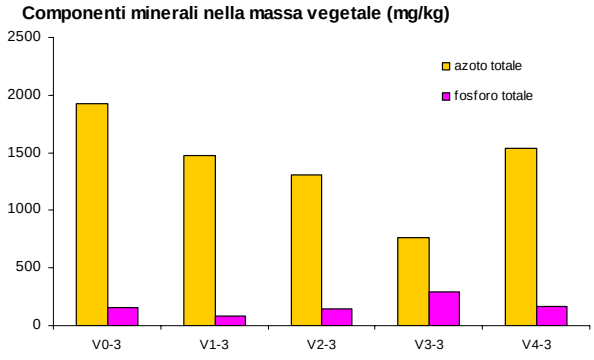
Queste informazioni sono rilevanti per valutare il possibile impatto ambientale di un impiego in natura della miscela limo-compost: esse confermano come gli idrocarburi (presenti in ragione di 200-400 ppm) ed il Cobalto (in quantità sui 40-50 mg/kg) si leghino fortemente alla matrice organica del suolo e pertanto non migrino verso gli strati inferiori e verso la falda freatica se non in presenza di quantità molto più elevate di quelle dell'esperimento PELICO oppure con l'impiego di limo puro, senza miscelazione con il compost.

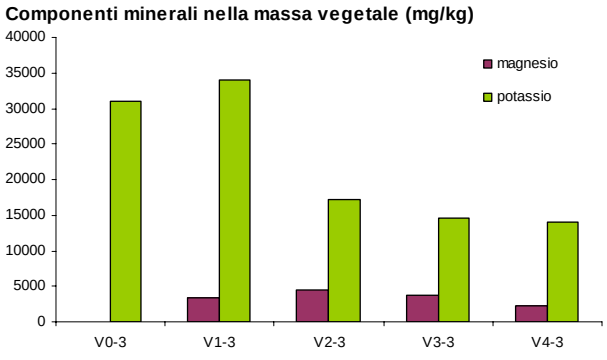
Caratteristiche della biomassa vegetale prodotta

In occasione dello sfalcio, eseguito nell'ottobre 2003 dopo i primi 6 mesi di sviluppo, sono stati eseguiti dei controlli qualitativi e quantitativi sulla biomassa vegetale risultante.

Questi hanno permesso di quantificare le caratteristiche della produzione vegetale "prodotta" dai diversi terreni: le miscele con percentuali fino al 40% di limo presentano la maggiore produzione, di poco inferiore a quella di un terreno da orto.







Per quanto concerne lo sviluppo di specie subspontanee quali quelle delle praterie, le osservazioni tramite rilievi della vegetazione, svolti sull'arco di 2 anni, permettono di fornire una prima valutazione delle reazioni di una miscela di rinverdimento (costituita da ecotipi autoctoni di erbe e fiori) ai diversi substrati.

Rilievo della vegetazione e di struttura sui terreni artificiali del progetto PELICO

Rilievi 6.10.2003

	T0 Terra da orto	T1 Comp 80 - Limo 20	T2 Comp 60 - Limo 40	T3 Comp 40 - Limo 60	T4 Comp 20 - Limo 80
Specie esotiche nitrofile, avventizie (invasive)	4 Digitaria sanguinalis 1 Chenopodium album	2 Solanum nigrum s.l. 2 Galinsoga parviflora 2 Echinocloa crus-galli 2 Chenopodium album 1 Digitaria sanguinalis 1 Amaranthus sp. + Erigeron canadensis +/2 Artemisia annua	3 Solanum nigrum sl. 2 Polygonum persicaria 2 Echinochloa crus-galli 2 Chenopodium album 1 Digitaria sanguinalis + Erigeron canadensis +/2 Artemisia annua	2 Solanum nigrum 2 Echinocloa crus-galli 1 Polygonum persicaria 1 Chenopodium album 1 Galinsoga parviflora +/2 Artemisia annua	2 Echinochloa crus galli 1 Setaria viridis 1 Chenopodium album 1 Buddleja davidii + Solanum nigrum + Erigeron canadensis
Specie nitrofile, ruderali (autoctone)	1 Glechoma hederaceum 1 Convolvulus arvensis + Bromus mollis + Taraxacum officinale + Cerastium semidec. s.l.	1 Convolvulus arvensis	+ Setaria viridis	+ Polygonum dumetorum + Cerastium semidec. s.l. + Taraxacum officinale	1 Taraxacum officinale 1 Setaria viridis + Seccale cereale + Salix caprea + Portulaca oleracea + Oxalis corniculata + Oenothera biennis
Resti colturali	1 Asparagus officinalis + Spinacia oleracea + Helianhtus annuus		+ Spinacia oleracea		
Specie autoctone da prateria magra o permanente	+ Oxalis acetosella + Ajuga reptans		1 Carex hirta + Oxalis acetosella	1 Dactylis glomerata 1 Carex hirta + Leontodon hispidus + Daucus carota	2 Dactylis glomerata 1 Vicia sp. 1 Trifolium pratense 1 Potentilla reptans r/+ Achillea millefolium r/1 Salvia pratensis + Verbascum thapsus + Plantago major + Leontodon hispidus + Festuca rubra + Festuca ovina + Daucus carota
Strutture a grumi o poliedriche	Dominanti	Presenza diffusa	Presenti	Rare / presenti	Assenti / rare
Radicazione della cotica	Intensa, fino a 30 cm	Fino a 15 cm, poi rada	Intensa, fino a 25 cm	Molto intensa, fino a 20/25 cm	Rada fino a 15 cm

Le specie che si sviluppano sono prevalentemente nitrofile e avventizie, derivanti da sementi presenti nel compost o migrati dalle vicinanze.

Miscele con meno di 70-80% di limo o – per extensu - di matrice inorganica sono quindi troppo fertili per permettere lo sviluppo di una prateria magra: le specie avventizie nitrofile, prendono il sopravvento sulle specie autoctone e su quelle tipiche delle prati naturali.

E` quindi immaginabile sviluppare substrati idonei per la "ricostituzione di praterie magre" – habitat di prima importanza nell'ambito della protezione della natura o in opere di

compensazione ecologica – costituendovi comunità simili a quelle dei molinieti (biotopi ad umidità cangiante, tipici di suoli asfittici), impiegando elevati quantitativi di limo di segagione.

Un esperimento condotto in parallelo da Ecosfera (vedi allegati) su delle zucchine, utilizzando il limo come ammendante per un terreno già situato in condizioni ideali, conferma le possibilità di impiego potenziale nel campo dell'orticoltura. In particolare le temute condizioni asfittiche non si verificherebbero se non oltre ad una soglia superiore al 10-15%.

Campioni di zucchini d'analisi esperimento Ecosfera

5.2.2 Conclusioni dell'esperimento PELICO e prospettive

Le osservazioni svolte durante l'esecuzione dell'esperimento PELICO hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni:

- miscele di limo-compost con limo in proporzioni non superiori al 40-50% del volume contribuiscono ad una maggiore ritenzione idrica grazie al fatto che influisce sulla tessitura del terreno arricchendolo di micropori
- malgrado l'assenza di carbonati nelle rocce granitiche, il limo di segagione può contribuire a tamponare in modo blando, ma utile il pH di terreni acidi
- un contributo di limo al 20%-40% nei suoli filtranti, acidi, contribuirebbe ad arricchire il suolo di potassio, magnesio, fosforo e altri numerosi micro-elementi interessanti per la produzione vegetale
- nei terreni troppo ricchi di limo (oltre 70%) la produzione di massa vegetale e i processi di mineralizzazione si riducono sensibilmente a causa dell'asfissia indotta dalle particelle fini. Su questi suoli poco fertili è però possibile sviluppare una vegetazione tipo prato magro con la seminagione di sementi di erbe e fiori (ecotipi autoctoni).
- in presenza di una matrice organica garantita dal compost (>20%) gli idrocarburi ed il Cobalto non vengono dilavati dalle acque di infiltrazione (valori nei percolati trascurabili), ciononostante concentrazioni elevate di idrocarburi e Cobalto potrebbero risultare problematiche: esse vanno preventivamente abbattute prima dell'impiego in natura (vedi esperimento ILICO)

- l'apporto di Cobalto nei concimi è regolamentato dall'Ordinanza del DFE sulla messa in commercio dei concimi (del 28 febbraio 2001) la quale limita l'apporto ad un massimo di 60g/ettaro all'anno in forma di ammendante puro; una concentrazione nella miscela limo-compost di 50mg/kg (come nel nostro caso) può per contro essere utilizzata secondo le necessità agronomiche purché abbia una concentrazione di Co < 60 ppm.
- a medio termine (dopo 2 anni) le caratteristiche fisico-chimiche dei suoli artificiali restano costanti, la formazioni di strutture poliedriche a piccoli grumi, possibile solo grazie alla presenza di compost di qualità, lasciano supporre un'evoluzione pedologica a lungo termine verso delle terre brune.

Riteniamo che per le miscele limo-compost vi siano delle buone prospettive in ambito agronomico, ortofrutticolo, del giardinaggio e del recupero ambientale in particolare quale ammendante per terreni acidi (>>incremento del pH), poveri di potassio, di fosforo e microelementi (>> apporto di cationi liberi, aumento della capacità di scambio) oppure molto drenanti (>>maggiore ritenzione idrica).

A seconda del tipo di suolo su cui si desidera applicare il limo, il contributo totale non deve però superare il 40%, ideale é un apporto frazionato su diversi anni, sminuzzato in particelle fini con il contributo di compost di qualità e opportunamente incorporato. In terreni perfettamente bilanciati l'apporto di 10% di limo non compromette le qualità agronomiche anche a fronte di colture sensibili. In ogni caso percentuali eccessive conducono a situazioni d'asfissia, riducono la permeabilità e influiscono negativamente sulla produzione vegetale. Potrebbero in tal caso risultare interessanti solo per la formazione di suoli artificiali in vista della rigenerazione di praterie magre, ricche di specie fiorite. Indispensabile in ogni caso è la miscelazione intima con compost di alta qualità.

Per mettere a frutto queste proprietà interessanti del limo di segagione vanno utilizzate le possibilità conosciute per la riduzione delle concentrazioni di idrocarburi (prevenzione in azienda, vedi anche esperimento ILICO) e per quelle di cobalto (derivante dalla diamantatura dei dischi da taglio, possibili alternative per ridurre il cobalto sono già state realizzate) in modo che il limo venga controllato preventivamente e se del caso bonificato per i parametri nocivi per l'ambiente.

5.3 Altre esperienze nel settore verde: antiparassitario

Sia da informazioni orali, che nella letteratura (op. cit.) sono spesso segnalati esempi di come venga utilizzata la farina di roccia come antiparassitario, pur non possedendo effetti come biocida.

A titolo di prova empirica sono state svolti su tre specie vegetali degli esperimenti che hanno perlomeno destato la curiosità dei ricercatori.

I motivi che farebbero agire in questo modo una sostanza relativamente innocua come il limo di segagione non sono del tutto chiariti. Le ipotesi sono sostanzialmente tre:

- l'apporto di cationi (i.p. il silicio) e micro-elementi in soluzione acquosa favorisce un'absorzione a livello fogliare che riequilibra e fortifica la pianta; questo la rende più resistente, rispettivamente, meno sensibile a determinati insetti e funghi
- i cationi liberi di alluminio derivanti dalla frantumazione di allumosilicati (miche, plagioclasi, ...) e presenti nella soluzione acquosa, procurano un effetto simile a quello del rame, noto in fitopatologia per le sue proprietà antisettiche, in particolare per determinati funghi patogeni

- i granuli di limo si presentano al microscopio come frammenti minerali molto scabri, taglienti, che una volta applicati sulla pagina fogliare e sugli stesi agiscono come ostacoli ferendo i microinvertebrati come afidi e affini.

Per verificare in via preliminare l'esistenza di un effetto di questo tipo sono state impiegate delle soluzioni acquose di limo gneissico al 5%, spruzzate regolarmente nel periodo vegetativo, ogni 2-4 settimane su 8 rosai (Valle Onsernone), 12 vigne della varietà merlot (Brione sopra Minusio) e due aiuole di gigli della specie *Lilium bulbiferum* (Locarno).

Due esemplari di gigli (non trattato – trattato)

Le prove sono state estese a 2 anni con l'osservazione degli individui trattati e di quelli non trattati; per quanto possano valere, esse confermano la presenza di effetti antipatogeni e preventivi, già sfruttati ingegnosamente nell'agricoltura biologica. Nel corso del periodo di sperimentazione 2003 e 2004 non sono infatti stati osservati gli attacchi che abitualmente si verificano sulle piante non trattate, sia di afidi (rose), sia della peronospora e del ragno rosso (vite), sia infine della *Crioceris merdigera* (giglio).

6 SINTESI DEI RISULTATI RAGGIUNTI E PROSPETTIVE PER IL FUTURO

I risultati scaturiti dalle sperimentazioni qui presentate dimostrano come vi siano le potenzialità per trasformare il limo di segagione da semplice rifiuto, come sinora riconosciuto, in materia prima per svariati impieghi nel settore verde.

Bisogna però considerare due aspetti fondamentali:

1. il prodotto *limo*, sia puro che in condizione di miscela con materiale compostato, deve garantire le **qualità richieste dalle normative di legge vigenti**. Le concentrazioni di sostanze nocive (Idrocarburi, metalli pesanti, ecc.) non devono superare i valori limite stabiliti. La riduzione degli inquinanti nel limo può avvenire mediante migliorie tecniche presso le attività di cava o tramite processi di bio-trattamento del limo prima del suo riutilizzo.
2. L'impiego del limo nel settore verde deve **limitarsi agli ambiti dove il suo apporto può portare un reale beneficio** e essere **ponderato alle reali esigenze** agronomiche ed ecologiche del contesto nel quale viene impiegato (quantitativi annui, rapporti limo-compost nelle miscele, formazione di terreni artificiali, ecc.). Prima di eventuali impieghi su grande scala o la messa in commercio di prodotti finiti, sarà pertanto necessario consolidare le conoscenze mediante filiere di valorizzazione del limo in scala 1:1.

Per la sintesi generale dello studio riteniamo importante concentrarci su questi due aspetti, presentando delle indicazioni prevalentemente di tipo pratico, che indirizzino gli operatori del settore della pietra e altri possibili settori economici coinvolti verso un'ottimale valorizzazione del limo. Le conclusioni specifiche per le singole indagini svolte - analisi ILICO e PELICO – sono già state riportate in precedenza, all'interno dei relativi capitoli.

Il diagramma di flusso alla pagina seguante sintetizza le modalità di trattamento ed impiego del limo di segagione, valido per limo prodotto presso cave e laboratori che fanno uso di lame diamantate per il taglio della roccia (Cantone Ticino):

Produzione del limo di segagione

Consigli pratici per il settore lapideo:
- gestione del materiale quale risorsa
- impiego filtropressa e stoccaggio all'asciutto
- prevenzione Idrocarburi (HCtot) in azienda
- sensibilizzazione Cobalto (Co) e altri metalli pesanti ai produttori di lame
- ricerca sinergie tra gli addetti del settore lapideo
- sinergie con imprese di compostaggio e settori di smercio
- ricerca sostegni finanziari e politici presso l'ente pubblico

Analisi chimiche di qualità

Verifica delle concentrazioni di HCtot e Co (o altri metalli pesanti nel caso di nuove tipologie di lame da taglio) mediante analisi chimiche.

Classificazione del limo

HCtot = idrocarburi totali
Co = Cobalto

- HCtot > 500ppm o Co > 100ppm
- 500 > HCtot > 50ppm e Co < 100ppm
- HCtot < 50ppm e Co < 60ppm

Processo di trattamento

PROCESSO DI BIORISANAMENTO combinato con compostaggio di qualità

Possibili usi

HCtot < 50ppm
Co < 60ppm

No

Si

DEPOSITO IN DISCARICA

secondo OTR

costo indicativo:
1 - 2%
Cifra d'Affari

RIUTILIZZO LIMITATO NELLA SISTEMAZIONE AMBIENTALE DI DISCARICHE O DEPOSITI PER MATERIALI INERTI **previa autorizzazione da parte delle autorità cantonali**

RIUTILIZZO COERENTE IN AMBITO AGRONOMICO, VIVAISTICO E AMBIENTALE
- ammendante in agricoltura o terricciato
- ammendante per piantagioni su suoli acidi
- substrato per la formazione di praterie magre/secche
- casi specifici (formazione di biotopi palustri, florovivaismo, ecc.)

previa autorizzazione/monitoraggio da parte delle autorità cantonali

costo indicativo:
0.5 - 1%
Cifra d'Affari

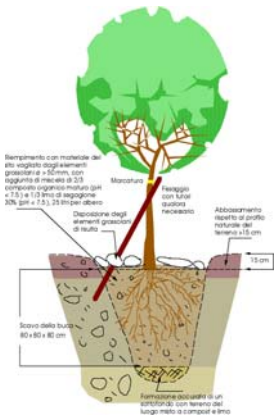
6.1 Le principali potenzialità d'impiego del limo di segagione e delle miscele limo-compost nel settore verde

Le indicazioni per i seguenti possibili impieghi del limo nel settore verde, sono scaturite dalle conoscenze acquisite durante lo svolgimento del presente progetto Interreg. Queste dovranno essere approfondite mediante monitoraggi e sperimentazioni in scala 1:1, possibilmente in collaborazione con gli enti pubblici, i centri di compostaggio e gli specialisti del settore agronomico o ambientale.

Puro, essiccato, a granuli, impiegato come ammendante. La farina di roccia, ancor meglio se derivante da diverse rocce, viene direttamente sparsa sul terreno e una volta incorporata favorisce il tamponamento dei suoli acidi, la ritenzione idrica e l'apporto di (micro-) elementi nutritivi sia in forma disponibile che di riserva. Un apporto di limo puro è possibile solo se essiccato, sminuzzato e opportunamente incorporato. Quantità annue, 5-30 (max 50) m3/ha in autunno e secondo necessità agronomiche, pari a uno strato di 0.5-3 mm limitatamente ai terreni idonei (acidi, umiferi, filtranti, ricchi di scheletro, come p.es. è il caso di alcuni vigneti ticinesi). Una forma analoga di impiego è possibile nel corso dello spandimento di colaticcio (limo al 2-5% diluito in acqua e colaticcio, non necessaria l'essiccazione): riduce gli odori, possiede effetto tampone e fornisce una componente minerale naturale.

Ammendante sottoforma di miscele limo-compost, p.es. quale risultato di un processo di biorisanamento, il limo miscelato intimamente con compost maturo è ideale per un uso periodico nelle colture ad alto reddito e nel giardinaggio: permette nel contempo l'apporto di sostanza organica, il tamponamento dei suoli acidi, aumenta la ritenzione idrica e fornisce elementi nutritivi: proporzioni di limo 20-40% del volume. Quantità annue in agricoltura 50-150 m3/ha (pari a uno strato di 0.5 - 1.5 cm), da modulare caso per caso limitatamente ai terreni idonei (colture intense, orticoltura, erosione dei suoli, acidità, mancanza di sostanza organica o di parti fini).

Substrato terroso per la bonifica di terreni artificiali: limo miscelato intimamente con compost, scheletro (ghiaie, sassi e sfridi di piccole dimensioni) o terreno da riporto, permette la creazione di "terre artificiali" fertili, paragonabili ad un terreno da orto. Spessori 30-80 cm, contenuto di limo 20-40%. Necessaria una gestione attenta alle specie a carattere invasivo. Per piantagioni forestali, i.p. su terreni siccitosi, possibile impiego in buca, miscelando con il terreno presente in loco quantità pari a 10-50 litri per pianta.



Substrato per la creazione di praterie magre, con l'impiego di idrosemina di sementi di specie fiorite (ecotipi autoctoni), permette la creazione di substrati aridofili, poveri di sostanze nutritive (azoto) ad umidità cangiante (tipo molinieti). Spessori 20-50 cm, contenuto di limo 70-80%. Possibile impiego anche per la creazione di biotopi acquatici (canneti). Necessaria una gestione regolare, attenta alle specie esotiche a carattere invasivo.

Vaporizzato come farina di roccia diluita in acqua (5%) per fiori, specie ornamentali, vigna e alberi fruttiferi previene e in parte contiene lo sviluppo di parassiti fungini ed insetti nocivi senza ricorrere a sostanze tossiche per l'uomo, gli animali e l'ambiente. L'uso è tollerato, se non consigliato, anche in agricoltura biologica.

6.2 Le condizioni qualitative indispensabili per un possibile riutilizzo del limo

Un possibile riutilizzo del limo di segagione, sia puro che in condizione di miscela limo-compost, è condizionato ai seguenti aspetti:

- Non inquinato → valori di riferimento Idrocarburi totali < 50 ppm e Cobalto < 60 ppm
- Buona qualità granulometria → asciutto e ben sminuzzato (granuli inferiori a 1cm Ø)
- Previa autorizzazione cantonale → per ogni tipologia di impiego sul territorio

6.3 Indicazioni per una corretta gestione del limo quale risorsa

Affinché il limo di segagione possa venire considerato una materia prima d'utilizzo nel settore verde, coloro che lo "producono" - gli operatori nel campo della lavorazione della pietra – devono operare per una sua corretta gestione, mediante accorgimenti tecnici e organizzativi all'interno delle stesse aziende.

7 Indicazioni pratiche per il settore della pietra

(sistema a lame diamantate – Cantone Ticino)

1. A livello di **filosofia aziendale considerare il limo come un sottoprodotto,** sensibilizzando interessati e addetti ai lavori. Il limo ha un costo importante, pari all'0.5-2 (3) % della cifra d'affari dell'azienda e costituisce un tema da affrontare con serietà ed impegno.
2. Promuovere l'uso di filtropresse **e stoccare il limo prodotto in luogo pulito ed asciutto**, al riparo dalla pioggia.
3. Ad un limo molto inquinato (Hc> 500 ppm) é preclusa la possibilità di essere depositato in normali discariche per scarti edili. Non può nemmeno essere biorisanato con il processo di compostaggio. Il contenuto di **idrocarburi (Hctot) può però essere ridotto già in azienda** limitando le perdite dai macchinari, (manutenzione, revisione periodica, sostituzione). Un quarto delle aziende ticinesi produce già oggi del limo di qualità (Hctot < 50 ppm). E` possibile favorire i processi metabolici del risanamento con compostaggio impiegando oli più facilmente biodegradabili.
4. Il contenuto di metalli pesanti presenti nella diamantatura delle lame, in particolare il **cobalto (Co), è talora prolematico, ma può essere ridotto ulteriormente sensibilizzando il fornitore di lame verso questo problema**. Esistono già nuove tipologie di lame sul mercato, efficienti da un punto di vista della produzione, che rilasciano poco cobalto. Oltre la metà delle aziende ticinesi produce già oggi del limo di qualità (Co < 60 ppm).
5. **Adattare lo smaltimento al tipo di azienda ed alla sua posizione sul territorio;** chi produce poco limo può scegliere la discarica o ricercare sinergie con altri produttori; grosse produzioni di limo implicano invece la ricerca di soluzioni più organizzate. La soluzione meglio conosciuta è quella del **biorisanamento in collaborazione con centri di compostaggio qualificati** che già producono terricci di qualità. Il compostaggio è una tecnica semplice ma richiede esperienza: diffidare dei centri di compostaggio che non puntano alla produzione di valore, nonché dei venditori di attivatori e "polverine magiche" che propinano soluzioni semplicistiche (eco-business).
6. Le associazioni di categoria e i grossi produttori di limo **debbono stimolare l'ente pubblico per ricevere aiuti finanziari** ai fini di abbattere i costi di investimento del biorisanamento e per promuovere i prodotti con limo (p.es. piazze di compostaggio nelle vicinanze, sussidi a fondo perso per realizzazioni, ...). Si contribuisce così ad evitare l'uso del territorio come deposito, controproducente in particolare nelle regioni in cui vi sono componenti territoriali di valore o attività turistiche di rilievo. Un aiuto finanziario deve quindi favorire un utilizzo sostenibile del territorio e della "risorsa limo". Il sostegno da parte dell'ente pubblico è immaginabile anche in altre forme (pianificazione concertata, analisi chimiche, consulenza, finanziamento di ricerche applicate). Sensibilizzare circa la possibilità di **favorire negli appalti pubblici l'impiego di prodotti con limo** di segagione rispettosi delle norme (posizioni specifiche negli appalti per terricciati, per piantagioni, per realizzazioni nel verde urbano, promozione delle miscele limo-compost presso i progettisti, ... si veda esempio all'allegato 3).

7. Le condizioni per un possibile riutilizzo del limo di segagione sono: concentrazioni di HCtot < 50ppm, concentrazioni Co < 60ppm, granulometria inferiore a 1cm Ø e l'autorizzazione da parte delle autorità cantonali. Per tale motivo le associazioni di categoria debbono **promuovere, in collaborazione con l'ente publico, la messa in opera di filiere di valorizzazione del limo in scala 1:1**, siano essi nel settore verde o industriale. Bisogna favorire l'applicazione delle conoscenze già disponibili ed evitare di sostenere indagini scientifiche fine a se stesse. Con il necessario monitoraggio scientifico dei processi e dell'impiego dei prodotti derivati dal limo sarà possibile dimostrare la fattibilità di una **semplificazione del quadro legale** in modo tale che questa risorsa non venga automaticamente considerata un rifiuto.

L'associazione di settore AIGT (www.aigt.ch), in collaborazione con specialisti e consulenti, é a disposizione degli operatori per contribuire ad una corretta gestione e riutilizzo della risorsa limo.

7 CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI

Il presente rapporto fornisce un'informazione pratica sulle possibilità realizzabili attualmente per valorizzare il limo di segagione della pietra naturale nel settore verde.

Le tecniche illustrate e sperimentate sono a disposizione di tutti gli addetti ai lavori, senza preclusione alcuna, i quali sulla base delle informazioni raccolte possono concertare con le autorità ed avviare delle realizzazioni in scala.

Si ringraziano quindi per la fiducia riposta la committenza, Associazione Industrie dei Graniti, marmi e pietre naturali del Ticino (AIGT) e le istituzioni, il Dipartimento del Territorio del Cantone Ticino.

Le ditte Compodino SA (Locarno), Bettazza Graniti SA (Cevio), Begrünungen Hunn AG (Muri), Ecosfera (Breganzona) con il loro sostegno intellettuale e materiale hanno contruibuito in maniera decisiva alla realizzazione delle prove illustrate, vuoi per il biorisanamento del limo, vuoi per la ricoltivazione di terreni artificiali.

La Signora Loredana Carazzetti di Loco, la signora Lucia Carraro di Locarno ed il dottor Piero Gianoni di Minusio hanno ospitato ed osservato con passione nel corso di due anni delle colture trattate con farina di roccia.

Si ringraziano infine gli organismi INTERREG e quei partner italiani coinvolti nel progetto che hanno dimostrato una leale collaborazione.

Locarno, novembre 2005 Dionea SA

Gabriele Carraro Stefano Castelli

8 BIBLIOGRAFIA

- Bianchi Ronny, *Il settore delle pietre naturali in Ticino – analisi prospettive e proposte*. Istituto editoriale ticinese 1997.
- Tecnolab, *Recupero dei fanghi derivanti dalla lavorazione della pietra* – DIADI, Tecnoparco del lago maggiore (2000)
- Assocave, *Studio per il riutilizzo dei fanghi derivanti dai laboratori di lavorazione dei materiali lapidei* – Domodossola (1995)
- Eidgenössisches Departement des Inneren, *Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächenwasser, 48 Gesamte Kohlenwasserstoffe*. Berna 1983
- Manning David e Vetterlein onathan, *Exploitation and use of quarry fines – MIRO final report*. Mineral Solutions Ltd., Manchester 2004.
- SNV Schweizerische Normen-Vereinigung, SN EN ISO 9377-2, *Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der Kohlenwasserstoff-Index*, 2001-04
- Tunesi Simonetta e Napoleoni Quintillo, *Tecnologie di bonifica dei siti inquinati – I libri di ambiente e sicurezza*. Il sole 24ore, Milano 2003.
- UFAFP, *Direttiva per il riciclaggio, il trattamento e il deposito di materiale di scavo*. Ufficio federale dell'ambiente, le foreste ed il paesaggio, Berna 1999
- MIRO, *Exploitation and use of quarry fines – Final report* – Miineral solutions Ltd., Manchester (2004)
- Harley A. & Gilkes R., *Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock podwers: a geochemical overview.* In Nutrient Cycling in Agroecosystems, 56, 11-36 (2000)
- Emmermann K.-H., *Möglichkeiten der Bodenverbesserung durch Gesteinmehl* – Bundesverband Naturstein-Industrie, Bonn (1984)
- Vez A. (Eds). Neyroud, Jelmini, Aeby & Ravenel, *Le chaulage des terres acides* – Station fédérale de recherches agronomiques de Changins. Revue suisse Agric. 27 (1): 49-55 (1995)
- Lees R., *New uses for mine and quarry waste in agriculture*. AIG News pp. 13 ss. (2003)

9 SITI INTERNET INTERESSANTI

www.acmewormfarm.com/soil.html

www.acornorganic.org/cgi-bin/organopedia

www.agrowinn.com/

www.championtrees.org/topsoil

www.edkraemer.com/materials/index.asp

www.energywave.com/enviromental_issues/rock_dust/rock_dust_and_the_environment.htm

www.fertilizeronline.com

www.graniterock.com

www.kompost.ch

www.lafargecorp.com

www.luckstone.com/products/recreation.php

www.quarrytile.com/ecotile.htm

www.remineralize.org

www.rockproducts.com/ar/rock_marketing_ideas_innovative/index.htm

www.stadtgaertnerei-bs.ch

www.steinmehle.ch

www.steinmehl.de

www.tfhre.gov/hnr20/recycle/waste/

10 ALLEGATI

1. Analisi SPAAS presso aziende ticinesi

2. Raccolta analisi di laboratorio esperimento PELICO

3. Voci di capitolato esempio da applicare in appalti pubblici per opere forestali o di sistemazione naturalistica

4. Rapporto ECOSFERA 2003

ALLEGATO 1

RACCOLTA ANALISI SPAAS PRESSO AZIENDE TICINESI

ditta	idrocarburi (sec. OTR) contenuto mg/kg	eluato mg/l	DOC eluato mg/l	PAK contenuto mg/kg	PCB contenuto mg/kg	AOX contenuto mg/kg	BTEX contenuto mg/kg	LCKW contenuto mg/kg	rame contenuto mg/kg	cobalto contenuto mg/kg	piombo contenuto mg/kg	cadmio contenuto mg/kg	z cor n
limiti OTR mat. Incontar	50			1	0.1		1	0.1	40		50	1	
limiti OTR mat. tollerabi	250			15	0.1		5	0.2	250		250	5	
limiti OTR materiale ine	500	0.5	20						500		500	10	
limiti Osost per fanghi						500			600	60	500	5	
limiti Osost per composto									100		120	1	
limiti Osuolo				1	0.2				40		50	0.8	
10.2.2000 SPAA													
AZIENDA 1	320	1.2	4.1						49		1	0.1	
AZIENDA 2	530	3	3.7						57		5	<0.1	
AZIENDA 3	200	6.3	5.6						46		1	<0.1	
16.5.2000 Schweizer Samen AG													
AZIENDA 4	76					<100			30	126	0.9	<0.1	
AZIENDA 5	57					<100			33	145	1.1	<0.1	
14/15.9.2000 SPAA													
AZIENDA 6	39	0.3											
AZIENDA 7	52	1.7		<0.1	<0.05	1.3	<0.1	<0.01					
AZIENDA 8	145	7.8		<0.1	<0.05	11	<0.1	<0.01					
AZIENDA 9	46	2.6											
AZIENDA 10	45	0.3											
AZIENDA 11	45	0.8											
29.11.2000 SPAA													
AZIENDA 12	22	0.7	0.2										
AZIENDA 13	12669	107	1.2										
AZIENDA 14	177	2.5	0.3										
AZIENDA 15	105	1.1	0.9										
AZIENDA 16	694	4.0	1.2										
AZIENDA 17	134	0.3	0.6										
23.8.2005 SPAA													
AZIENDA 18	39								<10	217	3.8	<0.4	
AZIENDA 19	711								41	49	1.6	<0.4	
AZIENDA 20	78								27	69	1.7	<0.4	
AZIENDA 21	98								21	86	<1	<0.4	
AZIENDA 22	216								33	46	3.2	<0.4	
AZIENDA 23	33								35	56	3.2	<0.4	
AZIENDA 24	112								>88	<2	10.2	0.8	
AZIENDA 25	244								87	85	2.8	<0.4	
AZIENDA 26	1436								105	97	2.3	<0.4	
AZIENDA 27	1250								39	76	1.2	<0.4	
AZIENDA 28	48								73	177	2.1	<0.4	
AZIENDA 29	220								26	57	<1	<0.4	

ALLEGATO 2

RACCOLTA ANALISI DI LABORATORIO ESPERIMENTO PELICO

Terreni:

- Tx-1
- Tx-2
- Tx-3
- Tx-4

Percolato:

- Px-1
- Px-3
- Px-4

Massa vegetale

- Vx-3

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**1**
Tipo:	**terreno**
Data prelievo:	**05.05.2003**
Laboratorio	**Chelab**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*		
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*		
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**T0-1**	**T1-1**	**T2-1**	**T3-1**	**T4-1**	*Lim. rilievo*	**Valori Osost***
conducibilità	uS/cm	470	410	460	500	430		
pH		6.5	7.3	7.6	7.7	8		
azoto totale	% p/p	0.21	0.15	0.25	0.26	0.06		
calcare attivo	% p/p		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	*0.1*	
calcare totale	% p/p		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	*0.1*	
capacità di scambio cationico	meq/100g	19.7	22.9	21	18.9	15.2	*0.1*	
carbonio organico	% p/p	3.32	8.08	3.05	3.04	1.56		
fosforo assimilabile	mg/kg	67	145	103	107	27		
potassio scambiabile	mg/kg	75	1350	700	800	510	*0.5*	
rapp. carbonio/azzoto		15.9	54	12	11.8	24.1		
sostanza organica	% p/p	5.81	13.93	5.26	5.23	2.69		
cromo totale	mg/kg	23	13.9	8	7.4	3.7	*0.5*	100
zinco	mg/kg	62	64	47	41	29	*0.5*	400
arsenico	mg/kg	6.2	1.5	0.91	1.07	0.3	*0.1*	
cadmio	mg/kg	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	*0.1*	1
cobalto	mg/kg	6.1	27	39	35	48	*0.5*	
cromo esavalente	mg/kg		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*	
mercurio	mg/kg		0.31	<0.1	<0.1	<0.1	*0.1*	1
nichel	mg/kg	22	9.9	7.2	7.1	3.6	*0.5*	30
piombo	mg/kg	34	18	11.1	10	4.9	*0.5*	120
rame	mg/kg	23	36	25	24	15.6	*0.5*	100
stagno	mg/kg		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*	
Idrocarburi totali (con oli animali e veget	mg/kg	240	240	70	150	400		
Oli minerali (CH-idrocarburi tot.)	mg/kg		15	10	10	20		
TESSITURA								
argilla	% p/p	11.3	16.2	17.6	17.3	21.1	*0.1*	
limo	% p/p	14.1	19.8	27	22.4	36.2	*0.1*	
sabbia	% p/p	74.6	64	55.4	60.3	42.7	*0.1*	

* sono riportati i valori limite definiti dalla Osost per l'utilizzo dei composti quali concimi

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**2**
Tipo:	**terreno**
Data prelievo:	**02.07.2003**
Laboratorio	**SPAAS**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*		
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*		
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**T0-2**	**T1-2**	**T2-2**	**T3-2**	**T4-2**	*Lim. rilievo*	**Valori Osost***
conducibilità	uS/cm							
pH								
azoto totale	% p/p							
calcare attivo	% p/p							
calcare totale	% p/p							
capacità di scambio cationico	meq/100g							
carbonio organico	% p/p							
fosforo assimilabile	mg/kg							
potassio scambiabile	mg/kg							
rapp. carbonio/azzoto								
sostanza organica	% p/p							
cromo totale	mg/kg							100
zinco	mg/kg							400
arsenico	mg/kg							
cadmio	mg/kg							1
cobalto	mg/kg							
cromo esavalente	mg/kg							
mercurio	mg/kg							1
nichel	mg/kg							30
piombo	mg/kg							120
rame	mg/kg							100
stagno	mg/kg							
Idrocarburi totali (con oli animali e vege	mg/kg							
Oli minerali (CH-idrocarburi tot.)	mg/kg	9	197	128	211	186		
TESSITURA								
argilla	% p/p							
limo	% p/p							
sabbia	% p/p							

* sono riportati i valori limite definiti dalla Osost per l'utilizzo dei composti quali concimi

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**3**
Tipo:	**terreno**
Data prelievo:	**06.10.2003**
Laboratorio	**Chelab**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*		
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*		
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**T0-3**	**T1-3**	**T2-3**	**T3-3**	**T4-3**	*Lim. rilievo*	**Valori Osost***
conducibilità	uS/cm	185	950	970	740	685		
pH		6.9	7.6	7.6	7.8	7.9		
azoto totale	% p/p	0.24	0.7	0.26	0.13	0.08		
calcare attivo	% p/p	<0.1	<0.1	<0.1	0.62	1.64		
calcare totale	% p/p	<0.1	<0.1	<0.1	1.5	4		
capacità di scambio cationico	meq/100g	21.2	22.5	19.7	15.3	10.6		
carbonio organico	% p/p	2.84	6.53	4.38	3.58	1.4		
fosforo assimilabile	mg/kg	24	10	5	9	7		
potassio scambiabile	mg/kg	210	980	720	490	240		
rapp. carbonio/azzoto		11.8	9.4	16.9	28.2	16.7		
sostanza organica	% p/p	4.89	11.25	7.54	6.16	2.41		
cromo totale	mg/kg							100
zinco	mg/kg							400
arsenico	mg/kg							
cadmio	mg/kg							1
cobalto	mg/kg	36	9.5	55	44	65		
cromo esavalente	mg/kg							
mercurio	mg/kg							1
nichel	mg/kg	12.6	39	9.7	11.8	6.9		30
piombo	mg/kg	25	61	17	23	11.5		120
rame	mg/kg							100
stagno	mg/kg							
Idrocarburi totali (con oli animali e vege	mg/kg	<10	320	760	145	365		
Oli minerali (CH-idrocarburi tot.)	mg/kg	<10	<10	<10	<10	85		
TESSITURA								
argilla	% p/p	5	2.9	5	7	9.1		
limo	% p/p	36.4	44.8	52.2	52.8	64.6		
sabbia	% p/p	58.6	52.3	42.8	40.2	26.3		

* sono riportati i valori limite definiti dalla Osost per l'utilizzo dei composti quali concimi

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**4**
Tipo:	**terreno**
Data prelievo:	**14.10.2004**
Laboratorio	**Chelab**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*		
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*		
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**T0-4**	**T1-4**	**T2-4**	**T3-4**	**T3-4**	*Lim. rilievo*	**Valori Osost***
conducibilità	uS/cm	103	150	130	144	100		
pH		6.8	7.4	7.5	7.6	8.1		
azoto totale	% p/p	0.29	0.49	0.34	0.23	0.36		
calcare attivo	% p/p	0.9	0.3	0.5	2.3	0.7		
calcare totale	% p/p	2.1	0.7	1.3	1	0.3		
capacità di scambio cationico	meq/100g	13	26.7	22.2	12.2	6		
carbonio organico	% p/p	2.32	5.35	3.18	1.27	0.6		
fosforo assimilabile	mg/kg	22	23	38	21	9		
potassio scambiabile	mg/kg	85	800	500	310	310		
rapp. carbonio/azzoto		8	10.9	9.4	5.5	1.7		
sostanza organica	% p/p	3.99	9.2	5.48	2.18	1.03		
cromo totale	mg/kg							100
zinco	mg/kg							400
arsenico	mg/kg							
cadmio	mg/kg							1
cobalto	mg/kg	7.8	43	41	45	55		
cromo esavalente	mg/kg							
mercurio	mg/kg							1
nichel	mg/kg	35	11.4	11.7	9.9	7		30
piombo	mg/kg	64	28	24	28	16.5		120
rame	mg/kg							100
stagno	mg/kg							
Oli e grassi animali e vegetali	mg/kg	30	80	300	380	170		
Oli minerali (CH-idrocarburi tot.)	mg/kg	10	270	480	430	540		
TESSITURA								
Sabbi grossa	% p/p	40.2	25.8	25.9	21.6	10.7		
Sabbia fine	% p/p	30.5	19	21.6	22.6	13.4		
Limo grosso	% p/p	11.5	17.6	16.9	14	12.7		
Limo fine	% p/p	16.8	34.6	30	36.7	56.2		
Argilla	% p/p	1	3	5	5.1	7		

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**1**
Tipo:	**percolato**
Data prelievo:	**05.05.2003**
Laboratorio	**Chelab**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*	
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*	
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**P0-1**	**P1-1**	**P2-1**	**P3-1**	**P4-1**	*Lim. rilievo*
conducibilità	uS/cm	-	1420	1680	3500	1560	
materiali in sospensione	mg/kg	-	180	250	130	90	*5*
pH		-	7.21	7.08	7.6	7.51	
azoto ammoniacale	mg/kg	-	9.8	9.8	10	10.3	*0.1*
azoto totale	mg/kg	-	24.6	33	24	18.6	*0.5*
azoto nitrico	mg/kg	-	105	81	84	12.5	*0.1*
azoto nitroso	mg/kg	-	1.02	0.97	0.9	0.77	*0.01*
COD	mg/l (come O2	-	440	520	600	400	*10*
cobalto	mg/kg	-	<0.1	<0.1	0.2	0.1	*0.1*
ferro	mg/kg	-	28	22	46	26	*0.5*
nichel	mg/kg	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*
rame	mg/kg	-	0.3	0.4	0.5	<0.1	*0.1*
idrocarburi totali	mg/kg	-	<10	<10	<10	<10	*10*
fenoli totali	mg/kg	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**3**
Tipo:	**percolato**
Data prelievo:	06.10.03
Laboratorio	**Chelab**

		Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*	
		Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*	
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**P0-3**	**P1-3**	**P2-3**	**P3-3**	**P4-3**	*Lim. rilievo*
conducibilità	uS/cm			805	970	880	
materiali in sospensione	mg/kg						*5*
pH				5.68	7.42	7.93	
azoto ammoniacale	mg/kg						*0.1*
azoto totale	mg/kg						*0.5*
azoto nitrico	mg/kg						*0.1*
azoto nitroso	mg/kg						*0.01*
COD	mg/l (come O2)						*10*
cobalto	mg/kg			1.1	<0.1	<0.1	*0.1*
ferro	mg/kg			62	24	18	*0.5*
nichel	mg/kg			<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*
rame	mg/kg			<0.1	<0.1	0.12	*0.1*
idrocarburi totali	mg/kg				<10	<10	*10*
fenoli totali	mg/kg						*0.5*

Quantitativi di percolato:	
P0	vuoto
P1	vuoto
P2	0dl + 0.5dl
P3	2dl + 0.8dl
P4	2dl + 2 dl

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**4**
Tipo:	**percolato**
Data prelievo:	14.10.04
Laboratorio	**Chelab**

			Compost	*80%*	*60%*	*40%*	*20%*	
			Limo	*20%*	*40%*	*60%*	*80%*	
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**P0-4**		**P1-4**	**P2-4**	**P3-4**	**P4-4**	*Lim. rilievo*
conducibilità	uS/cm			3000	1400	2100	1650	
materiali in sospensione	mg/kg				500	330	550	*5*
pH				7.6	6.05	7.2	7.05	
azoto ammoniacale	mg/kg				<1	<1	<1	*1*
azoto totale	mg/kg				4	5	3	*0.5*
azoto nitrico	mg/kg				3	4.8	2	*0.1*
azoto nitroso	mg/kg				0.1	0.1	0.1	*0.01*
COD	mg/l (come O2)				700	450	800	*10*
cobalto	mg/kg			0.12	<0.1	<0.1	<0.1	*0.1*
ferro	mg/kg			92	54	12.2	18	*0.5*
nichel	mg/kg			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	*0.5*
rame	mg/kg			0.1	<0.1	<0.1	<0.1	*0.1*
idrocarburi totali	mg/kg				<10	<10	<10	*10*
fenoli totali	mg/kg				<5	<5	<5	*5*

Quantitativi di percolato:	
P0	vuoto
P1	< 0.5 dl
P2	1.5 dl
P3	2.5 dl
P4	2.5 dl

Archivio analisi chimiche

N. osservazione:	**3**
Tipo:	**Camp.Vegetale**
Data prelievo:	**06.10.2003**
Laboratorio	**Chelab**

	Compost		*80%*	*60%*	*40%*	*20%*
	Limo		*20%*	*40%*	*60%*	*80%*
Prova analitica (su s.s.)	**unità**	**V0-3**	**V1-3**	**V2-3**	**V3-3**	**V4-3**
azoto totale	% pp	1.92	1.47	1.31	0.76	1.54
zolfo	% pp	0.014	0.033	0.043	0.044	0.033
cloruri	% pp	0.31	1.79	1.64	1.11	1.27
fosforo totale	% pp	0.16	0.08	0.15	0.29	0.17
zinco	mg/kg	25	18	44	41	17
boro	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
cadmio	mg/kg	1.1	0.6	1.1	0.8	0.8
calcio	mg/kg	6300	3400	3100	3800	2700
cobalto	mg/kg	<0.5	1.2	2.2	1.4	4.1
ferro	mg/kg	350	53	41	44	130
magnesio	mg/kg	0.9	3300	4500	3700	2200
manganese	mg/kg	29	5.6	6.3	9.3	11
nichel	mg/kg	1.1	1.5	<0.5	<0.5	<0.5
piombo	mg/kg	2	8	15.4	8.9	2.1
potassio	mg/kg	31000	34000	17200	14500	14000
rame	mg/kg	16.1	4.1	9.8	13.1	7.8
sodio	mg/kg	250	1200	940	770	2300
vanadio	mg/kg	1.1	<0.5	7.2	<0.5	1.9
Peso sostanza viva (taglio)	g	26'600	15'900	23'200	19'500	6'800

ALLEGATO 3

VOCI DI CAPITOLATO ESEMPIO DA APPLICARE IN APPALTI PUBBLICI PER OPERE FORESTALI O DI SISTEMAZIONE NATURALISTICA

CPN 181 Descrizione

780 Fornitura di materiale

Fornitura di limo di segagione (30%), miscelato intimamente a compost maturo (70%) stagionato per 14 mesi. Il limo di segagione non deve contenere concentrazioni di Idrocarburi totali (C5-C10) superiori a 50ppm.

Fornitura di miscela limo di segagione (30%) e compost (70%), stagionata per 14 mesi secondo processo di compostaggio di qualità. La presenza di Idrocarburi totali (C5-C10) nella miscela non deve superare i 50ppm

Fornitura di terreni per la realizzazione di suoli artificiali.
Miscela intima di

- misto granulare sabbia-ghiaia ∅ 1-10mm (40%)
- compost maturo stagionato 14 mesi (60%)
- limo di segagione (20%) con presenza di Idrocarburi totali (C5-C10) superiori a 50ppm

Fornitura di terreni per la realizzazione di suoli aridi artificiali.
Miscela intima di

- misto granulare sabbia-ghiaia ∅ 1-10mm (10%)
- compost maturo stagionato 14 mesi (40%)
- limo di segagione (50%) con presenza di Idrocarburi totali (C5-C10) superiori a 50ppm

---

760 Formazione di biotopi

Fornitura e posa di specie palustri e vegetazione acquatica
Descrizione:
La messa a dimora delle zolle di canneto precoltivate deve avvenire mediante la posa di uno strato di 10cm di miscela misto limo di segagione (60%) e compost maturo (40%), come indicato nello schizzo allegato.

---

820 Lavori di piantagione

Messa a dimora di piante da vivaio
Descrizione:
Il riempimento della fossa deve avvenire mediante materiale del sito vagliato dagli elementi grossolani >50mm, con aggiunta di miscela di composto organico maturo 70% e limo di segagione 30%, 12 litri x albero.

PROVE CON IL LIMO DI SEGAGIONE

ECOSFERA DI SERGIO GOBBIN BREGANZONA, 05.06.2003

RISULTATI DELLE PROVE INDICATIVE CON IL LIMO DI SEGAGIONE DEL GRANITO

Programma Interreg lll

Mandato DIONEA del 03 04 2003

Premessa:

I risultati delle prove fatte su zucchino da serra in condizioni di continuo stress alimentare e a temperature tropicali 25-40° C, hanno dato esito positivo per quanto concerne la non tossicità del prodotto applicato in dosi ragionevoli.

La terra adoperata per la coltivazione proviene da suoli fertili (vedi analisi allegata)

Il „taglio“ con il Limo di segagione (chiamato abbr. Limo) con la terra fertile non ha portato a migliori rendimenti del terreno a partire dalla massiccia dose del 10%. Il prodotto puro non è fertile ma tossico, asfittico, inpenetrabile con macchinari, fa una crosta totale ecc.
Nelle prove il Limo ha „rubato“ fertilità alla terra già poco disponibile per una coltura esigente in fertilizzanti come la zucchina.
Per la coltivazione di questa cucurbitacea nitrofila occorre almeno un volume di terra di 15-20 litri e non la dose esaminata di litri 0,700 appositamente voluta.

VALUTAZIONI DELL‘ASPETTO GENERALE DELLE VARIANTI

Lo stress alimentare si è manifestato dopo l‘emissione delle prime vere foglie, in tutte le varianti con il limo superiore al 10%

Al controllo del 21 04 2003 si notava già una bella differenza fra la variante 0% (senza limo) e le altre con limo. Sopra la concentrazione di limo del 10% lo sviluppo delle piantine denotava problemi evidenti. Le varianti 20% e 100% hanno perso ogniuna 1 piantina su 3.
Al controllo del 6 05 le piantine migliori erano quelle delle varianti 0% e 1%
Al controllo del 15 05 le piantine delle varianti 50% e 100% erano nettamente perdenti

VALUTAZIONE DEI 5 PARAMETRI PRESI IN CONSIDERAZIONE

Punteggi crescenti dall'1 al 6:

Parametri: aspetto generale, colorazione, numero dei bottoni fiorali chiusi, numero dei fiori aperti, lunghezza di gambi in cm.
Questi valori sono riprodotti sottoforma di grafico del Punteggio al 15 06 2003

FIORITURA
Il grafico del 15 05 dimostra come sia grande la differenza di fioritura fra le 7 varianti. Limite positivo al 5%.

PESI MEDI DELLE PIANTINE AL 24 05
Il grafico dimostra la grande differenza di peso fra le varianti. La variante 0% era come la 10%, mentre oltre i pesi erano nettamente inferiori.

TENORE IN AZOTO NITRICO DELLE VARIANTI
Analisi N-Min del 02 06
Il grafico dimostra una grande variabilità di tenore in azoto (NO3) dei campioni analizzati.
Comunque dappertutto c'è una gravissima carenza di tale elemento essenziale per le zucchine. La norma si situa attorno al 120-160 Unità /ha.
È comunque interessante rilevare che la perdita di Azoto per lisciviazione del campione 0% e 5% è palese. Le v. 1%, 10%, 20% e 50 % hanno mantenuto l'azoto più elevato del testimonio 0%.

APPORTI AMMESSI IN TERRENI SABBIOSI/HA?

Se consideriamo il volume della terra agricola arabile di litri 350 /m2 abbiamo per ha litri 350 x 10'000 = litri 3'500'000

Se mettessimo 1 mm di Limo al m2 avremmo 10'000 litri /ha alla concentrazione di 1/350 corrispondente allo 0,28% **volume.**

10 mm /ha = 2,8% = litri 100'000 di limo = dose sopportabile ma esagerata.
Se consideriamo che la prova ha dato la sopportabilità del 10% significa che spargendo in totale e **frazionatamente** 100'000 litri x 3,57 = 357'000 litri /ha
ossia una dose non tossica ma nemmeno indispensabile al terreno, si potrebbe aiutare la ditta produttrice di questo materiale al loro smaltimento.
La dose auspicabile dovrebbe aggirarsi attorno ai 10'000 litri annui per la durata di 35 anni. Raccomandabile eventualmente solo per terreni molto sabbiosi, da **evitare in quelli argillosi.**
Contrariamente alla zeolite naturale, questo prodotto non essendo un tettosilicato, non contribuisce allo scambio cationico del terreno, non apporta ossigeno, non lo disintossica, ma lo rende molto meno soggetto all'erosione. Questo fattore potrebbe venire preso in considerazione per la costruzione di scarpate coltivabili mescolate col composto poroso, o come fondale per terrreni ghiaiosi. Potrebbe migliorare a lungo termine, il pH dei terreni estremamente acidi. Non è quindi tutto negativo il suo impiego.

Personalmente credo che l'osservazione dell'andamento delle colture così „concimate" darà poi ulteriori e reali risposte. Si potrà allora capire meglio la sua validità.
Il mio rapporto riguarda l'osservazione giornaliera della mia prova e la sisntesi delle mie esperienze nel ramo mineralogico-agrario (che compie 10 anni quest'anno.)

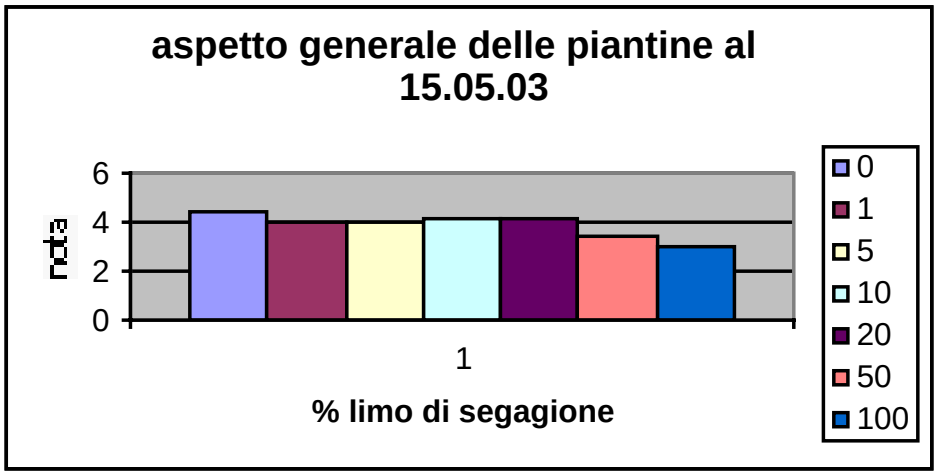
Allegati a questo rapporto

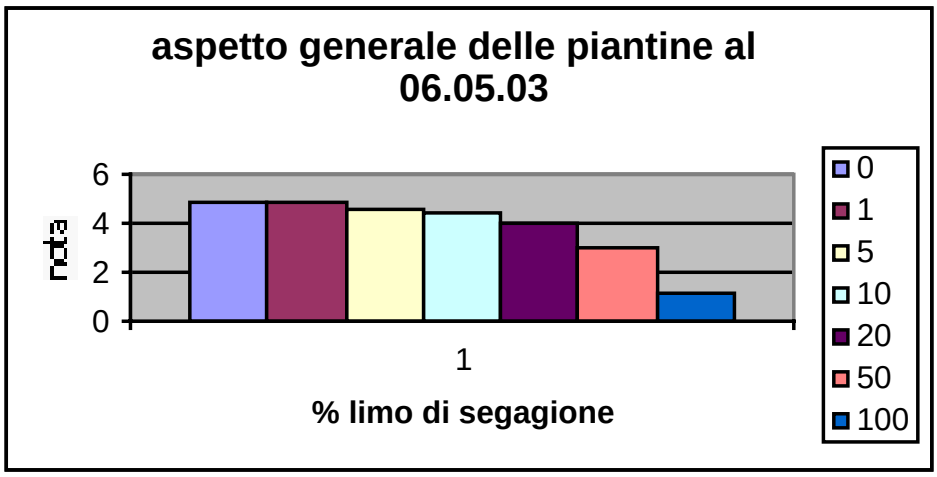
a) aspetto generale delle piantine al 06. 05 2003
b) aspetto generale delle piantine al 15.05 2003
c) numero di fiori al 15 05 2003
d) punteggio medio per piantina valutando i 5 parametri del 15.05 2003
e) peso medio per piantina in grammi
f) unità di azoto per campione su base ha Test N-Min
g) analisi della terra usata per il test
h) fotografie.

Cordiali saluti

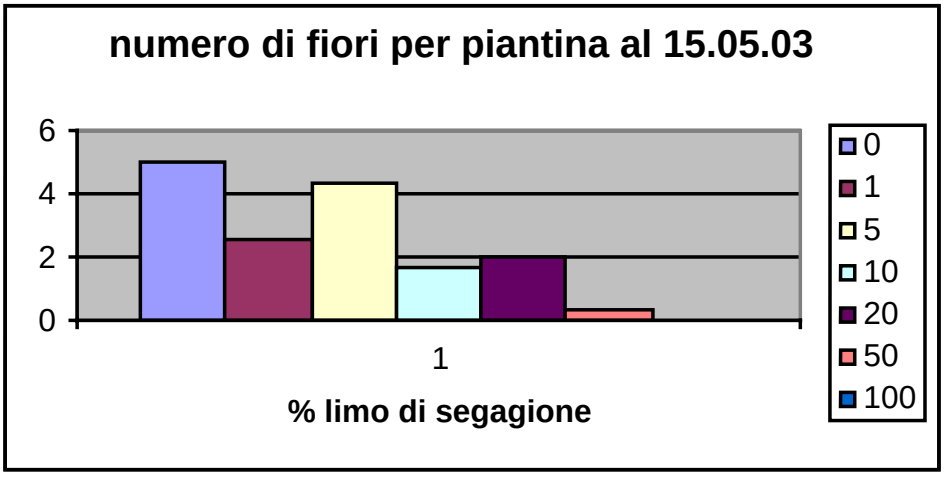
Sergio Gobbin

Aspetto generale

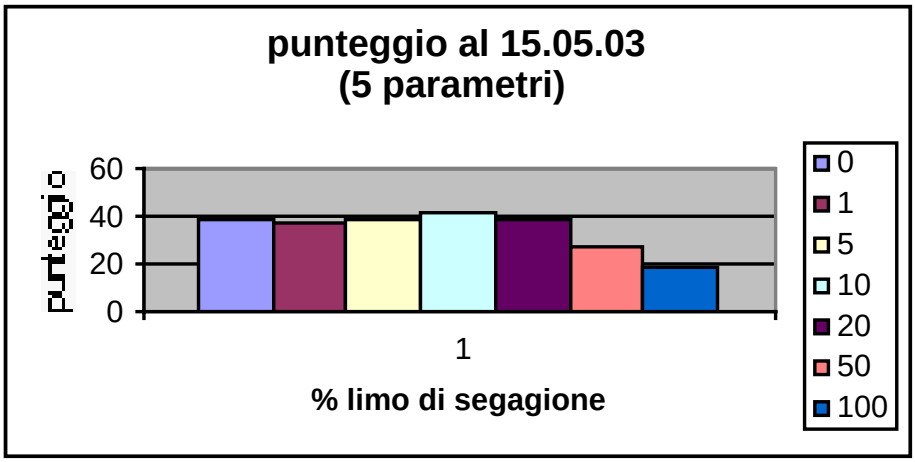




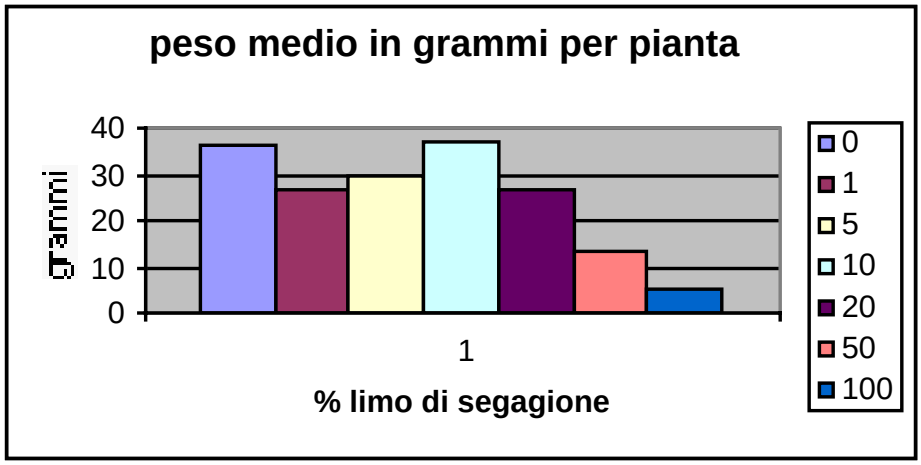
Numero di fiori



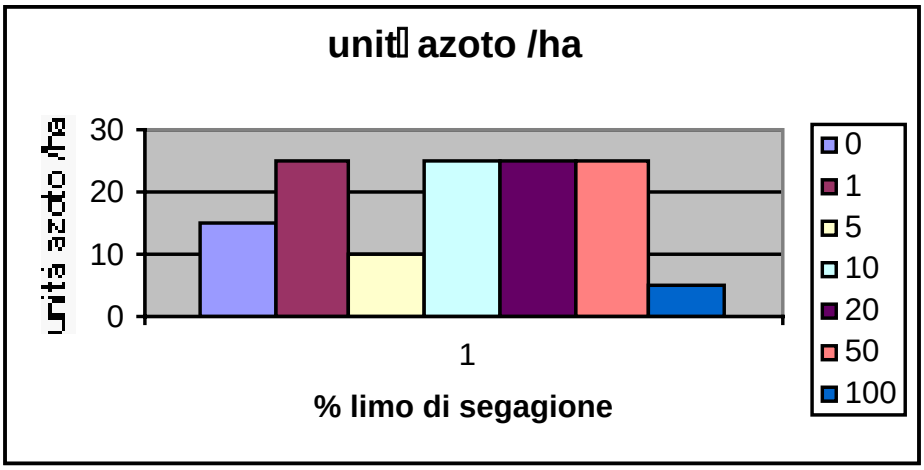
Punteggio



Peso



Unità d'azoto



Fotografie delle prove indicative con il limo di segagione del granito